rozprawy naukowe

381

Krzysztof Kujawa

WPŁYW STRUKTURY ZADRZEWIEŃ ORAZ STRUKTURY KRAJOBRAZU ROLNICZEGO NA ZGRUPOWANIA PTAKÓW LĘGOWYCH W ZADRZEWIENIACH

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

ROZPRAWY NAUKOWE
381

KRZYSZTOF KUJAWA

WPŁYW STRUKTURY ZADRZEWIEŃ ORAZ STRUKTURY KRAJOBRAZU ROLNICZEGO NA ZGRUPOWANIA PTAKÓW LĘGOWYCH W ZADRZEWIENIACH

POZNAŃ 2006

KOMITET REDAKCYJNY
Małgorzata Klimko, Jolanta Komisarek, Konrad Magnuski, Andrzej Mocek, Barbara Politycka, Włodzimierz Prądzyński, Waldemar Uchman (przewodniczący), **Witold Wielicki, Jacek Wójtowski**

Redaktor Działu
dr hab. Jolanta Komisarek, prof. nadzw.

Recenzenci
prof. dr hab. Andrzej Kosturkiewicz
dr hab. Piotr Tryjanowski

Opracowanie redakcyjne
mgr Maria Moczko

Skład komputerowy
Stanisław Tucholka

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Wymianę wydawnictw uczelnianych prowadzi Biblioteka Główna
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, ul. Witosa 45

© Copyright by Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2006, Poland

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich

ISSN 1896-1894

Wydanie I. Nakład 100 + 25 + 25 egz. obowiązkowych. Ark. wyd. . Ark. druk. 9,9.

WYDAWNICTWO AKADEMII ROLNICZEJ IM. AUGUSTA CIESZKOWSKIEGO W POZNANIU
ul. Witosa 45, 61-693 Poznań
tel./faks: 061 848 78 08, e-mail: wydar@au.poznan.pl
www.au.poznan.pl/wydawnictwo

Wydrukowano w Zakładzie Graficznym Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 67, 60-625 Poznań

Dziękuję wszystkim Koleżankom i Kolegom z Zakładu Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, którzy nie szczędzili wysiłków, by jakość tego opracowania była jak najwyższa.

Przemożny wpływ na kształt pracy (od planowania badań aż po sposób analizy i interpretacji wyników) wywarł zwłaszcza prof. Lech Ryszkowski. Za zaangażowanie i wiele krytycznych uwag jestem Mu niezmiernie wdzięczny.

Dziękuję także prof. Jerzemu Kargowi za wszechstronną, stałą pomoc podczas prowadzenia badań i pisania pracy oraz prof. Andrzejowi Kosturkiewiczowi i prof. Piotrowi Tryjanowskiemu za wnikliwe recenzje wydawnicze.

Badania terenowe oraz przygotowanie zgromadzonych danych mogły być sprawnie przeprowadzone dzięki pracownikom Stacji Badawczej ZBŚRiL w Turwi. Jestem Im bardzo wdzięczny za zaangażowanie i rzetelność, zwłaszcza Pani mgr Annie Kujawie za pomoc w przeprowadzaniu oceny struktury roślinności i Pani Sylwii Sobczyk za udział w opracowaniu danych terenowych oraz za wykonanie mapy terenu badań i rozmieszczenia zadrzewień.

SPIS TREŚCI

1. Wstęp 7

2. Teren badań 13

3. Metody 15

3.1. Założenia metodologiczne do badań struktury środowiska 15

3.2. Analiza struktury zadrzewień 16

3.3. Analiza struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień 19

3.4. Analiza struktury krajobrazu wokół zadrzewień 20

3.5. Metody oceny bogactwa gatunkowego i zagęszczeń populacji ptaków oraz podstawy ich podziału na grupy środowiskowe 22

3.6. Analiza zgrupowań ptaków w ujęciu statycznym, na podstawie średnich wieloletnich 23

3.7. Analiza zmian w zgrupowaniach ptaków 24

3.8. Analiza statystyczna 25

4. Wyniki 27

4.1. Struktura środowiska i krajobrazu 27

4.1.1. Struktura zadrzewień 27

4.1.2. Struktura środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień 31

4.1.3. Struktura krajobrazu 34

4.1.4. Podsumowanie wyników analizy struktury środowiska 36

4.2. Zgrupowanie ptaków lęgowych 37

4.2.1. Struktura zgrupowania 37

4.2.2. Zmienność zgrupowania w okresie badań 45

4.3. Czynniki kształtujące zgrupowanie ptaków lęgowych 47

4.3.1. Znaczenie struktury zadrzewień 47

4.3.2. Wpływ struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień 70

4.3.3. Oddziaływanie struktury krajobrazu 77

4.4. Dynamika zgrupowań ptaków lęgowych a struktura środowiska i krajobrazu 85

4.4.1. Wprowadzenie 85

4.4.2. Wpływ struktury środowiska i krajobrazu na stabilność zgrupowań ptaków ... 86
4.4.3. Wpływ struktury środowiska i krajobrazu na tempo wymiany gatunków ... 88
4.5. Hierarchizacja czynników kształtujących zgrupowania ptaków lęgowych zadrzewień ... 92
5. Dyskusja ... 95
5.1. Uwagi wstępne ... 95
5.2. Struktura zgrupowania ptaków zadrzewień w okolicach Turwi na tle danych z Polski i Europy ... 96
5.2.1. Liczba gatunków ... 96
5.2.2. Zagęszczenie ... 99
5.2.3. Struktura dominacyjna i gatunki dominujące ... 100
5.2.4. Udział grup środowiskowych ... 101
5.2.5. Dynamika zgrupowania ptaków ... 104
5.3. Czynniki kształtujące zgrupowania ptaków ... 106
5.3.1. Znaczenie struktury zadrzewień ... 106
5.3.2. Oddziaływanie struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień na zgrupowania ptaków ... 113
5.3.3. Znaczenie struktury krajobrazu (tzw. kontekstu krajobrazowego) ... 115
5.3.4. Inne czynniki ... 118
5.3.5. Znaczenie struktury zadrzewień, środowiska w ich bezpośrednim sąsiedztwie i krajobrazu dla wymiany gatunków ... 119
6. Podsumowanie i wnioski ... 121
Aneks ... 123
7. Literatura ... 141
Summary ... 149

1. WSTĘP

Jednym z najważniejszych czynników oddziałujących w skali globalnej na ekosystemy lądowe jest użytkowanie środowiska przez człowieka (VITOUSEK 1997), prowadzące często do znacznego zmniejszenia się różnorodności biologicznej (RYSZKOWSKI 1985, Biodiversity 1988, WILSON 1999, SOULE 1991, SWANSON 1995, VITOUSEK i IN. 1997, SALA i IN. 2000). W związku z kontrowersjami na temat znaczenia zmian w różnorodności biologicznej dla funkcjonowania ekosystemów (np. SCHLÄPFER i SCHMID 1999, TILMAN 1999), zainteresowanie tym problemem jest ciągle duże. W ciągu ostatnich 20-30 lat badania nad różnorodnością biologiczną zostały silnie powiązane z rozwijaniem takich zagadnień, jak dynamika metapopulacji (LEVINS 1970, HANSKI 1994, HANSKI i GILPIN 1991) oraz fragmentacja krajobrazu (WHITCOMB i IN. 1976, OPDAM 1991, ANDREN 1994, ROBBINS i IN. 1997, RICKETTS 2001).

Negatywny wpływ działalności człowieka na różnorodność biologiczną jest zauważalny szczególnie wyraźnie na obszarach, na których dominuje intensywna gospodarka rolna. Obszary te zajmują obecnie 38% lądów kuli ziemskiej, czyli około połowę terenów, które może zamieszkiwać człowiek (CLAY 2004). Przekształcenia w strukturze krajobrazu, jakie zaszły od czasów średniowiecznych, a także olbrzymia presja, jaką rolnictwo przez mechanizację i chemizację wywiera na poszczególne typy środowisk, doprowadziły do znacznego, ciągle nasilającego się ubożenia różnorodności biologicznej (TILMAN i IN. 2001). Proces ten może wpływać na pojawienie się niekorzystnych z punktu widzenia gospodarki rolnej zmian w funkcjonowaniu agroekosystemów, prowadzących do spadku plonów oraz żyzności gleby (ALTIERI 1999).

Rozpowszechniony obecnie na obszarach nizinnych Europy model prowadzenia intensywnej, wysokonakładowej gospodarki rolnej, typowy także dla zachodniej i centralnej Polski, charakteryzuje się:

- zdecydowaną przewagą użytków rolnych, a wśród nich – pól uprawnych,
- małym udziałem (wynoszącym zazwyczaj 1-2%, a wyjątkowo więcej niż 3-4%) i znacznym rozczłonkowaniem środowisk nie użytkowanych

rolniczo, takich jak zadrzewienia[1], małe zbiorniki wodne i obszary podmokłe,
- dużymi powierzchniami poszczególnych upraw (wynoszącymi często kilkadziesiąt hektarów), czego skutkiem jest silne ujednolicenie pokrywy roślinnej,
- znaczną częstością i intensywnością zabiegów agrotechnicznych powtarzanych corocznie na polach uprawnych, co wywiera dużą i negatywną presję na żyjące tam organizmy.

Takie cechy krajobrazu rolniczego[2] stwarzają niekorzystne warunki dla bytujących w nim organizmów, czego konsekwencją jest znaczne zmniejszenie się różnorodności biologicznej tych obszarów (RYSZKOWSKI i IN. 2002). Obecnie wykorzystanie ziemi przez rolnictwo jest jednym z najważniejszych czynników zagrażających zachowaniu bioróżnorodności (State of the world's birds 2004, FOLEY i IN. 2005), a rozmieszczenie terenów rolniczych jest lepszym predyktorem statusu zagrożenia przyrody niż rozmieszczenie ludności (SCHARLEMANN i IN. 2005). W odniesieniu do zwierząt, zakres i tempo ubożenia związanego z rozwojem rolnictwa – a w pewnym zakresie także jego mechanizmy – są szczególnie dobrze rozpoznane dla ptaków, często traktowanych jako dobre i stosunkowo wygodne w powszechnym stosowaniu bioindykatory stanu środowiska (KOSKIMIES 1989, O'CONNELL i IN. 2000). Silne związki między ubożeniem awifauny a rozwojem rolnictwa wykazano w Europie (np. DONALD i IN. 2001, GREGORY i IN. 2005), Ameryce Północnej (MURPHY 2003, BRENNAN i KUVLESKY 2005), Afryce (SÖDERSTRÖM i IN. 2003) i Azji (SEMWAL i IN. 2004). Dowody wskazujące na powiązanie utraty różnorodności biologicznej z intensyfikacją rolnictwa wydają się rozstrzygające, chociaż mechanizmy przyczynowo-skutkowe i demograficzne różnią się dla poszczególnych gatunków (NEWTON 2004).

Spośród środowisk obecnych w typowym nizinnym krajobrazie rolniczym, największą liczbą gatunków ptaków lęgowych, a także największym łącznym zagęszczeniem tych zwierząt w okresie rozrodu, charakteryzują się zadrzewienia śródpolne, zbudowane zwykle ze wszystkich trzech głównych pięter roślinności (runa, podszytu i koron drzew). Piętra te – choć rozwinięte w różnym stopniu – tworzą dużą różnorodność mikrosiedlisk, odpowiadających wymaganiom wielu gatunków ptaków, przy czym presja ludzka jest w zadrzewieniach dużo słabsza niż na terenach uprawnych. Dzięki temu w środkowoeuropejskich

[1] Za zadrzewienie w opracowaniu uważa się skupisko drzew lub krzewów położone w krajobrazie rolniczym, o powierzchni najczęściej kilku hektarów. Taka definicja jest zgodna z definicją zaproponowaną przez ZAJĄCZKOWSKIEGO (1982).

[2] Krajobraz rolniczy jest rozumiany jako krajobraz, w którym użytki rolne (pola uprawne, łąki, pastwiska) zajmują łącznie ponad 50% powierzchni całkowitej.

zadrzewieniach może gniazdować łącznie do 80 gatunków ptaków (BEZZEL 1982), co dla obszarów nizinnych Polski stanowi nawet ponad 90% wszystkich gatunków występujących w krajobrazie rolniczym (KUJAWA 1994). Zatem to głównie od zadrzewień zależy bogactwo gatunkowe[3] zgrupowań[4] ptaków lęgowych, a także ich zagęszczenie w krajobrazie rolniczym nizinnej Europy. Istnienie takiej zależności wykazano w syntetycznych opracowaniach dla Niemiec (FLADE 1994) i Wielkiej Brytanii (O'CONNOR i SHRUBB 1986). Poczynając od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, zgrupowania ptaków zadrzewień były przedmiotem wielu badań w różnych krajach (MOORE i HOOPER 1975, GALLI i IN. 1976, FORMAN i IN. 1976, BURGESS i SHARPE 1981, MARTIN 1981, OPDAM i IN. 1985, FREEMARK i MERRIAM 1986, MCINTYRE 1995, HINSLEY i IN. 1995 a, b, BELLAMY i IN. 1996 a), w tym także w Polsce (GROMADZKI 1970, CIEŚLAK 1991, 1992, WUCZYŃSKI 1995, KUJAWA 1997 a, 2000, KUJAWA i TRYJANOWSKI 2000). Ilość tych badań znacznie wzrosła w latach 80. i 90. minionego stulecia. Dla zrozumienia mechanizmów kształtujących awifaunę izolowanych zadrzewień stosowano początkowo klasyczną biogeograficzną teorię wysp (MACARTHUR i WILSON 1967), a w ostatnim 20-leciu – teorię metapopulacji (OPDAM 1991). Niewielkie skupiska roślinności drzewiastej wśród pól i innych użytków rolnych okazały się niezwykle dogodnymi układami o charakterze modelowym, za pomocą których rozwijano poszczególne aspekty tej teorii oraz testowano wynikające z niej hipotezy. W początkowym okresie badano głównie to, jakie znaczenie dla zgrupowań ptaków ma wielkość zadrzewień i ich struktura (GROMADZKI 1970, MOORE i HOOPER 1975, CIEŚLAK 1985, BLAKE i KARR 1987). Te badania – w odniesieniu do różnych aspektów – są kontynuowane do czasów obecnych (KEYSER i IN. 1998, ESTADES 2001, KUROSAWA i ASKINS 2003). W miarę postępu badań coraz większą uwagę zwracano także na tzw. kontekst krajobrazowy, czyli strukturę krajobrazu w sąsiedztwie badanych zadrzewień (VAN DORP i OPDAM 1987, PEARSON 1993, HINSLEY i IN. 1995 b, 1996, SISK i IN. 1997, CLERGEAU i BUREL 1997, RICKETTS 2001, BOULINIER i IN. 2001, TWOREK 2002). Zauważono bowiem, że struktura krajobrazu czy – w nieco mniejszej skali – struktura środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień może odgrywać znaczącą rolę dla poszczególnych gatunków ptaków. Dla części z nich, zwłaszcza dla gatunków określanych jako leśne, struktura krajobrazu może wpływać na intensywność przemieszczania się osobników w krajobrazie, w zależności od ilości (zagęszczenia) korytarzy ekologicznych

[3] Wyrażenie „bogactwo gatunkowe" jest używane w opracowaniu jako synonim łącznej liczby stwierdzonych gatunków.

[4] Termin „zgrupowanie" w niniejszej rozprawie oznacza ogół ptaków gniazdujących na danym obszarze w danym okresie badań.

lub też od odległości pomiędzy poszczególnymi wyspowymi zadrzewieniami (HAAS 1995, DUNNING i IN. 1992, BENTLEY i CATTERALL 1997, BEIER i NOSS 1998). Wyniki niektórych badań pokazują, że mimo dużej mobilności tych zwierząt, otwarte przestrzenie mogą być dla niektórych gatunków barierą behawioralną (MOORE i HOOPER 1975, WHITCOMB i IN. 1981, DICKMAN 1987), przypuszczalnie przede wszystkim z powodu instynktownego unikania narażenia się na atak drapieżników. Na ptaki określane jako preferujące skraj lasu struktura środowiska w sąsiedztwie miejsc gniazdowania, czyli w strefie ekotonu pomiędzy lasem (zadrzewieniem) a terenami sąsiednimi, może wpływać w dwojaki sposób: utrudniając lub ułatwiając ich przemieszczanie się w obrębie krajobrazu oraz przez modyfikację strategii żerowiskowych. Ten drugi mechanizm oddziaływania jest istotny, ponieważ znaczną liczbę ptaków związanych ze skrajem lasu stanowią gatunki dwuśrodowiskowe, dla których oprócz drzew konieczna jest także obecność zbiorowisk łąkowych lub pól uprawnych, będących terenami żerowiskowymi (LOVE i IN. 1985, GREEN i IN. 1994, SIRIWARDENA i IN. 2000). W wyniku tych badań wysnuto wniosek, że dla pełnego zrozumienia mechanizmów kształtujących zgrupowania ptaków lęgowych w zadrzewieniach konieczne jest uwzględnianie procesów, zachodzących zarówno wewnątrz zadrzewień, jak i w krajobrazie (HINSLEY i IN. 1995 b, MAZEROLLE i VILLARD 1999).

Pomimo wielu badań i prób ich syntez, mechanizmy, które kształtują awifaunę zadrzewień oraz jej dynamikę i zmiany długoterminowe, nie zostały zadowalająco wyjaśnione. Próby podsumowania tych badań (MAZEROLLE i VILLARD 1999), opublikowane w czasie, gdy rozpoczynano badania własne dotyczące tej problematyki, nie zaowocowały sformułowaniem zgeneralizowanych modeli wyjaśniających mechanizmy kształtowania się zgrupowań ptaków wysp leśnych, w tym zadrzewień. Potwierdziły jednak konieczność uwzględniania charakterystyki krajobrazu wokół analizowanych płatów (wysp) środowiskowych, jako istotnych składników modeli opisujących występowanie wielu taksonów organizmów w tychże płatach. Przeprowadzone badania pokazują, że prawidłowe działania ukierunkowane na ochronę awifauny krajobrazu rolniczego powinny uwzględniać rozmaitość powiązań pomiędzy różnymi typami zadrzewień i różnymi typami gospodarki rolnej, historię przekształceń krajobrazu (CLERGEAU i BUREL 1997, KNICK i ROTENBERRY 2000) oraz elementy charakterystyki biogeograficznej danego regionu, istotne także dla ptaków krajobrazu rolniczego (HINSLEY i IN. 1998, BELLAMY i IN. 1996 a).

Podsumowując: wyniki dotychczasowych badań nad czynnikami kształtującymi zgrupowania ptaków zadrzewień były niejednoznaczne (zob. MAZEROLLE i VILLARD 1999), być może dlatego, że uwzględniano w nich najczęściej tylko fragmentaryczne charakterystyki zarówno awifauny, jak i struktury środowiska oraz krajobrazu.

W latach 1999-2002 przeprowadzono badania nad czynnikami wpływającymi na bogactwo gatunkowe oraz zagęszczenie ptaków w niewielkich zadrzewieniach, decydujących o różnorodności awifauny krajobrazu rolniczego nizinnej Polski. Z wcześniejszych badań wynika, że spośród zadrzewień przydrożnych (alei), zadrzewień pasowych i kęp drzew lub krzewów dla zachowania różnorodnej awifauny w krajobrazie rolniczym zdecydowanie najistotniejsze są te ostatnie (KUJAWA 1994, 1997 a, zob. także CIEŚLAK 1985, WUCZYŃSKI 1995 i ORŁOWSKI 2004). Dlatego badania, których wyniki są prezentowane w niniejszym opracowaniu, objęły tę właśnie kategorię zadrzewień. Według klasyfikacji ZAJĄCZKOWSKIEGO (2005) były to zadrzewienia kępowe (do 0,10 ha) oraz powierzchniowe (powyżej 0,10 ha).

Celem badań własnych było dokonanie hierarchizacji czynników oddziałujących na zgrupowania ptaków małych, wyspowych zadrzewień, a w rezultacie waloryzacja poszczególnych aspektów struktury zadrzewień, struktury środowisk bezpośrednio do nich przylegających i struktury krajobrazu pod kątem ich znaczenia dla ochrony różnorodności awifauny lęgowej krajobrazu rolniczego. W rezultacie, wyniki badań miały wyjaśnić, jak interakcje pomiędzy izolowanymi, małymi zadrzewieniami a otaczającym je środowiskiem i – w jeszcze większej skali – krajobrazem wpływają na kształtowanie się zgrupowań ptaków zadrzewień, stanowiących większość awifauny terenów, na których dominuje gospodarka rolna.

W porównaniu z dotychczasowymi studiami nad zgrupowaniami ptaków zadrzewień, istotną cechą badań, których wyniki są podstawą niniejszego opracowania, było objęcie szerokiego spektrum czynników wpływających na te zgrupowania. Oprócz charakterystyki samych zadrzewień, uwzględniono także strukturę krajobrazu (istotną dla kolonizowania zadrzewień przez ptaki) oraz strukturę środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień (istotną szczególnie dla grupy gatunków dwuśrodowiskowych, czyli ekotonowych). Badania prowadzono metodą pozwalającą na bezwzględną ocenę liczby par lęgowych[5], w ciągu dostatecznie długiego okresu (4 lata), by można było przeanalizować również wpływ tempa wymiany gatunków na kształtowanie się zgrupowań.

Takie zaprojektowanie badań dawało podstawy do odpowiedzi na następujące pytania szczegółowe:

[5] Liczebność ptaków jest określana w odniesieniu do par lęgowych, co nie uwzględnia faktu występowania zjawiska poligamii lub mieszanych systemów rozrodczych u części gatunków. Ze względu na trudności metodyczne w ustalaniu faktycznej liczby ptaków przystępujących do rozrodu w obrębie jednego terytorium takie uproszczenie jest powszechnie stosowane.

- Jak duże jest bogactwo gatunkowe zgrupowań ptaków i zagęszczenie tych zwierząt w niewielkich, narażonych na duży wpływ otoczenia, wyspowych zadrzewieniach usytuowanych w krajobrazie rolniczym? Jaki jest udział poszczególnych grup środowiskowych w całym zgrupowaniu? Czy efektywną ochronę różnorodności awifauny terenów rolniczych można oprzeć na utrzymaniu w krajobrazie odpowiedniej ilości takich właśnie zadrzewień?
- W jakim stopniu bogactwo gatunkowe i zagęszczenie par lęgowych w zgrupowaniach ptaków zadrzewień zależy od samej tylko struktury zadrzewień, a w jakim – od struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie oraz od struktury krajobrazu wokół tych zadrzewień? Jakie znaczenie ma wobec tego stopień izolacji zadrzewień? Jak na strukturę środowiska i krajobrazu reagują poszczególne grupy środowiskowe?
- Jakie jest znaczenie struktury zadrzewień, ich otoczenia i struktury krajobrazu dla dynamiki tych zgrupowań? Czy struktura krajobrazu ma wpływ na tempo wymiany gatunków? A jeśli tak, to jak kształtują się te relacje dla poszczególnych grup środowiskowych?

2. TEREN BADAŃ

Badania prowadzono na Równinie Kościańskiej, w obrębie Parku Krajobrazowego im. gen. Dezyderego Chłapowskiego i na terenach bezpośrednio do niego przylegających (ryc. 1). Równina Kościańska jest pozbawioną jezior, płaską wysoczyzną morenową położoną na wysokości 70-90 m n.p.m., gdzie lokalne deniwelacje nie przekraczają 10 m. Przeważają tu gleby brunatne (MARCINEK 1996) i dobrze zagospodarowane użytki rolne (KONDRACKI 2002). Roczna suma opadów wynosi średnio około 590 mm, rzadko przekracza 650 mm, a w bardzo suchych latach spada nawet poniżej 400 mm. Średnia temperatura stycznia – najzimniejszego miesiąca roku – wynosi –2°C, a najcieplejszego – lipca – ok. +17°C (WOŚ i TAMULEWICZ 1996). Park Krajobrazowy im. gen. Dezyderego Chłapowskiego został ustanowiony w celu ochrony unikalnego typu krajobrazu rolniczego, charakteryzującego się występowaniem sieci licznych zadrzewień śródpolnych, stworzonej na początku XIX wieku (fot. 1, 2, 3). Park leży prawie w całości na Równinie Kościańskiej, z wyjątkiem jego południowo-wschodniej części z jeziorem Zbęchy, która należy do Pojezierza Krzywińskiego. Nie uwzględniając jeziora Zbęchy, obejmuje on obszar 17 200 ha, z czego 65% stanowią pola uprawne, 15% – lasy i zadrzewienia, 8% – łąki, blisko 1% – zbiorniki wodne i cieki, a 11% – tereny zabudowane. Poza jeziorem Zbęchy, sieć wodna Parku jest uboga – gęstość sieci kanałów wynosi ok. 0,4 km/km^2, a średnie zagęszczenie drobnych zbiorników wodnych – ok. 1,3/km^2 (RYSZKOWSKI 1990). Największym ciekiem jest Kościański Kanał Obry, a najdłuższym – Rów Wyskoć (fot. 4), w którego obniżeniu znajduje się wiele zarastających dołów potorfowych, będących lokalną ostoją gatunków ptaków wodno-błotnych (KUJAWA 1994, BANASZAK i KUJAWA 2003). Dzięki zadrzewieniom struktura krajobrazu Parku, pomimo znacznego wylesienia tych terenów, jest silnie urozmaicona. Według inwentaryzacji przeprowadzonej przez KUJAWĘ (1998) zagęszczenie zadrzewień kępowych wynosiło średnio ok. 0,9/km^2, zagęszczenie śródpolnych i przywodnych zadrzewień pasowych – odpowiednio 0,2 i 0,5 km/km^2, a zadrzewień przydrożnych (alejowych) – 1,0 km/km^2 (fot. 5).

Tereny Parku już od pięćdziesięciu lat są miejscem, w którym prowadzi się interdyscyplinarne badania nad funkcjonowaniem krajobrazu rolniczego (np. Ekologiczne procesy... 1996, Kształtowanie środowiska... 1998, RYSZKOWSKI i IN. 2002). Między innymi prowadzono tu wiele badań ornitologicznych, których przegląd znajduje się w opracowaniu KUJAWY (2000). Dzięki dotychczasowym badaniom wiadomo, że awifauna krajobrazu rolniczego Parku charakteryzuje się znacznym – jak na tereny ze stosunkowo intensywnym rolnictwem – bogactwem gatunkowym oraz dość dużymi zagęszczeniami populacji wielu gatunków (KUJAWA 1994, 1996, 2000).

Badaniami objęto 66 zadrzewień wraz z ich otoczeniem (fot. 6), rozmieszczonych na obszarze o kształcie zbliżonym do kwadratu o boku 14 km, czyli obejmującym obszar około 200 km^2 (ryc. 1). Zadrzewieniom tym przypisano nazwy (numery) według opracowania pod redakcją Ryszkowskiego (Koncepcja planu ochrony... 1998). Kryteria doboru zadrzewień do badań były następujące: a) wielkość nie przekraczająca 3,5 ha, b) kształt zwarty, przypominający owal lub wielokąt, którego długość nie przekraczała szerokości więcej niż 3-krotnie. W latach 1999-2002 badania prowadzono w 52 zadrzewieniach, a w okresie 2000-2002 badaniami objęto dalszych 12, czyli łącznie 64 zadrzewienia. Dwa zadrzewienia były badane tylko w 1999 roku; dane dotyczące tych zadrzewień wykorzystano tylko do ogólnej jakościowej charakterystyki zgrupowań ptaków lęgowych. Pierwsza grupa (N = 52) – mniej liczna, ale dłużej badana – była podstawą analizy dynamiki zgrupowań w latach 1999-2002 (rozdz. 4.2.2). Druga grupa (N = 64), krócej badana, ale liczniejsza, posłużyła do sporządzenia charakterystyki całego zgrupowania ptaków na podstawie średnich wieloletnich z okresu badań (rozdz. 4.2.1) oraz do analizy czynników wpływających na bogactwo gatunkowe i zagęszczenie ptaków lęgowych (rozdz. 4.3).

3. METODY

3.1. Założenia metodologiczne do badań struktury środowiska

Strukturę środowiska scharakteryzowano w odniesieniu do jej trzech różnych aspektów, używając szeregu zmiennych ilościowych oraz jakościowych.

Po pierwsze, opisano i zmierzono strukturę samych zadrzewień. Sposób opisu i pomiaru struktury środowiska dostosowano do bardzo zróżnicowanych wymagań środowiskowych ptaków występujących w zadrzewieniach. Wśród nich znajdują się nie tylko gatunki typowe dla wnętrza lasu, np. dzięcioły, lecz także gatunki ekotonowe, np. gąsiorek[6]. Ponadto ptaki zadrzewień umieszczają gniazda we wszystkich piętrach roślinności, np. kulczyk i srokosz – w koronach drzew, pokrzewki – w podszycie, słowiki i rudzik – na ziemi lub nisko w roślinności zielnej. Liczna jest też grupa gatunków budujących gniazda w dziuplach, np. sikory i dzięcioły. Ze względu na to strukturę zadrzewień opisano w jak największym zakresie, biorąc pod uwagę różne jej aspekty (wymiary geometryczne, skład gatunkowy, stopień pokrycia poszczególnych warstw roślinności, wilgotność siedliska itd.), tak by uwzględnić możliwie najwięcej czynników potencjalnie ważnych dla poszczególnych gatunków ptaków występujących w tym środowisku.

Po drugie, scharakteryzowano strukturę środowiska obszarów bezpośrednio przylegających do granic zadrzewień. Ten aspekt jakości środowiska jest szczególnie ważny dla ptaków skraju lasu, zarówno typowo leśnych, jak i dwuśrodowiskowych (ekotonowych), które oprócz drzew lub krzewów potrzebują także terenów otwartych, na których albo budują gniazda i żerują (trznadel, ortolan i potrzeszcz), albo tylko żerują (szpak i gąsiorek). Zgodnie z wynikami dotychczasowych badań (GREEN 1994, PARISH i IN. 1995, HINSLEY i IN. 1995 b, SISK i IN. 1997, WILSON i IN. 2005) należy oczekiwać, że struktura terenów

[6] Nazwy łacińskie gatunków ptaków zamieszczono w Aneksie 13.

bezpośrednio przyległych do granic zadrzewień odgrywa istotną rolę dla części zgrupowania ptaków, głównie dla gatunków ekotonowych.

Po trzecie, opisano ilościowo strukturę krajobrazu wokół zadrzewień (tzw. kontekst krajobrazowy). Jak już wspomniano we wstępie, uwzględnianie kontekstu krajobrazowego znacznie zwiększa możliwości zrozumienia mechanizmów wpływających na dynamikę zgrupowań ptaków w wyspach środowiskowych (MAZEROLLE i VILLARD 1999). Dynamika ta jest konsekwencją takich zjawisk, jak lokalne zanikanie gatunków i ponowne pojawianie się ich w danym zadrzewieniu. Ponowne pojawienie się gatunku w danej wyspie środowiskowej (rekolonizacja) zależy od tego, jak duże ograniczenia krajobraz stwarza przemieszczającym się organizmom (RICKETTS 2001). Ze względu na zróżnicowane wymagania środowiskowe ptaków, strukturę krajobrazu opisano ilościowo możliwie jak najbardziej wszechstronnie, w odróżnieniu od wielu poprzednich badań, w których stosowano najczęściej kilka podstawowych wskaźników izolacji zadrzewień, takich jak np. odległość od najbliższego lasu o umownej granicznej wielkości czy udział lasów na obszarze o ustalonym promieniu (VAN DORP i OPDAM 1987, HINSLEY i IN. 1995 b, BELLAMY i IN. 1996 a).

3.2. Analiza struktury zadrzewień

Charakterystykę struktury zadrzewień wykonano na podstawie analizy zdjęć lotniczych w skali 1:27 000 oraz kontroli terenowych. Za granicę danego zadrzewienia przyjęto zasięg rzutu pionowego koron drzew lub krzewów, ustalony na podstawie zdjęć lotniczych. Wszystkie zadrzewienia objęte badaniami zostały scharakteryzowane pod względem cech ilościowych i jakościowych, których lista znajduje się poniżej. Dużymi literami podano ich nazwy, stosowane w dalszej części tekstu.

Charakterystyka ilościowa

a. Powierzchnia zadrzewienia (ha) – AREAŁ: mierzona za pomocą planimetru bezpośrednio ze zdjęć lotniczych. Wykonano trzy pomiary każdego zadrzewienia, a następnie obliczono średnią arytmetyczną.
b. Obwód zadrzewienia (m) – OBWÓD: obliczony na podstawie zdjęć lotniczych za pomocą programu MapInfo.

c. Współczynnik rozwinięcia granic – WSP_ROZW: stosunek obwodu zadrzewienia (OBWÓD) do obwodu koła (L) o powierzchni takiej, jak dane zadrzewienie, czyli WSP_ROZW = $\frac{OBWÓD}{L}$. Promień koła o powierzchni AREAŁ wynosi $\sqrt{\frac{AREAŁ}{\pi}}$, a zatem jego obwód L = $2\pi\sqrt{\frac{AREAŁ}{\pi}}$. Stąd WSP_ROZW = $\frac{OBWÓD}{2\pi\sqrt{\frac{AREAŁ}{\pi}}}$, a po uproszczeniach: WSP_ROZW = $\frac{OBWÓD}{2\sqrt{\pi \cdot AREAŁ}}$, przy czym AREAŁ w tym wypadku jest wyrażony w metrach kwadratowych. Im bardziej kształt zadrzewienia jest zbliżony do koła, tym bardziej WSP_ROZW jest zbliżony do jedności, a im bardziej kształt odbiega od koła, tym bardziej wartość tego wskaźnika jest większa od jedności.
d. Struktura dominacji w piętrze koron: udział procentowy poszczególnych gatunków drzew szacowano z dokładnością do 10% na podstawie wzrokowej oceny składu gatunkowego drzewostanu przeprowadzonej na całej powierzchni zadrzewienia. Ocenę przeprowadziły niezależnie dwie osoby, a do dalszych analiz wykorzystywano średnią arytmetyczną z dwóch ocen.
e. Wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu – DRZ_DIVER: stosowano tu wskaźnik Shannona $H' = \sum_i p_i \, ln \, p_i$, gdzie p_i – udział *i*-tego gatunku w drzewostanie, według punktu d).
f. Stopień pokrycia powierzchni przez piętro koron drzew – DRZ_POK (%): średnia arytmetyczna z dwóch oszacowań obszaru zadrzewienia przykrytego koronami drzew, przeprowadzonych niezależnie przez dwie osoby z dokładnością do 10%.
g. Stopień pokrycia powierzchni przez podokap – POD_POK (%): wyznaczany analogicznie do punktu f).
h. Stopień pokrycia powierzchni przez podszyt – KRZ_POK (%): jw.
i. Stopień pokrycia powierzchni przez runo – RUN_POK (%): jw.
j. Udział procentowy roślin dwuliściennych w runie, jako wskaźnik zróżnicowania tej warstwy roślinności – RUN_DWU (%): jw.

Charakterystyka jakościowa

a. Wilgotność środowiska (WILG) – określana według kryteriów przyjętych w opracowaniu KURLAVICIUSA (1995) do jednej z następujących kategorii:
   M – mokre: gdy w przypadku ponad 50% powierzchni woda zbiera się w śladach pozostawionych podczas chodzenia, część powierzchni może być zalewana, w runie przeważają mchy i/lub turzyce;
   W – wilgotne: gdy po ściśnięciu porcji gleby dłoń pozostaje mokra, lub woda zostaje wyciśnięta, w runie dominują szerokolistne trawy lub/i turzyce;
   N – o normalnej wilgotności: gdy po ściśnięciu porcji gleby ręka zostaje sucha, w runie dominują różne szerokolistne trawy;
   Na podstawie tych ocen w analizach regresji zastosowano ilościowy wariant tej zmiennej (WILGGRAD), której wartości wynosiły: dla N – 1, dla W – 2 oraz dla M – 3.
b. Obecność cieków lub zbiorników wodnych w obrębie zadrzewienia lub bezpośrednio przylegających do jego granic (WODA): zmienna ta przyjmuje dwie wartości: 1 – zbiorniki lub cieki obecne, 0 – brak zbiorników i cieków.
c. Typ drzewostanu (DRZ_TYP) – przypisywany do jednej z czterech poniższych kategorii na podstawie średniego udziału (średnia ważona przez stopień pokrycia powierzchni) gatunków iglastych i liściastych w piętrze koron i podokapie:
   0 – „iglasty", gdy stopień pokrycia gatunków drzew iglastych wynosił 91-100%;
   1 – „mieszany", gdy stopień pokrycia gatunków drzew iglastych wynosił 26-75%;
   2 – „liściasto-iglasty", gdy stopień pokrycia gatunków drzew iglastych wynosił 11-25%;
   3 – „liściasty", gdy stopień pokrycia gatunków drzew iglastych wynosił 0-10%.
   Przedziału 76-90% udziału drzew iglastych nie uwzględniono, ponieważ wartości z tego przedziału nigdzie nie odnotowano.
d. Gatunek drzewa dominujący w drzewostanie (DOMINANT). Wyróżniono tu następujące kategorie: SOS – dominacja sosny, JES – jesionu, ROB – robinii, OL – olszy, INNE – dominacja któregoś z pozostałych gatunków (przeważających w zbyt małej liczbie zadrzewień, by traktować je jako odrębne kategorie).

3.3. Analiza struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień

Jako bezpośrednie sąsiedztwo zadrzewień traktowano obszar przylegający do ich granic w odległości do 50 m. Granicę tego obszaru wyznaczono za pomocą programu MapInfo, wykorzystując zdjęcia lotnicze. Następnie w obrębie wyznaczonego w ten sposób bezpośredniego sąsiedztwa naniesiono granice znajdujących się tam elementów (schemat postępowania – zob. ryc. 2), korzystając również z wyników kontroli terenowych dotyczących lokalizacji poszczególnych typów upraw.

Tak opracowane zdjęcia były podstawą do analizy struktury środowiska, polegającej na policzeniu liczby płatów środowiska danej kategorii, wyznaczeniu wielkości poszczególnych płatów, a tym samym procentowego udziału poszczególnych typów środowisk, stopnia rozdrobnienia, współczynnika różnorodności (H') i liczby typów środowisk. Wielkość płatów mierzono za pomocą programu AreaMeasure. W wyniku takiego postępowania uzyskano następującą listę zmiennych charakteryzujących bezpośrednie sąsiedztwo zadrzewień (ich nazwy zaczynają się od znaków „BS_"):

a) udział pól uprawnych – BS_UPRAWY (%),
b) udział łąk – BS_ŁĄKI (%),
c) udział zadrzewień i lasów – BS_LASY (%),
d) udział ogrodów i sadów – BS_SADY (%),
e) udział terenów zabudowanych – BS_ZABUD (%),
f) udział dróg – BS_DROGI (%),
g) udział rowów (starych, zarośniętych, tylko okresowo gromadzących wodę) – BS_ROWY (%),
h) udział cieków i zbiorników wodnych – BS_WODY (%),
i) współczynnik różnorodności – BS_DIVER (H'),
j) średnia wielkość płatów – BS_ŚRPŁAT (ha),
k) liczba płatów – BS_NPŁAT (n),
l) procentowy udział płatów użytkowanych w dany sposób, wyznaczany dla lat 1999-2002 w odniesieniu do następujących kategorii: żyto, pszenica i pszenżyto – traktowane łącznie z powodu ich dużego wzajemnego podobieństwa – jęczmień, owies, mieszanki traw pastewnych, kukurydza, burak cukrowy i pastewny razem, ziemniak, rzepak, lucerna, łąki, zadrzewienia i lasy, drogi, zabudowania, sady, wody, rowy, inne, odłogi,
ł) procentowy udział płatów w odniesieniu do pięciu głównych kategorii upraw oddzielnie: zboża ozime (OZIME), zboża jare (JARE), uprawy okopowe (OKOPOWE), trwałe (TRWAŁE), inne (INNE_UP).

3.4. Analiza struktury krajobrazu wokół zadrzewień

Analizę struktury krajobrazu wokół danego zadrzewienia prowadzono w promieniu 1,5 km od jego centralnego punktu, wykorzystując do tego celu zdjęcia lotnicze w skali 1:27 000. Podobny sposób wyboru powierzchni próbnej do analizy struktury krajobrazu stosowano w poprzednich badaniach tego typu (LOVE i IN. 1985, VAN DORP i OPDAM 1987, HINSLEY i IN. 1995 b, BELLAMY i IN. 1996 a). Wybór długości promienia był wynikiem kompromisu pomiędzy koniecznością objęcia badaniami wycinka krajobrazu o stosunkowo dużej wielkości a koniecznością unikania nakładania się na siebie wyznaczonych w ten sposób obszarów. W cytowanych wyżej badaniach analizą struktury krajobrazu obejmowano obszar w promieniu od 0,5 do 3 km.

Wewnątrz okręgów o promieniu 1,5 km wyznaczano granice poszczególnych płatów środowisk, których powierzchnię mierzono, korzystając z programu AreaMeasure. Przy wyznaczaniu wartości tych zmiennych, które dotyczyły odległości, wykorzystano program MapInfo. Przygotowania do analizy struktury krajobrazu przebiegały w następujących etapach: 1) skanowanie zdjęć lotniczych, 2) ręczne wyznaczanie granic poszczególnych elementów, 3) zliczanie poszczególnych płatów, 4) wyznaczanie ich powierzchni, 5) pomiar odległości pomiędzy płatami lasu dla potrzeb wyznaczenia wskaźnika WSK_PX. Przeprowadzone pomiary były podstawą do wyznaczenia zmiennych charakteryzujących krajobraz wokół zadrzewień (skróty nazw tych zmiennych rozpoczynają się znakami „K_”).

Zmienne oparte na pomiarach powierzchni

a. Udział pól uprawnych o dużych areałach – K_PDUŻ (%). Przyjęto, że pola duże to obszary z jednym gatunkiem roślin uprawnych, większe niż 10 ha.
b. Udział pól uprawnych o małych areałach – K_PMAŁ (%). Pola małe to takie, których powierzchnia nie przekraczała 10 ha.
c. Udział łąk – K_ŁĄKI (%).
d. Udział lasów – K_LASY (%). Za lasy uznano te fragmenty krajobrazu, na których występowały drzewostany, z wyłączeniem sadów, ogrodów, alei i zadrzewień pasowych (zob. niżej).
e. Udział zadrzewień pasowych – K_PASY (%), czyli zadrzewień o wydłużonym kształcie, łącznie z alejami.
f. Udział terenów zabudowanych – K_ZABU (%).
g. Udział sadów – K_SADY (%).

h. Udział wód – K_WODY (%).
i. Wskaźnik różnorodności H' – K_DIVER (%).

Zmienne oparte na zliczaniu poszczególnych obiektów

a. Liczba płatów z dużymi polami – K_PDUŻ_N.
b. Liczba płatów z małymi polami – K_PMAŁ_N.
c. Liczba płatów z łąkami – K_ŁĄKI_N.
d. Liczba lasów – K_LASY_N.
e. Liczba płatów z terenem zabudowanym – K_ZABU_N.
f. Liczba sadów – K_SADY_N.
g. Liczba płatów będących wodami stojącymi lub płynącymi – K_WODY_N.
h. Liczba zbiorników wody stojącej – K_STAW_N.
i. Długość cieków – K_CIEKDŁ.
j. Łączna suma wszystkich obiektów (płatów) – K_PŁAT_N.

Inne wskaźniki

Wskaźnik bliskości (*proximity index*) lasów według GUSTAFSONA i PARKERA (1994) – WSK_PX. Jest to wskaźnik, który uwzględnia zarówno wielkość poszczególnych płatów lasu, jak i odległość pomiędzy nimi, a jego wartość oblicza się według wzoru:

$$\text{WSK\_PX} = \sum_{i}^{n}\left(\frac{S_i}{d_i}\right).$$

Aby obliczyć wartość tego wskaźnika, należy ponumerować (i = 1,..., n) wszystkie płaty lasu znajdujące się w wycinku krajobrazu wokół danego zadrzewienia, a następnie zmierzyć powierzchnię każdego z nich (S_i) oraz odległość od najbliższego płata lasu (d_i). Wskaźnik WSK_PX jest sumą ilorazów S_i/d_i i jest tym większy, im większe są powierzchnie płatów lasu i im mniejsza jest odległość między nimi.

3.5. Metody oceny bogactwa gatunkowego i zagęszczeń populacji ptaków oraz podstawy ich podziału na grupy środowiskowe

Podstawą do wyznaczenia zagęszczenia populacji ptaków lęgowych była metoda kartograficzna (TOMIAŁOJĆ 1980). We wszystkich latach badań (1999--2002) każde z zadrzewień było kontrolowane dziewięć razy w ciągu sezonu lęgowego (z wyjątkiem dwóch, objętych badaniami tylko w 1999 roku). Obserwacje prowadzono w okresie od 1 kwietnia do 10 lipca. Jedna kontrola obejmująca wszystkie 64 zadrzewienia trwała około 8-10 dni. Czas przebywania w jednym zadrzewieniu wynosił od 15 do 90 min i zależał od powierzchni zadrzewienia i stopnia skomplikowania struktury roślinności. W dużej części zadrzewień, stojąc w centralnym punkcie, nasłuchem obejmowano większą część (lub nawet całość) zadrzewienia, dlatego można przypuszczać, że wykrywalność ptaków była duża. Jeśli nie zaobserwowano oznak pewnego gniazdowania (zajęte gniazdo, silnie zaniepokojone ptaki, dorosłe z pokarmem wielokrotnie widziane w tym samym miejscu), za terytorium zajęte przez parę lęgową uznawano skupisko co najmniej trzech miejsc obserwacji samca zachowującego się terytorialnie.

Tabela 1. Grupy gatunków (grupy środowiskowe) wyróżnione pod względem preferencji środowiskowych odnośnie do miejsca zakładania gniazda i żerowania
Table 1. Groups of species (habitat groups) distinguished with respect to habitat preferences – preferred place for nest building and feeding habitats

Skrót nazwy grupy środowiskowej Abbreviation of habitat group names	Preferencje środowiskowe Habitat preferences
CROPS	Wymagają wyłącznie lub prawie wyłącznie terenów uprawnych Demand exclusively or almost exclusively crop areas
EDGE	Wymagają dwóch środowisk – terenów zadrzewionych i terenów otwartych Demand both afforested and open areas
W_EDGE	Wymagają terenów zadrzewionych, preferują skraj lasu Demand afforested areas, prefer wood edge
W_ALL	Wymagają terenów zadrzewionych, brak preferencji co do skraju czy wnętrza lasu Demand afforested areas, no preferences for wood interior or margin
W_IN	Wymagają terenów zadrzewionych, preferują wnętrze lasu Demand afforested areas and prefer wood interior
OTHERS	Wymagają innych typów środowisk (wód, osiedli, konstrukcji itd.) Demand other habitat types (water, settlements, man-made constructions etc.)

Awifaunę charakteryzowano w odniesieniu do trzech poziomów jej organizacji: całego zgrupowania, poszczególnych gatunków oraz grup gatunków. Nazewnictwo ptaków stosowano zgodnie z opracowaniem MIELCZARKA i CICHOCKIEGO (1999). Podziału gatunków na grupy środowiskowe dokonano na podstawie opracowań DYRCZA i IN. (1991), BEDNORZA i IN. (2000) oraz obserwacji własnych, przyjmując za kryterium podziału gatunków ich preferencje w stosunku do następujących środowisk: leśnych, wodnych, otwartych (polnych i łąkowych). Wyróżniono sześć takich grup: gatunki pól uprawnych (CROPS), gatunki ekotonu polno-leśnego (EDGE), gatunki skraju lasu (W_EDGE), leśni „generaliści" (W_ALL), gatunki wnętrza lasu (W_IN), gatunki pozostałe (OTHERS) (tab. 1).

Uzyskane dane były podstawą do analiz opartych na średnich wieloletnich (z zagęszczeń i liczb gatunków) oraz analiz dotyczących zmian w czasie.

3.6. Analiza zgrupowań ptaków w ujęciu statycznym, na podstawie średnich wieloletnich

W analizach stosowano następujące zmienne:

a) średnia liczba wszystkich gatunków w zadrzewieniach (w latach 2000--2002) – ŚR_GAT,
b) łączna liczba wszystkich gatunków w zadrzewieniach (w latach 2000--2002) – SUMA_GAT,
c) średnie całkowite zagęszczenie ptaków w zadrzewieniach (w latach 2000-2002) – ŚR_ZAG (pary/ha),
d) średnia liczba par/terytoriów w zadrzewieniach (w latach 2000-2002) – PARY,
e) średnie zagęszczenie gatunków (w latach 2000-2002) – GATZAG (SUMA_GAT/ha),
f) średnia liczba gatunków (w latach 2000-2002) w grupach środowiskowych: leśnych „generalistów" występujących zarówno w głębi, jak i na skraju lasu (W_ALL_G), wnętrza lasu (W_IN_G), skraju lasu (W_EDGE_G), ekotonowych (EDGE_G), innych, np. terenów podmokłych (OTHERS_G), i gatunków typowych dla upraw rolnych (CROPS_G),
g) średnie zagęszczenie (w latach 2000-2002) w grupach środowiskowych, analogicznie do punktu e): W_ALL, W_IN, W_EDGE, EDGE, OTHERS, CROPS.

h) średnia liczba par (w latach 2000-2002) w grupach środowiskowych, analogicznie do punktu e): W_ALL_P, W_IN_P, W_EDGE_P, EDGE_P, OTHERS_P, CROPS_P.

3.7. Analiza zmian w zgrupowaniach ptaków

Lista zmiennych stosowanych do charakterystyki dynamiki zgrupowań ptaków w latach 1999-2002:

a) Średni wskaźnik podobieństwa struktury dominacyjnej (SORENSEN) – średnia arytmetyczna ze wskaźników podobieństwa pomiędzy strukturą dominacji w danym roku a uśrednioną strukturą dominacji, wyznaczoną na podstawie średnich wieloletnich (1999-2002) z zagęszczeń. Wartość tego wskaźnika dla poszczególnych lat to suma $\sum_{i}^{n} d_i$, gdzie d_i – mniejsza z dwóch wartości dominacji gatunku *i* (tj. dominacji w danym roku i średniej dominacji).

b) Średni wskaźnik zróżnicowania struktury dominacyjnej (RÓŻN_SOR) – przekształcony wskaźnik podobieństwa dominacji Sorensena, charakteryzujący się rozkładem normalnym. Wartości wskaźnika RÓŻN_SOR dla każdego zadrzewienia obliczano w dwóch krokach: 1) obliczenie wartości wyrażenia 100%-SORENSEN, 2) obliczenie logarytmu naturalnego z wartości obliczonych w kroku (1).

c) Średnie względne tempo wymiany gatunków (T_ŚR) – średnia arytmetyczna z trzech wartości tempa wymiany gatunków, obliczonych dla lat 1999/2000, 2000/01 i 2001/02. Tempo wymiany gatunków dla poszczególnych lat obliczono według wzoru:

$$T = \frac{E + C}{2N} 100\%$$

gdzie: E – liczba gatunków, które nie gniazdowały w danym roku, w porównaniu z rokiem poprzednim, C – liczba gatunków, które w danym roku przybyły, w stosunku do roku poprzedniego, N – suma liczb gatunków stwierdzonych w poszczególnych latach (MASON 2001).

3.8. Analiza statystyczna

Wszystkie analizy statystyczne wykonano za pomocą pakietu Statistica PL, wykorzystując wskazówki i zalecenia zebrane w poradniku użytkownika (Statistica PL dla Windows. T. 1, 3 1997), a także w opracowaniach STANISZA (1998, 2000) oraz FOWLERA i COHENA (1985). We wszystkich przypadkach przyjęto poziom istotności równy 0,05 jako graniczny dla przyjęcia lub odrzucenia testowanej hipotezy. W ramach analiz stosowano następujące rozwiązania szczegółowe:

a) zgodność rozkładu częstości wartości danej zmiennej z rozkładem normalnym testowano za pomocą testu Lillieforce'a;
b) w celu dopasowania rozkładu częstości danej zmiennej do rozkładu normalnego stosowano przekształcenia z użyciem funkcji logarytmicznej oraz arcus sinus (dla zmiennych typu proporcji lub udziałów procentowych);
c) związki między dwiema zmiennymi ilościowymi badano za pomocą współczynnika korelacji Pearsona (gdy rozkład częstości obu zmiennych był normalny) lub za pomocą korelacji rang Spearmana (w przeciwnym wypadku);
d) związki między zmiennymi jakościowymi analizowano za pomocą współczynnika korelacji V Cramera, współczynnika C (kontyngencji) lub testu chi-kwadrat;
e) istotność różnic pomiędzy dwiema zmiennymi testowano za pomocą testu t lub testu U Manna-Whitneya (w zależności od typu rozkładu częstości i wariancji zmiennych);
f) istotność różnic pomiędzy zmiennymi w grupie liczącej co najmniej trzy zmienne badano za pomocą testu ANOVA lub Kruskala-Wallisa, w zależności od typu rozkładu zmiennych;
g) istotność zmiennych decydujących o podziale zadrzewień na dwie grupy, np. pod względem gniazdowania lub nie gniazdowania danego gatunku, wyłaniano za pomocą analizy dyskryminacyjnej lub regresji logistycznej;
h) wpływ poszczególnych grup zmiennych niezależnych na zgrupowania oceniano za pomocą regresji krokowej postępującej lub regresji wielokrotnej;
i) w celu zredukowania liczby zmiennych zastosowano metodę analizy składowych głównych (PCA), ale tylko wtedy, gdy łączna wariancja

ujmowana przez składowe główne przekraczała 70%; w innych przypadkach uznano, że w wyniku stosowania tej metody dla redukcji liczby zmiennych traci się zbyt wiele informacji; jako podstawowe kryterium do wyznaczania liczby tych składowych stosowano kryterium Kaisera (Statistica PL dla Windows. T. 3 1997).

4. WYNIKI

4.1. Struktura środowiska i krajobrazu

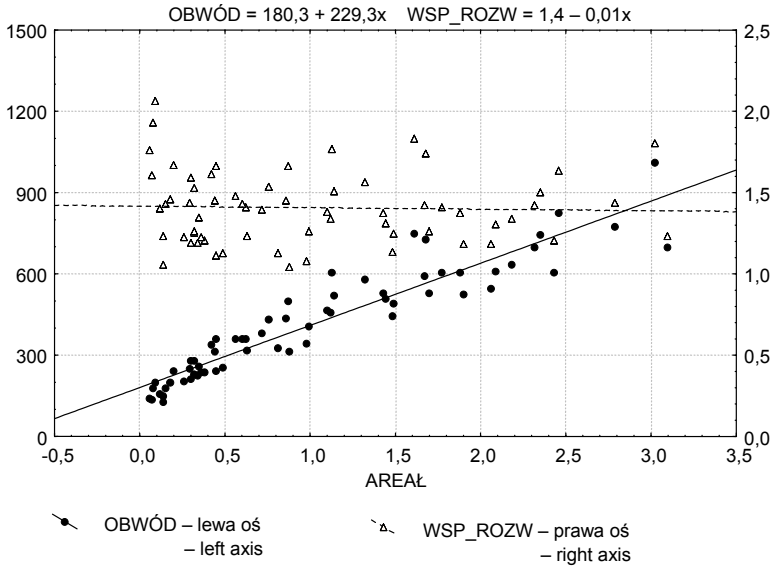
4.1.1. Struktura zadrzewień

Średnia odległość między dwoma najbliżej położonymi zadrzewieniami wynosiła około 750 m (odchylenie standardowe SD = 450 m). Wielkość i stopień rozwinięcia granic zadrzewień były silnie zróżnicowane. Proporcje maksimum do minimum wartości opisujących trzy parametry wielkości i kształtu – powierzchnię (AREAŁ), obwód (OBWÓD) i współczynnik rozwinięcia granic (WSP_ROZW) – wynosiły odpowiednio 52, 8 i 2 (tab. 2).

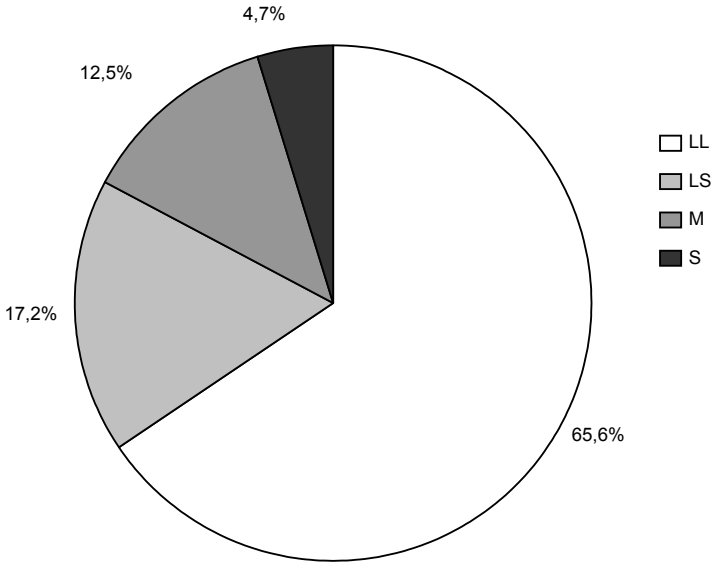
Tabela 2. Wybrane statystyki opisowe dla powierzchni (AREAŁ), obwodu (OBWÓD) i współczynnika rozwinięcia granic (WSP_ROZW) badanych zadrzewień (N = 64)
Table 2. Summary statistics for area (AREAŁ), perimeter (OBWÓD) and shape index (WSP_ROZW) of studied afforestations (N = 64)

Zmienna Variable	Średnia Mean	Przedział ufności średniej (α = 0,05) Confidence interval for mean (α = 0.05)	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation
AREAŁ (ha)	1,01	0,81-1,22	0,06	3,10	0,83
OBWÓD (m)	413	362-464	127	1 009	203
WSP_ROZW	1,41	1,35-1,46	1,04	2,01	0,22

Zmienna AREAŁ była zgodnie z oczekiwaniami silnie skorelowana ze zmienną OBWÓD ($r = 0,91$, $P < 0,0001$), natomiast jej związek ze zmienną WSP_ROZW był nieistotny ($r = –0,02$, $P > 0,7$). Oznacza to, że zmienne AREAŁ i WSP_ROZW można traktować jako niezależne (ryc. 3), dlatego w dalszych analizach brano pod uwagę właśnie te zmienne, wykluczając obwód.

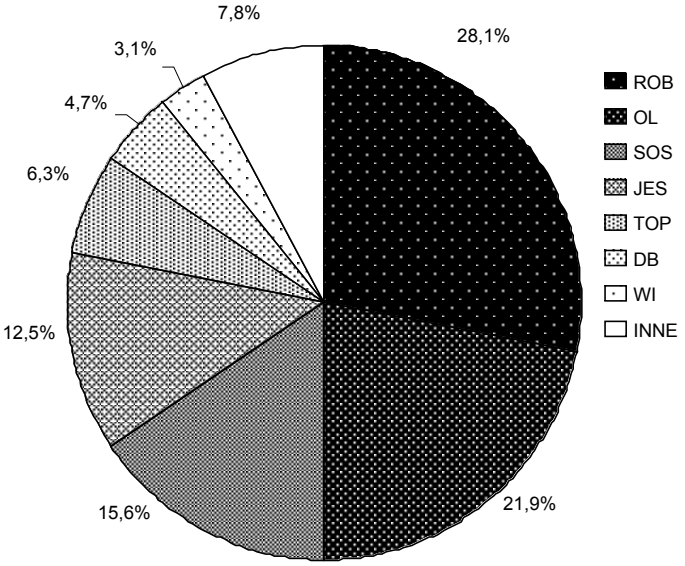


Ryc. 3. Korelacja między obwodem (OBWÓD) i współczynnikiem rozwinięcia granic (WSP_ROZW) a powierzchnią zadrzewienia (AREAŁ)
Fig. 3. Correlation between perimeter (OBWÓD, left axis) and shape index (WSP_ROZW, right axis) and afforestation area (AREAŁ)



Ryc. 4. Udział zadrzewień z drzewostanem danego typu (N = 64). LL – liściasty, LS – liściasty z domieszką iglastego, M – mieszany, S – iglasty
Fig. 4. Share of afforestations according to tree stand type (N = 64). LL – deciduous, LS – deciduous, with admixture of conifers, M – mixed, S – coniferous

Wśród zadrzewień objętych badaniami przeważały zadrzewienia z drzewostanem (zmienna DRZ_TYP) liściastym oraz liściasto-iglastym (ryc. 4), a pod względem dominującego gatunku drzew – zadrzewienia z robinią (fot. 7), olszą (fot. 8), sosną i jesionem (ryc. 5).



Ryc. 5. Udział zadrzewień pod względem dominującego gatunku drzewa (N = 64). ROB – *Robinia pseudacacia*, OL – *Alnus glutinosa*, SOS – *Pinus silvestris*, JES – *Fraxinus excelsior*, TOP – *Populus* sp., DB – *Quercus robur*, WI – *Ulmus* sp., INNE – inne gatunki
Fig. 5. Share of afforestations according to dominating tree species (N = 64). ROB – *Robinia pseudacacia*, OL – *Alnus glutinosa*, SOS – *Pinus silvestris*, JES – *Fraxinus excelsior*, TOP – *Populus* sp., DB – *Quercus robur*, WI – *Ulmus* sp., INNE – other species

Pod względem wilgotności środowiska (zmienna WILG) zdecydowanie przeważały zadrzewienia o wilgotności normalnej (75%), na siedliskach mokrych odnotowano 17%, a na siedliskach wilgotnych 8% zadrzewień. Obecnością wody (zmienna WODA) charakteryzowało się 35 (55%) zadrzewień.

Wskaźnik różnorodności Shannona H' składu gatunkowego drzewostanu (DRZ_DIVER) w zadrzewieniach mieścił się w zakresie 0,03-1,31, a średnia jego wartość wynosiła 0,50 (SE = 0,04). Przeważały zadrzewienia o DRZ_DIVER mieszczącym się w zakresie do 0,67, stanowiące łącznie prawie 77% wszystkich zadrzewień. Poszczególne warstwy roślinności (zmienne: DRZ_POK, POD_POK, KRZ_POK i RUN_POK) były również rozwinięte w sposób bardzo zróżnicowany. W odniesieniu do pięter koron i runa przeważały zadrzewienia z wysokim stopniem pokrycia tych warstw (fot. 9), natomiast w piętrach podo-

kapu i krzewów rozkład częstości tych zmiennych był bardziej zbliżony do normalnego. Ostatnią charakterystyką roślinności objętą badaniami był udział roślin dwuliściennych w runie (RUN_DWU). Także pod tym względem zadrzewienia były bardzo mocno zróżnicowane i poszczególne klasy udziału dwuliściennych były mniej więcej podobnie liczne.

Zestawienie podstawowych statystyk opisowych dla wskaźnika różnorodności drzewostanu i dla poszczególnych pięter roślinności zamieszczono w tabeli 3. Zmienność poszczególnych cech roślinności była znaczna, a ich rozkłady częstości w większości były normalne lub bliskie normalnym, co stwarzało dogodne warunki do analizy wpływu środowiska na ptaki.

Tabela 3. Statystyki opisowe dla zmiennych ilościowych opisujących roślinność badanych zadrzewień (N = 64)
Table 3. Summary statistics for quantitative variables of vegetation cover in studied afforestations (N = 64)

Zmienna Variable	Średnia Mean	Przedział ufności średniej (α = 0,05) Confidence interval for mean (α = 0.05)	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation
DRZ_DIVER	0,5	0,41-0,58	0,03	1,31	0,33
DRZ_POK (%)	69,3	63,8-74,8	10	100	21,9
POD_POK (%)	31,1	25,8-36,4	0	80	21,1
KRZ_POK (%)	32,8	27,5-38,1	0	75	21,1
RUN_POK (%)	84,1	79,5-88,6	25	100	18,1
RUN_DWU (%)	45,4	39,0-51,7	5	90	25,4

Objaśnienia: DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez piętro koron drzew, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział procentowy roślin dwuliściennych w runie.

Explanations: DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer.

Aby przy analizie znaczenia struktury zadrzewień dla ptaków i interpretacji jej wyników można było uwzględnić związki pomiędzy poszczególnymi cechami zadrzewień, sprawdzono także stopień wzajemnego ich powiązania. Wśród cech zadrzewień można wyróżnić trzy grupy: 1) opisujące cechy geometryczne – AREAŁ i WSP_ROZW, 2) ilościowe cechy opisujące roślinność – DRZ_DIVER, DRZ_POK, POD_POK, KRZ_POK, RUN_POK, RUN_DWU oraz 3) cechy jakościowe zadrzewień – DRZ_TYP, DOMINANT, WILG, WODA.

Zmienne ilościowe opisujące roślinność w zadrzewieniach w większości nie były skorelowane ze sobą istotnie statystycznie, a jeśli tak – to w słabym stopniu. Współczynnik korelacji w żadnym przypadku nie przekroczył 0,5. Najsilniejszy, pozytywny związek wystąpił pomiędzy różnorodnością drzewostanu (DRZ_DIVER) i pokryciem podokapu (POD_POK) oraz pokryciem podokapu i udziałem roślin dwuliściennych w runie (RUN_DWU) (Aneks 1). W obrębie zmiennych jakościowych większość z nich była istotnie statystycznie powiązana. Tylko typ drzewostanu (DRZ_TYP) nie był związany ze zmiennymi opisującymi warunki wilgotnościowe (WODA i WILG) zadrzewień (Aneks 2).

Współczynnik rozwinięcia granic nie był skorelowany z żadną z ilościowych cech roślinności, a powierzchnia zadrzewienia (AREAŁ) była powiązana – słabo, lecz istotnie statystycznie – z różnorodnością drzewostanu (DRZ_DIVER) oraz pokryciem podokapu (POD_POK) (Aneks 3). Powiązania pomiędzy cechami jakościowymi zadrzewień a wielkością zadrzewień i rozwinięciem granic okazały się nieistotne statystycznie (Aneks 4).

Związki pomiędzy ilościowymi cechami pokrywy roślinnej i jakościowymi cechami zadrzewień były w większości nieistotne statystycznie (Aneks 5), z wyjątkiem relacji pomiędzy trzema parami zmiennych: udziałem dwuliściennych w runie (RUN_DWU) i dominantem w drzewostanie (DOMINANT), pokryciem podokapu (POD_POK) i typem drzewostanu (DRZ_TYP) oraz RUN_DWU i DRZ_TYP. We wszystkich trzech przypadkach wartości zmiennych RUN_DWU, KRZ_POK były najmniejsze w zadrzewieniach z dominującym drzewostanem iglastym (Aneks 6).

Ze względu na słabe powiązania między zmiennymi z tej grupy, w dalszych analizach wykorzystano zmienne podstawowe. Redukcja liczby zmiennych za pomocą metody PCA nie dała tu zadowalających rezultatów – łączna wariancja objęta przez wyznaczone składowe główne była mniejsza od przyjętej jako granicznej akceptowanej wartości 70%.

4.1.2. Struktura środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień

Strukturę bezpośredniego sąsiedztwa zadrzewień analizowano w odniesieniu do dwóch grup zmiennych. Pierwsza grupa, nazywana dalej zmiennymi podstawowymi, to zmienne dotyczące podstawowych kategorii środowisk (zadrzewień, łąk, pól uprawnych, terenów zabudowanych itp.). Wartość tych zmiennych była stała w całym okresie badań. Druga grupa (określana jako zmienne sezonowe) uwzględniała strukturę zasiewów, więc wartości tych zmiennych zmieniały się w kolejnych latach.

Analiza struktury środowiska pod względem zmiennych podstawowych

W sąsiedztwie zadrzewień zdecydowanie dominowały pola uprawne i łąki. Oba te środowiska stanowiły nieco ponad 91% całkowitej powierzchni terenów przylegających do zadrzewień. Sady, tereny zabudowane i wody występowały tylko przy mniej niż 10% zadrzewień i dlatego nie włączono ich do analiz zależności pomiędzy strukturą środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień a zgrupowaniami ptaków. Zmienność pozostałych charakterystyk środowiska była znaczna (tab. 4).

Duża część zmiennych podstawowych była ze sobą skorelowana (Aneks 7). Wzajemne powiązania zmiennych z tej grupy należy więc brać pod uwagę podczas poszukiwania ich wpływu na zgrupowania ptaków zadrzewień.

Analiza składowych głównych (Aneks 8) wykazała istnienie trzech dobrze wyodrębnionych składowych, nazwanych BS1_DIV, BS2_UŻYT i BS3_ROLA. Składową BS1_DIV można traktować jako wskaźnik urozmaicenia środowiska,

Tabela 4. Statystyki opisowe dla zmiennych struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień (N = 64)
Table 4. Summary statistics for variables describing habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations (N = 64)

Zmienna Variable	Średnia Mean	Przedział ufności średniej (α = 0,05) Confidence interval for mean (α = 0.05)	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation
BS_DIVER	0,62	0,55-0,68	0,16	1,28	0,27
BS_UPRAWY	65,37	57,28-73,46	0,00	100,00	32,39
BS_ŁĄKI	25,91	18,60-33,21	0,00	95,86	29,24
BS_LASY	4,07	2,83-5,32	0,00	23,98	5,00
BS_SADY	1,01	–0,30-2,33	0,00	37,48	5,28
BS_ZABUD	0,53	–0,30-1,37	0,00	25,21	3,33
BS_DROGI	1,86	1,09-2,63	0,00	13,86	3,08
BS_ROWY	0,92	0,43-1,42	0,00	6,99	1,97
BS_WODY	0,32	0,02-0,62	0,00	8,44	1,21
BS_ŚRPŁ	0,72	0,59-0,84	0,16	2,29	0,49
BS_NPŁAT	5,94	5,01-6,86	1,00	16,67	3,70

Objaśnienia: BS_DIVER – wskaźnik różnorodności H'; BS_UPRAWY, BS_ŁĄKI, BS_LASY, BS_SADY, BS_ZABUD, BS_DROGI, BS_ROWY, BS_WODY – udział procentowy odpowiednio: upraw, łąk, lasów, sadów, obszarów zabudowanych, dróg, rowów, wód, BS_ŚRPŁ – średnia wielkość płatu środowisk, BS_NPŁAT – liczba płatów środowisk.

Explanations: BS_DIVER – diversity index H'; BS_UPRAWY, BS_ŁĄKI, BS_LASY, BS_SADY, BS_ZABUD, BS_DROGI, BS_ROWY, BS_WODY – percentage share of crop areas, meadows, woods, orchards, settlements, roads, ditches, surface water, respectively, BS_ŚRPŁ – mean area of habitat patches, BS_NPŁAT – number of habitat patches.

ponieważ silnie pozytywnie skorelowane z nią są wskaźnik różnorodności Shannona oraz liczba płatów środowisk, składową BS2_UŻYT – jako wskaźnik zdominowania terenu przez pola uprawne, przede wszystkim kosztem udziału łąk, a składową BS3_ROLA – jako wskaźnik udziału rowów i lasów. Te trzy składowe główne wykorzystano w dalszych analizach powiązań zgrupowań ptaków ze środowiskiem.

Analiza struktury środowiska na podstawie zmiennych sezonowych

Zmiany w strukturze zasiewów w bezpośrednim sąsiedztwie wszystkich zadrzewień traktowanych łącznie były nieznaczne (tab. 5), choć w odniesieniu do poszczególnych zadrzewień zmieniała się ona wraz ze stosowanym płodozmianem. Zmiany te kompensowały się wzajemnie w skali krajobrazu, stąd – sumarycznie rzecz traktując – struktura zasiewów na terenie badań była mało zmienna.

Tabela 5. Udział procentowy wyróżnionych upraw i innych elementów krajobrazu w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień w latach 1999-2002
Table 5. Percentage share of crops and other landscape elements in nearest neigbourhood of afforestations in 1999-2002

Rok Year	Pszenżyto Triticale	Jęczmień Barley	Owies Oat	Trawy Grasses	Kukurydza Maize	Burak Beet	Ziemniak Potato	Rzepak Rape	Lucerna Alfalfa
1999	35,40	3,79	3,89	4,31	4,30	6,30	1,55	4,42	0,13
2000	28,29	5,65	7,97	3,30	8,65	1,83	1,37	5,96	0,00
2001	37,64	3,14	5,22	2,70	3,79	2,57	0,24	6,96	1,85
2002	34,22	6,14	6,93	1,53	5,15	2,65	0,70	4,44	3,98

	Łąki Meadows	Zadrzewienia Afforestations	Drogi Roads	Zabudowania Settlements	Sady Orchards	Wody Surface water	Rowy Ditches	Inne Others
1999	24,10	4,67	1,88	0,63	0,71	0,27	0,85	2,79
2000	24,12	4,71	1,93	0,63	0,72	0,27	0,82	3,77
2001	23,50	4,76	1,93	0,63	0,72	0,27	0,82	3,26
2002	23,25	4,68	1,93	0,63	0,72	0,27	0,82	1,95

Także w odniesieniu do wskaźnika różnorodności H', wyznaczonego dla bezpośredniego sąsiedztwa zadrzewień, nie zanotowano znaczących zmian – wynosił on kolejno 2,05; 2,15; 2,02 i 2,09. Jedyną znaczącą zmianą w strukturze środowiska było zmniejszenie się w latach 2000-2001 udziału upraw jarych z 55 do 35%. Również w 2002 roku udział tych upraw był znacznie mniejszy (40%) niż na początku badań.

4.1.3. Struktura krajobrazu

Spośród wyróżnionych kategorii środowisk średnio największy udział (prawie 45%) w strukturze krajobrazu miały pola duże (> 10 ha), które wraz z polami małymi stanowiły 75% powierzchni całkowitej. Nieco mniejszy był udział procentowy lasów i zadrzewień powierzchniowych oraz łąk i terenów zabudowanych. Bardzo mały był udział wód. Struktura krajobrazu wokół zadrzewień była bardzo zróżnicowana (tab. 6), co stworzyło dogodne warunki do analizy jej wpływu na zgrupowania ptaków występujące w zadrzewieniach. Rozkłady części zmiennych były istotnie różne od rozkładu normalnego, w związku z czym do analiz regresji ze zmiennymi zależnymi dotyczącymi zgrupowań ptaków stosowano odpowiednie przekształcenia tych zmiennych (za pomocą funkcji *log* oraz *arcsin*) w celu uzyskania rozkładów normalnych.

Ponieważ część zmiennych była wzajemnie skorelowana (Aneks 9), w celu redukcji ich liczby zastosowano metodę analizy składowych głównych (Aneks 10).

Tabela 6. Statystyki opisowe dla udziału poszczególnych środowisk w krajobrazie oraz dla wskaźnika różnorodności i wskaźnika bliskości lasów (N = 35)
Table 6. Summary statistics for percentage share of landscape elements, for diversity index and for forest proximity index (N = 35)

Zmienna Variable	Średnia Mean	Przedział ufności średniej (α = 0,05) Confidence interval for mean (α = 0.05)	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation
K_PDUŻ	41,05	33,63-48,47	2,55	87,97	21,60
K_PMAŁ	34,46	27,73-41,19	5,73	74,00	19,59
K_ŁĄKI	6,11	4,53-7,69	0,00	18,42	4,60
K_LASY	10,89	7,84-13,94	1,58	34,06	8,88
K_PASY	2,31	2,03-2,59	1,21	4,19	0,82
K_ZABU	3,59	2,81-4,37	0,52	10,94	2,26
K_SADY	1,42	0,68-2,17	0,00	7,84	2,17
K_WODY	0,17	–0,10-0,45	0,00	4,67	0,80
K_DIVER	1,22	1,15-1,29	0,51	1,53	0,20
WSK_PX	3,74	3,56-3,92	2,73	4,77	0,09

Objaśnienia: K_PDUŻ, K_PMAŁ, K_ŁĄKI, K_LASY, K_PASY, K_ZABU, K_SADY, K_WODY – odpowiednio: udział pól o dużych areałach, o małych areałach, łąk, zadrzewień i lasów, zadrzewień pasowych i alei, terenów zabudowanych, sadów, wód, K_DIVER – wskaźnik różnorodności, WSK_PX – wskaźnik bliskości lasów.

Explanations: K_PDUŻ, K_PMAŁ, K_ŁĄKI, K_LASY, K_PASY, K_ZABU, K_SADY, K_WODY – respectively: percentage share of large crop fields, small crop fields, meadows, afforestations and woods, shelterbelts and avenues, settlements, orchards, surface waters, K_DIVER – diversity index, WSK_PX – forest proximity index.

Pozwoliła ona wyłonić z tej grupy zmiennych cztery składowe główne, reprezentujące 74,2% całkowitej zmienności. Są to: KUPOLDUŻ – wskaźnik ujednolicenia pól uprawnych, skorelowany dodatnio z udziałem pól dużych (K_PDUŻ) i ujemnie z udziałem pól małych (K_PMAŁ), KULASYPX – wskaźnik lesistości, skorelowany dodatnio z udziałem lasów (K_LASY) i wskaźnikiem bliskości lasów (WSK_PX), KUWODPAS – składowa główna, skorelowana dodatnio z udziałem zadrzewień pasowych i ujemnie z udziałem wód, KUŁĄKDIV – wskaźnik uproszczenia krajobrazu, skorelowany ujemnie z udziałem łąk (K_ŁĄKI) i ze wskaźnikiem różnorodności (K_DIVER).

Badane zadrzewienia również znacznie się od siebie różniły pod względem rozdrobnienia poszczególnych środowisk w krajobrazie wokół nich. Na przykład łączna liczba płatów wynosiła od 26 do 77, liczba płatów lasów i zadrzewień – od 1 do 21, a liczba zbiorników wodnych – od 0 do 11 (tab. 7). Pewna część tych zmiennych była ze sobą skorelowana (Aneks 11).

Tabela 7. Statystyki opisowe dla liczby płatów poszczególnych środowisk w krajobrazie, ich sumy oraz długości cieków (N = 35)
Table 7. Summary statistics for particular habitat patch numbers, for their totals and for watercourse density (N = 35)

Zmienna Variable	Średnia Mean	Przedział ufności średniej (α = 0,05) Confidence interval for mean (α = 0.05)	Min	Max	Odchylenie standardowe Standard deviation
K_PDUŻ_N	6,20	5,15-7,25	1	14	3,06
K_PMAŁ_N	4,03	3,16-4,90	1	16	2,53
K_ŁĄKI_N	3,89	3,07-4,70	0	11	2,37
K_LASY_N	10,94	9,59-12,29	1	21	3,93
K_PASY_N	13,63	11,96-15,30	6	25	4,87
K_ZABU_N	8,66	6,64-10,68	2	25	5,89
K_SADY_N	2,54	1,68-3,41	0	8	2,52
K_WODY_N	0,43	–0,07-0,92	0	8	1,44
K_PŁAT_N	50,31	46,17-54,46	26	77	12,07
K_STAW_N	3,00	2,21-3,79	0	11	2,31
K_CIEKDŁ	4,78	4,14-5,41	0,84	9,03	1,85

Objaśnienia: K_PDUŻ_N, K_PMAŁ_N, K_ŁĄKI_N, K_LASY_N, K_PASY_N, K_ZABU_N, K_SADY_N, K_WODY_N, K_PŁAT_N, K_STAW_N – odpowiednio: liczba pól dużych, liczba pól małych, łąk, lasów i zadrzewień, zadrzewień pasowych i alei, terenów zabudowanych, sadów, liczba płatów będących wodami stojącymi lub płynącymi, łączna liczba wyróżnionych fragmentów środowisk, zbiorników wodnych, K_CIEKDŁ – długość cieków.

Explanations: K_PDUŻ_N, K_PMAŁ_N, K_ŁĄKI_N, K_LASY_N, K_PASY_N, K_ZABU_N, K_SADY_N, K_WODY_N, K_PŁAT_N, K_STAW_N – respectively: number of large crop fields, small crop fields, meadows, woods and afforestations, shelterbelts and avenues, settlements, orchards, surface waters (incl. watercourses), total number of habitat patches, water bodies, K_CIEKDŁ – ditch density.

Zidentyfikowano cztery składowe główne (Aneks 12) dla zmiennych dotyczących liczby fragmentów środowisk, reprezentujące 70% zmienności wszystkich zmiennych. Są to: KPDUŻPAS – skorelowana dodatnio z liczbą pól dużych (K_PDUŻ_N) i zadrzewień pasowych (K_PASY_N), KPSADZAB – powiązana pozytywnie z liczbą sadów (K_SADY_N) i terenów zabudowanych (K_ZABU_N), KPDIV – wskaźnik urozmaicenia krajobrazu, dodatnio skorelowany z liczbą małych pól (K_PMAŁ_N), liczbą lasów (K_LASY_N) i liczbą zbiorników wodnych (K_STAW_N), KPŁĄKCIE – wskaźnik wilgotności krajobrazu, skorelowany dodatnio z liczbą łąk (K_ŁĄKI_N) i z zagęszczeniem cieków (K_CIEKDŁ).

4.1.4. Podsumowanie wyników analizy struktury środowiska

W wyniku przeprowadzonej analizy zmienności i wzajemnych powiązań poszczególnych czynników środowiskowych wyłoniono grupę zmiennych szczegółowo i wszechstronnie opisujących poszczególne aspekty struktury zadrzewień, środowiska w ich bezpośrednim sąsiedztwie oraz struktury krajobrazu. Te właśnie zmienne zostały wykorzystane w analizie związków pomiędzy strukturą środowiska i krajobrazu a zgrupowaniami ptaków zadrzewień. Opisują one:

a) strukturę zadrzewień – powierzchnia (AREAŁ), rozwinięcie granic (WSP_ROZW), typ drzewostanu (DRZ_TYP), dominujący gatunek drzewa (DOMINANT), wilgotność środowiska (WILG), obecność wód powierzchniowych (WODA), wskaźnik różnorodności drzewostanu (DRZ_DIVER), stopień pokrycia zadrzewienia przez drzewostan (DRZ_POK), podokap (POD_POK), podszyt (KRZ_POK), runo (RUN_POK) i udział roślin dwuliściennych w runie (RUN_DWU);
b) strukturę środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień – wskaźnik urozmaicenia środowiska (BS1_DIV), wskaźnik dominacji pól uprawnych (BS2_UŻYT), udział rowów i lasów (BS3_ROLA);
c) strukturę użytkową krajobrazu wokół zadrzewień – wskaźnik ujednolicenia pól uprawnych (KUPOLDUŻ), wskaźnik lesistości (KULASYPX), udział wód i zadrzewień pasowych (KUPASWOD) i wskaźnik uproszczenia krajobrazu (KUŁĄKDIV);
d) rozdrobnienie krajobrazu wokół zadrzewień – skorelowane ze sobą liczba pól dużych i zadrzewień pasowych (KPDUŻPAS), wskaźnik zurbanizowania krajobrazu, czyli liczba wsi i sadów (KPSADZAB), wskaźnik

urozmaicenia terenów rolniczych, czyli ich mozaikowatości (KPDIV) oraz wskaźnik wilgotności krajobrazu, powiązany z obecnością cieków i łąk (KPŁĄKCIE).

4.2. Zgrupowanie ptaków lęgowych

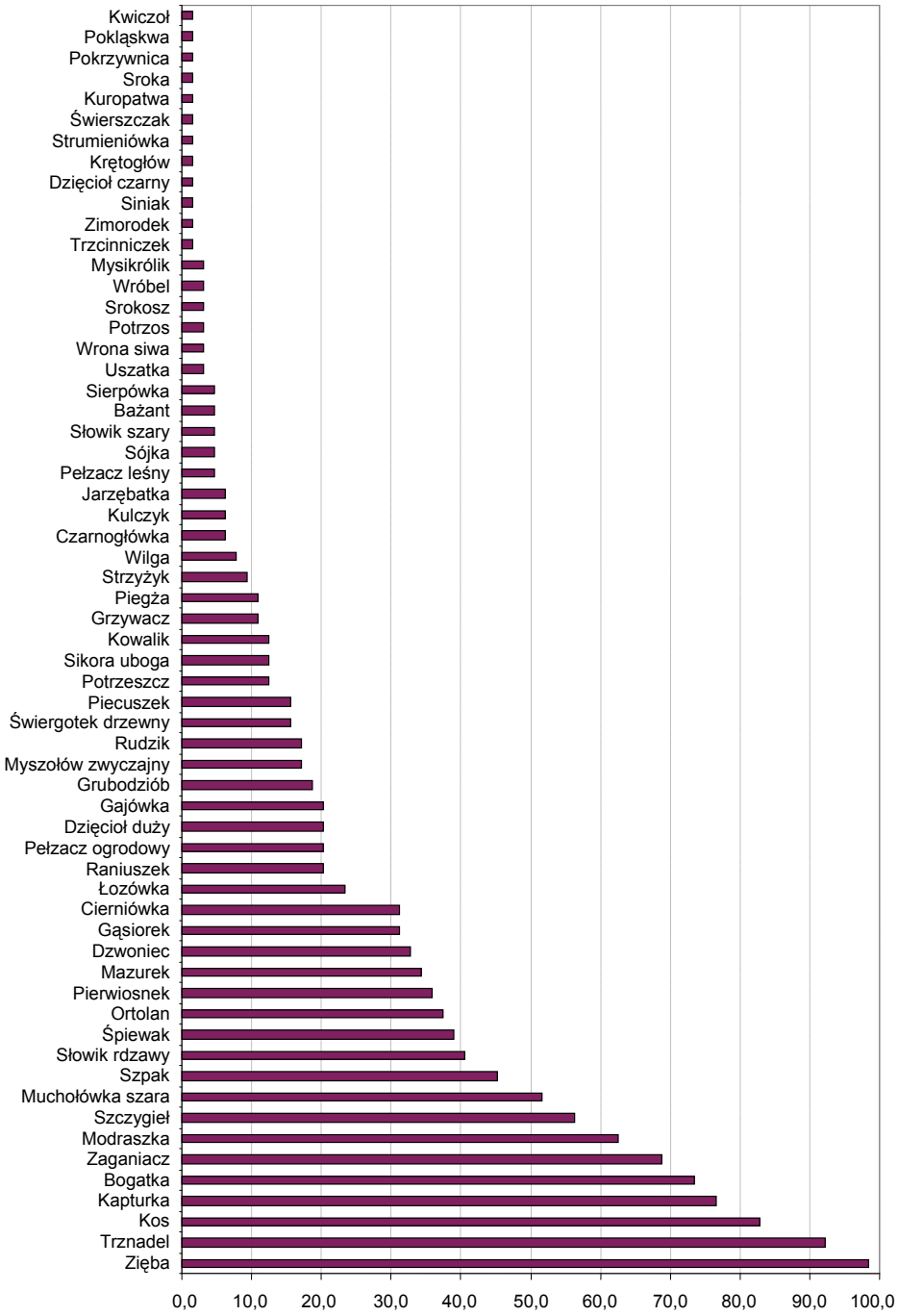
4.2.1. Struktura zgrupowania

W całym okresie badań w zadrzewieniach stwierdzono występowanie 61 gatunków lęgowych (ryc. 6), z których najpospolitszymi (występującymi w ponad 75% zadrzewień) były: zięba, trznadel, kos i kapturka, a następnie (w 50-75% zadrzewień) – bogatka, zaganiacz, modraszka, szczygieł i muchołówka szara. Do najrzadszych (występujących w jednym zadrzewieniu) należały: kwiczoł, pokląskwa, pokrzywnica, sroka, kuropatwa, świerszczak, strumieniówka, krętogłów, dzięcioł czarny (fot. 10), siniak, zimorodek i trzcinniczek.

Średnie zagęszczenie ptaków w zadrzewieniach wynosiło 151,2 pary/10 ha, a najliczniejsze gatunki (z udziałem powyżej 5%) to zięba, kapturka, trznadel, zaganiacz i kos. Do subdominantów (2-5% udziału w zgrupowaniu) należały: bogatka, szpak, szczygieł, słowik rdzawy, modraszka, pierwiosnek, muchołówka szara i mazurek (tab. 8).

Najliczniej reprezentowana pod względem udziału poszczególnych grup środowiskowych w całkowitej liczbie gatunków, była grupa gatunków preferujących różne strefy lasu, czyli obejmująca gatunki wnętrza lasu (W_IN), skraju lasu (W_EDGE) i leśnych „generalistów" (W_ALL), stanowiąca łącznie prawie 60% ogółu gatunków. Gatunki ekotonu leśno-polnego stanowiły niespełna 1/4 wszystkich gatunków, a pozostałą część zgrupowania tworzyły gatunki inne, preferujące m.in. środowiska wodne i podmokłe (ryc. 7).

Udział grup środowiskowych w ogólnym zagęszczeniu ptaków był mniej zrównoważony (ryc. 8). Ponad 40% zgrupowania stanowiły ptaki z grupy gatunków leśnych „generalistów", a gatunki ekotonowe stanowiły 34% zgrupowania. Grupa ptaków wnętrza lasu, choć stosunkowo bogata w gatunki (ryc. 7), miała bardzo mały udział w zagęszczeniu całkowitym – 2%. Chociaż stosunkowo dużo gatunków preferujących wnętrze lasu gniazduje w małych zadrzewieniach, to jednak czynią to przeważnie pojedyncze pary. W rezultacie ich udział w zagęszczeniu jest znikomy.



Ryc. 6. Częstość występowania poszczególnych gatunków (% zasiedlonych zadrzewień)
Fig. 6. Occurrence frequency of particular species (% of afforestations)

Tabela 8. Zgrupowanie ptaków lęgowych badanych zadrzewień (N = 64) – średnie z lat 2000-2002
Table 8. Breeding bird community in studied afforestations (N = 64) – means for 2000--2002

Gatunek Species	Grupa Group	Liczba par Pairs number	par/10 ha pairs/ 10 ha	%
1	2	3	4	5
Zięba	W_ALL	192,50	29,63	19,60
Kapturka	W_EDGE	112,33	17,29	11,44
Trznadel	EDGE	107,33	16,52	10,93
Zaganiacz	W_EDGE	62,33	9,60	6,35
Kos	W_ALL	49,67	7,65	5,06
Bogatka	W_ALL	47,00	7,24	4,78
Szpak	EDGE	39,33	6,06	4,00
Szczygieł	EDGE	34,83	5,36	3,55
Słowik rdzawy	W_ALL	33,83	5,21	3,44
Modraszka	W_ALL	33,00	5,08	3,36
Pierwiosnek	W_ALL	28,00	4,31	2,85
Muchołówka szara	W_EDGE	23,50	3,62	2,39
Mazurek	EDGE	22,33	3,44	2,27
Śpiewak	W_ALL	18,83	2,90	1,92
Dzwoniec	EDGE	17,00	2,62	1,73
Ortolan	EDGE	16,67	2,57	1,70
Łozówka	OTHERS	13,33	2,05	1,36
Pełzacz ogrodowy	W_ALL	11,17	1,72	1,14
Cierniówka	W_EDGE	11,00	1,69	1,12
Gajówka	W_EDGE	9,67	1,49	0,98
Gąsiorek	EDGE	9,17	1,41	0,93
Świergotek drzewny	W_ALL	7,00	1,08	0,71
Piecuszek	W_EDGE	7,00	1,08	0,71
Myszołów zwyczajny	EDGE	6,67	1,03	0,68
Dzięcioł duży	W_IN	6,33	0,97	0,64
Rudzik	W_IN	6,33	0,97	0,64
Kowalik	W_IN	5,00	0,77	0,51
Grubodziób	W_IN	4,67	0,72	0,48
Raniuszek	W_ALL	4,33	0,67	0,44

Gatunek Species	Grupa Group	Liczba par Pairs number	par/10 ha pairs/ 10 ha	%
6	7	8	9	10
Strzyżyk	W_IN	3,67	0,56	0,37
Sikora uboga	W_IN	3,33	0,51	0,34
Grzywacz	EDGE	3,00	0,46	0,31
Kwiczoł	EDGE	2,67	0,41	0,27
Wilga	W_ALL	2,50	0,38	0,25
Piegża	W_EDGE	2,17	0,33	0,22
Czarnogłówka	W_IN	1,67	0,26	0,17
Sierpówka	OTHERS	1,67	0,26	0,17
Pokrzywnica	W_IN	1,33	0,21	0,14
Jarzębatka	W_EDGE	1,33	0,21	0,14
Trzcinniczek	OTHERS	1,00	0,15	0,10
Sójka	W_ALL	1,00	0,15	0,10
Słowik szary	W_ALL	1,00	0,15	0,10
Pełzacz leśny	W_IN	0,83	0,13	0,08
Uszatka	EDGE	0,67	0,10	0,07
Wrona siwa	EDGE	0,67	0,10	0,07
Dzięcioł czarny	W_IN	0,67	0,10	0,07
Srokosz	EDGE	0,67	0,10	0,07
Wróbel	OTHERS	0,67	0,10	0,07
Mysikrólik	W_IN	0,67	0,10	0,07
Potrzos	OTHERS	0,50	0,08	0,05
Bażant	OTHERS	0,50	0,08	0,05
Zimorodek	OTHERS	0,33	0,05	0,03
Krętogłów	W_IN	0,33	0,05	0,03
Strumieniówka	OTHERS	0,33	0,05	0,03
Sroka	EDGE	0,33	0,05	0,03
Siniak	W_EDGE	0,17	0,03	0,02
Świerszczak	OTHERS	0,17	0,03	0,02
Kuropatwa	CROPS	0,17	0,03	0,02

Tabela 8 – cd.

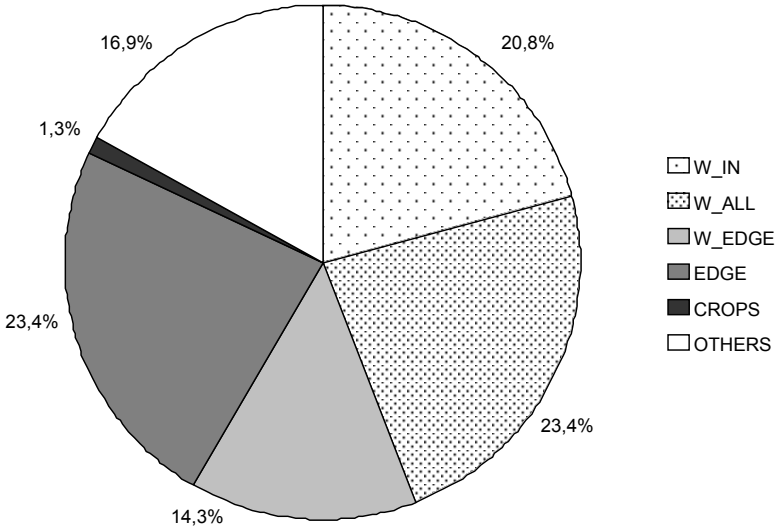
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Potrzeszcz	EDGE	4,33	0,67	0,44	Pokląskwa	OTHERS	0,17	0,03	0,02
Kulczyk	EDGE	3,67	0,56	0,37	Suma – Total		982,3	151,2	100

Nazwy angielskie gatunków podano w aneksie 13.

Objaśnienia: W_ALL – leśni „generaliści", występujący w różnych strefach lasu, W_IN – gatunki preferujące wnętrze lasu, W_EDGE – gatunki preferujące skraj lasu, EDGE – gatunki ekotonu leśno-polnego, CROPS – gatunki polne, OTHERS – gatunki preferujące inne typy środowisk.

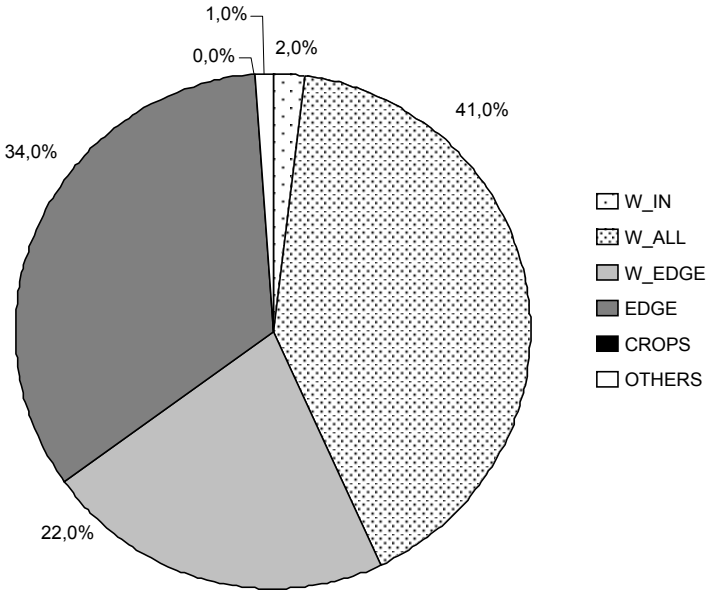
English names of bird species are listed in Annex 13.

Explanations: W_ALL – wood "generalists", occurring in different zones of woods, W_IN – species preferring wood interior, W_EDGE – species preferring wood edge, EDGE – species occurring in wood-crop field ecotone, CROPS – crop field species, OTHERS – species preferring other habitats.



Ryc. 7. Udział liczby gatunków poszczególnych grup środowiskowych w całkowitej liczbie gatunków lęgowych (%). Objaśnienia: W_IN – gatunki wnętrza lasu, W_ALL – leśni „generaliści", W_EDGE – gatunki skraju lasu, EDGE – gatunki ekotonu leśno-polnego, CROPS – gatunki polne, OTHERS – gatunki inne

Fig. 7. Share of species number from particular habitat groups in total number of species (%). Explanations: W_IN – wood interior species, W_ALL – wood "generalists", W_EDGE – wood edge species, EDGE – wood-crop ecotone species, CROPS – crop species, OTHERS – other species



Ryc. 8. Udział zagęszczenia ptaków z poszczególnych grup środowiskowych w całkowitym zagęszczeniu zgrupowania ptaków lęgowych (%). Objaśnienia – patrz rycina 7
Fig. 8. Share of bird density in particular habitat group in total density of breeding bird community (%). Explanations – see Figure 7

Charakterystyki zgrupowań ptaków w odniesieniu do poszczególnych zadrzewień były silnie zróżnicowane. Średnie zagęszczenie wynosiło od 4,4 do 47,9 pary/ha, średnia liczba par – od 0,7 do 42,3, średnia liczba gatunków w roku – od 1 do 18, łączna liczba gatunków stwierdzonych we wszystkich latach – od 3 do 27, zagęszczenie gatunków – od 1,4 do 50 na 1 ha (tab. 9).

Spośród grup środowiskowych związanych z lasem średnia liczba gatunków (liczona z 64 zadrzewień) była największa dla grupy gatunków leśnych „generalistów" (W_ALL), a najmniejsza dla grupy gatunków wnętrza lasu (W_IN) (ryc. 9). Zróżnicowanie to było istotne statystycznie (test Kruskala-Wallisa $H = 263{,}4$; $P < 0{,}0001$).

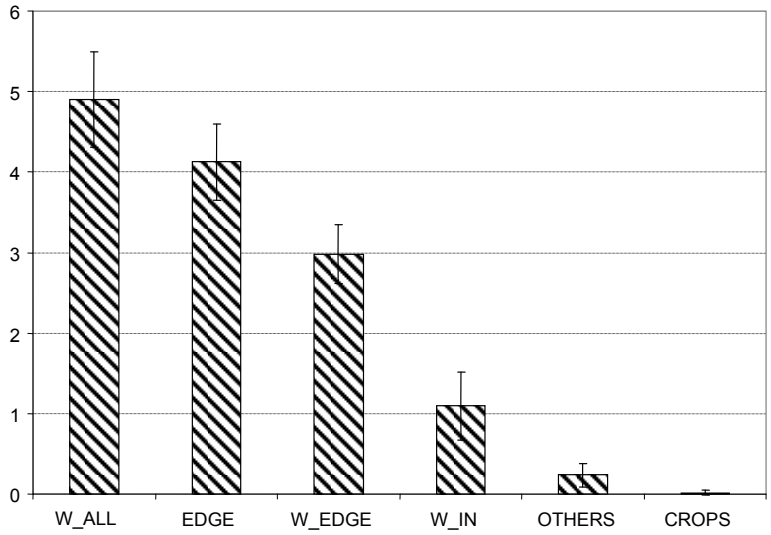
Podobne różnice stwierdzono dla średniego zagęszczenia w poszczególnych grupach środowiskowych (test Kruskala-Wallisa $H = 286{,}8$; $P < 0{,}0001$). Także w tym przypadku grupa gatunków leśnych „generalistów" (W_ALL) charakteryzowała się największą średnią wartością zagęszczenia, a grupa gatunków wnętrza lasu (W_IN) – wartością bardzo małą, zbliżoną do wartości uzyskanej dla gatunków innych (OTHERS) (ryc. 10).

Tabela 9. Zgrupowania ptaków lęgowych w poszczególnych zadrzewieniach – średnie z lat 2000-2002
Table 9. Breeding bird communities in particular afforestations – means for 2000-2002

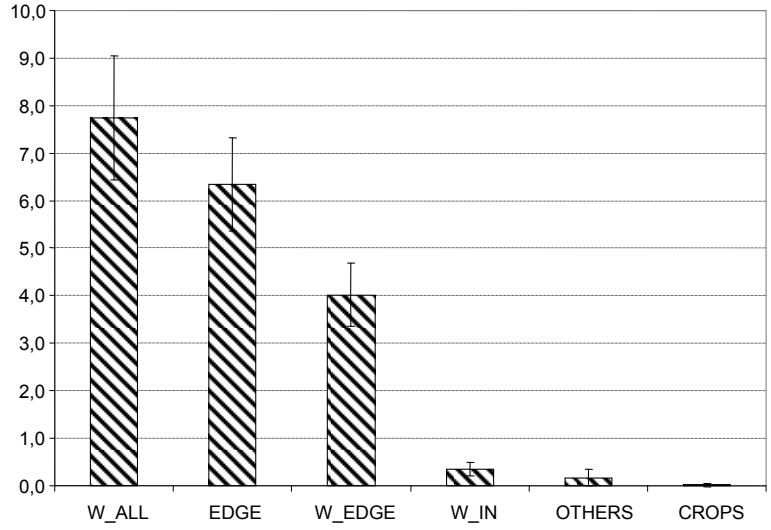
NR	ŚR_ ZAG	ŚR_ GAT	SUMA _GAT	GAT ZAG	PARY	NR	ŚR_ ZAG	ŚR_ GAT	SUMA _GAT	GAT ZAG	PARY
006	7,4	7,0	11	4,7	11,0	329	22,2	2,0	4	33,3	1,3
013	9,6	9,3	14	5,5	16,3	332	13,4	8,0	13	9,9	10,8
014	17,5	18,0	25	7,7	41,2	340	18,8	8,0	12	14,3	10,5
029	14,5	13,3	16	6,1	31,7	344	25,2	18,0	24	10,7	42,3
030	14,0	13,3	18	8,0	23,3	366	13,7	16,0	27	5,7	38,2
042	10,9	11,0	17	5,8	20,7	369	20,6	15,7	23	9,7	33,2
045	6,3	7,0	10	3,4	13,0	372	6,9	8,0	11	5,4	10,3
054	41,7	8,7	11	28,9	12,5	395	30,0	5,7	12	28,3	6,0
075	27,1	6,7	10	20,8	8,7	402	29,7	9,3	13	29,2	9,5
091	6,3	5,0	9	4,5	7,0	412	17,4	6,7	11	15,2	7,7
099	16,4	16,7	25	6,8	40,3	424	35,2	3,3	5	37,0	3,2
106	16,0	8,0	12	8,2	15,7	425	47,9	4,0	7	50,0	3,8
151	14,4	7,7	12	10,6	10,3	430	14,1	5,0	8	11,1	6,3
153	4,5	3,3	6	1,4	11,0	434	20,7	6,0	8	20,7	6,0
155	23,7	6,7	11	25,6	6,2	454	17,6	9,3	16	10,9	15,2
159	18,7	8,3	15	17,0	9,2	459	15,8	11,7	16	10,3	17,8
160	33,6	12,7	16	20,4	20,8	462	20,8	4,7	7	14,6	6,7
163	25,0	14,3	22	16,3	22,0	491	26,6	11,3	15	13,0	23,2
194	26,2	3,7	6	26,2	3,7	494	16,6	14,3	20	6,2	38,5
209	11,2	17,7	24	5,7	34,8	497	9,3	3,3	8	9,3	3,3
212	17,1	17,3	23	8,3	35,8	A01	14,8	10,3	17	9,1	16,8
251	18,0	8,3	12	13,2	11,3	A02	23,8	7,0	12	20,0	8,3
262	15,6	4,0	9	13,3	4,7	A03	19,8	12,7	18	8,8	28,5
263	16,2	4,7	6	12,3	6,2	A05	17,9	14,0	22	9,8	25,7
270	26,4	3,7	6	30,6	3,2	A07	9,8	2,7	4	7,8	3,3
271	15,5	2,7	6	19,0	2,2	A08	20,0	9,7	12	16,1	12,0
286	4,4	1,0	3	6,7	0,7	A10	19,1	12,7	17	11,5	21,0
295	12,2	9,7	15	7,3	16,2	A11	12,5	8,7	13	8,8	12,3
299	21,5	8,0	11	17,8	9,7	A12	13,5	4,7	9	11,1	5,7
302	16,7	9,3	15	12,3	12,7	A13	13,4	11,7	18	6,6	23,7
311	33,3	6,0	9	33,3	6,0	A14	11,8	17,3	25	5,7	35,7
328	38,1	3,3	5	47,6	2,7	A15	13,3	12,7	18	6,7	25,0

Objaśnienia: NR – nazwa zadrzewienia według Ryszkowskiego (Koncepcja planu ochrony... 1998), ŚR_ZAG – średnie zagęszczenie, ŚR_GAT – średnia liczba gatunków, SUMA_GAT – suma gatunków, GATZAG – średnie zagęszczenie gatunków, PARY – średnia liczba par lęgowych.

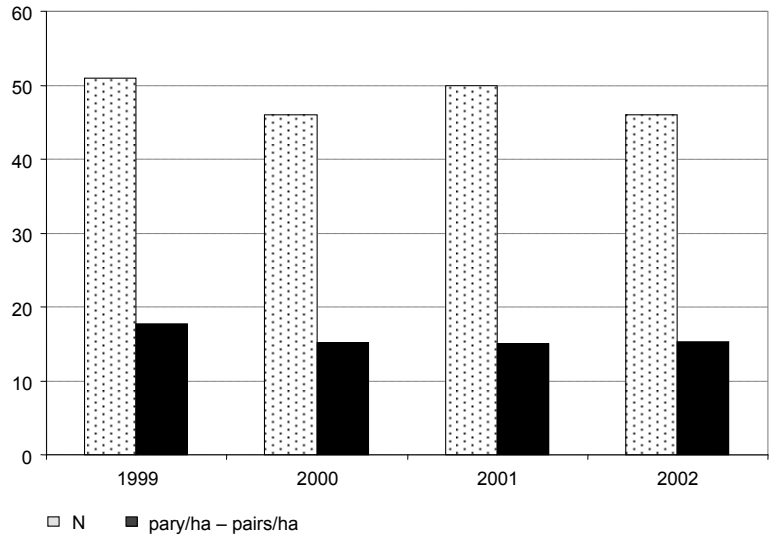
Explanations: NR – name of afforestation by Ryszkowski (Koncepcja planu ochrony... 1998), ŚR_ZAG – mean density, ŚR_GAT – mean species number, SUMA_GAT – total species number, GATZAG – mean species density, PARY – mean number of breeding pairs.



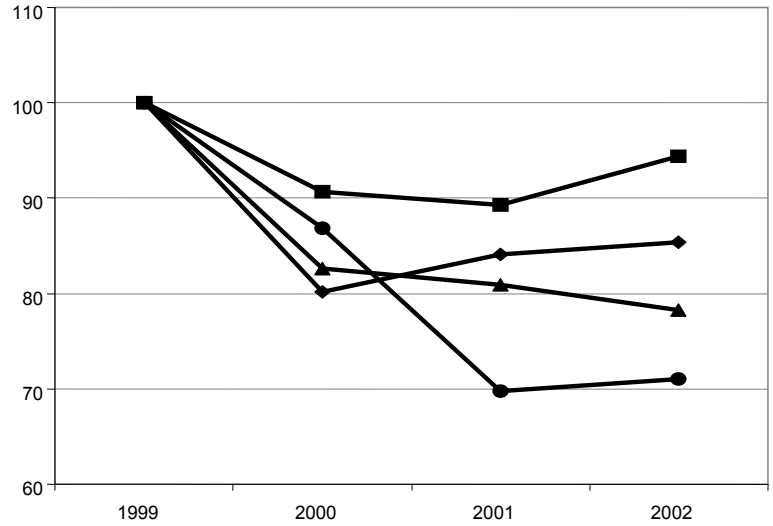
Ryc. 9. Średnia i przedziały ufności (α = 0,05) liczby gatunków w grupach środowiskowych (pary/ha). Objaśnienia – patrz rycina 7
Fig. 9. Mean and confidence intervals (α = 0.05) for species numbers in habitat groups (pairs/ha). Explanations – see Figure 7



Ryc. 10. Średnia i przedziały ufności (α = 0,05) zagęszczenia ptaków w grupach środowiskowych (pary/ha). Objaśnienia – patrz rycina 7
Fig. 10. Mean and confidence intervals (α = 0.05) for bird density in habitat groups (pairs/ha). Explanations – see Figure 7



Ryc. 11. Liczba gatunków i zagęszczenie ptaków (pary/ha) w zadrzewieniach (N = 52) w latach 1999-2002
Fig. 11. Species number (N) and bird density (pairs/ha) in afforestations (N = 52) in 1999-2002



Ryc. 12. Zmiany zagęszczenia (1999 rok = 100%) w obrębie grup środowiskowych ptaków w zadrzewieniach. Objaśnienia: EDGE – gatunki ekotonu leśno-polnego, W_EDGE – gatunki skraju lasu, W_ALL – leśni „generaliści", W_IN – gatunki wnętrza lasu
Fig. 12. Changes in density (1999 year = 100%) for habitat groups of birds in afforestations. Explanations: EDGE – wood-crop ecotone species, W_EDGE – wood edge species, W_ALL – wood "generalists", W_IN – wood interior species

4.2.2. Zmienność zgrupowania w okresie badań

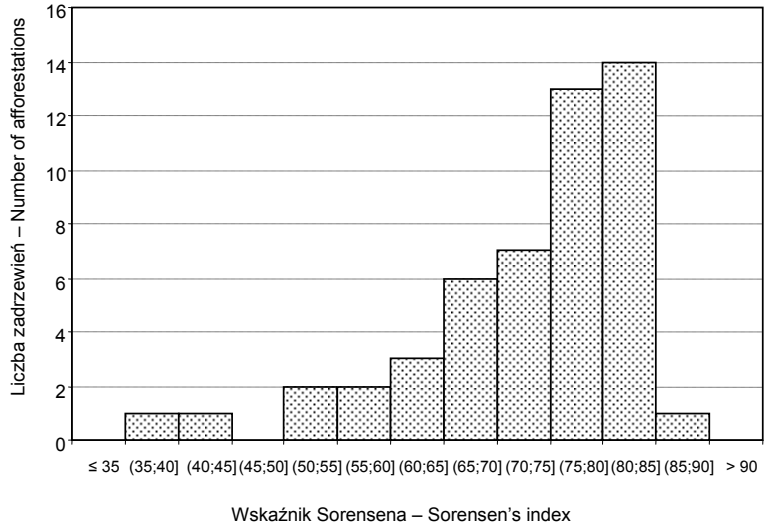
W latach 2000-2002 w zadrzewieniach (N = 64) gniazdowało kolejno 48, 52 i 48 gatunków. Jeśli wziąć pod uwagę mniejszą grupę zadrzewień (N = 52) badanych o rok dłużej, bo w latach 1999-2002, to liczba gatunków lęgowych oraz łączne zagęszczenie ptaków były również prawie niezmienne (ryc. 11). Jednak w obrębie poszczególnych grup środowiskowych wystąpiły pewne różnice w zmianach zagęszczenia (ryc. 12). Najbardziej stabilną grupą były gatunki należące do grupy leśnych „generalistów" (W_ALL), czyli te bez szczególnych preferencji co do skraju lub wnętrza lasu. Największy procentowy spadek zagęszczenia wystąpił w grupie gatunków wnętrza lasu (W_IN), natomiast nieco słabszy, lecz stały trend spadkowy stwierdzono w grupie gatunków skraju lasu (W_EDGE). Początkowy wyraźny spadek, a potem powolny wzrost zagęszczenia charakteryzował grupę gatunków ekotonowych (EDGE).

Zmiany w strukturze dominacji

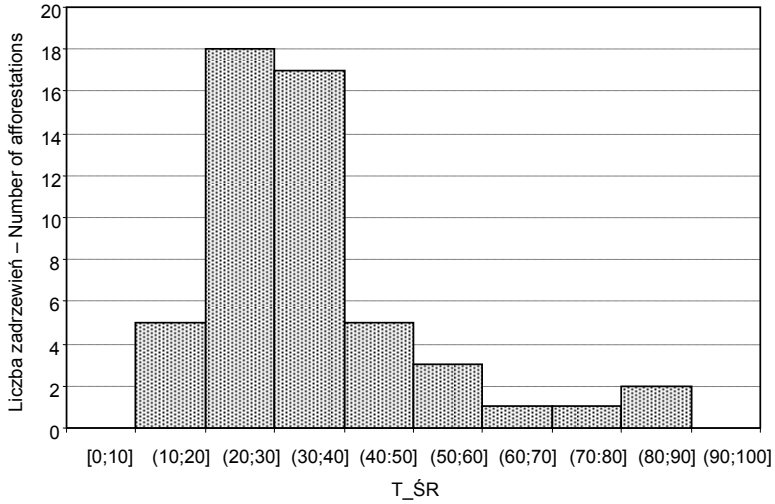
Aby sprawdzić, w jakim stopniu zmieniała się struktura dominacji badanego zgrupowania ptaków, wykorzystano wskaźnik podobieństwa dominacji Sorensena pomiędzy strukturą dominacyjną w kolejnych latach a uśrednioną (z czterech lat) strukturą dominacyjną. Tak obliczone cztery wskaźniki (dla lat 1999-2002) były bardzo podobne i różnice pomiędzy nimi były nieistotne statystycznie (test ANOVA Friedmana: χ^2 ANOVA = 3,71; P > 0,2). Jako reprezentatywny dla całego zbioru danych można więc traktować wskaźnik Sorensena obliczony w odniesieniu do średnich zagęszczeń ptaków w całym okresie badań. Struktura dominacji zgrupowania w poszczególnych latach była dość stabilna. Średni wskaźnik Sorensena dla wszystkich zadrzewień wynosił 79,2%, a dla 80% zadrzewień – od 65 do 85% (ryc. 13).

Tempo wymiany gatunków

Tempo wymiany gatunków było w trzech kolejnych latach bardzo podobne i wynosiło 32,8-36,5%. Różnice w intensywności tego procesu pomiędzy kolejnymi latami badań były nieistotne statystycznie (test ANOVA Friedmana: χ^2 ANOVA = 1,48; P > 0,4), można więc uznać, że tempo wymiany gatunków w okresie badań było stałe, a jego średnia wartość wynosiła ok. 35%. Dla prawie 2/3 zadrzewień kształtowało się w granicach 20-40% (ryc. 14).



Ryc. 13. Rozkład częstości dla wskaźnika podobieństwa struktury dominacji Sorensena
Fig. 13. Frequency distribution of Sorensen's dominance similarity index



Ryc. 14. Rozkład częstości średniego tempa wymiany gatunków (T_ŚR)
Fig. 14. Frequency distribution of mean species turn-over rate (T_ŚR)

Średnie tempo wymiany gatunków w obrębie poszczególnych grup środowiskowych było podobne do średniego tempa wymiany gatunków w całym zgrupowaniu w poszczególnych zadrzewieniach, z wyjątkiem gatunków wnętrza lasu (tab. 10), dla których było ono znacznie i istotnie statystycznie większe niż

Tabela 10. Tempo wymiany gatunków w różnych grupach środowiskowych
Table 10. Species turn-over rate in different habitat groups

Grupa środowiskowa Habitat group	Średnie tempo wymiany Mean turn-over rate (%)	Wielkość próby (liczba zadrzewień) Sample size (number of afforestations)	Odchylenie standardowe Standard deviation
W_IN	73,6	12	25,6
W_ALL	27,9	48	17,7
EDGE	33,4	51	20,7
W_EDGE	36,5	43	27,7
Ogółem – Total	35,7	154	25,0

Objaśnienia: W_IN – gatunki wnętrza lasu, W_ALL – leśni „generaliści", EDGE – gatunki ekotonu, W_EDGE – gatunki skraju lasu.
Explanations: W_IN – wood interior species, W_ALL – wood "generalists", EDGE – edge species, W_EDGE – wood edge species.

dla pozostałych grup (test Kruskala-Wallisa: $H = 19,9$; $P < 0,001$). Oznacza to, że poza gatunkami wnętrza lasu tempo wymiany gatunków było niezależne od preferencji środowiskowych ptaków. Wynik dotyczący ptaków wnętrza lasu należy traktować z ostrożnością, gdyż liczba zadrzewień, dla których można było obliczyć tempo wymiany gatunków w tej grupie ptaków, była znacznie mniejsza niż w pozostałych grupach (tab. 10).

4.3. Czynniki kształtujące zgrupowanie ptaków lęgowych

4.3.1. Znaczenie struktury zadrzewień

Wpływ struktury zadrzewień na całe zgrupowanie

Spośród ilościowych cech zadrzewień branych pod uwagę w analizie dwuczynnikowej powierzchnia zadrzewień wpływała najsilniej zarówno na liczbę gatunków, jak i na łączne zagęszczenie ptaków oraz liczbę par lęgowych. Poza nią, inne czynniki miały istotne znaczenie dla liczby gatunków i par, a inne dla zagęszczenia. Różnorodność drzewostanu (DRZ_DIVER) oraz stopień pokrycia podokapu (POD_POK) były związane z liczbą gatunków i par, stopień pokrycia runa (RUN_POK) – z liczbą par, a rozwinięcie granic zadrzewienia (WSP_ROZW), stopień pokrycia runa (KRZ_POK) i udział roślin dwuliściennych w runie (RUN_DWU) – z zagęszczeniem ptaków (tab. 11).

Tabela 11. Współczynniki korelacji Pearsona (wraz z istotnością P) pomiędzy zagęszczeniem i liczbą gatunków ptaków a zmiennymi opisującymi strukturę zadrzewień
Table 11. Coefficients of Pearson correlation (with statistical significance P) between species number, bird density and number of pairs and afforestation structure variables

Zmienna struktury zadrzewień Afforestation structure variable	ŚR_GAT	ŚR_ZAG	PARY
AREAŁ	0,78 P < 0,001	–0,50 P < 0,001	0,88 P < 0,001
WSP_ROZW	0,12 n. i.	0,38 P < 0,01	0,03 n. i.
DRZ_DIVER	0,46 P < 0,01	0,09 n. i.	0,46 P < 0,001
DRZ_POK	0,04 n. i.	–0,06 n. i.	0,05 n. i.
POD_POK	0,38 P < 0,01	0,20 n. i.	0,37 P < 0,01
KRZ_POK	0,18 n. i.	0,26 P < 0,05	0,07 n. i.
RUN_POK	–0,22 n. i.	–0,14 n. i.	–0,29 P < 0,05
RUN_DWU	0,16 n. i.	0,36 P < 0,01	0,15 n. i.

Objaśnienia: ŚR_GAT – średnia liczba wszystkich gatunków, ŚR_ZAG – średnie całkowite zagęszczenie, PARY – średnia liczba par, AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez piętro koron drzew, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział procentowy roślin dwuliściennych w runie, n. i. – korelacja nieistotna (P > 0,05).

Explanations: ŚR_GAT – mean species number, ŚR_ZAG – mean density, PARY – mean pair number, AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_POK – percentage cover of tree stand, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer, n. i. – statistically insignificant (P > 0.05).

Jedynie stopień pokrycia drzewostanu (DRZ_POK) nie miał istotnego wpływu na ogólnę charakterystykę bogactwa zgrupowań ptaków. Brak znaczenia stopnia pokrycia drzewostanu dla liczby gatunków ptaków i ich zagęszczenia staje się zrozumiały po przeanalizowaniu związków pomiędzy wyżej wymienionymi cechami zadrzewień a liczbą gatunków i zagęszczeniem w obrębie czterech wyróżnionych grup gniazdowych, ponieważ jedynie dla części gatunków stopień pokrycia drzewostanu miał znaczenie istotne.

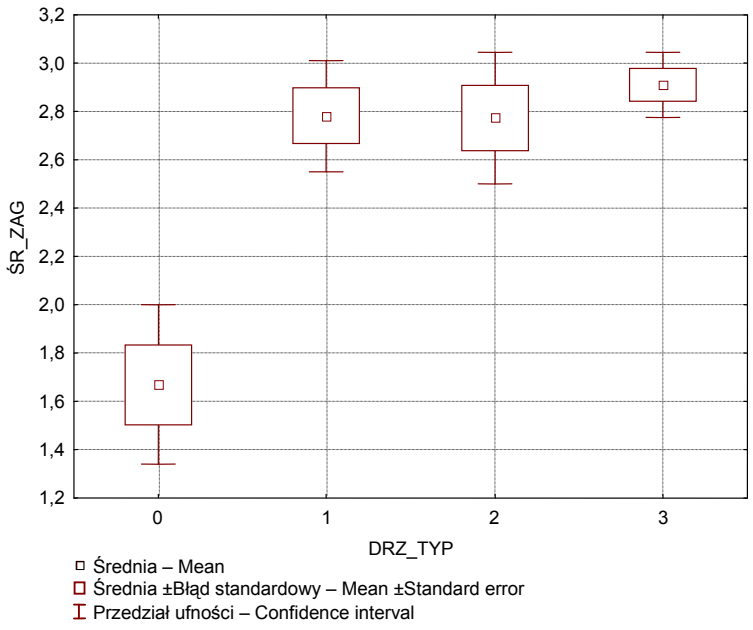
Spośród zmiennych jakościowych jedynie typ drzewostanu wpływał na zgrupowania ptaków – ich zagęszczenie było mniejsze w zadrzewieniach z drzewostanami iglastymi (tab. 12, ryc. 15).

Tabela 12. Zależności pomiędzy zmiennymi jakościowymi opisującymi strukturę zadrzewień a zgrupowaniami ptaków
Table 12. Relationships between qualitative variables describing afforestation structure and bird communities

Zmienne jakościowe struktury zadrzewień Qualitative afforestation structure variables	ŚR_GAT		ŚR_ZAG		PARY	
	F	P	F	P	H lub Z	P
DRZ_TYP	2,20	n. i.	7,85	< 0,001	H = 2,94	n. i.
WODA	2,63	n. i.	2,45	n. i.	Z = 1,17	n. i.
WILGGRAD	0,44	n. i.	1,10	n. i.	H = 1,69	n. i.

Objaśnienia: ŚR_GAT – średnia liczba gatunków, ŚR_ZAG – średnie zagęszczenie ptaków, PARY – średnia liczba par, F – wartości F (ANOVA), H lub Z – wartości testu Kruskala-Wallisa, P – istotność statystyczna, DRZ_TYP – typ drzewostanu, WODA – obecność wód powierzchniowych, WILGGRAD – wilgotność środowiska, n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: ŚR_GAT – mean species number, ŚR_ZAG – mean density, PARY – mean pair number, F – value F (ANOVA), H or Z – test value in Kruskal-Wallis test, P – statistical significance, DRZ_TYP – tree stand type, WODA – presence of surface water, WILGGRAD – habitat wetness, n. i. – statistically insignificant.



Ryc. 15. Zależność pomiędzy typem drzewostanu (DRZ_TYP) a zagęszczeniem ptaków (ŚR_ZAG)
Fig. 15. Relationship between tree stand type (DRZ_TYP) and bird density (ŚR_ZAG)

Grupę czynników – cech zadrzewień, za pomocą których można wyjaśnić zmienność poszczególnych cech zgrupowania ptaków – wyłoniono za pomocą regresji krokowej. Zmienność średniej liczby gatunków gniazdujących w zadrzewieniu najlepiej wyjaśnia model zawierający zmienne: wielkość zadrzewienia (AREAŁ), rozwinięcie granic (WSP_ROZW), różnorodność drzewostanu (DRZ_DIVER) i stopień pokrycia powierzchni drzewostanu przez podszyt (KRZ_POK) (tab. 13, ryc. 16):

$$\text{ŚR\_GAT} = 4{,}82 + 3{,}32 \cdot \text{AREAŁ} + 7{,}82 \cdot \text{WSP\_ROZW} + 3{,}13 \cdot \text{DRZ\_DIVER} + 3{,}85 \cdot \text{KRZ\_POK} \quad (1)$$

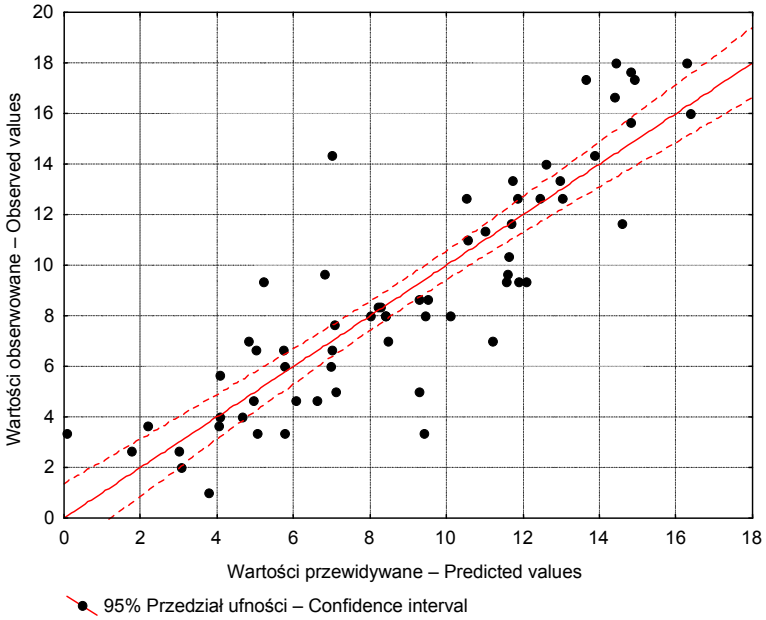
Tabela 13. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków ptaków (ŚR_GAT) od struktury zadrzewienia
Table 13. Model of relationship (stepwise regression) between bird species number (ŚR_GAT) and structure of afforestation

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{59}	P
Wyraz wolny Constant			4,82	0,96	5,04	< 0,0001
AREAŁ	0,76	0,07	3,32	0,30	11,07	< 0,0001
WSP_ROZW	0,26	0,06	7,82	1,92	4,08	< 0,001
DRZ_DIVER	0,23	0,07	3,13	0,94	3,34	< 0,01
KRZ_POK	0,20	0,06	3,85	1,24	3,11	< 0,01

Istotność modelu: $R = 0{,}87$; $R^2 = 0{,}75$; $F(4; 59) = 47{,}7$; $P < 0{,}0001$; błąd standardowy estymacji: 2,29.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt.
Significance of model: $R = 0.87$; $R^2 = 0.75$; $F(4; 59) = 47.7$; $P < 0.0001$; standard error of estimation: 2.29.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer.

To oznacza, że analiza zmienności wyżej wymienionych cech zadrzewień pozwala na wyjaśnienie znacznej części (75%) zmienności średniej liczby gatunków. Na rycinie 16 przedstawiono związek liczby gatunków obserwowanej w terenie (średnie wieloletnie) z liczbą gatunków wyliczoną na podstawie modelu (1).

W dużo mniejszym stopniu cechy zadrzewień były przydatne do wyjaśnienia zmienności zagęszczeń ptaków. Używając zmiennych: powierzchnia zadrzewienia (AREAŁ), współczynnik rozwinięcia granic (WSP_ROZW), różnorodność drzewostanu (DRZ_DIVER), typ drzewostanu (DRZ_TYP) i stopień pokrycia runem (RUN_POK), można wyjaśnić 54% zmienności zagęszczenia (tab. 14, ryc. 17):



Ryc. 16. Wartości przewidywane względem obserwowanych – w modelu zależności liczby gatunków ptaków od struktury zadrzewienia (zob. tab. 13)
Fig. 16. Predicted vs. observed values in model of relationship between bird species number and afforestation structure (see Table 13)

Tabela 14. Model zależności (regresja krokowa) zagęszczenia ptaków (ŚR_ZAG) od struktury zadrzewienia
Table 14. Model of relationship (stepwise regression) between bird density (ŚR_ZAG) and afforestation structure

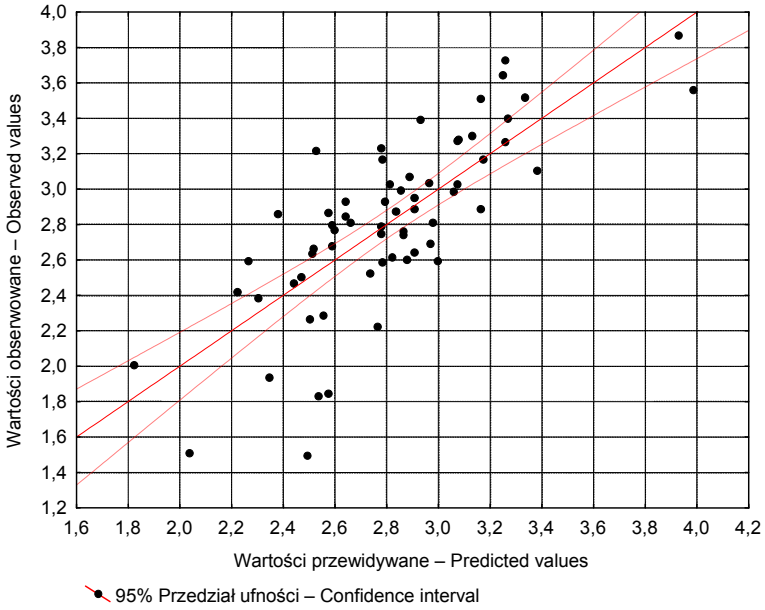
Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{58}	P
Wyraz wolny Constant			2,18	0,20	10,85	< 0,0001
AREAŁ	–0,54	0,09	–0,26	0,04	–5,79	< 0,0001
WSP_ROZW	0,33	0,09	1,05	0,28	3,71	< 0,001
DRZ_DIVER	0,25	0,10	0,37	0,14	2,62	< 0,05
DRZ_TYP	0,30	0,09	0,17	0,05	3,32	< 0,01
RUN_POK	–0,27	0,09	–0,37	0,12	–3,06	< 0,01

Istotność modelu: $R = 0,76$; $R^2 = 0,54$; $F(5; 58) = 15,81$; $P < 0,0001$; błąd standardowy estymacji: 0,34.

Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_TYP – typ drzewostanu, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo.

Significance of model: $R = 0.76$; $R^2 = 0.54$; $F(5; 58) = 15.81$; $P < 0.0001$; standard error of estimation: 0.34.

Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_TYP – tree stand type, RUN_POK – percentage cover of herb layer.



Ryc. 17. Wartości przewidywane względem obserwowanych w modelu zależności zagęszczenia ptaków od struktury zadrzewienia (zob. tab. 14).
Fig. 17. Predicted vs. observed values in model of relationship between bird density and afforestation structure (see Table 14)

$$ŚR\_ZAG = 2{,}18 - 0{,}26 \cdot AREAŁ + 1{,}05 \cdot WSP\_ROZW + 0{,}37 \cdot DRZ\_DIVER + 0{,}17 \cdot DRZ\_TYP - 0{,}37 \cdot RUN\_POK$$

Znacznie lepiej za pomocą cech struktury zadrzewień można opisać zmienność liczby par lęgowych. Model regresji krokowej opisuje 86% tej zmienności, a zmienne istotnie oddziałujące na liczbę par to powierzchnia zadrzewienia (AREAŁ), długość granicy zadrzewień (WSP_ROZW), różnorodność drzewostanu (DRZ_DIVER), a także typ drzewostanu (DRZ_TYP) – im bardziej liściasty, tym lepiej, i stopień pokrycia runa – im większy, tym mniej par (tab. 15, ryc. 18). Otrzymany w ten sposób model:

$$PARY = 2{,}18 + 0{,}74 \cdot AREAŁ + 1{,}05 \cdot WSP\_ROZW + 0{,}37 \cdot DRZ\_DIVER + 0{,}17 \cdot DRZ\_TYP - 0{,}37 \cdot RUN\_POK \quad (2)$$

pozwala na wyjaśnienie 86% zmienności liczby par lęgowych w zadrzewieniach.

Na podstawie zestawu cech zadrzewień można zatem w wysokim stopniu przewidywać łączną liczbę par lęgowych ptaków występujących w danym zadrzewieniu. Silny związek między średnią liczbą par wyliczoną za pomocą modelu (2) a obserwowaną przedstawiono na rycinie 18.

Tabela 15. Model zależności (regresja krokowa) liczby par lęgowych (PARY) od struktury zadrzewienia
Table 15. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number (PARY) and structure of afforestations

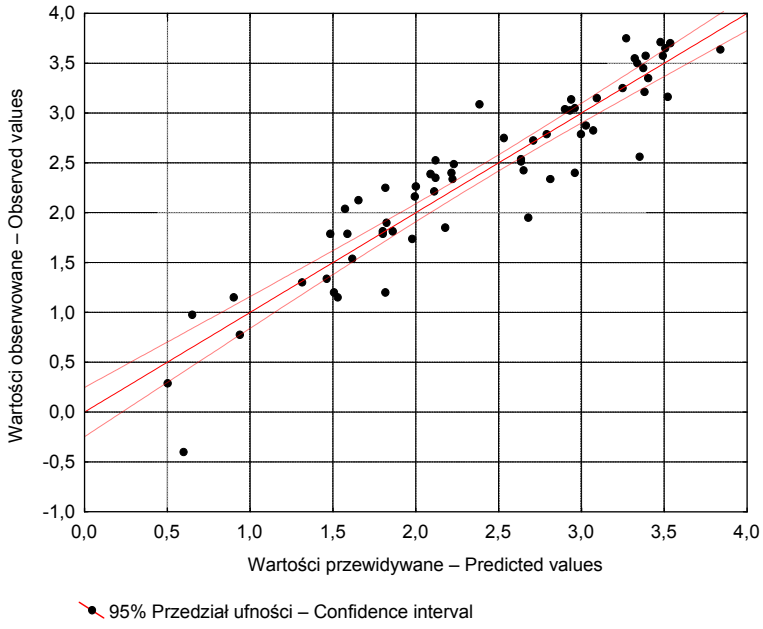
Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{58}	P
Wyraz wolny Constant			2,18	0,20	10,85	< 0,0001
AREAŁ	0,85	0,05	0,74	0,04	16,52	< 0,0001
WSP_ROZW	0,18	0,05	1,05	0,28	3,71	< 0,001
DRZ_DIVER	0,14	0,05	0,37	0,14	2,62	< 0,05
DRZ_TYP	0,16	0,05	0,17	0,05	3,32	< 0,01
RUN_POK	–0,15	0,05	–0,37	0,12	–3,06	< 0,01

Istotność modelu: $R^2 = 0,86$; $F(5; 58) = 78,7$; $P < 0,0001$; błąd standardowy estymacji: 0,36.

Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_TYP – typ drzewostanu, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo.

Significance of model: $R^2 = 0.86$; $F(5; 58) = 78.7$; $P < 0.0001$; standard error of estimation: 0.36.

Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_TYP – tree stand type, RUN_POK – percentage cover of herb layer.



Ryc. 18. Wartości przewidywane względem obserwowanych w modelu zależności liczby par lęgowych (logarytmowanej) od struktury zadrzewienia (zob. tab. 15).
Fig. 18. Predicted vs. observed values in model of relationship between breeding pair number (logarhytm) and afforestation structure (see Table 15)

Modele otrzymane w wyniku zastosowania postępującej regresji krokowej pokazują, że struktura zadrzewień pozwala na wyjaśnienie znacznej części zmienności zgrupowań ptaków. Najistotniejszymi dla zgrupowań ptaków były zmienne opisujące (tab. 16):

- własności geometryczne (wielkość, stopień rozwinięcia granic),
- drzewostan (proporcja gatunków iglastych do liściastych oraz różnorodność gatunkowa),
- runo (stopień pokrycia).

Tabela 16. Zestawienie zmiennych opisujących strukturę zadrzewień, które mają istotny udział w modelach objaśniających zmienność poszczególnych cech zgrupowań ptaków
Table 16. Set of afforestation structure variables, which significantly explain variability in bird community variables

Zmienne cechy zgrupowania Community variable	Zmienne struktury zadrzewień Afforestation structure variables						R^2
	AREAŁ	DRZ_ TYP	WSP_ ROZW	DRZ_ DIVER	KRZ_POK	RUN_POK	
ŚR_GAT	+		+	+	+		0,75
ŚR_ZAG	–	+	+	+		–	0,54
PARY	+	+	+	+		–	0,86

Objaśnienia: ŚR_GAT – średnia liczba gatunków, ŚR_ZAG – średnie zagęszczenie ptaków, PARY – średnia liczba par, AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, DRZ_TYP – typ drzewostanu, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, R^2 – współczynnik determinacji modelu. Znak „plus" oznacza wpływ dodatni, a znak „minus" – wpływ ujemny.

Explanations: ŚR_GAT – mean species number, ŚR_ZAG – mean density, PARY – mean pair number, AREAŁ – afforestation area, DRZ_TYP – tree stand type, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, R^2 – determination coefficient of the model. "Plus" – positive effect, "minus" – negative effect.

Znaczenie struktury zadrzewień dla poszczególnych gatunków

Awifauna składa się z wielu gatunków, z których każdy charakteryzuje się odrębnymi preferencjami środowiskowymi. Dlatego, aby zrozumieć mechanizmy kształtowania się zgrupowań ptaków lęgowych występujących w zadrzewieniach, konieczne jest także sprawdzenie, które czynniki są istotne dla poszczególnych gatunków. Zasadność uwzględniania indywidualnych reakcji gatunków na zmiany w strukturze środowiska dobrze odzwierciedla analiza znaczenia jednego z najważniejszych czynników kształtujących zgrupowania organizmów, tj. znaczenia powierzchni zadrzewienia dla liczby par. Zgodnie z oczekiwaniami, im większe jest zadrzewienie, tym większa jest szansa na to, że

będzie zasiedlone przez większą liczbę par. W dużym zakresie zmienności wielkości zadrzewień (np. dwóch-trzech rzędów wielkości, od 1 do 100 ha) zależność ta jest oczywista. Jednak nasuwają się dwa pytania:

a) czy zależność ta ma charakter uniwersalny, niezależny od biologii gatunku?
b) czy zależność ta ma znaczenie także w przypadku zadrzewień najmniejszych (o powierzchni kilku hektarów), typowych dla silnie wylesionych terenów rolniczych?

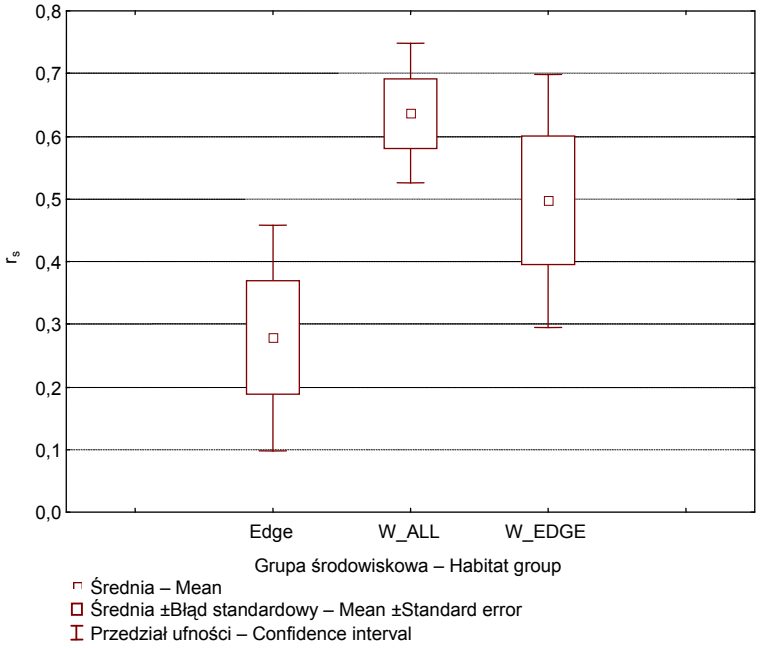
Prezentowane w tym opracowaniu dane wskazują na to, że poszczególne gatunki reagują na wzrost powierzchni w badanym przedziale wielkości zadrzewień bardzo różnie – od braku reakcji (gąsiorek i mazurek) przez reakcję słabą (szczygieł i dzwoniec) do bardzo silnego związku (zięba, bogatka, trznadel) między liczbą par lęgowych obecnych w zadrzewieniu a powierzchnią tego zadrzewienia (tab. 17).

Tabela 17. Korelacja Spearmana (współczynniki korelacji r_s i istotność P) pomiędzy wielkością zadrzewienia a liczbą par lęgowych najliczniejszych gatunków ptaków (N = 64)
Table 17. Spearmann rank correlation (correlation coefficients r_s and significance P) between afforestation area and breeding pair number of most abundant species (N = 64)

Gatunek – Species	r_s	P	Gatunek – Species	r_s	P
Szczygieł	0,26	< 0,05	Modraszka	0,61	< 0,001
Dzwoniec	0,30	< 0,05	Bogatka	0,67	< 0,001
Trznadel	0,76	< 0,001	Mazurek	0,02	n. i.
Ortolan	0,31	< 0,05	Pierwiosnek	0,66	< 0,001
Zięba	0,90	< 0,001	Szpak	0,46	< 0,001
Zaganiacz	0,28	< 0,05	Kapturka	0,74	< 0,001
Gąsiorek	0,06	n. i.	Cierniówka	0,24	n. i.
Słowik rdzawy	0,33	< 0,01	Kos	0,62	< 0,001
Muchołówka szara	0,62	< 0,001	Śpiewak	0,67	< 0,001

n. i. – statystycznie nieistotny.
n. i. – statistically insignificant.

Co więcej, wielkość współczynnika korelacji zależy wyraźnie i statystycznie istotnie od przynależności do grupy środowiskowej (ryc. 19). Najmniejszy współczynnik korelacji charakteryzuje gatunki ekotonowe, nieco większy – gatunki skraju lasu, a największy – gatunki będące leśnymi „generalistami".



Ryc. 19. Współczynnik korelacji Spearmana (r_s) pomiędzy liczbą par lęgowych i powierzchnią zadrzewienia w trzech grupach środowiskowych
Fig. 19. Spearman correlation coefficient between breeding pair number and afforestation area for three habitat groups

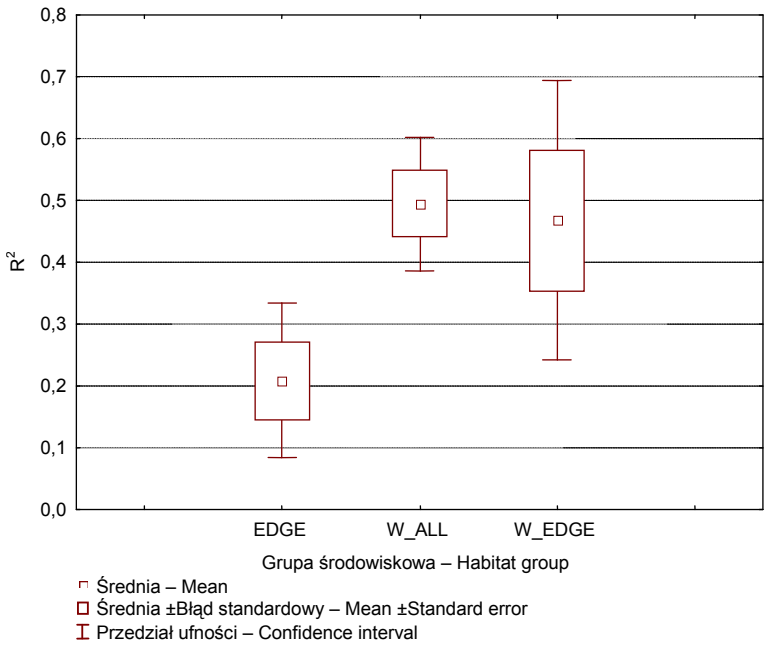
Chociaż w analizach związków pomiędzy zgrupowaniami ptaków i środowiskiem za miarę bogactwa awifauny najczęściej uznaje się zagęszczenie ptaków, to jednak gdy uwzględnia się niewielkie powierzchnie badawcze – małe zadrzewienia, branie pod uwagę liczby par lęgowych wydaje się lepsze.

Po pierwsze, zagęszczenie obliczane na podstawie występowania małej liczby par (skrajny przypadek – jednej pary) jest silnie obciążone błędem zmienności stochastycznej. Wyjaśnia to przykład. Załóżmy, że rozpatrujemy 10 zadrzewień o wielkości od 0,01 do 1 ha, w których stwierdzono po jednej parze danego gatunku. W zależności od tego, które zadrzewienie będzie podstawą do obliczania zagęszczenia, różnice mogą być 100-krotne – od 100 par/ha (dla zadrzewienia o powierzchni 0,01 ha) do 1 pary/ha (dla zadrzewienia o powierzchni 1 ha). Tak więc występowanie jednej pary może być opisane za pomocą zagęszczenia wartościami różniącymi się o dwa rzędy wielkości. Z matematycznego punktu widzenia jest to skutek obliczania zagęszczeń ze skrajnie małych liczb.

Po drugie, wiele gatunków występujących w niewielkich zadrzewieniach korzysta także z terenów przyległych, nieuwzględnianych podczas obliczania zagęszczenia. Im mniejsze zadrzewienie, tym większy jest udział terenów

przyległych w terytoriach takich gatunków. W skrajnym przypadku – w zadrzewieniu o wielkości 0,01 ha – stanowią one nawet mniej niż 1% terytorium lęgowego. Wyznaczanie wielkości powierzchni badawczych do obliczania zagęszczeń na podstawie granic zasięgu roślinności nie odpowiada biologii wielu gatunków ptaków (korzystających także z terenów sąsiednich), a przez to prowadzi do uproszczeń i błędów (ESTADES 2001).

Jak w takim razie struktura zadrzewienia oddziałuje na liczbę par poszczególnych gatunków? Oddziaływanie to jest silnie zróżnicowane (tab. 18). Dla poszczególnych gatunków istotne są różne aspekty struktury zadrzewień. Liczba par większości gatunków zależy od powierzchni zadrzewienia (z wyjątkiem szpaka, mazurka i gąsiorka), dla około 1/3 gatunków – ważny jest współczynnik rozwinięcia granic, wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu i stopień pokrycia warstwy krzewów. Pozostałe zmienne charakteryzujące strukturę zadrzewień były istotne już tylko dla 1-4 gatunków spośród osiemnastu analizowanych. Wartość współczynnika determinacji tych modeli była istotnie statystycznie związana z preferencjami środowiskowymi poszczególnych gatunków (ryc. 20).



Ryc. 20. Współczynnik determinacji (R^2) w modelu zależności między strukturą zadrzewienia a liczbą par lęgowych najliczniejszych gatunków w trzech grupach środowiskowych
Fig. 20. Determination coefficient (R^2) for model of relationship between afforestation structure and breeding pair number of most abundant species in three habitat groups

Tabela 18. Zestawienie współczynników beta oraz współczynników determinacji (R^2) w modelu regresji krokowej liczby par lęgowych względem struktury zadrzewień dla najpospolitszych 18 gatunków ptaków
Table 18. Beta and determination (R^2) coefficients in stepwise regression of breeding pair number of the 18 most common species on structure of afforestations

Gatunek Species	Współczynniki beta dla zmiennych struktury zadrzewień Beta coefficients for afforestation structure variables											R^2
	AREAŁ	WSP_ ROZW	DRZ_ DIVER	DRZ_ TYP	DRZ_ POK	POD_ POK	KRZ_ POK	RUN_ POK	RUN_ DWU	WODA	WILG_ GRAD	
Zięba	0,79	0,22	0,15		0,21							0,78
Trznadel	0,75	0,20										0,54
Kos	0,66	0,33					0,21					0,49
Kapturka	0,70						0,22		0,22	0,28		0,7
Bogatka	0,65	0,32		0,22							–0,22	0,55
Zaganiacz	0,45			0,28		0,23	0,30				0,34	0,49
Modraszka	0,57	0,37	0,37			–0,21						0,51
Szczygieł	0,33					0,23	0,28				0,23	0,27
Muchołówka szara	0,55	0,41	0,29									0,53
Szpak			0,45									0,19
Słowik rdzawy	0,40			0,39			0,36	–0,21				0,4
Śpiewak	0,57									0,23		0,36
Ortolan	0,42		–0,27									0,14
Pierwiosnek	0,54									0,29		0,37
Mazurek												0
Dzwoniec	0,33						0,36					0,2
Gąsiorek					–0,37							0,12
Cierniówka	0,28									0,31		0,15

Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_TYP – typ drzewostanu, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez drzewostan, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział roślin dwuliściennych w runie, WODA – obecność wody, WILG_GRAD – wilgotność siedliska.

Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_TYP – tree stand type, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer, WODA – presence of surface water, WILG_GRAD – habitat wetness.

Dla grupy gatunków ekotonowych była ona wyraźnie mniejsza (test Kruskala-Wallisa: H (2,18) = 6,24; P < 0,05). Oznacza to, że dla gatunków dwuśrodowiskowych (ekotonowych) struktura samych zadrzewień odgrywała stosunkowo małą rolę, w przeciwieństwie do gatunków leśnych, zarówno tych związanych ze skrajem lasu – W_EDGE, jak i leśnych „generalistów" – W_ALL.

Dla grupy gatunków rzadszych, z powodu niewielkiej próby i ich małej liczebności w poszczególnych zadrzewieniach, znaczenie struktury zadrzewień przeanalizowano, używając analizy dyskryminacyjnej (tab. 19) w odniesieniu do danych typu brak/obecność gatunku. Z analizy wynika, że struktura zadrzewień była słabym predyktorem występowania tych gatunków w zadrzewieniach. Wartość lambda Wilksa (wyznacznik dyskryminacyjnej mocy modelu – przedostatnia kolumna w tab. 19), choć w większości przypadków istotna statystycznie, wynosiła zawsze powyżej 0,5 (im bliżej 0, tym moc modelu była silniejsza), a dla raniuszka, myszołowa, potrzeszcza i piegży była równa 1, co oznacza brak jakichkolwiek powiązań pomiędzy strukturą środowiska a wystąpieniem danego gatunku w zadrzewieniu. Wyniki te sugerują, że gatunki rzadsze zasiedlały badane zadrzewienia w bardzo słabej zależności od ich struktury, czyli że w dużej mierze ich wybór mógł być przypadkowy. W przypadku myszołowa słabość tych powiązań, ale jednocześnie dużą plastyczność ekologiczną, podkreśla jego gniazdowanie w zadrzewieniach nawet o bardzo małej powierzchni (< 1 ha) i młodym drzewostanie (fot. 11), często położonych blisko osiedli ludzkich (fot. 12).

Minimalna wielkość zajmowanych zadrzewień

Minimalna tolerowana wielkość zadrzewienia była w odniesieniu do poszczególnych gatunków bardzo zróżnicowana (tab. 20). Zięba, trznadel, wróbel i bogatka występowały nawet w najmniejszych zadrzewieniach (0,06 ha), część gatunków – jedynie w zadrzewieniach o powierzchni większej niż 1 ha (trzciniczek, grubodziób, dzięcioł duży, dzięcioł czarny, sójka, srokosz, wilga, kowalik), a kilka gatunków – wyłącznie w zadrzewieniach o powierzchni większej niż 2 ha (mysikrólik, pokrzywnica, krętogłów, strumieniówka, kwiczoł). Należy podkreślić, że minimalna powierzchnia zadrzewień zasiedlanych przez dany gatunek zależy w pewnym stopniu od efektów stochastycznych i dlatego uogólnienia oparte na małej próbie mogą być w jakimś stopniu błędne.

Średnia z minimalnych powierzchni zajętych zadrzewień była istotnie większa (P < 0,05 w teście Tukeya) dla gatunków wnętrza lasu (W_IN) w porównaniu z grupami gatunków ekotonowych (EDGE), skraju lasu (W_EDGE) i leśnych „generalistów" (W_ALL), co jest zgodne z oczekiwaniami. Natomiast minimalna powierzchnia zajętych zadrzewień dla grup EDGE, W_EDGE i W_ALL (ryc. 21) była bardzo podobna – istotność różnic P w teście Tukeya była większa od 0,9.

Tabela 19. Zależność między strukturą zadrzewień a obecnością niepospolitych gatunków lęgowych według krokowej analizy dyskryminacyjnej – zestawienie wartości cząstkowych lambda Wilksa wskazujących na wpływ poszczególnych cech zadrzewienia oraz wartości lambda Wilksa dla całego modelu wraz z istotnością modelu (P)
Table 19. Relationship between structure of afforestations and presence of not common breeding species according to discriminant analysis – values of partial Wilks' lambda showing influence of individual afforestation structure variables and Wilks' lambda values for the model (with significance P)

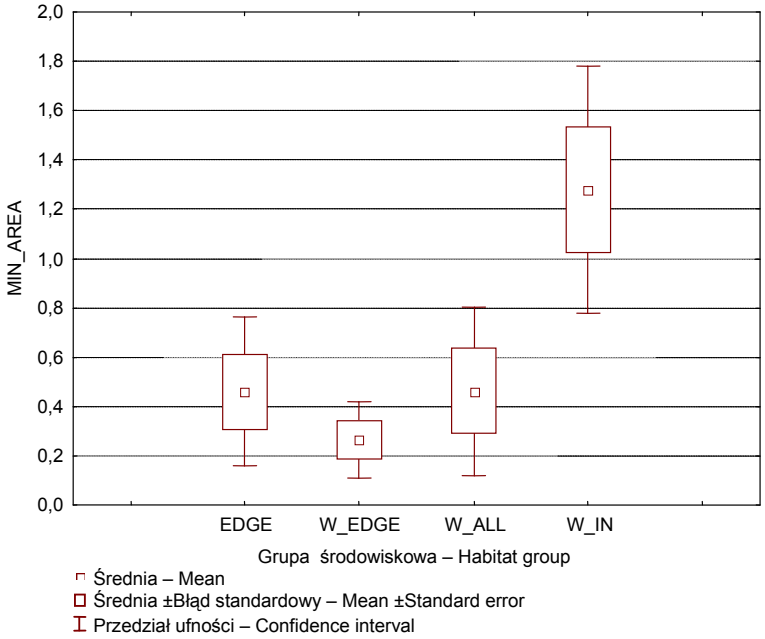
Gatunek Species	Cząstkowe wartości lambda Wilksa dla zmiennych struktury zadrzewień Partial Wilks' lambda values for afforestation structure variables											Lambda	P
	AREAŁ	WSP_ ROZW	DRZ_ DIVER	DRZ_ TYP	DRZ_ POK	POD_ POK	KRZ_ POK	RUN_ POK	RUN_ DWU	WODA	WILG_ GRAD		
Łozówka					0,90					0,61		0,57	< 0,0001
Raniuszek												1,00	n. i.
Pełzacz ogrodowy	0,75	0,83										0,68	< 0,0001
Dzięcioł duży	0,78	0,89	0,91									0,63	< 0,0001
Gajówka										0,90		0,90	< 0,01
Grubodziób	0,73	0,87										0,68	< 0,0001
Myszołów zwyczajny												1,00	n. i.
Rudzik	0,81									0,93		0,76	< 0,001
Świergotek drzewny	0,81					0,84						0,74	< 0,001
Piecuszek	0,89			0,81								0,70	< 0,0001
Potrzeszcz												1,00	n. i.
Sikora uboga	0,93				0,94							0,87	n. i.
Kowalik	0,84											0,84	< 0,01
Grzywacz	0,87	0,92										0,83	< 0,01
Piegża												1,00	n. i.

Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_TYP – typ drzewostanu, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez drzewostan, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział roślin dwuliściennych w runie, WODA – obecność wody, WILG_GRAD – wilgotność siedliska, n. i. – statystycznie nieistotny.

Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_TYP – tree stand type, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer, WODA – presence of surface water, WILG_GRAD – habitat wetness, n. i. – statistically insignificant.

Tabela 20. Zestawienie minimalnych powierzchni zadrzewień zajmowanych przez poszczególne gatunki lęgowe wraz z liczbą wszystkich zadrzewień, w których dany gatunek gniazdował
Table 20. Minimum area of afforestations occupied by given species and number of afforestations where the species bred

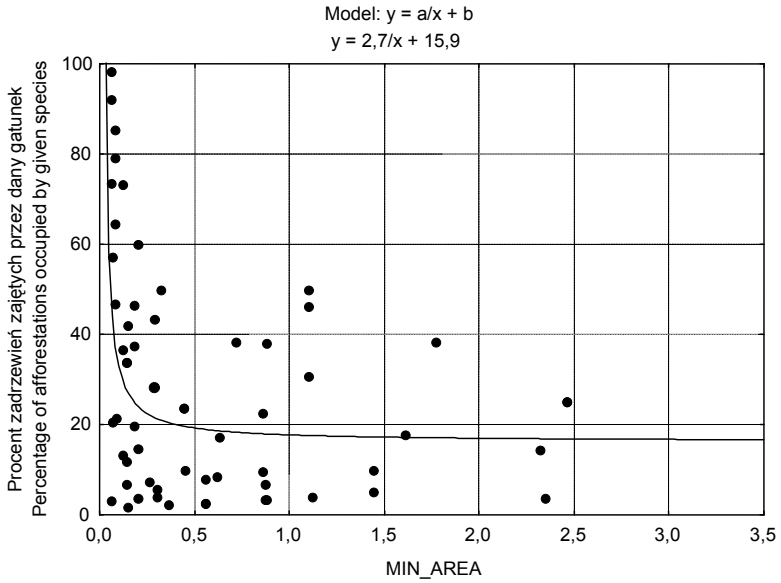
Gatunek Species	Minimalna powierzchnia zajętego zadrzewienia Minimum area of occupied afforestation	Liczba zajętych zadrzewień Number of occupied afforestations
Łozówka	0,29	15
Trzcinniczek	1,44	1
Raniuszek	0,07	13
Zimorodek	0,88	1
Świergotek drzewny	0,44	10
Uszatka	0,87	2
Myszołów zwyczajny	0,18	11
Szczygieł	0,07	36
Dzwoniec	0,18	21
Pełzacz ogrodowy	0,72	13
Pełzacz leśny	0,86	3
Grubodziób	1,10	12
Siniak	0,87	1
Grzywacz	0,86	7
Wrona siwa	0,20	2
Dzięcioł duży	1,10	13
Dzięcioł czarny	1,12	1
Trznadel	0,06	59
Ortolan	0,15	24
Potrzos	0,30	2
Rudzik	0,88	11
Zięba	0,06	63
Sójka	1,61	3
Zaganiacz	0,12	44
Krętogłów	2,46	1
Gąsiorek	0,14	20
Srokosz	1,44	2
Strumieniówka	2,32	1
Świerszczak	0,56	1
Słowik szary	0,30	3
Słowik rdzawy	0,18	26
Potrzeszcz	0,12	8
Muchołówka szara	0,20	33
Wilga	1,77	5
Modraszka	0,08	40
Bogatka	0,06	47
Czarnogłówka	0,45	4
Sikora uboga	0,20	8
Wróbel	0,06	2
Mazurek	0,12	22
Kuropatwa	0,15	1
Bażant	0,56	3
Pierwiosnek	0,29	23
Piecuszek	0,44	10
Sroka	0,36	1
Pokrzywnica	3,10	1
Mysikrólik	2,35	2
Pokląskwa	0,56	1
Kulczyk	0,26	4
Kowalik	1,10	8
Sierpówka	0,62	3
Szpak	0,08	29
Kapturka	0,08	49
Gajówka	0,09	13
Cierniówka	0,14	20
Piegża	0,14	7
Jarzębatka	0,14	4
Strzyżyk	0,63	6
Kos	0,08	53
Śpiewak	0,32	25
Kwiczoł	2,46	1



Ryc. 21. Minimalna powierzchnia zasiedlonych zadrzewień (MIN_AREA) w zależności od grupy środowiskowej.
Fig. 21. Minimum area of afforestations occupied by particular species (MIN_AREA) in relation to habitat group

Sprawdzono także, jak poziom tolerancji danej, granicznie małej powierzchni zadrzewień wpływa na częstość występowania poszczególnych gatunków. W tym celu najpierw obliczono, w jakiej części zadrzewień o powierzchni większej lub równej tej progowej wielkości dany gatunek występuje, a następnie skorelowano obie zmienne. Zgodnie z oczekiwaniami, gatunki, dla których minimalna tolerowana powierzchnia zadrzewień była bardzo mała, gniazdowały w większej liczbie badanych zadrzewień niż gatunki, dla których minimalna powierzchnia zasiedlonych zadrzewień była większa (ryc. 22).

Jednak reguła ta dotyczyła tylko niewielkiej grupy gatunków, mogących gniazdować w zadrzewieniach bardzo małych, nawet o powierzchni mniejszej niż 0,5 ha. W grupie gatunków zasiedlających zadrzewienia większe niż 0,5 ha częstość wystąpienia była już niezależna od minimalnej powierzchni zasiedlanych przez nie zadrzewień (ryc. 22). Z analizy wyłączono świstunkę leśną, która gniazdowała tylko w jednym (największym) spośród badanych zadrzewień, w związku z czym obliczenie częstości jej wystąpienia w zadrzewieniach o powierzchni większej było niemożliwe.



Ryc. 22. Zależność między minimalną wielkością zadrzewień (MIN_AREA), w jakiej gniazdował dany gatunek, a częstością jego wystąpienia (% zajętych zadrzewień)
Fig. 22. Relationship between minimum area of afforestation occupied by given species (MIN_AREA) and frequency of the species occurrence (% of occupied afforestations)

Wpływ struktury zadrzewień na bogactwo zgrupowań ptaków z różnych grup środowiskowych

Weryfikację związków pomiędzy strukturą zadrzewień a zgrupowaniami ptaków przeprowadzono także w odniesieniu do charakterystyk czterech głównych grup środowiskowych, traktowanych całościowo, z uwzględnieniem wszystkich gatunków.

Struktura zadrzewień a ptaki ekotonu (EDGE)

Liczba gatunków w tej grupie ptaków była najsilniej związana z powierzchnią zadrzewienia (dodatnio) i pokryciem drzewostanu (ujemnie). Powierzchnia zadrzewienia jest istotna przypuszczalnie dlatego, że wraz z nią silnie skorelowana jest długość linii brzegowej zadrzewień, będącej miejscem zakładania terytoriów gatunków z tej grupy środowiskowej. Model zawierający te zmienne pozwala na wyjaśnienie 31,7% zmienności liczby gatunków (tab. 21).

Liczba par ptaków ekotonu zależała również od powierzchni zadrzewienia oraz od stopnia pokrycia drzewostanu, ale związek z obiema zmiennymi był przeciwny (tak jak w przypadku liczby gatunków): z powierzchnią zadrzewienia – dodatni, a ze stopniem pokrycia drzewostanu – ujemny (tab. 22).

Tabela 21. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków ptaków ekotonu leśno-polnego (EDGE_G) od struktury zadrzewienia
Table 21. Model of relationship (stepwise regression) between number of wood-crops ecotone species (EDGE_G) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{61}	P
Wyraz wolny Constant			6,05	0,58	10,45	< 0,0001
AREAŁ	0,52	0,10	0,98	0,20	4,98	< 0,0001
DRZ_POK	–0,30	0,10	–1,87	0,65	–2,86	< 0,01

Istotność modelu: R = 0,58; R^2 = 0,32; F(2; 61) = 15,5; P < 0,0001; błąd standardowy estymacji: 1,61.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez drzewostan.
Significance of model: R = 0.58; R^2 = 0.32; F(2; 61) = 15.5; P < 0.0001; standard error of estimation: 1.61.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer.

Tabela 22. Model zależności (regresja krokowa) liczby par lęgowych ptaków ekotonu leśno-polnego (EDGE_P) od struktury zadrzewienia
Table 22. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number of wood-crops ecotone species (EDGE_P) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{61}	P
Wyraz wolny Constant			2,06	0,12	16,86	< 0,0001
AREAŁ	0,78	0,08	0,41	0,04	9,96	< 0,0001
DRZ_POK	–0,24	0,08	–0,42	0,14	–3,03	< 0,01

Istotność modelu: R = 0,79; R^2 = 0,62; F(2; 61) = 52,4; P < 0,0001; błąd standardowy estymacji: 0,34.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez drzewostan.
Significance of model: R = 0.79; R^2 = 0.62; F(2; 61) = 52.4; P < 0.0001; standard error of estimation: 0.34.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer.

Ptaki skraju lasu (W_EDGE)

Silny wpływ na liczbę gatunków miała powierzchnia zadrzewienia, istotny był także udział roślin dwuliściennych w runie. Udział wariancji liczby gatunków, wyjaśnianej za pomocą tego modelu, był nieco większy niż w przypadku ptaków ekotonowych (R^2 = 0,49) (tab. 23).

Tabela 23. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków ptaków skraju lasu (W_EDGE_G) od struktury zadrzewienia
Table 23. Model of relationship (stepwise regression) between wood edge species number (W_EDGE_G) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{61}	P
Wyraz wolny Constant			2,63	0,27	9,84	< 0,0001
AREAŁ	0,66	0,09	0,97	0,13	7,33	< 0,0001
RUN_DWU	0,30	0,09	1,52	0,46	3,34	< 0,01

Istotność modelu: R = 0,71; R^2 = 0,49; F(2; 61) = 31,48; P < 0,0001; błąd standardowy estymacji: 1,09.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, RUN_DWU – udział roślin dwuliściennych w runie.
Significance of model: R = 0.71; R^2 = 0.49; F(2; 61) = 31.48; P < 0.0001; standard error of estimation: 1.09.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer.

Liczba par lęgowych ptaków z tej grupy środowiskowej zależała (dodatnio) istotnie od większej liczby czynników niż liczba gatunków: od powierzchni zadrzewienia, obecności wody w zadrzewieniu, pokrycia podokapu, pokrycia podszytu oraz typu drzewostanu – im większy był udział drzew liściastych, tym liczba par była większa. Model ten wyjaśnia ponad 3/4 zmienności (tab. 24).

Tabela 24. Model zależności (regresja krokowa) liczby par lęgowych ptaków skraju lasu (W_EDGE_P) od struktury zadrzewienia
Table 24. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number of wood edge species (W_EDGE_P) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{61}	P
Wyraz wolny Constant			0,55	0,16	3,47	< 0,001
AREAŁ	0,73	0,06	0,52	0,05	11,49	< 0,0001
WODA	0,25	0,06	0,37	0,09	4,00	< 0,001
POD_POK	0,20	0,07	0,65	0,21	3,09	< 0,01
KRZ_POK	0,19	0,07	0,58	0,21	2,81	< 0,01
DRZ_TYP	0,18	0,06	0,15	0,05	2,84	< 0,01

Istotność modelu: R = 0,89; R^2 = 0,77; F(5; 58) = 43,71; P < 0,0001; błąd standardowy estymacji: 0,35.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WODA – obecność wód powierzchniowych, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, DRZ_TYP – typ drzewostanu.
Significance of model: R = 0.89; R^2 = 0.77; F(5; 58) = 43.71; P < 0.0001; standard error of estimation: 0.35.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, WODA – presence of surface water, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, DRZ_TYP – tree stand type.

Leśni „generaliści" (W_ALL)

Skuteczność modeli zbudowanych za pomocą regresji krokowej w wyjaśnianiu zmienności liczby gatunków w tej grupie środowiskowej była większa niż dla modeli analizowanych uprzednio. W odniesieniu do liczby gatunków model taki umożliwia wyjaśnienie ponad 2/3 jej zmienności, a najistotniejsze w tym wypadku były zmienne: powierzchnia zadrzewienia (AREAŁ), współczynnik rozwinięcia granic (WSP_ROZW), różnorodność drzewostanu (DRZ_DIVER) i udział dwuliściennych w runie (RUN_DWU) (tab. 25).

Tabela 25. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków leśnych „generalistów" (W_ALL_G) od struktury zadrzewienia.
Table 25. Model of relationship (stepwise regression) between species number of wood "generalists" (W_ALL_G) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{59}	P
Wyraz wolny Constant			2,47	0,57	4,34	< 0,0001
AREAŁ	0,71	0,08	1,68	0,18	9,14	< 0,0001
WSP_ROZW	0,33	0,07	5,27	1,18	4,48	< 0,0001
DRZ_DIVER	0,20	0,08	1,47	0,60	2,47	< 0,05
RUN_DWU	0,16	0,08	1,33	0,61	2,17	< 0,05

Istotność modelu: $R = 0,84$; $R^2 = 0,68$; $F(4; 59) = 34,14$; $P < 0,0001$; błąd standardowy estymacji: 1,40.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, RUN_DWU – udział roślin dwuliściennych w runie.
Significance of model: $R = 0.84$; $R^2 = 0.68$; $F(4; 59) = 34.14$; $P < 0.0001$; standard error of estimation: 1.40.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer.

Zmienność liczby par lęgowych ptaków z tej grupy zależała najsilniej od powierzchni zadrzewienia, rozwinięcia granic, stopnia pokrycia runa i wskaźnika różnorodności drzewostanu. Model pozwala na wyjaśnienie 85% zmienności liczby par (tab. 26).

Ptaki wnętrza lasu (W_IN)

Dla tej grupy gatunków najistotniejszymi cechami zadrzewień były: dla liczby gatunków – powierzchnia zadrzewienia, a dla liczby par – powierzchnia zadrzewienia oraz rozwinięcie granic zadrzewienia, wskaźnik różnorodności drzewostanu i typ drzewostanu. Skuteczność modeli zawierających te zmienne była umiarkowana – R^2 wynosiło odpowiednio 0,32 i 0,44 (tab. 27 i 28).

Tabela 26. Model zależności (regresja krokowa) liczby par lęgowych leśnych „generalistów" (W_ALL_P) od struktury zadrzewienia
Table 26. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number of wood "generalists" (W_ALL_P) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{61}	P
Wyraz wolny Constant			1,78	0,16	10,80	< 0,0001
AREAŁ	0,82	0,05	0,61	0,04	15,85	< 0,0001
WSP_ROZW	0,31	0,05	1,53	0,24	6,28	< 0,0001
RUN_POK	–0,18	0,05	–0,38	0,10	–3,68	< 0,001
DRZ_DIVER	0,14	0,05	0,32	0,12	2,62	< 0,05

Istotność modelu: R = 0,93; R^2 = 0,85; F(4; 59) = 93,83; P < 0,0001; błąd standardowy estymacji: 0,29.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu.
Significance of model: R = 0.93; R^2 = 0.85; F(4; 59) = 93.83; P < 0.0001; standard error of estimation: 0.29.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, RUN_POK – percentage cover of herb layer, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity.

Tabela 27. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków wnętrza lasu (W_IN_G) od struktury zadrzewienia
Table 27. Model of relationship (stepwise regression) between wood interior species number (W_IN_G) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{62}	P
Wyraz wolny Constant			1,50	0,20	7,64	< 0,0001
AREAŁ	0,57	0,10	0,98	0,18	5,52	< 0,0001

Istotność modelu: R = 0,57; R^2 = 0,32; F(1; 62) = 30,48; P < 0,0001; błąd standardowy estymacji: 1,45.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia.
Significance of model: R = 0.57; R^2 = 0.32; F(1; 62) = 30.48; P < 0.0001; standard error of estimation: 1.45.
Explanations: AREAŁ – afforestation area.

Z analiz zależności pomiędzy strukturą zadrzewień a liczbą gatunków i liczebnością ptaków w poszczególnych grupach środowiskowych wynika, że najistotniejszą cechą zadrzewień, mającą pozytywny wpływ na liczbę gatunków i par lęgowych ptaków wszystkich grup środowiskowych, była powierzchnia zadrzewienia, ale dla ptaków wnętrza lasu i leśnych „generalistów" istotnymi, pozytywnie wpływającymi cechami były też różnorodność drzewostanu i rozwinięcie granic (tab. 29). Biorąc pod uwagę cztery najliczniejsze grupy ptaków,

Tabela 28. Model zależności (regresja krokowa) liczby par lęgowych ptaków wnętrza lasu (W_IN_P) od struktury zadrzewienia.
Table 28. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number of wood interior species (W_IN_P) and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{61}	P
Wyraz wolny Constant			0,18	0,16	1,11	n. i.
AREAŁ	0,51	0,10	0,22	0,05	4,91	< 0,0001
WSP_ROZW	0,28	0,10	0,82	0,29	2,84	< 0,01
DRZ_DIVER	0,28	0,10	0,38	0,14	2,66	< 0,01
DRZ_TYP	–0,20	0,10	–0,10	0,05	–2,04	< 0,05

Istotność modelu: R = 0,69; R^2 = 0,44; F(4; 59) = 13,4; P < 0,0001; błąd standardowy estymacji: 0,34.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_TYP – typ drzewostanu.
Significance of model: R = 0.69; R^2 = 0.44; F(4; 59) = 13.4; P < 0.0001; standard errof of estimation: 0.34.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_TYP – tree stand type.

Tabela 29. Zestawienie zmiennych opisujących strukturę zadrzewień, mających istotny udział w modelach objaśniających zmienność liczby gatunków i zagęszczenia w odniesieniu do poszczególnych grup środowiskowych
Table 29. Afforestation structure variables, which significantly explain variability in species and breeding pair number in habitat groups of birds

Grupa środowiskowa Habitat group	Zmienne struktury zadrzewień Afforestation structure variables											R^2	P
	AREAŁ	WSP_ ROZW	DRZ_ DIVER	DRZ_ TYP	DRZ_ POK	POD_ POK	KRZ_ POK	RUN_ POK	RUN_ DWU	WODA	WILG GRAD		
EDGE_G	+				–							0,32	< 0,0001
EDGE_P	+				–							0,62	< 0,0001
W_EDGE_G	+								+			0,49	< 0,0001
W_EDGE_P	+			+		+	+			+		0,77	< 0,0001
W_ALL_G	+	+	+						+			0,68	< 0,0001
W_ALL_P	+	+	+					–				0,85	< 0,0001
W_IN_G	+											0,32	< 0,0001
W_IN_P	+	+	+	–								0,44	< 0,0001

R^2 – współczynnik determinacji modelu, P – istotność statystyczna.
Objaśnienia – patrz tabela 19.
R^2 – determination coefficient of the model, P – statistical significance.
Explanations – see Table 19.

struktura zadrzewień była najważniejsza dla leśnych „generalistów" (R^2 równe 0,68 dla liczby gatunków i 0,85 dla liczby par), następnie dla ptaków skraju lasu (0,49 i 0,77) oraz najmniej ważna dla ptaków ekotonu (0,32 i 0,62). Również dla gatunków wnętrza lasu wartości współczynników determinacji były stosunkowo małe (0,32 i 0,44).

Podsumowanie analizy znaczenia struktury zadrzewień

1. Podstawowe znaczenie dla kształtowania się zgrupowań ptaków w zadrzewieniach miała powierzchnia zadrzewień. W badanym zakresie zmienności, tj. od 0,06 do 3,1 ha, wraz z nią rosła liczba gatunków ptaków lęgowych oraz liczebność ptaków. Odnosi się to zarówno do całego zgrupowania, jak i do poszczególnych grup środowiskowych, a wzrost liczebności – także do większości gatunków. Jedynie dla kilku z nich (szpaka, mazurka, gąsiorka, łozówki, raniuszka, gajówki, myszołowa, potrzeszcza i piegży) taki związek nie wystąpił. Oprócz raniuszka – leśnego „generalisty" – są to gatunki skraju lasu lub gatunki ekotonowe.
2. Minimalna powierzchnia zadrzewień zasiedlanych przez dany gatunek była podobna dla grup ptaków ekotonu, skraju lasu i leśnych „generalistów", natomiast wyraźnie większa dla gatunków wnętrza lasu. Oznacza to, że plastyczność gatunków uznawanych tradycyjnie za gatunki leśne (leśni „generaliści" i gatunki skraju lasu) jest znaczna oraz że gatunki te zasiedlają małe, rozdrobnione lasy i zadrzewienia w krajobrazie rolniczym równie łatwo jak gatunki ekotonowe.
3. W odniesieniu do poszczególnych gatunków zgodnie z oczekiwaniami stwierdzono, że procent zasiedlonych zadrzewień był tym większy, im mniejsza była powierzchnia najmniejszego zadrzewienia, w którym dany gatunek wystąpił. Jednak zależność ta była prawdziwa jedynie dla tych gatunków, dla których powierzchnia minimalnego zajętego zadrzewienia była nie większa niż około 0,5 ha. Dla pozostałych gatunków, tolerujących jedynie zadrzewienia większe, nie stwierdzono zależności pomiędzy minimalną tolerowaną powierzchnią zadrzewienia a częstością wystąpień.
4. Poza powierzchnią zadrzewienia znaczący wpływ na ogólne bogactwo awifauny (tj, na liczbę gatunków i liczebność par lęgowych) miały: współczynnik rozwinięcia granic (dodatni), różnorodność gatunkowa drzewostanu (dodatni), jego typ (liściasty korzystniejszy od iglastego), stopień pokrycia podszytu i runa (dodatni). Oznacza to, że różnorodność środowiska wpływała silnie na kształtowanie się zgrupowań ptaków w zadrzewieniach. Rozwój każdej z warstw roślinności odgrywał pewną rolę w kształtowaniu się tych zgrupowań, ponieważ mają one istotne znaczenie dla danej grupy gatunków (jako miejsce budowy gniazda, czy też jako miejsce zdobywania pokarmu).

5. W odniesieniu do poszczególnych grup środowiskowych widoczne jest silnie zróżnicowane znaczenie struktury zadrzewień. Im bardziej grupa środowiskowa preferuje życie na skraju lasu, tym mniej liczy się dla niej struktura zadrzewień, natomiast im bardziej grupa gatunków preferuje wnętrze lasu, tym bardziej istotna dla tej grupy staje się, zgodnie z oczekiwaniami, struktura drzewostanu, a jednocześnie tym mniej liczą się dla niej aspekty struktury, takie jak pokrycie warstwy krzewów, runa czy udział roślin dwuliściennych w runie. Zarówno w przypadku ptaków ekotonowych, jak i wnętrza lasu zmienne opisujące strukturę zadrzewień wyjaśniają jedynie 1/3 zmienności liczby gatunków, a zmienność liczby par – 62 i 44%, tj. najmniej ze wszystkich grup.
6. Struktura zadrzewień odgrywa dużą rolę w kształtowaniu się zgrupowań ptaków, ale dla części gatunków to znaczenie jest duże, dla części zaś zdecydowanie mniejsze. Sugeruje to, że istotne mogą być także inne czynniki, działające poza zadrzewieniami, czyli w najbliższym sąsiedztwie lub w skali krajobrazu, co przewidywano m.in. także w kontekście koncepcji metapopulacji.

4.3.2. Wpływ struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień

Rozdział ten jest poświęcony wyjaśnieniu, jak duży wpływ na bogactwo gatunkowe i liczebność ptaków gniazdujących w zadrzewieniach ma struktura środowiska w najbliższym sąsiedztwie tych zadrzewień. Takiego wpływu można się spodziewać, ponieważ część gatunków żeruje na terenach otwartych, czyli na polach uprawnych, łąkach, itp., w sąsiedztwie zadrzewień, część buduje tam swoje gniazda, a część i żeruje, i buduje gniazda.

Wpływ struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień na liczebność poszczególnych gatunków i grup środowiskowych

Wpływ struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień oceniono – podobnie jak wpływ struktury zadrzewień – za pomocą modelu krokowej regresji wieloczynnikowej w odniesieniu do liczby par lęgowych 18 najpospolitszych gatunków (tab. 30). Dla pięciu gatunków wpływ struktury bezpośredniego sąsiedztwa na liczbę par lęgowych w zadrzewieniach był istotny. Trzy z nich to gatunki ekotonowe (trznadel, ortolan i mazurek), jeden to gatunek skraju lasu (cierniówka), a jeden to leśny „generalista" (słowik rdzawy). Związek między zmiennymi opisującymi środowisko w najbliższym sąsiedztwie zadrzewień a liczbą par był we wszystkich przypadkach pozytywny.

Tabela 30. Współczynniki beta oraz współczynnik determinacji (R^2) w modelach zależności (regresja krokowa) między strukturą środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień a liczbą par najpospolitszych gatunków ptaków w zadrzewieniach
Table 30. Beta coefficients and determination coefficients (R^2) for models of relationships (stepwise regression) between habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations and breeding pairs number of most abundant species in afforestations

Gatunek – Species	Współczynniki beta dla zmiennych struktury środowiska w sąsiedztwie zadrzewień Beta coefficients for variables of habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations			R^2
	BS1_DIV	BS2_UŻYT	BS3_ROLA	
Zięba				n. i.
Trznadel	0,30			0,08
Kos				n. i.
Kapturka				n. i.
Bogatka				n. i.
Zaganiacz				n. i.
Modraszka				n. i.
Szczygieł				n. i.
Muchołówka szara				n. i.
Szpak				n. i.
Słowik rdzawy			0,27	0,06
Śpiewak				n. i.
Ortolan		0,41		0,15
Pierwiosnek				n. i.
Mazurek		0,31		0,08
Dzwoniec				n. i.
Gąsiorek				n. i.
Cierniówka		0,30		0,08

Objaśnienia: BS1_DIV – składowa główna „urozmaicenie środowiska", BS2_UŻYT – składowa główna „dominacja pól uprawnych", BS3_ROLA – składowa główna „udział rowów i lasów", n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: BS1_DIV – principal component "habitat diversity", BS2_UŻYT – principal component "dominance of crop fields", BS3_ROLA – principal component "share of ditches and woods", n. i. – statistically insignificant.

Dla trznadla istotne znaczenie miała mozaikowatość i różnorodność środowiska (BS1_DIV), dla ortolana, mazurka i cierniówki – przewaga pól uprawnych nad łąkami, ujęta w zmiennej BS2_UŻYT (im więcej pól, tym lepiej), a dla słowika – zmienna BS3_ROLA, wskazująca na to, że obecność rowów jest czynnikiem sprzyjającym. Obecność rowów może być tu wskaźnikiem obecności krzewów, silnie preferowanych przez słowika rdzawego jako miejsce gniazdowania.

Dla średnio pospolitych gatunków (występujących w 10-30% zadrzewień), zbyt mało licznych, by objąć je analizą regresji krokowej, przeprowadzono analizę dyskryminacyjną, w której gatunkom przypisano jedynie dwie wartości: „brak" lub „obecność" w danym zadrzewieniu. Stwierdzono, że struktura BS ma istotny wpływ (lambda Wilksa: 0,78; F (1; 62) = 17,76; P < 0,0001) jedynie na występowanie łozówki, dla której ważna był zmienna BS3_ROLA, co jest zapewne związane z objętymi tą zmienną rowami melioracyjnymi. Roślinność zielna porastająca brzegi rowów jest często miejscem usytuowania gniazda łozówki.

Znaczenie struktury BS dla grupy ptaków występujących w strefie brzeżnej lasu zostało także potwierdzone w odniesieniu do liczby gatunków w poszczególnych grupach środowiskowych. W modelu regresji krokowej istotne znaczenie struktury BS wykazano dla grupy gatunków skraju lasu (W_EDGE), dla których liczba gatunków (W_EDGE_G) była najsilniej związana ze zmienną BS1_DIV (związek pozytywny), opisującą różnorodność i urozmaicenie środowiska (tab. 31).

Tabela 31. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków ptaków skraju lasu (W_EDGE_G) od struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień
Table 31. Model of relationship (stepwise regression) between wood edge species number (W_EDGE_G) and habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{62}	P
Wyraz wolny Constant			2,98	0,19	16,02	< 0,0001
BS1_DIV	0,25	0,12	0,38	0,19	2,04	< 0,05

Istotność modelu: $R^2 = 0,05$; $F(1; 62) = 4,15$; $P < 0,05$; błąd standardowy estymacji: 1,49.
Objaśnienia: BS1_DIV – składowa główna „urozmaicenie środowiska".
Significance of model: $R^2 = 0.05$; $F(1; 62) = 4.15$; $P < 0.05$; standard error of estimation: 1.49.
Explanations: BS1_DIV – principal component "habitat diversity".

Również liczebność par w grupie gatunków ekotonowych była istotnie związana ze strukturą BS (tab. 32). Istotna była ponownie zmienna BS1_DIV.

Sprawdzono także, jakie jest powiązanie pomiędzy występowaniem poszczególnych gatunków w danym zadrzewieniu w danym roku a typem roślin uprawianych przy tym zadrzewieniu (tab. 33). Związki te były bardzo słabe. Wartości lambda Wilksa, pokazujące znaczenie zmiennych dla wyróżniania obu grup zadrzewień (z danym gatunkiem ptaka i bez niego), były duże, co oznacza nikłe znaczenie uwzględnionych zmiennych. Ponadto w poszczególnych latach dla większości gatunków typy upraw zidentyfikowane w analizie dyskryminacyjnej jako związane z danym gatunkiem były różne. Oznacza to, że

Tabela 32. Model zależności (regresja krokowa) liczby par lęgowych ptaków ekotonu leśno-polnego (EDGE_P) od struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień
Table 32. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number of wood-crops ecotone species (EDGE_P) and habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{62}	P
Wyraz wolny Constant			1,55	0,07	23,76	< 0,0001
BS1_DIV	0,34	0,12	0,19	0,07	2,89	< 0,01

Istotność modelu: R = 0,34; R^2 = 0,10; F(1; 62) = 8,37; P < 0,01; błąd standardowy estymacji: 0,52.
Objaśnienia: BS1_DIV – składowa główna „urozmaicenie środowiska".
Significance of model: R = 0.34; R^2 = 0.10; F(1; 62) = 8.37; P < 0.01; standard error of estimation: 0.52.
Explanations: BS1_DIV – principal component "habitat diversity".

Tabela 33. Cząstkowe wartości lambda Wilksa (P < 0,05) dla zależności pomiędzy typem upraw w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień a występowaniem gatunków lęgowych w zadrzewieniach według krokowej analizy dyskryminacyjnej
Table 33. Partial Wilks' lambda values (P < 0.05) for the relationships between crop types in nearest neighbourhood of afforestations and occurrence of species in afforestations according to stepwise discriminant analysis

Gatunek – Species	Rok – Year					
	2000		2001		2002	
1	2	3	4	5	6	7
Kos			NIE_UPR	0,93		
Kapturka	OKOPOWE	0,87				
Bogatka					JARE	0,91
Zaganiacz						
Modraszka	OZIME	0,82			OZIME	0,82
Szczygieł						
Muchołówka szara	OZIME	0,92			OZIME	0,91
Szpak			JARE	0,92		
Słowik rdzawy						
Śpiewak						
Ortolan	TRWAŁE	0,92			OKOPOWE	0,94
Pierwiosnek						
Mazurek	TRWAŁE	0,86				
Dzwoniec						
Gąsiorek			OZIME	0,91		

Tabela 33 – cd. / Table 33 – cont.

1	2	3	4	5	6	7
Cierniówka						
Łozówka						
Raniuszek			OKOPOWE	0,93		
Pełzacz ogrodowy			OZIME	0,94	OZIME	0,93
Dzięcioł duży						
Gajówka					OZIME	0,93
Grubodziób						
Myszołów zwyczajny	OKOPOWE	0,81				
Rudzik						
Świergotek drzewny						
Piecuszek						
Potrzeszcz	NIE_UPR	0,92	OZIME	0,94		
Sikora uboga						
Kowalik			OKOPOWE	0,88		
Grzywacz						
Piegża						

Objaśnienia: OZIME – uprawy ozime, TRWAŁE – uprawy wieloletnie, JARE – uprawy jare, NIE_UPR – pole w danym roku nie uprawiane, OKOPOWE – uprawy okopowe.

Explanations: OZIME – winter crops, TRWAŁE – perennial crops, JARE – spring crops, NIE_UPR – crop field not cultivated in following year, OKOPOWE – row crops.

ptaki nie podążają z roku na rok za poszczególnymi typami upraw, których rozkład przestrzenny zmienia się w związku ze stosowanym płodozmianem.

Ponieważ zmienność liczebności par dla części gatunków w poszczególnych zadrzewieniach wynosiła od zera do kilku par, można było dla nich przeprowadzić także analizę regresji krokowej celem sprawdzenia, czy analiza samego występowania gatunku (jego obecności lub nieobecności) nie pomija oddziaływania jakiegoś typu upraw. Wynik tej analizy był podobny jak w przypadku analizy dyskryminacyjnej (tab. 34). Powiązania między typami upraw i liczbą par lęgowych były dość słabe ($R^2 < 0,17$) i występowały tylko w pojedynczych latach (z wyjątkiem upraw ozimych w przypadku modraszki i „innych" – w przypadku cierniówki). Oprócz gatunków ekotonowych (ortolana, gąsiorka, dzwońca i cierniówki), związki te dotyczyły także gatunków leśnych (modraszki, kapturki i muchołówki szarej), co trudno jest wytłumaczyć, korzystając z wiedzy na temat ich wybiórczości środowiskowej czy biologii rozrodu. Wyniki te sugerują, że statystyczna istotność powiązań pomiędzy gatunkami ptaków a obecnością upraw mogła być przypadkowa.

Tabela 34. Typy upraw wraz ze współczynnikiem determinacji (R^2) powiązane istotnie statystycznie ($P < 0,05$) z liczbą par ptaków w zadrzewieniach w modelu regresji krokowej w latach 2000-2002
Table 34. Crop types and determination coefficients ($P < 0.05$) related significantly with number of breeding pairs in stepwise regression model in 2000-2002

Gatunek – Species	Rok – Year					
	2000		2001		2002	
	uprawa crop	R^2	uprawa crop	R^2	uprawa crop	R^2
Zięba		n. i.		n. i.		n. i.
Trznadel		n. i.		n. i.		n. i.
Kos		n. i.		n. i.		n. i.
Kapturka		n. i.		n. i.	OZIME	0,06
Bogatka		n. i.		n. i.		n. i.
Zaganiacz		n. i.		n. i.		n. i.
Modraszka	OZIME	0,14		n. i.	OZIME	0,17
Szczygieł		n. i.		n. i.		n. i.
Muchołówka szara	OZIME	0,05		n. i.		n. i.
Szpak		n. i.		n. i.		n. i.
Słowik rdzawy		n. i.		n. i.		n. i.
Śpiewak		n. i.		n. i.		n. i.
Ortolan	JARE	0,07	TRWAŁE	0,07		n. i.
Pierwiosnek		n. i.		n. i.		n. i.
Mazurek		n. i.		n. i.		n. i.
Dzwoniec		n. i.	INN_UP	0,10		n. i.
Gąsiorek		n. i.	OZIME	0,06		n. i.
Cierniówka	INN_UP	0,10	INN_UP	0,05	TRWAŁE	0,05

Objaśnienia: OZIME – uprawy ozime, TRWAŁE – uprawy wieloletnie, JARE – uprawy jare, INN_UP – inny gatunek rośliny uprawnej, n. i. – brak istotności statystycznej.
Explanations: OZIME – winter crops, TRWAŁE – perennial crops, JARE – spring crops, INN_UP – other crops, , n. i. – statistically insignificant.

Wpływ struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień na całe zgrupowanie

Spośród trzech zmiennych (wyłonionych w wyniku analizy składowych głównych) charakteryzujących bezpośrednie sąsiedztwo, jedynie zmienna BS1_DIV miała istotne znaczenie dla zgrupowania. Była ona skorelowana z ogólną liczbą par w zadrzewieniach (tab. 35).

Tabela 35. Korelacja Pearsona (współczynnik korelacji i istotność P) między zmiennymi charakteryzującymi bezpośrednie sąsiedztwo zadrzewień a średnią liczbą gatunków (ŚR_GAT) i liczebnością ptaków (PARY) w zadrzewieniach
Table 35. Pearson correlation (coefficient and significance P) between variables describing habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations and mean species number (ŚR_GAT) and number of pairs (PARY) in afforestations

	ŚR_GAT	PARY
BS1_DIV	0,20	0,26
	P > 0,1	P < 0,05
BS2_UŻYT	0,07	0,12
	P > 0,5	P > 0,3
BS3_ROLA	–0,02	0,04
	P > 0,8	P > 0,7

Objaśnienia: BS1_DIV – składowa główna „urozmaicenie środowiska", BS2_UŻYT – składowa główna „dominacja pól uprawnych", BS3_ROLA – składowa główna „ilość rowów i lasów".
Explanations: BS1_DIV – principal component "habitat diversity", BS2_UŻYT – principal component "dominance of crop fields", BS3_ROLA – principal component "amount of ditches and woods".

Przeprowadzenie analizy regresji krokowej potwierdziło wnioski wynikające z analizy korelacji o wpływie bezpośredniego sąsiedztwa na zgrupowania ptaków. Liczba par zależała od zmiennej BS1_DIV, która odzwierciedla mozaikowatość i różnorodność środowiska w najbliższym sąsiedztwie (tab. 36).

Tabela 36. Model zależności (regresja krokowa) łącznej liczby par ptaków (PARY) od struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień
Table 36. Model of relationship (stepwise regression) between total number of breeding pairs (PARY) and habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{61}	P
Wyraz wolny Constant			2,40	0,11	21,96	< 0,0001
BS1_DIV	0,26	0,12	0,23	0,11	2,11	< 0,05

Istotność modelu: R = 0,26; R^2 = 0,05; F(1; 62) = 4,45; P < 0,05; błąd standardowy estymacji: 0,87.
Objaśnienia: BS1_DIV – składowa główna „urozmaicenie środowiska".
Significance of model: R = 0.26; R^2 = 0.05; F(1; 62) = 4.45; P < 0.05; standard error of estimation: 0.87.
Explanations: BS1_DIV – principal component "habitat diversity".

Podsumowanie analizy znaczenia struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień

1. Część zgrupowania ptaków znajduje się pod wpływem środowisk bezpośrednio przylegających do zadrzewień. Ważniejsze od rodzaju upraw jest ogólne ukształtowanie tych obszarów – ich mozaikowatość i udział poszczególnych głównych typów środowisk.
2. Oddziaływanie struktury bezpośredniego sąsiedztwa jest najsilniejsze dla gatunków ekotonowych, a niezauważalne dla ptaków wnętrza lasu i leśnych „generalistów" (z wyjątkiem słowika rdzawego).
3. W odniesieniu do całych grup środowiskowych, struktura bezpośredniego sąsiedztwa miała znaczenie dla grupy gatunków ekotonowych, oddziałując zarówno na liczbę ich gatunków w poszczególnych zadrzewieniach, jak i na liczbę par lęgowych. Dla ptaków tych istotna była zmienna BS1_DIV. Im większa była jej wartość (czyli im większy był wskaźnik różnorodności H', a teren bardziej mozaikowaty), tym liczba gatunków i liczebność ptaków w tej grupie była większa.
4. Potwierdzono hipotezę roboczą, że oddziaływanie struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie powinno być najsilniejsze dla gatunków ekotonowych, a najsłabsze dla gatunków z grupy leśnych „generalistów" i gatunków wnętrza lasu. Można zatem stwierdzić, że bezpośrednie sąsiedztwo ma znaczący wpływ na kształtowanie się zgrupowań ptaków w małych zadrzewieniach.

4.3.3. Oddziaływanie struktury krajobrazu

W tym rozdziale podjęto próbę wyjaśnienia, jakie znaczenie dla bogactwa gatunkowego i liczebności ptaków gniazdujących w zadrzewieniach ma struktura krajobrazu wokół tych zadrzewień. Zgodnie z sugestiami wynikającymi z wcześniejszych badań, struktura krajobrazu może mieć wpływ na tempo przemieszczania się przynajmniej części gatunków ptaków, a przez to oddziaływać na liczbę gatunków ptaków zasiedlających zadrzewienia. Struktura krajobrazu może mieć znaczenie dla kształtu zgrupowań ptaków w zadrzewieniach, oddziałując pozytywnie na występowanie jednych gatunków, a negatywnie na występowanie drugich. Można na przykład oczekiwać, że silny negatywny wpływ struktury typowej dla krajobrazu rolniczego (dominacja pól uprawnych, znaczny stopień fragmentacji lasów) powinien dotyczyć ptaków leśnych, zwłaszcza tych gatunków, które preferują wnętrze lasu, ponieważ zwierzęta te unikają otwartych przestrzeni oraz są wrażliwe na fragmentację terenów leśnych. Z kolei można przypuszczać, że na większą fragmentację lasów pozytywnie reagują ptaki ekotonu polno-leśnego, ponieważ gatunki te są przystosowane do bytowa-

nia w środowiskach otwartych. W dalszej części rozdziału zostaną przedstawione wyniki analiz służących zweryfikowaniu tej hipotezy.

Znaczenie struktury krajobrazu analizowano w odniesieniu do 35 zadrzewień, które były od siebie oddalone o co najmniej 400 m (rozdz. 3.4). W charakterystykach krajobrazu wykorzystano dwie grupy zmiennych „wtórnych", wyłonionych za pomocą analizy składowych głównych.

Wpływ struktury krajobrazu na występowanie poszczególnych gatunków ptaków i grup środowiskowych

Znaczenie struktury krajobrazu dla gniazdowania danego gatunku w zadrzewieniach sprawdzono przez porównanie struktury krajobrazu wokół tych zadrzewień, w których dany gatunek gniazdował i wokół tych, w których gniazdowania nie stwierdzono. Analizę przeprowadzono dla gatunków występujących w co najmniej 10% zadrzewień, z wyjątkiem dwóch gatunków najpospolitszych – zięby i trznadla. Występowały one prawie w 100% zadrzewień, w związku z czym nie można było wiarygodnie scharakteryzować struktury krajobrazu unikanego przez te gatunki. Dla tych gatunków struktura krajobrazu najwyraźniej nie odgrywała żadnej roli w zasiedlaniu zadrzewień.

Dla pozostałych 31 najpospolitszych gatunków znaczenie struktury krajobrazu sprawdzono za pomocą analizy dyskryminacyjnej, wyłaniając w ten sposób zmienne opisujące strukturę krajobrazu, które mają istotne znaczenie przy zasiedlaniu zadrzewień przez poszczególne gatunki. Wyniki tej analizy pokazują, że struktura krajobrazu ma istotne znaczenie w odniesieniu do części gatunków (tab. 37).

Tabela 37. Wartości cząstkowe lambda Wilksa dla poszczególnych zmiennych krajobrazowych oraz dla całego modelu (wraz z istotnością P) w zależności między strukturą krajobrazu a obecnością pospolitych gatunków lęgowych w zadrzewieniach według krokowej analizy dyskryminacyjnej
Table 37. Partial Wilks' lambda values for particular landscape variables and for total model (with statistical significance P) in relationships between landscape structure and occurrence of common breeding species in afforestations according to stepwise discriminant analysis

Gatunek Species	KUPOLDUŻ	KULASYPX	KUWODPAS	KUŁĄKDIV	P	Lambda Wilksa Wilks' lambda
1	2	3	4	5	6	7
Kos	+0,88	+0,90			< 0,05	0,78
Kapturka		+0,84			< 0,05	0,84
Bogatka		+0,78			< 0,01	0,78

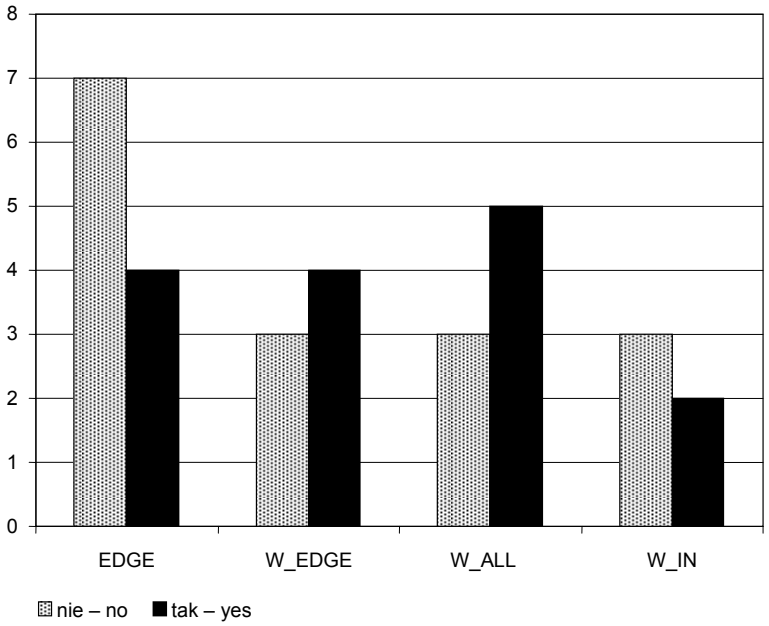
Tabela 37 – cd. / Table 37 – cont.

1	2	3	4	5	6	7
Zaganiacz					n. i.	n. i.
Modraszka		+0,88			< 0,05	0,88
Szczygieł					n. i.	n. i.
Muchołówka szara		+0,78			< 0,01	0,78
Szpak					n. i.	n. i.
Słowik rdzawy					n. i.	n. i.
Śpiewak		+0,84			< 0,05	0,84
Ortolan		+0,85			< 0,05	0,85
Pierwiosnek					n. i.	n. i.
Mazurek					n. i.	n. i.
Dzwoniec					n. i.	n. i.
Gąsiorek	–0,82				< 0,05	0,82
Cierniówka					n. i.	n. i.
Łozówka		–0,83			< 0,05	0,83
Raniuszek	+0,88				< 0,05	0,88
Pełzacz ogrodowy					n. i.	n. i.
Dzięcioł duży		+0,88			< 0,05	0,88
Gajówka					n. i.	n. i.
Grubodziób		+0,71		+0,85	< 0,001	0,63
Myszołów zwyczajny		–0,79			< 0,001	0,79
Rudzik					n. i.	n. i.
Świergotek drzewny					n. i.	n. i.
Piecuszek				+0,87	< 0,05	0,87
Potrzeszcz					n. i.	n. i.
Sikora uboga					n. i.	n. i.
Kowalik					n. i.	n. i.
Grzywacz					n. i.	n. i.
Piegża					n. i.	n. i.

Objaśnienia: KUPOLDUŻ – składowa główna „ujednolicenie pól uprawnych", KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu", KUWODPAS – składowa główna skorelowana dodatnio z udziałem zadrzewień pasowych i ujemnie – z udziałem wód, KUŁĄKDIV – składowa główna „stopień uproszczenia krajobrazu", n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: KUPOLDUŻ – principal component "degree of crop fields uniformity", KULASYPX – principal component "wood abundance", KUWODPAS – principal component correlated positively with amount of shelterbelts and negatively with amount of surface water, KUŁĄKDIV – principal component "landscape simplicity", n. i. – statistically insignificant.

Dla ponad 40% gatunków powiązania pomiędzy prawdopodobieństwem wystąpienia w zadrzewieniu a strukturą krajobrazu były istotne statystycznie. Dotyczyły one wszystkich grup środowiskowych, ale w stopniu najmniejszym (różnica nieistotna statystycznie: $\chi^2 = 0{,}37$, $P > 0{,}05$) gatunków ekotonowych (ryc. 23). Zdecydowanie najważniejsza była zmienna składowa KULASYPX, charakteryzująca obfitość lasów i zadrzewień oraz ich położenie w stosunku do



Ryc. 23. Liczba gatunków ptaków z poszczególnych grup środowiskowych, dla których struktura krajobrazu miała istotne znaczenie w zasiedlaniu zadrzewień (tak) oraz nie miała takiego znaczenia (nie)
Fig. 23. Number of bird species influenced (yes) and not influenced (no) by landscape structure in relation to habitat group

zadrzewienia badanego, która dodatnio wpływała na zasiedlanie zadrzewień przez dziewięć gatunków ptaków: kosa, kapturkę, bogatkę, modraszkę, muchołówkę szarą, śpiewaka, ortolana, dzięcioła dużego i grubodzioba, a ujemnie na myszołowa i łozówkę. Wyniki te pokazują więc, że struktura krajobrazu wokół danego zadrzewienia może zwiększać prawdopodobieństwo jego zasiedlenia przez wiele gatunków ptaków. Należy zauważyć, że zgodnie z hipotezą roboczą są to głównie gatunki związane z lasem. Wyniki tych analiz wskazują także na unikanie przez myszołowa budowania gniazd na terenach najbardziej obfitujących w lasy i zadrzewienia.

Czy wpływ struktury krajobrazu na poszczególne gatunki jest na tyle wyraźny, że zaznacza się także w odniesieniu do całych grup środowiskowych? Analiza regresji krokowej liczby gatunków w poszczególnych grupach potwierdziła ważność zmiennej KULASYPX, która miała wpływ na liczbę gatunków i liczebność ptaków w grupach ptaków wnętrza lasu (W_IN) i leśnych „generalistów" (W_ALL). Również zmienna KUPOLDUŻ była istotnie powiązana z liczebnością ptaków z drugiej grupy środowiskowej. Współczynnik determinacji tych modeli wynosił około 0,10, ale w przypadku liczebności ptaków z grupy leśnych „generalistów" był znacznie większy, wynosił bowiem 0,22 (tab. 38, 39, 40, 41). Wpływ struktury krajobrazu na występowanie ptaków ekotonu oraz skraju lasu w zadrzewieniach był niezauważalny.

Tabela 38. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków ptaków wnętrza lasu (W_IN_G) w zadrzewieniach od struktury krajobrazu
Table 38. Model of relationship (stepwise regression) between number of wood interior species (W_IN_G) in afforestations and landscape structure

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{32}	P
Wyraz wolny Constant			1,34	0,32	4,16	< 0,001
KULASYPX	0,34	0,16	0,68	0,33	2,07	< 0,05

Istotność modelu: R = 0,34; R^2 = 0,09; F(1; 33) = 4,30; P < 0,05; błąd standardowy estymacji: 1,91.
Objaśnienia: KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu".
Significance of model: R = 0.34; R^2 = 0.09; F(1; 33) = 4.30; P < 0.05; standard error of estimation: 1.91.
Explanations: KULASYPX – principal component "wood abundance".

Tabela 39. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków leśnych „generalistów" (W_ALL_G) w zadrzewieniach od struktury krajobrazu
Table 39. Model of relationship (stepwise regression) between number of wood "generalists" species (W_ALL_G) in afforestations and landscape structure

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{32}	P
Wyraz wolny Constant			5,17	0,40	13,01	< 0,0001
KULASYPX	0,39	0,16	0,98	0,40	2,42	< 0,05

Istotność modelu: R = 0,39; R^2 = 0,13; F(1; 33) = 5,86; P < 0,05; błąd standardowy estymacji: 2,35.
Objaśnienia: KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu".
Significance of model: R = 0.39; R^2 = 0.13; F(1; 33) = 5.86; P < 0.05; standard error of estimation: 2.35.
Explanations: KULASYPX – principal component "wood abundance".

Tabela 40. Model zależności (regresja krokowa) liczby par gatunków wnętrza lasu (W_IN_P) w zadrzewieniach od struktury krajobrazu.
Table 40. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number of wood interior species (W_IN_P) in afforestations and landscape structure

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{33}	P
Wyraz wolny Constant			0,38	0,09	4,46	< 0,0001
KULASYPX	0,36	0,16	0,19	0,09	2,23	< 0,05

Istotność modelu: R = 0,36; R^2 = 0,10; F(1; 33) = 4,97; P < 0,05; błąd standardowy estymacji: 0,50.
Objaśnienia: KULASYPX – składowa główna „lesistości krajobrazu".
Significance of model: R = 0.36; R^2 = 0.10; F(1; 33) = 4.97; P < 0.05; standard error of estimation: 0.50.
Explanations: KULASYPX – principal component "wood abundance".

Tabela 41. Model zależności (regresja krokowa) liczby par gatunków leśnych „generalistów" (W_ALL_P) w zadrzewieniach od struktury krajobrazu
Table 41. Model of relationship (stepwise regression) between breeding pair number of wood "generalists" species (W_ALL_P) in afforestations and landscape structure

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{33}	P
Wyraz wolny Constant			1,84	0,11	16,73	< 0,0001
KULASYPX	0,40	0,15	0,30	0,11	2,67	< 0,05
KUPOLDUŻ	0,33	0,15	0,24	0,11	2,16	< 0,05

Istotność modelu: R = 0,52; R^2 = 0,22; F(2; 32) = 5,89; P < 0,01; błąd standardowy estymacji: 0,65.
Objaśnienia: KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu", KUPOLDUŻ – składowa główna „stopień ujednolicenia pól uprawnych".
Significance of model: R = 0.52; R^2 = 0.22; F(2; 32) = 5.89; P < 0.01; standard error of estimation: 0.65.
Explanations: KULASYPX – principal component "wood abundance", KUPOLDUŻ – principal component "degree of crop fields uniformity".

Związek pomiędzy strukturą krajobrazu a zagęszczeniem i liczbą gatunków ptaków w poszczególnych grupach środowiskowych był zróżnicowany. Najmocniej ze strukturą krajobrazu były związane ptaki leśne, zarówno typowe dla wnętrza lasu, jak i leśni „generaliści" (tab. 42). Im większy był udział lasów w krajobrazie wokół zadrzewień i wskaźnik „bliskości" (czyli im większe wartości zmiennej KULASYPX), tym bogactwo ptaków z tych grup (liczba gatunków i liczba par lęgowych) w zadrzewieniach było większe. Struktura krajobrazu wokół zadrzewień odgrywała więc małą rolę w zasiedlaniu zadrzewień przez gatunki ekotonowe i gatunki skraju lasu – jej wpływ (i to słaby) wystąpił w odniesieniu do ośmiu gatunków tych grup (tab. 37).

Tabela 42. Zestawienie zmiennych opisujących strukturę krajobrazu, które mają istotny udział w modelach objaśniających zmienność liczby gatunków i par lęgowych w odniesieniu do poszczególnych grup środowiskowych
Table 42. Variables describing landscape structure, which explain significantly variability of species and breeding pair number with respect to habitat groups

Grupa środowiskowa Habitat group	KUPOLDUŻ	KULASYPX	R^2	P
EDGE_G			–	n. i.
EDGE_P			–	n. i.
W_EDGE_G			–	n. i.
W_EDGE_P		+	0,13	< 0,05
W_ALL_G	+	+	0,22	< 0,01
W_ALL_P			–	n. i.
W_IN_G		+	0,09	< 0,05
W_IN_P		+	0,10	< 0,05

Objaśnienia: KUPOLDUŻ – składowa główna „ujednolicenie pól uprawnych", KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu", + – związek dodatni, n. i. – brak istotności statystycznej.
Explanations: KUPOLDUŻ – principal component "degree of crop fields uniformity", KULASYPX – principal component "wood abundance", + – positive relationship, n. i. – statistically insignificant.

Wpływ struktury krajobrazu na zgrupowanie ptaków gniazdujących w zadrzewieniach

Spośród zmiennych opisujących strukturę krajobrazu istotne znaczenie, zauważalne na poziomie analizy zmienności całego zgrupowania, miała jedynie zmienna KULASYPX, opisująca obfitość zadrzewień i lasów oraz ich bliskość w stosunku do analizowanych zadrzewień. Zmienna ta była związana ze średnią liczbą gatunków ptaków (tab. 43). Tak więc pozytywny wpływ dużej ilości lasów

Tabela 43. Model zależności (regresja krokowa) liczby gatunków (ŚR_GAT) w zadrzewieniach od struktury krajobrazu
Table 43. Model of relationship (stepwise regression) between total bird species number (ŚR_GAT) in afforestations and landscape structure

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{33}	P
Wyraz wolny Constant			3,00	0,14	20,70	< 0,0001
KULASYPX	0,34	0,16	0,30	0,15	2,06	< 0,05

Istotność modelu: $R^2 = 0,09$; $F(1; 33) = 4,25$; $P < 0,05$; błąd standardowy estymacji: 0,86.
Objaśnienia: KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu".
Significance of model: $R^2 = 0.09$; $F(1; 33) = 4.25$; $P < 0.05$; standard error of estimation: 0.86.
Explanations: KULASYPX – principal component "wood abundance".

(K_LASY) i korzystnego wskaźnika sąsiedztwa (WSK_PX), opisany wyżej w odniesieniu do części gatunków i dwóch grup środowiskowych, jest na tyle silny, że można go wykazać nawet na poziomie całego zgrupowania ptaków.

Dla pozostałych dwóch, ściśle ze sobą powiązanych cech zgrupowań ptaków, czyli dla ich łącznego zagęszczenia i łącznej liczby par lęgowych, struktura krajobrazu nie miała istotnego znaczenia. Wskazują na to bardzo małe i nieistotne statystycznie współczynniki korelacji cząstkowej pomiędzy tymi cechami a zmiennymi charakteryzującymi strukturę krajobrazu (tab. 44, 45).

Tabela 44. Współczynniki korelacji cząstkowej pomiędzy liczbą par lęgowych (PARY) a zmiennymi opisującymi strukturę krajobrazu
Table 44. Partial correlation coefficients between breeding pair number (PARY) and variables describing landscape structure

Zmienna krajobrazowa Landscape variable	Współczynnik korelacji cząstkowej r Partial correlation coefficient r	t_{33}	P
KUPOLDUŻ	0,26	1,54	n. i.
KULASYPX	0,29	1,74	n. i.
KUWODPAS	0,03	0,16	n. i.
KUŁĄKDIV	0,02	0,13	n. i.

Objaśnienia: KUPOLDUŻ – składowa główna „ujednolicenie pól uprawnych", KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu", KUWODPAS – składowa główna skorelowana dodatnio z udziałem zadrzewień pasowych i ujemnie z udziałem wód, KUŁĄKDIV – składowa główna „stopień uproszczenia krajobrazu", n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: KUPOLDUŻ – principal component "degree of crop fields uniformity", KULASYPX – principal component "wood abundance", KUWODPAS – principal component correlated positively with amount of shelterbelts and negatively with amount of surface water, KUŁĄKDIV – principal component "landscape simplicity", n. i. – statistically insignificant.

Tabela 45. Współczynniki korelacji cząstkowej pomiędzy zagęszczeniem (ŚR_ZAG) a zmiennymi opisującymi strukturę krajobrazu
Table 45. Partial correlation coefficients between total density (ŚR_ZAG) and landscape variables

Zmienna krajobrazowa Landscape variable	Współczynnik korelacji cząstkowej r Partial correlation coefficient r	t_{33}	P
KUPOLDUŻ	–0,14	–0,81	n. i.
KULASYPX	0,16	0,94	n. i.
KUWODPAS	–0,06	–0,34	n. i.
KUŁĄKDIV	–0,19	–1,14	n. i.

Objaśnienia – patrz tabela 44.
Explanations – see Table 44.

Podsumowanie wyników analiz wpływu struktury krajobrazu na zgrupowania ptaków zadrzewień

1. Struktura krajobrazu ma znaczący wpływ na zgrupowania ptaków w zadrzewieniach, ale wpływ ten jest bardzo silnie zróżnicowany w zależności od tego, jakiego poziomu organizacji zgrupowania dotyczą analizy. Jest on mało zauważalny w odniesieniu do całego zgrupowania, natomiast ma znaczenie dla poszczególnych gatunków lub ich grup.
2. Generalizując, ani liczba gatunków, ani liczba par lęgowych ptaków ekotonu oraz skraju lasu, traktowanych jako grupy jednorodne pod względem preferencji środowiskowych, nie były powiązane ze strukturą krajobrazu wokół zadrzewień (z wyjątkiem słabych powiązań wykazanych u kilku gatunków).
3. Ze strukturą krajobrazu stosunkowo silnie związane są grupy ptaków leśnych, zarówno typowych dla wnętrza lasu, jak i leśnych „generalistów". W odniesieniu do obu tych grup stwierdzono pozytywny wpływ lesistości krajobrazu wokół zadrzewień wraz ze wskaźnikiem „bliskości" lasów (WSK_PX), zarówno na liczbę par, jak i liczbę gatunków.
4. Wymienione w poprzednim punkcie cechy krajobrazu miały wpływ także na awifaunę na poziomie całych zgrupowań. Za pomocą zmiennej opisującej tę cechę krajobrazu (KULASYPX) można wyjaśnić ok. 9% zmienności liczby gatunków.

4.4. Dynamika zgrupowań ptaków lęgowych a struktura środowiska i krajobrazu

4.4.1. Wprowadzenie

Analizy omówione w poprzednich rozdziałach dotyczyły statycznego obrazu zależności pomiędzy zgrupowaniami ptaków charakteryzowanymi na podstawie średnich wieloletnich lub danych z poszczególnych lat a strukturą środowiska i krajobrazu. Zgodnie z założeniami teorii wysp i koncepcji metapopulacji, zasadnicze znaczenie dla kształtowania się zgrupowań zwierząt zajmujących środowiska wyspowe ma bilans dwóch przeciwstawnych zjawisk: lokalnego zanikania gatunków oraz ponownego kolonizowania danej wyspy środowiskowej.

Uważa się, że zanikanie gatunków silnie zależy od wielkości danej wyspy oraz innych aspektów jej struktury, a ponowne jej zasiedlanie od stopnia jej izolacji i „oporności" krajobrazu, czyli od takich jego właściwości, które utrudniają organizmom migracje (OPDAM 1991).

Rozdział ten poświęcono sprawdzeniu, jak struktura krajobrazu, struktura zadrzewień oraz struktura środowiska w ich bezpośrednim sąsiedztwie oddziałuje na dynamikę zgrupowań ptaków w zadrzewieniach. Istotność tego oddziaływania testowano za pomocą analizy wskaźników podobieństwa struktury zgrupowań w latach 1999-2002 (rozdz. 4.4.2) oraz tempa wymiany gatunków (rozdz. 4.4.3).

4.4.2. Wpływ struktury środowiska i krajobrazu na stabilność zgrupowań ptaków

Używając zmiennych odnoszących się do struktury zadrzewienia, zróżnicowanie wskaźnika zmienności struktury dominacji (RÓŻN_SOR) można wyjaśnić w 47%, a jedyną cechą zadrzewień mającą istotny wpływ na stabilność zgrupowań była powierzchnia zadrzewienia (AREAŁ) (tab. 46). Im większa powierzchnia zadrzewień, tym mniejszy wskaźnik RÓŻN_SOR, co świadczy o większej stabilności struktury dominacji zgrupowań ptaków danego zadrzewienia.

W odniesieniu do zbioru zmiennych charakteryzujących bezpośrednie sąsiedztwo, w modelu zbudowanym na podstawie regresji krokowej, związek pomiędzy RÓŻN_SOR a tymi zmiennymi nie był istotny statystycznie. Istotność statystyczna korelacji cząstkowych pomiędzy tymi zmiennymi a RÓŻN_SOR była większa niż 0,2 (tab. 47).

Tabela 46. Model zależności (regresja krokowa) wskaźnika zmienności struktury dominacji (RÓŻN_SOR) zgrupowań w zadrzewieniach od struktury zadrzewień
Table 46. Model of relationship (stepwise regression) between index of dominance structure variability (RÓŻN_SOR) calculated for birds in afforestations and structure of afforestations

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{48}	P
Wyraz wolny Constant			3,14	0,04	80,7	< 0,0001
AREAŁ	–0,70	0,10	–0,23	0,03	–6,7	< 0,0001

Istotność modelu: $R^2 = 0,47$; $F(1; 48) = 44,9$; $P = 0,0001$; błąd standardowy estymacji: 0,25.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewień.
Significance of model: $R^2 = 0.47$; $F(1; 48) = 44.9$; $P = 0.0001$; standard error of estimation: 0.25.
Explanations: AREAŁ – afforestation area.

Tabela 47. Współczynniki korelacji cząstkowej pomiędzy zmiennymi struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie a wskaźnikiem zmienności zgrupowań (RÓŻN_SOR)
Table 47. Partial correlation coefficients between index of dominance structure variability (RÓŻN_SOR) calculated for birds in afforestations and structure of afforestations

Zmienna Variable	Współczynnik korelacji cząstkowej r Partial correlation coefficient r	t_{48}	P
BS1_DIV	–0,17	–1,20	n. i.
BS2_UŻYT	–0,16	–1,16	n. i.
BS3_ROLA	0,00	–0,01	n. i.

Objaśnienia: BS1_DIV – składowa główna „urozmaicenie środowiska", BS2_UŻYT – składowa główna „dominacja pól uprawnych", BS3_ROLA – składowa główna „udział rowów i lasów", n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: BS1_DIV– principal component "habitat diversity", BS2_UŻYT – principal component "dominance of crop fields", BS3_ROLA – principal component "share of ditches and woods", n. i. – statistically insignificant.

Analizę wpływu struktury krajobrazu na stabilność zgrupowań przeprowadzono na podstawie zmiennych KU, uwzględniających udział powierzchniowy poszczególnych typów środowisk. Podczas prowadzenia tych analiz sprawdzono także, czy zmienne opisujące strukturę krajobrazu były istotnie skorelowane z powierzchnią zadrzewienia (AREAŁ), mającą duży wpływ na stabilność struktury dominacji (RÓŻN_SOR). Korelacje te były nieistotne statystycznie (tab. 48), czyli te cztery zmienne można traktować jako niezależne od struktury zadrzewień.

Tabela 48. Korelacja Pearsona między zmiennymi opisującymi strukturę krajobrazu a powierzchnią zadrzewienia (AREAŁ)
Table 48. Pearson correlation between variables describing landscape structure and afforestation area (AREAŁ)

Zmienna Variable	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r	t_{33}	P
KUPOLDUŻ	0,30	1,81	n. i.
KULASYPX	0,16	0,96	n. i.
KUWODPAS	0,06	0,33	n. i.
KUŁĄKDIV	0,13	0,73	n. i.

Objaśnienia: KUPOLDUŻ – składowa główna „ujednolicenie pól uprawnych", KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu", KUWODPAS – składowa główna skorelowana dodatnio z udziałem zadrzewień pasowych i ujemnie z udziałem wód, KUŁĄKDIV – składowa główna „stopień uproszczenia krajobrazu", n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: KUPOLDUŻ – principal component "degree of crop fields uniformity", KULASYPX – principal component "wood abundance", KUWODPAS – principal component correlated positively with amount of shelterbelts and negatively with amount of surface water, KUŁĄKDIV – principal component "landscape simplicity", n. i. – statistically insignificant.

W grupie cech struktury krajobrazu największe znaczenie dla stabilności struktury dominacji miał udział terenów charakteryzujących się silnym uproszczeniem struktury związanym z obecnością pól uprawnych o dużych areałach (zmienna KUPOLDUŻ, tab. 49), która negatywnie wpływała na RÓŻN_SOR, a pozytywnie na stabilność zgrupowań. Interpretacja tej zależności jest niejasna. Być może jest to wynik pozytywnego oddziaływania zadrzewień pasowych, które są także – choć w słabym stopniu – reprezentowane przez zmienną KUPOLDUŻ.

Tabela 49. Model zależności (regresja krokowa) wskaźnika zmienności struktury dominacji (RÓŻN_SOR) zgrupowań w zadrzewieniach od struktury krajobrazu
Table 49. Model of relationship (stepwise regression) between index of dominance structure variability (RÓŻN_SOR) calculated for birds in afforestations and landscape structure

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{48}	P
Wyraz wolny Constant			3,21	0,06	58,37	< 0,0001
KUPOLDUŻ	–0,51	0,17	–0,18	0,06	–3,04	< 0,01

Istotność modelu: $R^2 = 0,23$; $F(1; 26) = 9,26$; $P = 0,01$; błąd standardowy estymacji: 0,29.
Objaśnienia: KUPOLDUŻ – składowa główna „ujednolicenie pól uprawnych".
Significance of model: $R^2 = 0.23$; $F(1; 26) = 9.26$; $P = 0.01$; standard error of estimation: 0.29.
Explanations: KUPOLDUŻ – principal component "degree of crop fields uniformity".

Z powyższych zestawień wynika, że na stabilność zgrupowań ptaków wpływała pozytywnie powierzchnia zadrzewień (AREAŁ), a także znaczny udział terenów o uproszczonej strukturze przestrzennej, z polami uprawnymi o dużych areałach. Oprócz wielkości wyspy leśnej – wielokrotnie rozpoznanej jako korzystnej z wielu względów dla zasiedlających je ptaków – stabilizujący wpływ na zgrupowania miała także struktura krajobrazu.

4.4.3. Wpływ struktury środowiska i krajobrazu na tempo wymiany gatunków

W odniesieniu do struktury zadrzewień średnie wieloletnie tempo wymiany gatunków najsilniej zależało od powierzchni zadrzewienia (AREAŁ) i typu drzewostanu (DRZ_TYP) ($r^2 = 0,36$). Im zadrzewienie było większe i im bardziej drzewostan był zbliżony do liściastego, tym tempo wymiany gatunków było mniejsze. Najbardziej stabilne zgrupowania występowały więc w największych kępach drzew, o drzewostanie liściastym (tab. 50).

Tabela 50. Model zależności (regresja krokowa) tempa wymiany gatunków (T_ŚR) w zadrzewieniach od struktury zadrzewień
Table 50. Model of relationship (stepwise regression) between species turn-over rate (T_ŚR) in afforestations and afforestation structure

Składniki modelu Elements of model	Beta	Błąd standardowy beta Standard error beta	B	Błąd standardowy B Standard error B	t_{49}	P
Wyraz wolny Constant			0,05	0,04	1,40	n. i.
AREAŁ	–0,60	0,11	–0,07	0,01	–5,31	< 0,0001
DRZ_TYP	–0,31	0,11	–0,04	0,02	–2,72	< 0,01

Istotność modelu: $R^2 = 0,36$; $F(2; 49) = 15,59$; $P < 0,0001$; błąd standardowy estymacji: 0,11.
Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, DRZ_TYP – typ drzewostanu.
Significance of model: $R^2 = 0.36$; $F(2; 49) = 15.59$; $P < 0.0001$; standard error of estimation: 0.11.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, DRZ_TYP – tree stand type.

Zależność pomiędzy tempem wymiany gatunków a powierzchnią zadrzewienia była też widoczna w poszczególnych latach, przy czym w latach 2001--2002 istotny wpływ na tempo wymiany gatunków miała nie tylko powierzchnia zadrzewienia, lecz także typ drzewostanu (tak jak dla średniego wieloletniego tempa) i stopień pokrycia runa. Im większy był stopień pokrycia runa, tym tempo wymiany gatunków było większe (tab. 51).

Tabela 51. Modele zależności (regresja krokowa) tempa wymiany gatunków w zadrzewieniach od struktury zadrzewień w poszczególnych latach (T99_00, T00_01, T01_02) – zestawienie współczynników beta, determinacji i istotności statystycznej
Table 51. Models of relationships (stepwise regression) between species turn-over rate and afforestation structure in successive years (T99_00, T00_01, T01_02) – beta and determination coefficients and statistical significance

Tempo wymiany gatunków Species turn-over rate	Współczynniki beta Beta coefficients			R^2	P
	AREAŁ	DRZ_TYP	RUN_POK		
T99_00	–0,56			0,30	< 0,0001
T00_01	–0,36			0,11	< 0,01
T01_02	–0,39	–0,35	0,25	0,26	< 0,001

Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, DRZ_TYP – typ drzewostanu, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo.
Explanations: AREAŁ – afforestation area, DRZ_TYP – tree stand type, RUN_POK – percentage cover of herb layer.

Czynniki odnoszące się do struktury bezpośredniego sąsiedztwa nie miały istotnego wpływu na tempo wymiany gatunków. Współczynniki korelacji cząstkowej pomiędzy zmiennymi opisującymi strukturę bezpośredniego sąsiedztwa a średnim tempem wymiany gatunków oraz tempem wymiany w poszczególnych latach były małe ($-0,2 < r < 0,1$) i nieistotne statystycznie ($P > 0,15$).

Wpływ struktury krajobrazu na tempo wymiany gatunków był niejednoznaczny (tab. 52). W odniesieniu do średniego tempa wymiany gatunków była ona bez znaczenia, jednak w latach 2000-2002 tempo to było istotnie statystycznie związane z różnymi czynnikami. W latach 2000-2001 negatywny wpływ miało uproszczenie krajobrazu (opisane przez zmienną KUPOLDUŻ), natomiast pozytywny – zagęszczenie sadów i terenów zabudowanych (KPSADZAB), a w latach 2001-2002 ponownie zaznaczył się negatywny wpływ udziału terenów z dużymi polami (KUPOLDUŻ), a także udziału procentowego lasów i zadrzewień oraz ich bliskości w stosunku do analizowanych zadrzewień (KULASYPX), jak również negatywny wpływ zagęszczenia zadrzewień pasowych i liczby dużych pól uprawnych (KPDUŻPAS).

W odniesieniu do wyróżnionych grup środowiskowych ptaków wpływ na tempo wymiany gatunków miała także tylko struktura zadrzewień (tab. 53).

Tabela 52. Modele zależności (regresja krokowa) tempa wymiany gatunków w zadrzewieniach od struktury krajobrazu w poszczególnych latach (T99_00, T00_01, T01_02) – zestawienie współczynników beta, determinacji (R^2) i istotności statystycznej (P)
Table 52. Models of relationships (stepwise regression) between species turn-over rate and landscape structure in successive years (T99_00, T00_01, T01_02) – beta and determination (R^2) coefficients and statistical significance (P)

Tempo wymiany gatunków Species turn-over rate	Współczynniki beta Beta coefficients		R^2	P	Współczynniki beta Beta coefficients		R^2	P
	KUPOLDUŻ	KULASYPX			KPSADZAB	KPDUŻPAS		
T99_00	–	–	–	n. i.	–	–	–	n. i.
T00_01	–0,42		0,14	< 0,05	0,46		0,19	< 0,01
T01_02	–0,41	–0,34	0,26	< 0,01		–0,39	0,12	< 0,05
T_ŚR	–	–	–	n. i.	–	–	–	n. i.

Objaśnienia: KUPOLDUŻ – składowa główna „ujednolicenie pól uprawnych", KULASYPX – składowa główna „lesistość krajobrazu", KPSADZAB – składowa główna „liczba sadów i zabudowań", KPDUŻPAS – składowa główna skorelowana z liczbą pól dużych i zadrzewień pasowych, n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: KUPOLDUŻ – principal component "degree of crop fields uniformity", KULASYPX – principal component "wood abundance", KPSADZAB – principal component "number of orchards and settlements", KPDUŻPAS – principal component correlated with number of large fields and shelterbelts, n. i. – statistically insignificant.

Tabela 53. Zestawienie istotnych zmiennych, współczynników determinacji oraz istotności statystycznej modelu regresji krokowej zależności pomiędzy strukturą zadrzewień, środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie oraz krajobrazu a tempem wymiany gatunków w poszczególnych grupach środowiskowych. W nawiasie podano kierunek zależności
Table 53. Significant variables, determination coefficients and statistical significance of stepwise regression model of relationship between afforestations structure, structure of habitat in nearest neighbourhood of afforestations, landscape structure vs. species turnover rate in habitat groups of bird species. Direction of relationships is given in brackets

Grupa środowiskowa Habitat group	Zadrzewienia Afforestations	Bezpośrednie sąsiedztwo Nearest neighbourhood	Struktura użytkowa krajobrazu Land-use composition of landscape	Rozdrobnienie krajobrazu Landscape fragmentation
Ptaki ekotonu Wood-crops ecotone species	AREAŁ (–) 0,1; P < 0,05	n. i.	n. i.	n. i.
Leśni „generaliści” Wood “generalists”	AREAŁ (–) 0,12; P < 0,01	n. i.	n. i.	n. i.
Ptaki leśne preferujące skraj lasu Wood edge species	AREAŁ (–), WILGGRAD (–), RUN_POK (+) 0,34; P < 0,001	n. i.	n. i.	n. i.
Ptaki preferujące wnętrze lasu Wood interior species	DRZ_DIVER (–), RUN_DWU (+) 0,71; P < 0,01	n. i.	n. i.	KPDIV (+), KPŁĄKCIE (+) 0,77; P < 0,05

Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział roślin dwuliściennych w runie, WILG_GRAD – wilgotność siedliska, KPDIV – składowa główna „stopień mozaikowatości krajobrazu”, KPŁĄKCIE – składowa główna „stopień wilgotności krajobrazu”, n. i. – brak istotności statystycznej.

Explanations: AREAŁ – afforestation area, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer, WILG_GRAD – habitat wetness, KPDIV – prinicipal component “landscape heterogeneity”, KPŁĄKCIE – principal component “landscape wetness”, n. i. – statistically insignificant.

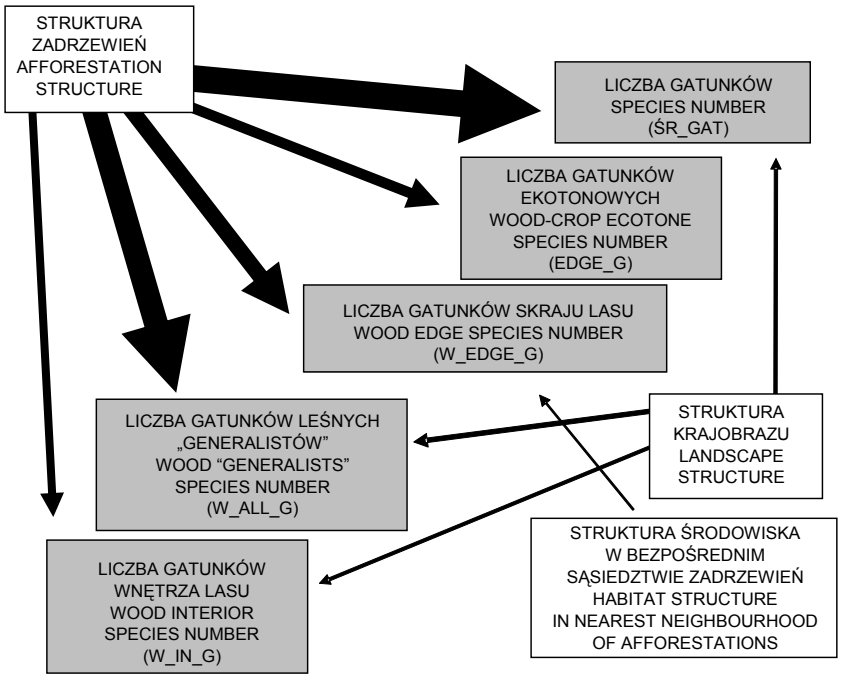
Tylko w grupie ptaków wnętrza lasu wystąpił związek pomiędzy rozdrobnieniem krajobrazu a tempem wymiany gatunków. Ten wynik wymaga jednak komentarza. Tempo wymiany gatunków w tej grupie ptaków było także stosunkowo silnie związane ze strukturą środowiska zadrzewień (70,9%). Można przypuszczać, że tak silny związek między strukturą krajobrazu a tempem wymiany gatunków jest przypadkowy. Liczba gatunków w tej grupie była mała, podobnie jak liczba analizowanych zadrzewień, a statystyczna istotność tej zależności była również niewielka (P < 0,05).

Brak trwałych powiązań pomiędzy tempem wymiany gatunków a strukturą środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie i strukturą krajobrazu, powtarzających się z roku na rok, jak również brak takich powiązań ze średnim tempem wymiany gatunków oraz z tempem wymiany gatunków w obrębie grup środowiskowych wskazuje na to, że jedynym czynnikiem mającym silny i powtarzalny

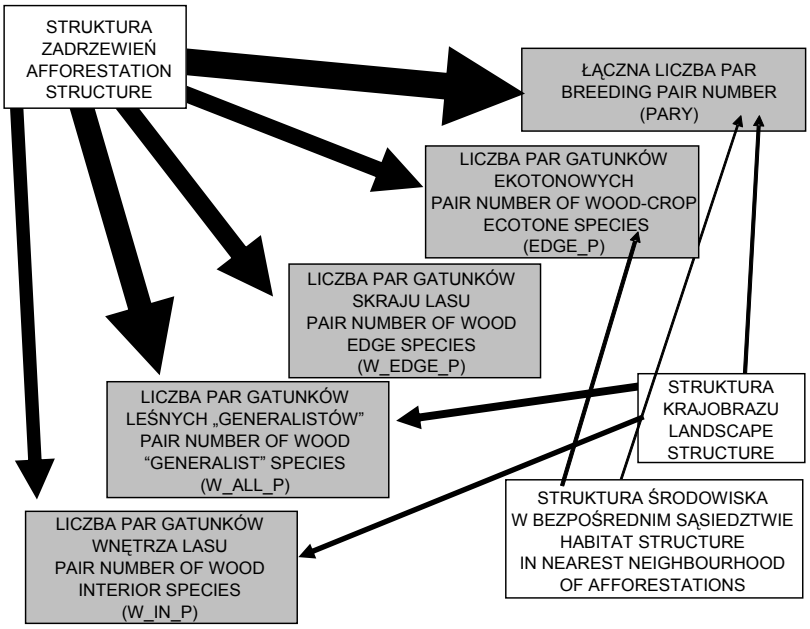
wpływ na ten proces jest wielkość zadrzewienia – im większe zadrzewienie, tym mniejsze tempo wymiany gatunków. Dotyczy to zarówno całości awifauny, jak i jej grup, z wyjątkiem gatunków wnętrza lasu.

4.5. Hierarchizacja czynników kształtujących zgrupowania ptaków lęgowych zadrzewień

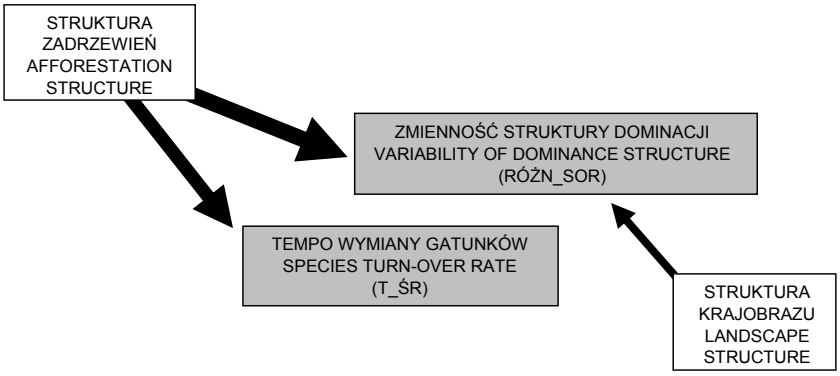
Aby ocenić względne znaczenie poszczególnych grup czynników charakteryzujących: zadrzewienie, bezpośrednie sąsiedztwo zadrzewień (BS) oraz krajobraz (LS), zestawiono współczynniki determinacji regresji krokowej w odniesieniu do liczby gatunków (ryc. 24), liczby par (ryc. 25) oraz wskaźników zmienności zgrupowań (ryc. 26).



Ryc. 24. Znaczenie struktury środowiska i krajobrazu dla kształtowania się liczby gatunków ptaków w zadrzewieniach. Grubość strzałek odpowiada wielkości współczynników determinacji równań wyznaczonych metodą regresji krokowej (rozdz. 4.3)
Fig. 24. Importance of habitat and landscape structure for bird species number in afforestations. Thickness of arrows is proportional to determination coefficients of equations created with the aid of stepwise regression (chapter 4.3)



Ryc. 25. Znaczenie struktury środowiska i krajobrazu dla kształtowania się liczby par lęgowych w zadrzewieniach. Grubość strzałek odpowiada wielkości współczynników determinacji równań wyznaczonych metodą regresji krokowej (rozdz. 4.3)
Fig. 25. Importance of habitat and landscape structure for bird pair number in afforestations. Thickness of arrows is proportional to determination coefficients of equations created with the aid of stepwise regression (chapter 4.3)



Ryc. 26. Znaczenie struktury środowiska i krajobrazu dla dynamiki zgrupowań ptaków w zadrzewieniach. Grubość strzałek odpowiada wielkości współczynników determinacji równań wyznaczonych metodą regresji krokowej (rozdz. 4.3)
Fig. 26. Importance of habitat and landscape structure for bird community dynamics in afforestations. Thickness of arrows is proportional to determination coefficients of equations created with the aid of stepwise regression (chapter 4.3)

Z przeprowadzonej analizy awifauny na poziomie całych zgrupowań i grup środowiskowych wynikają następujące prawidłowości:

- zmienność liczby gatunków i liczebności ptaków zależała najsilniej od struktury zadrzewień;
- struktura krajobrazu miała także istotny wpływ na liczbę gatunków i liczebność ptaków, jednak słabszy niż struktura zadrzewień;
- od struktury środowiska i krajobrazu w największym stopniu zależały ptaki z grupy leśnych „generalistów" oraz ptaki skraju lasu, a w najmniejszym stopniu gatunki wnętrza lasu i ekotonu leśno-polnego;
- struktura bezpośredniego sąsiedztwa miała małe znaczenie dla całych zgrupowań, a dla liczby gatunków skraju lasu oraz dla liczby par ptaków ekotonu wpływ ten był istotny statystycznie;
- dla zmian badanych zgrupowań ptaków w czasie zdecydowanie najważniejsza była struktura zadrzewień; środowisko w bezpośrednim ich sąsiedztwie oraz krajobraz odgrywały znacznie mniejszą rolę.

5. DYSKUSJA

5.1. Uwagi wstępne

W wielu krajach przeprowadzono bardzo wiele badań o charakterze opisowym nad awifauną zadrzewień, a wyczerpujące omówienie tego tematu wymagałoby przygotowania odrębnej, niezwykle obszernej monografii. Celem niniejszego opracowania było określenie czynników istotnych dla kształtowania się zgrupowań ptaków i na ten aspekt położono szczególny nacisk. Dlatego aspekt czysto opisowy (czyli dotyczący takich zagadnień, jak liczba gatunków występujących w zadrzewieniach oraz ich zagęszczenie, gatunki dominujące czy wreszcie udział poszczególnych grup środowiskowych) został ujęty możliwie skrótowo. Chodzi bowiem jedynie o sprawdzenie, czy podstawowe cechy badanego zgrupowania wyróżniają je spośród innych, czy też można potraktować je jako typowe zgrupowanie zadrzewień, będące dzięki temu dobrym modelem do formułowania uogólnionych twierdzeń. Oznacza to, że porównaniu obrazu zgrupowań ptaków zadrzewień w badanym wycinku Wielkopolski z obrazem takich zgrupowań badanych w innych miejscach Polski, Europy czy świata poświęcono stosunkowo niewiele miejsca, przede wszystkim pierwszą część dyskusji (rozdz. 5.2).

Druga część dyskusji (rozdz. 5.3) jest jej najważniejszą częścią, ponieważ zawiera omówienie wyników dotyczących oceny znaczenia poszczególnych czynników (lub ich grup) w kształtowaniu zgrupowań ptaków małych zadrzewień, odnosi się więc bezpośrednio do głównych pytań, na które prowadzone badania miały dać odpowiedź.

5.2. Struktura zgrupowania ptaków zadrzewień w okolicach Turwi na tle danych z Polski i Europy

5.2.1. Liczba gatunków

Liczba gatunków jest podstawowym i jednocześnie najprostszym w użyciu wskaźnikiem złożoności struktury zgrupowań różnych organizmów. Jednak wykorzystanie liczby gatunków do porównywania zgrupowań, czy też do analiz zmienności czasowej, wymaga spełnienia wielu warunków, co powoduje znaczny spadek użyteczności tej cechy zgrupowań. Po pierwsze, liczba gatunków jest w wysokim stopniu uzależniona od wielkości powierzchni badawczej (np. ROSENZWEIG 1995). Dotyczy to zarówno wielkości poszczególnych powierzchni badawczych, jak i całkowitej powierzchni objętej badaniami. Drugim czynnikiem silnie oddziałującym na liczbę stwierdzonych gatunków jest czas prowadzenia obserwacji. Znaczny wpływ tego czynnika na liczbę gatunków i strukturę dominacji dla zgrupowań ptaków omówił TRYJANOWSKI (1999). Im dłuższy jest czas prowadzenia badań, tym większe jest prawdopodobieństwo stwierdzenia obecności większej liczby gatunków, co jest ważne zwłaszcza w odniesieniu do zwierząt wysoce mobilnych, do jakich należą np. ptaki. Po trzecie, liczba odnotowanych gatunków zależy od stosowanej metody. W związku z tym, by rzetelnie porównywać ze sobą zgrupowania ptaków zadrzewień i wyciągać wnioski na temat przyczyn różnic w bogactwie gatunkowym, trzeba mieć możliwość wykorzystania danych zebranych tą samą metodą przez taką samą liczbę sezonów lęgowych oraz w zadrzewieniach o podobnym zakresie wielkości powierzchni, a także o podobnym rozkładzie częstości wielkości powierzchni. Niestety, prowadzone dotąd badania różniły się najczęściej jednocześnie dwoma z trzech wymienionych aspektów, dlatego porównywanie publikowanych do tej pory wyników w odniesieniu do całkowitej liczby gatunków może mieć jedynie charakter orientacyjny.

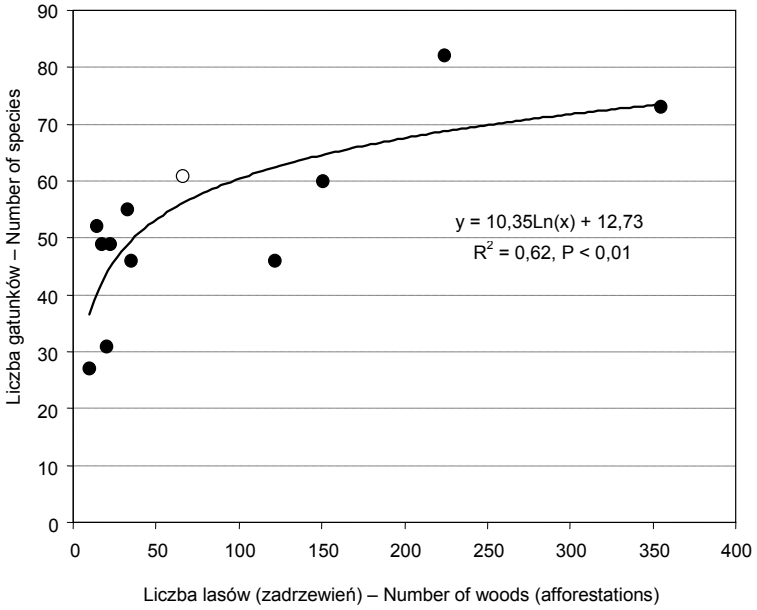
Na podstawie użytych do porównań opublikowanych materiałów z innych obszarów Europy (tab. 54) można stwierdzić, że liczba gatunków lęgowych zadrzewień w okolicach Turwi mieści się w zakresie wartości podawanych w innych badaniach i jest mniej więcej zgodna z oczekiwaną liczbą gatunków, jeśli uwzględni się liczbę powierzchni objętych badaniami (ryc. 27).

Tabela 54. Liczba gatunków lęgowych w lasach i zadrzewieniach[7] w Europie a liczba i wielkość powierzchni badawczych
Table 54. Breeding bird species number in woods and afforestations in Europe vs. number and size of sampling plots

Liczba gatunków ptaków Species number	Liczba lasów (zadrzewień) Number of wood (afforestations)	Łączna powierzchnia lasów (zadrzewień) Total area of woods (afforestations) (ha)	Średnia i zakres powierzchni lasów (zadrzewień) Mean and range of woods (afforestations) area (ha)	Metoda, liczba kontroli oraz liczba lat Method, number of visits and number of years	Autor Author
61	66	64,6	1,1; 0,06-3,1	kartograficzna, 9, 4 cartographic	KUJAWA, niniejsze opracowanie KUJAWA, present paper
60	151	~290	1,9; 0,02-29,9	kartograficzna, 4, 3 cartographic	BELLAMY i IN. 1996 a BELLAMY et AL. 1996 a
52	14	~945	67; 1,8-600	punktowa, > 2, 3 point counting	BLAKE i KARR 1987 BLAKE and KARR 1987
46	122	~80	~0,7 < 3	atlasowa, 2-5, 2 atlas	CIEŚLAK 1985
82	224	4 850	21; 0,01-450	atlasowa, 2-5, 3 atlas	CIEŚLAK 1991
31	20	48,2	2,4; 0,14-18,0	atlasowa, 5, 1 atlas	FORD 1987
27	10	31,8	< 2,7; 0,03-13,25	atlasowa, 4-5, 1 atlas	GÓRSKI 1988
73	355	481	b.d.; 0,1-19	kartograficzna, 8-10, 5 cartographic	KURLAVICIUS 1995
46	35	292	8,3; 0,1-57	atlasowa, 4, 4 atlas	MASON 2001
49	17	76,8	0,7-14,5	kartograficzna, b.d., 1 cartographic	MCCOLLIN 1993
55	33	20,0	0,61; 0,02-1,4	kartograficzna, 7-8, 2 cartographic	WUCZYŃSKI 1995
49	22	25,0	1,13; 0,02-8,9	kartograficzna, 10, 1 cartographic	ORŁOWSKI 2004

b.d. – brak danych.
b.d. – no data given.

[7] W publikacjach przytaczanych w tym rozdziale w odniesieniu do małych wysp leśnych ich autorzy używali wielu określeń – „małe lasy", „wyspy leśne", „płaty lasu", „rozdrobnione lasy", „drobne zadrzewienia". Dla uproszczenia, wszystkie terminy zastąpiono w tym opracowaniu terminem „zadrzewienia".



Ryc. 27. Zależność między liczbą lasów (zadrzewień) a całkowitą liczbą gatunków lęgowych (według tabeli 54). Punkt nie wypełniony – Turew
Fig. 27. Relationship between number of woods (or afforestations) and total breeding bird species (according to Table 54). Not filled point – Turew area

Znacznie bardziej uniwersalny charakter niż analiza liczby stwierdzonych gatunków ma porównanie zależności pomiędzy powierzchnią zadrzewienia a liczbą gatunków, z zastosowaniem często wykorzystywanego równania: $S = a + b \cdot \log_{10}A$, gdzie: S – liczba gatunków, A – powierzchnia zadrzewienia. Porównanie współczynnika b pomiędzy obszarami (tab. 59) pokazuje różnice w tempie przyrostu liczby gatunków wraz z powierzchnią. Jest to wskaźnik bogactwa gatunkowego dużo słabiej obciążony nieścisłościami wynikającymi ze stosowanej metodyki niż liczba stwierdzonych gatunków.

Z porównania tego wynika, że w stosunku do innych obszarów, bogactwo gatunkowe zgrupowań ptaków zadrzewień pod Turwią zwiększa się wraz z ich powierzchnią dość szybko. Przyczynami tak szybkiego wzrostu mogą być: mała powierzchnia tych zadrzewień w porównaniu z powierzchniami branymi pod uwagę w innych badaniach (ponieważ przyrost liczby gatunków w zadrzewieniach mniejszej wielkości jest na ogół szybszy niż w zadrzewieniach o dużej powierzchni – ryc. 27), szerokość geograficzna (bo tempo przyrostu liczby gatunków wraz z powierzchnią maleje, im dalej ku północy – zob. rozdz. 5.3.4), różnice w strukturze roślinności zadrzewień oraz różnice w strukturze krajobrazu, które były przedmiotem analiz w niniejszym opracowaniu.

5.2.2. Zagęszczenie

Podobnie jak w przypadku liczby gatunków, charakteryzowanie zgrupowań ptaków małych wysp środowiskowych na podstawie średnich zagęszczeń (liczonych w odniesieniu do grupy zadrzewień) ma niewielką wartość uniwersalną, ponieważ średnie zagęszczenia w bardzo znacznym stopniu zależą od wielkości powierzchni badanych zadrzewień. Średnie zagęszczenie ptaków w małych fragmentach danego środowiska (np. w zadrzewieniach) jest zwykle większe niż w jednym fragmencie o powierzchni takiej, jak suma małych fragmentów. Dla terenów rolniczych zależność tę, prawdziwą także w odniesieniu do liczby gatunków, opisali LOMAN i VON SCHANTZ (1991). Również w opracowaniu KUJAWY (1992), we wcześniejszych badaniach w okolicach Turwi, stwierdzono, że łączne zagęszczenie ptaków lęgowych w parku o wielkości 20 ha wynosiło około 170 par/10 ha, a w zadrzewieniach śródpolnych o łącznej powierzchni równej także około 20 ha – 282 pary/10 ha. Różnice te zależą w dużej mierze od stopnia rozwinięcia granic powierzchni badawczych, a tym samym od udziału gatunków ekotonowych, które wykorzystują także tereny przyległe, więc wyznaczanie ich zagęszczeń jedynie w odniesieniu do powierzchni zadrzewionej musi prowadzić do zawyżania zagęszczeń. Dlatego i w tym przypadku, podobnie jak w odniesieniu do liczby gatunków, omówienie zagęszczeń ptaków w zadrzewieniach w okolicach Turwi w stosunku do innych miejsc może mieć charakter jedynie orientacyjny. Na podstawie takiego porównania można stwierdzić, że łączne zagęszczenie ptaków w okolicach Turwi mieściło się w zakresie wartości stwierdzonych w innych częściach Polski i na Litwie (tab. 55).

Tabela 55. Średnie zagęszczenie ptaków w zadrzewieniach w Polsce i na Litwie (pary/10 ha)
Table 55. Mean bird density in afforestations in Poland and Lithuania (pairs/10 ha)

Położenie geograficzne Geographic location	Średnie zagęszczenie Mean density	Autor Author
Okolice Turwi	151,0	KUJAWA, niniejsze opracowanie KUJAWA, present paper
Dolny Śląsk	276,9	WUCZYŃSKI 1995
Dolny Śląsk	183,9	ORŁOWSKI 2004
Równina Bielska	132,5	PUGACEWICZ 2000
Pomorze	47,0	GÓRSKI 1988
Litwa	178,0	KURLAVICIUS 1995

5.2.3. Struktura dominacyjna i gatunki dominujące

Wspólnymi cechami porównywanych zgrupowań ptaków (tab. 56) w odniesieniu do struktury dominacyjnej i gatunków najliczniejszych są:

a) duża dominacja zięby niezależna od miejsca prowadzenia badań,
b) obecność kilku (3-7) gatunków o pozycji dominującej (> 5% udziału w zgrupowaniu),
c) zbliżony wskaźnik równocenności, wynoszący od 0,73 do 0,85.

Tabela 56. Charakterystyka struktury dominacyjnej zgrupowań ptaków zadrzewień w różnych regionach Polski i Europy
Table 56. Characteristics of dominance structure of bird community in afforestations in different regions of Poland and Europe

Teren badań Study area	Dominanty Dominants	Dominacja Dominance	Liczba gatunków dominujących (udział > 5%) Number of dominating species (share > 5%)	Współczynnik równocenności[1)] Evenness[1)]	Autor Author
1	2	3	4	5	6
Okolice Turwi	zięba	19,6	5	0,73	KUJAWA, niniejsze opracowanie KUJAWA, present paper
	kapturka	11,4			
	trznadel	10,9			
	zaganiacz	6,3			
	kos	5,1			
Dolny Śląsk	trznadel	11,6	6	0,82	WUCZYŃSKI 1995
	zięba	9,2			
	kapturka	7,1			
	cierniówka	6,6			
	zaganiacz	6,4			
	szczygieł	5,2			
Dolny Śląsk	kapturka	12,8	7	0,83	ORŁOWSKI 2004
	zięba	10,4			
	słowik rdzawy	9,1			
	łozówka	5,9			
	kos	5,4			
	zaganiacz	5,2			
	szczygieł	5,0			
Równina Bielska	trznadel	15,8	7	0,83	PUGACEWICZ 2000
	zięba	8,9			
	łozówka	6,5			
	dzwoniec	6,3			
	cierniówka	6,0			

Tabela 56 – cd.

1	2	3	4	5	6
Pomorze	szpak	5,2	3	0,85	GÓRSKI 1988
	zaganiacz	5,0			
	zięba	19,1			
	trznadel	12,5			
	śpiewak	5,3			
Litwa	–	–	0	0,75	KURLAVICIUS 1995
Wielka Brytania	zięba	15,9	5	b.d.	MCCOLLIN 1993
	kos	10,8			
	strzyżyk	8,6			
	modraszka	7,7			
	rudzik	7,1			

[1)]Współczynnik równocenności – stosunek H' do H_{max}, gdzie: H' – wskaźnik różnorodności Shannona-Weavera, $H_{max} = \ln(S)$, przy czym S – liczba gatunków.
b.d. – brak danych.
[1)]Evenness index – rate of H' to H_{max}, where: H' – Shannon-Weaver diversity index, $H_{max} = \ln(S)$, where S – species number.
b.d. – no data given.

Z zestawienia tego wynika, że skład gatunkowy, stosunki ilościowe i struktura dominacji zgrupowań ptaków zadrzewień są silnie zróżnicowane. Gatunki, ich liczba i udział w całym zgrupowaniu są bardzo różne (z wyjątkiem wszędzie licznej zięby), a w niektórych przypadkach dominantem jest gatunek gdzie indziej bardzo nieliczny, jak np. łozówka na Równinie Bielskiej i Dolnym Śląsku, nieliczna w okolicach Turwi. Zestawienie danych ilustruje dużą zmienność tych zgrupowań, będącą zapewne rezultatem silnego zróżnicowania relacji pomiędzy trzema głównymi czynnikami wpływającymi na lokalne zgrupowania zwierząt na danym terenie: historią danego regionu (CLERGEAU i BUREL 1997), aktualną strukturą krajobrazu oraz lokalną pulą gatunków (HINSLEY i IN. 1998).

5.2.4. Udział grup środowiskowych

Cechą charakterystyczną zgrupowań ptaków zadrzewień jest znaczny udział gatunków preferujących skraj lasu – zarówno tych, które cały czas spędzają w obrębie lasu, jak i tych (gatunki ekotonu), które wymagają i lasu, i przyległych terenów otwartych. Udział gatunków typowo leśnych jest niewielki z powodu zbyt małej wielkości powierzchni zadrzewień w stosunku do wymagań ptaków z tej grupy. Gatunki skraju lasu są stosunkowo liczne z powodu dużej długości linii brzegowej w stosunku do powierzchni zadrzewień, czyli

silnego rozczłonkowania terenów leśnych, sprzyjającego tej grupie. Innymi słowy, istotna jest silnie zróżnicowana wrażliwość poszczególnych gatunków na fragmentację środowiska (BLAKE 1983, CIEŚLAK i DOMBROWSKI 1992, NILSSON 1986). Takimi cechami charakteryzowało się też zgrupowanie ptaków lęgowych w zadrzewieniach koło Turwi. Udział poszczególnych grup pod względem liczby gatunków (z wyjątkiem zupełnie rzadko stwierdzanych gatunków terenów uprawnych) był podobny, natomiast pod względem zagęszczenia dominowały bardzo silnie ptaki określane jako leśni „generaliści" wraz z gatunkami skraju lasu. Udział gatunków wnętrza lasu w zagęszczeniu całkowitym był znikomy (2%), ponieważ liczebność poszczególnych gatunków z tej grupy była bardzo mała, a część z nich gniazdowała efemerycznie.

Jak podkreślają BISHOP i MYERS (2005), analiza zróżnicowania grup ptaków środowiskowych, czy też – szerzej – funkcjonalnych, dostarcza znacznie więcej informacji o zależności zgrupowań organizmów od struktury środowiska niż analiza ogólnego bogactwa gatunkowego. Dodatkowo wyniki dotyczące grup ekologicznych nie tylko odzwierciedlają różnorodność biologiczną, ale są także wskaźnikiem „biologicznej integralności" danego obszaru (ANGERMEIER i KARR 1994). Analiza taka daje również lepsze możliwości oceny odporności (czy też „zdrowia") krajobrazu niż analiza występowania pojedynczych gatunków.

Należy jednak podkreślić, że klasyfikacja gatunków pod względem preferencji środowiskowych jest nie do końca pewna i zależna od miejsca prowadzenia badań. Część gatunków występuje w wielu różnych środowiskach (trznadel, kos, zięba) i przypisywanie ich do określonej ścisłej kategorii środowisk zawsze będzie budzić różne wątpliwości. Do takich gatunków, które są klasyfikowane różnie, MCCOLLIN (1998) zaliczył pójdźkę, kukułkę, krętogłowa, świergotka leśnego, zaganiacza, gajówkę, kapturkę, cierniówkę, muchołówkę szarą, bogatkę, piecuszka, kosa, ziębę, gila, ortolana i sójkę. Co więcej, preferencje środowiskowe części gatunków bardzo silnie różnią się na obszarach położonych stosunkowo niedaleko. Na przykład w Niemczech (zwłaszcza w zachodnich landach) gatunkiem pospolitym w różnorodnych zakrzewieniach i zadrzewieniach jest pokrzywnica (FLADE 1994, KUJAWA 1998). Ten rozpowszechniony, ale zwykle nieliczny w Wielkopolsce gatunek (BEDNORZ i IN. 2000), w lasach iglastych należący niekiedy do dominantów (KUJAWA 1990), w zadrzewieniach prawie nie występuje (KUJAWA 2000, TRYJANOWSKI 1998, KUŹNIAK 1978). Trzeba więc pamiętać, że opis struktury zgrupowania pod względem udziału grup środowiskowych powinien raczej służyć pokazywaniu ogólnych różnic pomiędzy porównywanymi zgrupowaniami w odniesieniu do udziału poszczególnych grup środowiskowych, a nie analizom poszczególnych gatunków.

W Polsce o strukturze zgrupowań ptaków zadrzewień podobnej do ich struktury w okolicach Turwi pisali WUCZYŃSKI (1995) oraz ORŁOWSKI (2004). W zadrzewieniach położonych w obu przypadkach niedaleko Wrocławia gatunki leśne stanowiły odpowiednio 50 i 49% wszystkich gatunków, czyli nieco mniej

niż w okolicach Turwi (58,5% – suma W_IN, W_ALL, W_EDGE). Udział tej grupy środowiskowej w zagęszczeniu łącznym wynosił 49 i 63%, a pod Turwią – 65%. Te różnice na korzyść okolic Turwi można tłumaczyć nieco większą średnią wielkością zadrzewień na tym obszarze. A właśnie wielkość zadrzewień jest czynnikiem kluczowym dla ich zasiedlania przez gatunki typowo leśne, co wykazano również w niniejszym opracowaniu (zob. rozdz. 4.3.1).

Porównanie danych z okolic Turwi z wynikami badań europejskich jest utrudnione ze względu na duże zróżnicowanie stosowanych podziałów awifauny na grupy środowiskowe, głównie dlatego, że zgrupowania ptaków były dzielone na różną liczbę grup środowiskowych. Niemniej w pracach, w których w ogóle takiego podziału dokonywano, wyróżniano przynajmniej dwie grupy: gatunki występujące na skraju lasu oraz gatunki preferujące wnętrze lasu. Niestety, ten podział także nie jest jednoznaczny, zwłaszcza w odniesieniu do gatunków skraju lasu, ze względu na różne kryteria ich wyróżniania. Najmniej wątpliwości wzbudzają gatunki wnętrza lasu, choć i tu w pewnych przypadkach mogą pojawiać się kłopoty z jednoznacznym ich klasyfikowaniem (MCCOLLIN 1998). Koncentrując się na tych dwóch grupach środowiskowych, można stwierdzić, że udział ptaków wnętrza lasu jest w małych zadrzewieniach mniejszy niż udział ptaków skraju lasu (tab. 57). Jest to zgodne z oczekiwaniami,

Tabela 57. Liczba i procentowy udział (w nawiasach) gatunków typowych dla wnętrza lasu oraz dla skraju lasu w całkowitej liczbie gatunków w zgrupowaniach ptaków małych lasów lub zadrzewień w różnych regionach Europy
Table 57. Species number and percentage share (in brackets) of species typical for wood interior and edge in total number of species in breeding bird communities of afforestations or small woods in different regions of Europe

Autor – Author	Gatunki wnętrza lasu Wood interior species	Gatunki skraju lasu Wood edge species
KUJAWA, niniejsze opracowanie KUJAWA, present paper	13 (21)	14-23 (23,4-37,7)[1)]
MCCOLLIN 1993 (bez gatunków wodnych i wodno-błotnych) MCCOLLIN 1993 (without water and wetland spp.)	14 (31)	15 (33)
BELLAMY i IN. 1996 BELLAMY et AL. 1996	19 (45)	23 (55)
BLAKE i KARR 1987 BLAKE and KARR 1987	12 (23)	18 (35)

[1)]14 gatunków (23,4%) stanowiły gatunki ekotonowe (dwuśrodowiskowe), natomiast dziewięć (14,3%) – to gatunki leśne preferujące skraj lasu. Podano zakres wartości, ponieważ sposób wyróżniania tych dwóch grup był w porównywanych publikacjach zróżnicowany i niejasny.

[1)]14 species (23.4%) belonged to ecotone species, and nine (14,3%) – wood species preferring edge zone. The range of value is given because the way of distinguishing both groups in compared papers was differentiated and unclear.

ponieważ zadrzewienia charakteryzują się znacznym udziałem strefy brzeżnej w stosunku do wnętrza lasu, wobec czego bogactwo gatunkowe i zagęszczenie organizmów preferujących strefę brzeżną powinny być duże (BLAKE 1983). Warto jednak podkreślić, że pomimo bardzo niewielkiego udziału powierzchniowego zadrzewień oraz małej powierzchni poszczególnych zadrzewień, są one ważnym środowiskiem także dla części awifauny leśnej.

5.2.5. Dynamika zgrupowania ptaków

Biorąc pod uwagę ogólne charakterystyki zgrupowań ptaków, tj. liczbę gatunków oraz łączne zagęszczenie ptaków, zgrupowanie ptaków lęgowych zadrzewień okolic Turwi w ciągu czterech lat badań charakteryzowało się dużą stabilnością. Liczba gatunków oraz łączne zagęszczenie ptaków były prawie niezmienne (rozdz. 4.2.2, ryc. 11). Zmiany z roku na rok wynosiły kilka procent. Inne dane także wskazują na to, że przy objęciu badaniami odpowiednio dużej grupy zadrzewień, duża stabilność zgrupowań ptaków lęgowych (w odniesieniu do ogólnych cech zgrupowania) tych środowisk jest regułą w odniesieniu do kilkuletnich okresów. W badaniach BLAKE'A i KARRA (1987) w kolejnych trzech latach badań liczba gatunków wynosiła 47, 50 i 46. Na dużą stabilność zagęszczeń ptaków wskazują także inne dane. Chociaż dotyczą one tylko gatunków najliczniejszych, to jednak łączna liczebność ptaków zgrupowania zależy głównie właśnie od gatunków najliczniejszych, dlatego obraz zmian w tej grupie gatunków odzwierciedla zmiany w zgrupowaniu. Na przykład HINSLEY i IN. (1995 a) stwierdzili, że w grupie 31 najliczniejszych gatunków zmiany liczebności z roku na rok (trzy lata badań) wynosiły 4-9%. W innych badaniach zmiany liczebności w grupie takich gatunków wynosiły 3-13,5% (HINSLEY i IN. 1996) oraz 0,6-6,6% (MASON 2001).

Zgrupowanie ptaków lęgowych w zadrzewieniach w okolicach Turwi było stabilne nie tylko pod względem ogólnych charakterystyk (liczby gatunków i łącznego zagęszczenia), ale także pod względem składu gatunkowego i struktury dominacji. Podobny rezultat uzyskali BLAKE i KARR (1987) – średnie podobieństwo (obliczone z wielu zadrzewień) między kolejnymi latami wynosiło 82-84%.

Wyniki badań własnych oraz inne przytoczone wyżej dane sugerują, że stawiana przez część badaczy teza, że zadrzewienia są dla awifauny leśnej jedynie środowiskiem suboptymalnym, nie ma charakteru uniwersalnego lub nawet może być nieprawdziwa. Według modelu FRETWELLA i LUCASA (1970) głównym wyznacznikiem suboptymalnego charakteru danego środowiska jest duża i raczej chaotyczna zmienność zagęszczenia populacji danego gatunku, związana przede wszystkim ze stopniem wysycenia środowisk dla tego gatunku opty-

malnych. Jednak analizowane tu dane, zarówno własne, jak i zebrane przez innych autorów, wskazują raczej na wysoce stały skład gatunkowy i stabilne zagęszczenia wielu gatunków występujących w tym środowisku. Spostrzeżenie to dotyczy zarówno okresów krótszych (kilkuletnich), jak i dłuższych (KUJAWA 2002). Co prawda w drugim przypadku pewne zmiany zaszły, jednak dają się one przekonująco wytłumaczyć zmianami w środowisku, tj. zmianami, jakie zaszły w samych zadrzewieniach i ich sąsiedztwie – odmłodzeniem drzewostanu w części zadrzewień (KUJAWA 2002) oraz intensyfikacją rolnictwa – a nie mechanizmami populacyjnymi, czy też metapopulacyjnymi.

Zarówno aktualna liczba gatunków, jak i zagęszczenie ptaków są rezultatem dwóch przeciwstawnych procesów: ubywania par lęgowych oraz przybywania nowych. W krańcowych przypadkach może więc nastąpić zaniknięcie gatunków w danym zadrzewieniu lub pojawienie się tam nowego gatunku, czyli wymiana gatunków.

Tempo wymiany gatunków jest charakterystyką, która znacząco uzupełnia stan wiedzy o danym zgrupowaniu. Pokazuje ona stopień zmienności składu gatunkowego. W okolicach Turwi średnie tempo wymiany gatunków w poszczególnych zadrzewieniach wynosiło ok. 35%. Podobną wartość, ale dla heterogenicznych wycinków krajobrazu, stwierdził TWOREK (2002). Według tego autora tempo wymiany gatunków w poszczególnych grupach gatunków (wyróżnionych ze względu na odmienne strategie życiowe) wynosiło od 20 do 40%. Również tempo wymiany gatunków w Wielkiej Brytanii, obliczone na podstawie danych MASONA (2001), było podobne i wynosiło około 31%. Dane te sugerują, że dla małych lasów i zadrzewień, a być może dla dowolnego wycinka w krajobrazie rolniczym (TWOREK 2002), charakterystyczne jest tempo wymiany gatunków wynoszące ok. 30-35%.

Wyjaśnienie, dlaczego tempo to wynosi akurat 30-35%, jest trudne. Należy pamiętać, że średnie tempo wymiany gatunków jest syntetycznym wskaźnikiem zmienności zgrupowań, będącym wynikiem prawdopodobieństwa lokalnego zanikania i ponownego zasiedlania zadrzewień przez poszczególne gatunki. Procesy te są bardzo zmienne w czasie i dla różnych gatunków przebiegają zupełnie odmiennie. Na przykład prawdopodobieństwo lokalnego zanikania danego gatunku silnie zmieniało się w poszczególnych latach (BELLAMY i IN. 1996 b). Na podstawie symulacji prowadzonych przez różnych badaczy można sądzić, że prawdopodobieństwo lokalnego zanikania gatunku, a także jego pojawiania się w danym miejscu, czyli również tempo wymiany gatunków, można w dużym stopniu wyjaśniać wyłącznie na bazie losowych zmian zachodzących w zgrupowaniach ptaków, na podstawie stochastycznych wydarzeń (WRIGHT i HUBBELL 1983, HUGUENY i CORNELL 2000).

5.3. Czynniki kształtujące zgrupowania ptaków

5.3.1. Znaczenie struktury zadrzewień

Wpływ struktury zadrzewień na bogactwo gatunkowe zgrupowań ptaków

Powierzchnia zadrzewień w okolicach Turwi wpływała na liczbę gatunków ptaków w znacznym stopniu – 58% zmienności liczby gatunków zależało właśnie od tego czynnika. Liczba gatunków z wielu różnych taksonów, nie tylko ptaków, bardzo silnie zależy od wielkości powierzchni (ROSENZWEIG 1995). Tę samą silną i pozytywną zależność potwierdzono w badaniach nad zgrupowaniami ptaków zadrzewień. Różnice dotyczyły tylko kształtu wykresu funkcji opisującej tę zależność. W pewnej mierze różnice te musiały wynikać z jakości próby (tj. rozpiętości wielkości badanych lasów, rozkładu częstości wielkości tych powierzchni, aspektu biogeograficznego), ale ich wpływ był mało znaczący – związki pomiędzy współczynnikami równania a cechami charakteryzującymi wielkość próby w cytowanych tu publikacjach są nieistotne statystycznie (tab. 58). Uogólniając, liczba gatunków jest ograniczona, więc zależność musi być krzywoliniowa, a jej wykres zbliżać się asymptotycznie do maksymalnej wartości. W badaniach nad awifauną małych lasów (zadrzewień) rozmieszczonych w krajobrazie rolniczym istotne wydaje się to, że występowanie silnego, pozytywnego związku między liczbą gatunków a powierzchnią zadrzewień jest niezależne od rozważanego zakresu jej wartości (CIEŚLAK i DOMBROWSKI 1993, HINSLEY i IN. 1996, BLAKE i KARR 1987, HOWE 1984, MASON 2001, MCCOLLIN 1993, BELLAMY i IN. 1996 a, VAN DORP i OPDAM 1987, KURLAVICIUS 1995). Jedynie CIEŚLAK (1994) stwierdził, że zależność pomiędzy powierzchnią bardzo małych zadrzewień (do 0,4 ha) a liczbą gatunków ptaków jest bardzo słaba. Należy podkreślić, że w większości badań powierzchnia zadrzewienia

Tabela 58. Współczynniki korelacji (r) oraz ich istotność (P) w korelacjach pomiędzy współczynnikami a i b w równaniu $S = a + b \cdot \log_{10}S$ a cechami grup zadrzewień – ich liczbą (N), powierzchnią minimalną (MIN) oraz powierzchnią maksymalną (MAX)
Table 58. Correlation coefficients (r) and their statistical significance (P) in relationships between coefficient a and b in equation $S = a + b \cdot \log_{10}S$ and features of studied groups of afforestations – their number (N), minimum area (MIN) and maximum area (MAX)

	N	MIN	MAX
r	–0,26	–0,28	–0,14
P	> 0,2	> 0,2	> 0,5

Tabela 59. Związek między liczbą gatunków ptaków lęgowych a powierzchnią lasów (zadrzewień) w różnych krajach Europy
Table 59. Relationships between breeding bird species number and wood (afforestations) area in different countries of Europe

Równanie[1)] Equation[1)]	Liczba zadrzewień Number of afforestations	Zakres wielkości lasów i zadrzewień Range of wood and afforestation size	R^2	P	Autor Author
$S = 10{,}48 + 8{,}37 \cdot \log_{10}A$	64	0,06-3,10	0,55	< 0,001	KUJAWA, niniejsza praca KUJAWA, present paper
$S = 6{,}32 + 2{,}11 \cdot \log_{10}A$	151	0,02-30,00	0,71	< 0,001	BELLAMY i IN. 1996 BELLAMY et AL. 1996
$S = 9{,}50 + 2{,}39 \cdot \log_{10}A$	14	1,8-600	0,86	< 0,001	BLAKE i KARR 1987 BLAKE i KARR 1987
$S = 10{,}9 + 9{,}8 \cdot \log_{10}A$	170	0,01-282	0,86	< 0,001	CIEŚLAK 1985
$S = 12{,}8 + 12{,}8 \cdot \log_{10}A$	50	0,04-15,44	0,88	< 0,001	CIEŚLAK i DOMBROWSKI 1993 CIEŚLAK and DOMBROWSKI 1993
$S = 12{,}50 + 7{,}55 \cdot \log_{10}A$	211	0,10-15,00	0,62	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 10{,}20 + 7{,}68 \cdot \log_{10}A$	20	0,10-15,00	0,77	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 7{,}95 + 6{,}52 \cdot \log_{10}A$	149	0,10-15,00	0,71	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 9{,}62 + 7{,}69 \cdot \log_{10}A$	56	0,10-10,00	0,75	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 9{,}72 + 6{,}67 \cdot \log_{10}A$	16	0,60-15,00	0,55	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 6{,}59 + 5{,}11 \cdot \log_{10}A$	39	0,10-15,00	0,59	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 3{,}65 + 1{,}93 \cdot \log_{10}A$	120	0,10-2,0	0,33	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 3{,}27 + 2{,}01 \cdot \log_{10}A$	200	0,10-2,0	0,45	< 0,001	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 0{,}92 + 0{,}21 \cdot \log_{10}A$	56	b.d.[3)]	b.d.	b.d.	HINSLEY i IN. 1998 [2)] HINSLEY et AL. 1998 [2)]
$S = 10{,}14 + 4{,}68 \cdot \log_{10}A$	355	0,10-19,00	0,67	b.d.	KURLAVICIUS 1995
$S = 13{,}34 + 1{,}69 \cdot \log_{10}A$	35	0,1-57	0,84	< 0,001	MASON 2001
$S = 15{,}99 + 9{,}38 \cdot \log_{10}A$	22	0,02-8,9	0,81	< 0,001	ORŁOWSKI 2004
b.d.[3)]	235	0,10-39,40	0,72	< 0,001	VAN DORP i OPDAM 1987 VAN DORP and OPDAM 1987

[1)] Dla łatwiejszego porównywania współczynników, równania zostały przekształcone tak, aby wszystkie zawierały logarytm przy podstawie 10.
[2)] Badaniami objęto tylko gatunki leśne.
[3)] W cytowanych publikacjach informacji tych nie podano.
R^2 – współczynnik determinacji, P – istotność statystyczna.
[1)] To make comparison easier all equations were transformed to logarithm at the base of 10.
[2)] The study covered wood species only.
[3)] No information was given in cited paper.
R^2 – determination coefficient, P – statistical significance.

była najważniejszą zmienną przy objaśnianiu zmienności liczby gatunków. Po zastosowaniu jednakowego modelu zależności między powierzchnią lasu (x) a liczbą gatunków (y), a mianowicie: $y = a + b \cdot \log_{10}(x)$, wariancja liczby gatunków w zadrzewieniach zależała od powierzchni zadrzewienia w zakresie od 32,7 (HINSLEY i IN. 1998) do 88,4% (CIEŚLAK i DOMBROWSKI 1993), czyli wartość uzyskana w badaniach własnych (55,3%) mieściła się mniej więcej w połowie tego zakresu (tab. 59).

Należy zauważyć, że dane w tabeli 59 nie są jednorodne, ponieważ dane z pracy HINSLEY i IN. (1998) dotyczyły wyłącznie gatunków leśnych. Miało to istotny wpływ na zróżnicowanie współczynnika determinacji, ponieważ dla tej grupy danych był on mniejszy (średnia wynosiła 59,7%) niż dla pozostałych grup danych (76,8%). Różnica ta była istotna statystycznie (test Manna-Whitneya: $U = 13$, $P < 0,05$). Współczynnik determinacji dla okolic Turwi był więc stosunkowo mały w porównaniu z wartościami uzyskanymi w badaniach obejmujących wszystkie gatunki ptaków.

Drugi wniosek, jaki nasuwa się na podstawie tego porównania, sygnalizowany już w rozdziale 5.2.1, to dość szybki wzrost liczby gatunków ptaków wraz z powierzchnią zadrzewień w okolicach Turwi. Miarą szybkości tego wzrostu jest wartość współczynnika „b" w równaniu. W tym przypadku niejednorodność danych w tabeli 59 nie miała znaczenia dla wartości tego współczynnika – różnice pomiędzy danymi w pracy HINSLEY i IN. (1998) a pozostałymi były nieistotne statystycznie (Test Manna-Whitneya: $U = 26$, $P > 0,3$), a więc całą grupę wyników można traktować jako jednorodną pod tym względem.

Z zestawienia w tabeli 59 widać, że znaczenie powierzchni lasu dla liczby gatunków ptaków jest zmienne. Istnieją zatem czynniki, które modyfikują znaczenie powierzchni lasu. Zmienność współczynników równania, obserwowana w tych badaniach, może zależeć od czynników „wewnętrznych", związanych ze strukturą środowiska (wielkość lasów, struktura roślinności), oraz „zewnętrznych", takich jak położenie biogeograficzne i struktura krajobrazu (HINSLEY i IN. 1995 b, 1998, MCCOLLIN 1993). W tym rozdziale rozpatrzono czynniki „wewnętrzne", a znaczeniu pozostałych poświęcono kolejne rozdziały.

Jeden z teoretycznie możliwych czynników to stosunkowo mała wielkość zadrzewień w okolicach Turwi. Wiadomo, że im powierzchnia zadrzewień jest większa, w tym mniejszym stopniu wzrost liczby gatunków wiąże się z dalszym zwiększaniem powierzchni. Na przykład w zakresie wielkości od 0,1 do 100 ha przyrost liczby gatunków jest najszybszy w zakresie do 5 ha, nieco wolniejszy w zakresie od 5 do 10 ha i coraz wolniejszy – powyżej 10 ha. Dlatego, gdy oblicza się współczynniki równania $S = a + b \cdot \log_{10}A$ na podstawie grupy mniejszych zadrzewień, można spodziewać się, że wartość „b" będzie większa niż gdyby tego dokonywano z wykorzystaniem zadrzewień większych. Jednak na

podstawie porównywanych grup zadrzewień nie można potwierdzić istnienia takiej zależności. Współczynnik „b" nie był istotnie skorelowany z żadną z dostępnych charakterystyk zadrzewień (tab. 58). Również wielkość próby (n) nie wpływała istotnie na wartość współczynnika „b". Na tę zależność zwracali uwagę HINSLEY i IN. (1998). Struktura danych (rozkład częstości wielkości lasów i zakres wielkości) ma więc raczej niewielki wpływ na wielkość współczynników równania określającego zależność liczby gatunków od wielkości powierzchni.

Drugim czynnikiem odpowiedzialnym za stosunkowo szybkie przyrastanie liczby gatunków wraz z przyrostem powierzchni zadrzewień w okolicach Turwi może być sprzyjający skład gatunkowy i wiek roślinności, co na Litwie wykazał KURLAVICIUS (1995), porównując równania dla różnych grup zadrzewień, różniących się typem drzewostanu. Niestety, ocena wpływu tego czynnika na omawianą zależność jest trudna do przeprowadzenia ze względu na brak danych (oprócz cytowanej publikacji KURLAVICIUSA 1995) lub na bardzo zróżnicowane podejście do oceny struktury roślinności w opublikowanych do tej pory pracach. W odniesieniu do danych z okolic Turwi można jednak przypuszczać, że wpływ ten nie był decydujący – roślinność zadrzewień w okolicach Turwi wydaje się typowa, a w części zadrzewień jest nawet niekorzystna, ponieważ drzewostan tworzy tam robinia, przy której podszyt jest zwykle bardzo ubogi, a runo monotonne, zdominowane przez trawy. W dodatku ulistnienie robinii rozwija się bardzo późno, bo pod koniec maja, co też nie jest czynnikiem sprzyjającym dla ptaków. Średni wiek drzewostanów na terenie badań także jest przeciętny, wynosi bowiem kilkadziesiąt lat, typ drzewostanu jest zróżnicowany, a poza tym wyboru zadrzewień dokonano na podstawie mapy, czyli losowo w odniesieniu do roślinności.

Pozostałe cechy struktury zadrzewień istotne dla liczby gatunków w okolicach Turwi to: współczynnik rozwinięcia granic, różnorodność drzewostanu oraz stopień pokrycia warstwy krzewów – wszystkie z kilkuprocentowym udziałem w wyjaśnianiu zmienności liczby gatunków. Wkład każdej z tych zmiennych z osobna nie był więc duży, ale należy zauważyć, że łącznie miały one ponad 15-procentowy udział w kształtowaniu się zmienności liczby gatunków ptaków. Ten istotny wpływ czynników innych niż powierzchnia lasu został także zauważony w innych badaniach. Autorzy stwierdzili w nich istotne znaczenie różnorodności drzewostanu (HOWE 1984, KURLAVICIUS 1995, CIEŚLAK 1985), rozmaicie wyrażanej różnorodności środowiska (MASON 2001, KURLAVICIUS 1995, CIEŚLAK i DOMBROWSKI 1993), pokrycia warstwy krzewów (HOWE 1984, CIEŚLAK 1985) oraz obwodu lasu (KURLAVICIUS 1995, CIEŚLAK 1985). Jednak niektóre czynniki zdają się zmniejszać bogactwo gatunkowe ptaków w małych zadrzewieniach. Do takich czynników w badaniach MCCOLLINA (1993) należało rozwinięcie granic.

Z kwestią liczby gatunków w zadrzewieniach ściśle wiąże się zagadnienie minimalnej powierzchni wystarczającej dla gniazdowania danego gatunku. Zgodnie z koncepcją „minimalnej powierzchni lasu", poszczególne gatunki związane z lasem są w różnym stopniu wrażliwe na jego rozdrobnienie (KURLAVICIUS 1995, CIEŚLAK i DOMBROWSKI 1993, HINSLEY i IN. 1995 b, MASON 2001, LOVE i IN. 1985). Na przykład według HINSLEY i IN. (1995 b) sikora uboga, słowik rdzawy i pierwiosnek nie gniazdowały w zadrzewieniach mniejszych niż 0,5 ha, MASON (2001) zauważył, że pokrzywnica, rudzik, kapturka, pierwiosnek, bogatka i modraszka unikały zadrzewień mniejszych niż 1 ha, a VAN DORP i OPDAM (1987) stwierdzili, że dla większości gatunków typowo leśnych prawdopodobieństwo gniazdowania w lasach większych niż 3 ha wynosiło jedynie ok. 60%. HINSLEY i IN. (1996) stwierdzili, że 100% szans na gniazdowanie gatunków typowo leśnych dotyczy jedynie lasów o powierzchni większej niż 10 ha. Według KURLAVICIUSA (1995), który klasyfikację sporządził, opierając się na danych CIEŚLAKA (1991), do gatunków zupełnie niewrażliwych (występujących w lasach o powierzchni mniejszej niż 0,1 ha) należą piecuszek i muchołówka żałobna, mało wrażliwymi gatunkami (notowanymi w lasach o powierzchni 0,1-0,5 ha) są słowik szary, zaganiacz, jarzębatka, piegża, drozdzik, pokrzywnica, rudzik, pleszka, gajówka, kapturka śpiewak, świstunka leśna, pierwiosnek, mysikrólik, sikora uboga, czarnogłówka, modraszka i bogatka, a umiarkowanie wrażliwymi (próg występowania 0,5-1 ha) – krętogłów, dzięcioł średni, kos, czubatka, wilga, muchołówka szara i sójka. Za gatunki wrażliwe (próg występowania 1-5 ha) autor ten uznał strzyżyka, muchołówkę małą, raniuszka, sosnówkę, kowalika i orzechówkę. Nieco inaczej tolerancja gatunków na rozdrobnienie lasów przedstawiała się w okolicach Turwi. Na przykład kos, uznany w innych badaniach (KURLAVICIUS 1995) za gatunek „umiarkowanie wrażliwy" (próg: 0,5-1 ha), w okolicach Turwi zasiedlał nawet zadrzewienia o powierzchni 0,08 ha i był jednym z gatunków występujących najczęściej. Podobnie gatunki stosunkowo wrażliwe na fragmentację (z progiem występowania ok. 1 ha) – kapturka, pierwiosnek, bogatka i modraszka (MASON 2001) – były obecne w okolicach Turwi nawet w zadrzewieniach najmniejszych, odpowiednio dla tych gatunków: 0,08, 0,29, 0,06 i 0,08 ha. Zaobserwowano także sytuację odwrotną – gatunki określane w innych badaniach jako mało wrażliwe (z niskim progiem występowania) w okolicach Turwi były nieliczne i występowały tylko w zadrzewieniach stosunkowo dużych. Do takich gatunków należały świstunka leśna (notowana bardzo rzadko w okolicach Turwi, jedynie w zadrzewieniach większych niż 2 ha – obserwacje własne), pokrzywnica (próg 3,44 ha) i strzyżyk, który gniazdował w zadrzewieniu co prawda niewielkim (0,63 ha), ale jest w zadrzewieniach gatunkiem bardzo rzadkim. Podsumowując wyniki badań, CIEŚLAK (1994) stwierdził, że gatunki naj-

bardziej wrażliwe na fragmentację, czyli wymagające dużych fragmentów lasów, to gatunki osiadłe, dziuplaki, roślinożerne, drapieżne, owadożerne zimujące w mieszanych stadach: kuraki, dzięcioły, sikory, kowalik, pełzacze i sowy. Natomiast dla gatunków wszystkożernych, migrujących i budujących otwarte gniazda na ziemi oraz na drzewach i w krzewach, silne rozdrobnienie lasów jest korzystne.

Na podstawie klasyfikacji dokonanych przez różnych autorów można zauważyć, że cecha minimalnej tolerowanej powierzchni jest niepewna, ponieważ jest ona zmienna geograficznie i czasowo. Ten drugi aspekt wiąże się z modelem FRETWELLA i LUCASA (1970), według którego zajmowanie środowisk suboptymalnych zależy od stopnia wysycenia środowisk optymalnych. Dlatego zmienność występowania danego gatunku typowo leśnego w zadrzewieniach może być silnie zależna od wielkości lokalnej populacji (HINSLEY i IN. 1996), a co za tym idzie – wpływać także na minimalną tolerowaną powierzchnię lasu. Jest to także przykład na to, że analiza związków pomiędzy ptakami a środowiskami ich życia wyłącznie na podstawie struktury tych środowisk, bez uwzględniania innych czynników, takich jak aspekt krajobrazowy, może prowadzić do błędnych interpretacji i wniosków (JOKIMÄKI i HUHTA 1996).

W związku ze zróżnicowanymi relacjami pomiędzy poszczególnymi gatunkami a powierzchnią zadrzewień, jej wpływ na poszczególne grupy środowiskowe gatunków, wyróżniane pod względem preferencji środowiskowych, jest również zróżnicowany. Niektórzy autorzy zwracali uwagę na to, że powierzchnia lasów ma największy wpływ na grupę gatunków preferujących wnętrze lasu (HINSLEY i IN. 1995 b, BELLAMY i IN. 1996 a), chociaż nie zawsze jest czynnikiem jedynym – np. towarzyszyła jej różnorodność struktury lasu (BELLAMY i IN. 1996 a). Natomiast dla innych grup ważniejsze były inne czynniki:

a) dla gatunków preferujących skraj lasu – powierzchnia lasu (wpływ pozytywny) i rozwinięcie granic (wpływ negatywny; MCCOLLIN 1993), różnorodność lasu i jego obwód (wpływ pozytywny; BELLAMY i IN. 1996 a),

b) dla gatunków ubikwistycznych – powierzchnia lasu (wpływ pozytywny) i rozwinięcie jego granic (wpływ negatywny; MCCOLLIN 1993).

Ten zróżnicowany wpływ powierzchni lasu na różne grupy gatunków nie we wszystkich badaniach był regułą. Według BLAKE'A i KARRA (1987) powierzchnia lasów była najważniejszym czynnikiem regulującym bogactwo gatunków różnych grup ptaków, z wyjątkiem gatunków migrujących na bliskie odległości, dla których najistotniejsza była struktura środowiska. Ci sami autorzy stwierdzili też, że małe lasy są korzystniejsze dla gatunków ubikwistycznych („generalistów"), a większe dla wyspecjalizowanych.

Wpływ struktury zadrzewień na liczebność (zagęszczenie populacji) ptaków

Większość autorów zanotowała także silny wpływ struktury zadrzewień na liczebność (zagęszczenie) ptaków, ale danych na ten temat jest dużo mniej, ponieważ w części prowadzonych badań nie uwzględniano w ogóle zagęszczeń ptaków, a jedynie liczbę gatunków. Na podstawie dostępnych danych można zauważyć, że zagęszczenie ptaków (czy też liczba par lęgowych) zależało od struktury zadrzewień w znacznie mniejszym stopniu niż liczba gatunków. Wszędzie potwierdzoną zależnością jest spadek zagęszczenia wraz ze wzrostem powierzchni zadrzewień. W badaniach własnych jedynie 54% zmienności w łącznym zagęszczeniu zależało od struktury zadrzewień, ale w odniesieniu do liczby par było to 86%. Różnica ta wymaga wyjaśnienia, ponieważ obie zmienne są ściśle powiązanymi ze sobą miarami obfitości ptaków. Przypuszczalnie modele dotyczące zagęszczenia ptaków są dużo słabsze od modeli opartych na liczbie par, ponieważ już przy obliczaniu zagęszczeń wprowadza się dodatkowe źródło zmienności – wielkość lasu (liczbę par dzielimy przez jednostkę powierzchni). Dodatkowo wielkość lasu jest także zmienną niezależną. Podobnie KURLAVICIUS (1995) uzyskał w modelu regresji krokowej bardzo silną zależność między liczbą par lęgowych a strukturą lasów (89,2%). W badaniach własnych najważniejszym czynnikiem była powierzchnia lasu, a następnie – już z dużo słabszym wpływem – współczynnik rozwinięcia granic, różnorodność drzewostanu, jego typ oraz pokrycie runa (negatywny wpływ tego ostatniego), Natomiast w badaniach KURLAVICIUSA (1995) najważniejsze były: powierzchnia lasu (prawie 80% udziału w wyjaśnianiu zmienności liczby par) i pokrycie podokapu (9,5% udziału). Podobnie jak w okolicach Turwi, zmienność łącznego zagęszczenia ptaków na Litwie zależała od uwzględnianych czynników środowiskowych znacznie słabiej (w 41,5%) niż zmienność liczby par lęgowych (jak wyżej wspomniano – 89,2%). Najważniejszymi czynnikami były tam udział świerka, pokrycie podokapu, łącznie pokrycie roślinności drzewiastej i powierzchnia lasu (z wpływem negatywnym), a z innych czynników – udział granicy lasu stykającego się z wodą. Z tych analiz wynika, że znacznie lepsze możliwości prognozowania zmian liczebności ptaków zadrzewień przez budowanie modeli zależności ze środowiskiem stwarza wykorzystywanie liczby par, a nie zagęszczenia ptaków. Oprócz wspomnianego już źródła błędu w pomiarze zagęszczeń, bardzo istotna jest także cecha części gatunków ptaków występujących w zadrzewieniach. Niektóre z nich wymagają dwóch środowisk – lasu oraz terenów otwartych (do budowy gniazd lub do żerowania, jak np. trznadle czy dzierzby). Ich zagęszczenie jest obliczane w taki sam sposób jak zagęszczenie gatunków, które swoje terytoria, czy nawet areały osobnicze, mieszczą całkowicie wewnątrz lasu. Zagęszczenie tych dwuśrodowiskowych gatunków jest za-

wyżone, ponieważ jest obliczane w odniesieniu do znacznie mniejszego obszaru niż obszar zasiedlany i wykorzystywany w rzeczywistości. Ten metodyczny problem był poruszany wielokrotnie (np. ESTADES 2001). Część badaczy, aby uniknąć tego kłopotu koncentrowała się wyłącznie na gatunkach typowo leśnych (HINSLEY i IN. 1998). Dane własne także potwierdzają, że w im większym stopniu rozważane gatunki preferują wnętrze lasu, tym silniej ich występowanie zależy od struktury zadrzewień. Na przykład liczba par gatunków ekotonowych zależała od struktury zadrzewień w 62%, gatunków leśnych preferujących skraj lasu – w 77%, a gatunków leśnych bez wyraźnych preferencji co do poszczególnych stref lasu – w 85%. Wyjątkiem były gatunki wnętrza lasu, których liczba zależała od struktury lasu jedynie w 44%. Wiąże się to przypuszczalnie z wrażliwością tej grupy ptaków na inne czynniki, związane ze strukturą krajobrazu (zob. rozdz. 4.3.3).

Związek pomiędzy ogólną liczebnością ptaków a strukturą zadrzewień jest zapewne w przeważającej mierze rezultatem związków pomiędzy strukturą środowiska i krajobrazu a liczebnością poszczególnych gatunków. Autorzy publikacji, którzy badali związki pomiędzy strukturą lasów a poszczególnymi gatunkami (zwłaszcza ich wrażliwością na rozdrobnienie lasów), stwierdzali silnie zróżnicowany charakter tych związków (BLAKE i KARR 1987, MASON 2001). Bardzo zróżnicowanymi relacjami pomiędzy poszczególnymi gatunkami a strukturą zadrzewień charakteryzowały się także zgrupowania ptaków w okolicach Turwi (zob. rozdz. 4.3.1). Najmniejsza tolerowana wielkość lasu różniła się znacznie w odniesieniu do poszczególnych gatunków, a i związki między strukturą zadrzewienia a liczbą par dla lasów o powierzchni większej niż ten próg były silnie indywidualistyczne. Mamy tu do czynienia z pełnym spektrum możliwości – od braku jakiejkolwiek zależności u mazurka i gąsiorka po bardzo silną zależność u zięby i kapturki, przy czym dla poszczególnych gatunków zależnych od struktury zadrzewienia istotne były bardzo różne jej aspekty (tab. 18). Jednak pomimo tej różnorodności, daje się zauważyć pewne regularności, opisane w rozdziale 4.3.1, tj. zróżnicowaną zależność od struktury w obrębie poszczególnych grup środowiskowych.

5.3.2. Oddziaływanie struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień na zgrupowania ptaków

Temu aspektowi zależności pomiędzy zgrupowaniami ptaków w małych lasach o charakterze wysp a środowiskiem poświęcano w przeszłości niewiele uwagi. W badaniach własnych wykazano, że część zgrupowania ptaków znajduje się pod wpływem środowisk bezpośrednio przylegających do zadrzewień.

Ważna jest ich mozaikowatość i udział poszczególnych głównych typów środowisk. Analiza przeprowadzona dla poszczególnych gatunków wykazała, że oddziaływanie struktury bezpośredniego sąsiedztwa jest – zgodnie z oczekiwaniami – najsilniejsze dla gatunków ekotonowych, a niezauważalne dla ptaków wnętrza lasu i leśnych „generalistów", z wyjątkiem słowika rdzawego. W odniesieniu do całych grup środowiskowych, struktura bezpośredniego sąsiedztwa miała znaczenie dla grupy gatunków ekotonowych, oddziałując zarówno na liczbę gatunków tych ptaków w poszczególnych zadrzewieniach, jak i na liczbę par lęgowych. Dla ptaków tych istotna była zmienna BS1_DIV. Im większa była jej wartość (wyrażająca się większym wskaźnikiem różnorodności H' i większą fragmentacją środowisk), tym bardziej ta część zgrupowania była bogata zarówno pod względem liczby gatunków, jak i liczebności. Zgodnie z potwierdzoną hipotezą roboczą, że oddziaływanie struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie powinno być najsilniejsze dla gatunków ekotonowych, a najsłabsze dla gatunków z grupy leśnych „generalistów" i gatunków wnętrza lasu można stwierdzić, że bezpośrednie sąsiedztwo ma znaczący wpływ na kształtowanie się zgrupowań ptaków w małych zadrzewieniach śródpolnych. WILSON i IN. (2005) stawiają wręcz tezę, że odwrócenie trendu ujednolicania struktury zasiewów i przywrócenie mozaikowatości upraw może być warunkiem złagodzenia negatywnego wpływu intensyfikacji rolnictwa na awifaunę terenów rolniczych. Pozytywny wpływ obecności mozaiki roślinności w obrębie pól uprawnych na parametry populacyjne i przebieg ich procesów demograficznych (zagęszczenie, sukces lęgowy i kondycję piskląt) wykazano eksperymentalnie w Anglii (MORRIS i IN. 2004) dla skowronka. Chociaż jest to gatunek agrocenoz, to można oczekiwać, że mozaikowata struktura tych biocenoz jest także korzystna dla ptaków ekotonu polno-leśnego, głównie dzięki zwiększonym możliwościom efektywniejszego żerowania.

W innych badaniach podkreślano dodatni wpływ sąsiedztwa dużych kompleksów leśnych na liczbę gatunków w małych lasach, widoczny zwłaszcza dla lasów o wielkości do 1 ha, a malejący stopniowo wraz z ich wielkością (CIEŚLAK 1985). Świadczy to o pewnej zależności bogactwa gatunkowego najmniejszych wysp leśnych od większych kompleksów leśnych, które odgrywają rolę źródła, analogicznie jak w modelu źródło-ujście (PULLIAM 1988, 1996). Także w odniesieniu do zadrzewień pasowych PARISH i IN. (1994) wykazali, że bezpośrednie otoczenie tych zadrzewień wywiera istotny wpływ na zasiedlające je zgrupowania ptaków. Z badań tych autorów wynika, że żywopłoty położone wśród pastwisk charakteryzowały się bogatszą awifauną niż żywopłoty sąsiadujące z polami uprawnymi. Natomiast JOKIMÄKI i HUHTA (1996) zauważyli, że dla części gatunków (np. dla piecuszka) lub całych grup ptaków (ptaków lasów gospodarczych, leśnych „generalistów", gatunków skraju lasu) struktura środo-

wiska wokół małych lasów jest nawet ważniejsza od warunków panujących wewnątrz takich zadrzewień. Według tych autorów zmienność poszczególnych gatunków lub ich grup zależy od struktury bezpośrednio przyległych terenów w 3-47%. Podkreślili oni także bardzo silne zindywidualizowanie reakcji gatunków ptaków na strukturę środowiska w sąsiedztwie badanych lasów.

5.3.3. Znaczenie struktury krajobrazu (tzw. kontekstu krajobrazowego)

Wyniki dotychczasowych badań uwzględniających wpływ struktury krajobrazu na bogactwo zgrupowań ptaków w małych lasach były bardzo zróżnicowane. Część badań dotyczyła całości zgrupowań, a część koncentrowała się na poszczególnych gatunkach.

Wpływ struktury krajobrazu na awifaunę zadrzewień na poziomie całych zgrupowań

Jednym z najbardziej uogólnionych spostrzeżeń było to, że nachylenie linii ilustrującej zależność pomiędzy powierzchnią i liczbą gatunków było skorelowane negatywnie z udziałem lasów w krajobrazie (HINSLEY i IN. 1998). Oznacza to, że zależność liczby gatunków od powierzchni lasu jest słabsza na obszarach o dużej lesistości niż na obszarach o małej lesistości. Ci sami badacze zauważyli też, że wraz ze zwiększaniem się udziału lasów wzrastała liczba gatunków migrujących, podobnie jak w USA, gdzie liczba gatunków neotropikalnych migrantów dużo bardziej zależała od powierzchni lasów niż liczba gatunków osiadłych (BLAKE i KARR 1987). HOWE (1984) odkrył, że mała odległość od lasu o powierzchni większej niż 100 ha wpływała pozytywnie na liczbę gatunków. Podobny rezultat uzyskał MASON (2001), który stwierdził negatywny (ale nieistotny) związek pomiędzy liczbą gatunków a odległością od lasów o powierzchni większej niż 20 ha. Odmienny wpływ struktury krajobrazu na liczbę gatunków wnętrza lasu i skraju lasu opisali BELLAMY i IN. (1996 a), którzy stwierdzili pozytywny związek liczby gatunków leśnych z udziałem lasów w krajobrazie, ich różnorodnością oraz stopniem połączeń pomiędzy lasami, a negatywny – z izolacją lasów i zagęszczeniem granic lasu. Duże znaczenie dla gatunków skraju lasu miały zagęszczenie granic lasu, różnorodność lasów i stopień izolacji od innych lasów. Również VAN DORP i OPDAM (1987) zaobserwowali pozytywny wpływ udziału lasów, ich liczby, stopnia izolacji oraz zagęszczenia korytarzy ekologicznych. Izolacja (wyrażana w różny sposób) była szczególnie ważna dla całkowitej liczby gatunków oraz dla gatunków wnętrza lasu, natomiast dla ptaków skraju lasu zależności te okazały się istotne tylko wyjątkowo – w jednym z regionów.

Część badań prowadzono w odniesieniu do poszczególnych gatunków. HINSLEY i IN. (1995 b) stwierdzili, że zmienne krajobrazowe były ważne i dla gatunków leśnych, i dla gatunków terenów otwartych. Na przykład zagęszczenie żywopłotów zwiększało szansę występowania w zadrzewieniach takich gatunków, jak raniuszek, rudzik, gil, gajówka i kapturka, a udział lasów w otoczeniu zadrzewień był istotny dla raniuszka, dzięcioła dużego i zięby. Okazało się także, że im mniejsza odległość od dużego lasu, tym większa szansa na gniazdowanie pełzacza leśnego. Jednak wzrost udziału lasów wpływał na spadek liczebności mazurka.

VAN DORP i OPDAM (1987) badali znaczenie struktury krajobrazu dla wystąpienia poszczególnych gatunków. Zidentyfikowali (za pomocą regresji logistycznej) silne związki z krajobrazem dla 11 gatunków, w tym:

- negatywny wpływ odległości między lasami – dla dzięcioła zielonego, sikory ubogiej, raniuszka i turkawki;
- pozytywny wpływ udziału lasów w sąsiedztwie – dla powyższych gatunków oraz dla kowalika i wilgi;
- pozytywny wpływ liczby lasów w sąsiedztwie – dla dzięcioła zielonego, sikory ubogiej i kowalika;
- pozytywny wpływ zadrzewionych brzegów rzek w sąsiedztwie – dla dzięcioła dużego, turkawki, strzyżyka i rudzika;
- pozytywny wpływ alei – dla wilgi.

W badaniach nad drapieżnikiem – cykadojadem jasnogłowym – także stwierdzono, że na zasiedlanie poszczególnych zadrzewień wiatrochronnych wpływa nie tylko ich wielkość (powierzchnia), lecz także struktura środowiska w ich otoczeniu (LOVE i IN. 1985). Gatunek ten chętniej zajmował pasy wiatrochronne otoczone bardziej naturalną roślinnością, z mniejszą ilością terenów rolniczych, gospodarstw i dróg, preferując mozaikową strukturę krajobrazu.

W bardziej kompleksowych badaniach, prowadzonych w różnej skali, JOKIMÄKI i HUHTA (1996) rozpoznali znaczący wpływ struktury krajobrazu na liczebność części gatunków. Struktura krajobrazu pozwalała objaśniać 20-37% zmienności liczebności poszczególnych gatunków, ale związki z nią były bardzo indywidualistyczne i obejmowały różne aspekty. W badaniach PEARSONA (1993) oraz MCGARIGALA i MCCOMBA (1995) udział struktury krajobrazu w kształtowaniu się liczebności poszczególnych gatunków był nawet większy i wynosił do 50%.

Aspektem struktury krajobrazu budzącym kontrowersje, jeśli chodzi o jej znaczenie dla zmienności liczebności ptaków, jest obecność korytarzy ekologicznych łączących ze sobą wyspy leśne. Wątpliwości wzbudza przede wszystkim fakt, na ile istotne mogą być korytarze, skoro wiele gatunków podczas

sezonowych migracji pokonuje wiele tysięcy kilometrów. Niemniej wykazano pozytywny wpływ obecności korytarzy na występowanie kilku gatunków w izolowanych małych lasach. Na przykład CLERGEAU i BUREL 1997 stwierdzili, że obecność pełzaczy leśnych w zadrzewieniach we Francji zależała nie tylko od odległości od zadrzewień, ale także od ilości połączeń między tymi zadrzewieniami, a HAASS (1995) wykazała, że przemieszczenia dorosłych ptaków między zadrzewieniami zdarzały się znacznie częściej, gdy były one połączone z innymi za pomocą zadrzewień liniowych.

Wyniki badań przeprowadzonych zarówno przed próbą podsumowania wiedzy na temat ważności struktury krajobrazu dla występowania gatunków w wyspach środowiskowych (MAZEROLLE i VILLARD 1999), jak i po niej są niejednoznaczne i zdają się wskazywać na stosunkowo słaby wpływ struktury krajobrazu wokół rozpatrywanych wysp. Wpływ ten jest znaczny w odniesieniu do niektórych gatunków, dla części z nich jest zupełnie niezauważalny, a w odniesieniu do cech całych zgrupowań, takich jak liczba gatunków i zagęszczenie, jest znacznie słabszy od znaczenia struktury samych wysp – środowisk życia ptaków. Niniejsze opracowanie, oparte prawdopodobnie na najdokładniejszej i najwszechstronniejszej jak do tej pory analizie struktury krajobrazu wokół małych zadrzewień, wskazuje na to, że im niższy jest poziom prowadzonych analiz, tym znaczenie struktury krajobrazu jest bardziej zauważalne. Na przykład dla 40% analizowanych gatunków wpływ struktury krajobrazu (różnych jej aspektów) był istotny statystycznie, dla całych grup środowiskowych wpływ ten był słabiej zaznaczony, a w odniesieniu do całych zgrupowań – jeszcze mniejszy w porównaniu ze znaczeniem struktury zadrzewień.

Zebrane dane wyraźnie pokazują, że podstawową rolę w procesie kształtowania się zgrupowań ptaków w zadrzewieniach odgrywają indywidualistyczne, zależne od gatunku, relacje ze środowiskiem – zarówno w skali danego zadrzewienia, jak i w skali krajobrazu. Oddziaływania biotyczne pomiędzy gatunkami (konkurencja, kooperacja i inne interakcje) wydają się nie odgrywać istotnej roli. Tym samym, odnosząc się do trwającej już prawie 100 lat kontrowersji na temat istoty zespołów, zgrupowania ptaków wykazują cechy zespołu w „indywidualistycznym" ujęciu GLEASONA (1926), czyli zespołu rozumianego jako grupa gatunków występujących w jednym czasie na danym obszarze na skutek indywidualnych preferencji środowiskowych. Natomiast koncepcja „superorganizmu" CLEMENTSA (1916) nie sprawdza się w odniesieniu do zgrupowań ptaków w zadrzewieniach.

5.3.4. Inne czynniki

Oprócz czynników oddziałujących w skali lokalnej (czy to w obrębie zadrzewienia, czy to w otaczającym je krajobrazie) istotne są też czynniki inne, uzależnione od położenia biogeograficznego. Szerokie badania porównawcze na ten temat, obejmujące różne obszary w Europie, przeprowadzili HINSLEY i IN. (1998). Wykazali oni wyraźny związek pomiędzy różnymi aspektami biogeograficznymi a zgrupowaniami ptaków w małych lasach rozmieszczonych w krajobrazie rolniczym. Okazało się, że:

- bogactwo gatunkowe i udział gatunków osiadłych w zgrupowaniu spada, a udział migrantów rośnie wraz szerokością geograficzną;
- im dalej na północ, tym mniejsza jest liczba osiadłych gatunków typowo leśnych;
- liczba gatunków migrujących rośnie wraz z długością geograficzną wschodnią, co może też być rezultatem wzajemnej korelacji z udziałem lasów, który zwiększa się ku wschodowi;
- współczynniki równań opisujących zależność między powierzchnią lasu a liczbą gatunków zmniejszały swoje wartości (*slope* i *intercept*) wraz ze wzrostem szerokości geograficznej (ku północy).

To ostatnie stwierdzenie może być także pomocne w wyjaśnieniu dość szybkiego tempa wzrostu liczby gatunków wraz z wielkością zadrzewień w okolicach Turwi, na co zwrócono uwagę już wcześniej. Jak zauważyli HINSLEY i IN. (1998), związek ten staje się coraz słabszy wraz z szerokością geograficzną. Według równania, które wyznaczyli (w nawiasach podano odchylenie standardowe):

$$\text{nachylenie} = 43{,}6\ (\pm 3{,}03) - 0{,}692\ (\pm 0{,}056) \cdot (\text{szerokość geograficzna}),$$

można oczekiwać, że dla okolic Turwi, położonej na szerokości geograficznej 52°, nachylenie prostej, czyli współczynnik „b", powinno wynosić około 7,6, czyli o 0,8 mniej niż jest w rzeczywistości. Brakuje możliwości, by ocenić statystyczną istotność tej różnicy, ale można ocenić w przybliżeniu, że tempo przyrostu liczby gatunków wraz ze wzrostem powierzchni zadrzewień jest mniej więcej zgodne z biogeograficzną regułą opisaną przez HINSLEY i IN. (1998). Korelacja ta staje się słabsza, im dalej na północ, ponieważ pula gatunków potencjalnie zdolnych do zasiedlania zadrzewień staje się coraz mniejsza, podobnie jak ogólne bogactwo gatunkowe danego obszaru.

Kilku autorów zwróciło też uwagę na znaczenie wielkości lokalnej populacji dla zasiedlania małych lasów śródpolnych. HINSLEY i IN. (1996) zauważyli, że rozmieszczenie części gatunków w małych lasach może być silnie uzależnione

od wielkości populacji lokalnej, silniej nawet niż od wielkości lasów. Polega to na tym, że dla części gatunków zadrzewienia i małe lasy śródpolne są środowiskami suboptymalnymi, i jako takie są zasiedlane w dalszej kolejności – dopiero po nasyceniu pojemności dużych kompleksów leśnych. Jeśli więc populacja lokalna jest na tyle liczna, że lasy jej nie wystarczają, to wówczas są zasiedlane środowiska suboptymalne, czyli małe lasy śródpolne lub zadrzewienia. A to, w jakim stopniu są zasiedlane, zależy właśnie od tego, jaka część populacji nie zdołała znaleźć miejsc do rozrodu w lasach. Także już wcześniej VAN DORP i OPDAM (1987) stwierdzili, że wielkość populacji wpływa na prawdopodobieństwo wystąpienia danego gatunku w małych lasach, a BELLAMY i IN. (1996 b) zauważyli, że prawdopodobieństwo lokalnego zanikania dla wszystkich spośród analizowanych przez nich ośmiu gatunków było tym mniejsze, im większa była liczebność populacji, ale znacznie się różniło między gatunkami i latami.

5.3.5. Znaczenie struktury zadrzewień, środowiska w ich bezpośrednim sąsiedztwie i krajobrazu dla wymiany gatunków

W okolicach Turwi tempo wymiany gatunków zależało przede wszystkim od struktury zadrzewień, a najważniejszymi czynnikami były powierzchnia zadrzewienia, a następnie typ drzewostanu (drzewostanom liściastym towarzyszyło mniejsze tempo wymiany gatunków). Silny wpływ wielkości lasu na tempo wymiany gatunków stwierdził także MASON (2001), wykazując, że im większa jest powierzchnia lasu, tym wolniejsze tempo wymiany gatunków.

Struktura środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień nie odgrywała żadnej roli, natomiast struktura krajobrazu miała znaczenie dla tempa wymiany gatunków w dwóch z trzech lat badań, natomiast dla średniego tempa – nie. W dodatku w każdym z tych dwóch lat z tempem wymiany gatunków były skorelowane inne czynniki, a współczynniki determinacji w modelu regresji krokowej były niewielkie – od 0,12 do 0,26. Związki między wymianą gatunków a strukturą krajobrazu były więc raczej słabe. Choć należy zauważyć, że i wpływ struktury zadrzewień na tempo wymiany gatunków był stosunkowo nieduży (współczynnik determinacji r^2 modelu wynosił 0,36).

Analizy przeprowadzone przez TWORKA (2002) sugerują, że otoczenie wysp środowiskowych ma wpływ na wymianę gatunków ptaków, jednak jest to widoczne raczej na niższych poziomach organizacyjnych. Już w odniesieniu do grup gatunków reprezentujących podobne wyróżnione przez tego autora strategie życiowe, związki między strukturą środowiska wysp środowiskowych oraz strukturą krajobrazu a tempem wymiany gatunków były silniejsze niż dla całych zgrupowań (r^2 modelu regresji krokowej wynosiło od 0,42 do 0,71). Dodatkowo

dla czterech z pięciu wyróżnionych grup w modelach objaśniających zmienność tempa wymiany gatunków znalazły się także zmienne opisujące strukturę najbliższego otoczenia. Prawdopodobnie, gdy analizy prowadzi się na poziomie całych zgrupowań, związki te nie są tak wyraźne z powodu efektów kompensowania się znaczenia poszczególnych grup czynników.

Jednak wyniki badań prowadzonych w okolicach Turwi, w których analizy struktury środowiska przeprowadzono bardziej wszechstronnie niż w dotychczasowych pracach, nie potwierdziły istnienia takich zależności. Tempo wymiany gatunków w obrębie poszczególnych grup środowiskowych zależało prawie wyłącznie (oprócz jednego problematycznego wyjątku, tj. gatunków wnętrza lasu) od struktury zadrzewień. Wydaje się zatem, że związki pomiędzy tempem wymiany gatunków a strukturą krajobrazu wokół zadrzewień są bardzo zmienne przestrzennie, lub też stosowane do tej pory metody oceny tych związków prowadzą do sprzecznych wniosków, ponieważ nie były dobrane odpowiednio do problemu.

Niektórzy badacze stwierdzali wpływ struktury krajobrazu na występowanie (zanikanie i ponowne pojawianie się) poszczególnych gatunków w małych wyspach – zadrzewieniach. BELLAMY i IN. (1996 b) ocenili, że prawdopodobieństwo zaniknięcia części gatunków (strzyżyka, śpiewaka i modraszki) zależało od jakości środowiska danej wyspy środowiskowej, natomiast bogatki i zięby – od struktury krajobrazu, ponieważ przypadki zanikania danego gatunku były istotnie częstsze, gdy ilość lasów była mniejsza. Według tych autorów rekolonizacja jest dużo słabiej zależna od struktury wysp – tylko dla śpiewaka zdarzała się ona istotnie częściej, jeśli las bardziej odpowiadał preferencjom tego gatunku.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Bogactwo gatunkowe i zagęszczenie ptaków w niewielkich zadrzewieniach, zajmujących łącznie zwykle 1-3% powierzchni terenów rolniczych, jest duże. To dzięki zadrzewieniom różnorodność awifauny lęgowej terenów, na których prowadzi się intensywną gospodarkę rolną, może być stosunkowo duża i kształtować się na poziomie około 60-80 gatunków (czyli około 1/3-1/4 awifauny lęgowej Polski).

2. Likwidacja zadrzewień na danym obszarze spowodowałaby wycofanie się lub radykalne zmniejszenie populacji takiej właśnie liczby gatunków, włączając w to gatunki typowo leśne, choć przeważają tu gatunki skraju lasu oraz gatunki ekotonu polno-leśnego.

3. Zgrupowanie ptaków lęgowych poszczególnych zadrzewień jest bardzo zmienne i podlega różnym wahaniom, ale w odniesieniu do całego krajobrazu liczba gatunków ptaków oraz ich łączne zagęszczenie są wysoce stabilne. Oznacza to, że ochronę różnorodności awifauny na terenach rolniczych można – z braku innych możliwości wobec konieczności intensyfikacji rolnictwa – oprzeć na utrzymaniu systemu drobnych, ale licznych zadrzewień położonych wśród pól, łąk i pastwisk.

4. Zgrupowania ptaków mają indywidualistyczny charakter – znaczenie struktury środowiska i krajobrazu jest tym wyraźniej zaznaczone, im niższy poziom organizacji zgrupowań bierze się pod uwagę. Najostrzej są zaznaczone zależności gatunków od struktury środowiska i krajobrazu, nieco słabiej – zależności grup środowiskowych, a najsłabiej – zależności całych zgrupowań.

5. Najważniejsze znaczenie w kształtowaniu się zgrupowań ptaków lęgowych w zadrzewieniach ma ich powierzchnia, zgodnie z dobrze poznaną, uniwersalną regułą zwiększania się liczby gatunków wraz z badaną powierzchnią. Należy jednak podkreślić, że zdolności adaptacyjne wielu gatunków ptaków, nawet z grupy tych typowych dla wnętrza lasu, są znaczne. Gatunki te zasiedlają – choć mniej licznie niż np. gatunki ekotonu polno-leśnego – nawet bardzo małe zadrzewienia.

6. Oprócz powierzchni zadrzewień znaczenie dla zgrupowań ptaków miały też inne aspekty ich struktury. Zauważono następującą prawidłowość: im bardziej grupa środowiskowa preferuje życie na skraju lasu, tym mniej liczy się struktura zadrzewień, a rośnie znaczenie ich otoczenia, natomiast im bardziej grupa gatunków preferuje wnętrze lasu, tym mniej liczą się aspekty struktury zadrzewień nie dotyczące drzewostanu, czyli podszytu i runa.

7. Struktura środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień odgrywa istotną rolę w kształtowaniu się zgrupowań ptaków w zadrzewieniach. Duże pozytywne znaczenie ma zwłaszcza mozaikowatość i – dla kilku gatunków – udział pól uprawnych. Oddziaływanie tych czynników jest najsilniejsze dla gatunków ekotonowych, a niezauważalne dla ptaków wnętrza lasu.

8. Znaczący wpływ na kształtowanie się zgrupowań ptaków w zadrzewieniach ma też struktura krajobrazu. Wpływ ten jest bardzo silnie zróżnicowany w zależności od poziomu organizacji zgrupowania, którego dotyczą prowadzone analizy. Jest on stosunkowo mało zauważalny w odniesieniu do całego zgrupowania, natomiast ma duże znaczenie dla poszczególnych gatunków lub ich grup, zwłaszcza dla ptaków leśnych.

9. Na stabilność zgrupowań ptaków oraz na tempo wymiany gatunków wpływa pozytywnie powierzchnia zadrzewień, ale korzystny, choć niewielki wpływ na zgrupowania mają także niektóre aspekty struktury krajobrazu, takie jak mozaikowatość oraz obecność łąk.

Należy zatem podkreślić, że istotny wpływ na zgrupowania ptaków zadrzewień mają wszystkie trzy badane składowe środowiska życia ptaków – struktura zadrzewień, struktura środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień i struktura krajobrazu. Dopiero uwzględnienie oddziaływania tych trzech grup czynników na ptaki umożliwia pełniejsze zrozumienie przyczyn zróżnicowania awifauny krajobrazu rolniczego w przestrzeni i jej zmian zachodzących w czasie, a tym samym umożliwia jej skuteczną ochronę przez świadome kształtowanie środowiska na terenach rolniczych.

ANEKS

Aneks 1

Korelacje rang Spearmana pomiędzy cechami ilościowymi roślinności w zadrzewieniach
Spearman rank correlations between quantitative vegetation variables in afforestations

Korelowane zmienne Correlated variables	Współczynnik korelacji Correlation coefficient r_s	Stopnie swobody Degrees of freedom t	Istotność Significance P
DRZ_DIVER, DRZ_POK	–0,11	–0,86	n. i.
DRZ_DIVER, POD_POK	0,48	4,30	0,0001
DRZ_DIVER, KRZ_POK	0,12	0,98	n. i.
DRZ_DIVER, RUN_POK	–0,23	–1,82	n. i.
DRZ_DIVER, RUN_DWU	0,23	1,88	n. i.
DRZ_POK, POD_POK	–0,05	–0,39	n. i.
DRZ_POK, KRZ_POK	–0,02	–0,17	n. i.
DRZ_POK, RUN_POK	–0,14	–1,14	n. i.
DRZ_POK, RUN_DWU	0,13	1,03	n. i.
POD_POK, KRZ_POK	0,26	2,10	0,040
POD_POK, RUN_POK	–0,29	–2,38	0,020
POD_POK, RUN_DWU	0,43	3,77	0,0004
KRZ_POK, RUN_POK	–0,32	–2,62	0,011
KRZ_POK, RUN_DWU	0,13	1,03	n. i.
RUN_POK, RUN_DWU	–0,23	–1,82	n. i.

Objaśnienia: DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez piętro koron drzew, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział procentowy roślin dwuliściennych w runie, n. i. – $P > 0,05$.

Explanations: DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer, n. i. – $P > 0.05$.

Aneks 2

Zależności w obrębie grupy zmiennych jakościowych opisujących strukturę zadrzewień
Relationships within group of qualitative variables describing afforestation structure

Korelowane zmienne Correlated variables	Współczynnik kontyngencji C i V-Cramera Contingency coefficient C and V-Cramer's	Stopnie swobody Degrees of freedom	χ^2	Istotność Significance P (χ^2)
DOMINANT – DRZ_TYP	C = 0,716, V = 0,593	9	52,70	0,0001
DOMINANT – WODA	C = 0,473, V = 0,536	3	14,39	0,002
DOMINANT – WILG	C = 0,575, V = 0,498	6	24,76	0,0004
DRZ_TYP – WODA	C = 0,265, V = 0,275	3	4,85	n. i.
DRZ_TYP – WILG	C = 0,275, V = 0,203	6	5,27	n. i.
WODA – WILG	C = 0,491, V = 0,563	2	20,31	0,0001

Objaśnienia: DOMINANT – gatunek dominujący w drzewostanie, DRZ_TYP – typ drzewostanu, WODA – obecność wód powierzchniowych, WILG – wilgotność środowiska, n. i. – P > 0,05.

Explanations: DOMINANT – species dominating in tree stand, DRZ_TYP – tree stand type, WODA – presence of surface water, WILG – habitat wetness, n. i. – P > 0.05.

Aneks 3

Korelacja rang Spearmana pomiędzy wielkością zadrzewień (AREAŁ) i rozwinięciem granic (WSP_ROZW) a ilościowymi cechami roślinności
Spearman rank correlation – afforestation area (AREAŁ) and shape index (WSP_ROZW) vs. quantitative vegetation variables

Korelowane zmienne Correlated variables	Współczynnik korelacji Correlation coefficient r_s	Stopnie swobody Degrees of freedom t	Istotność Significance P
AREAŁ, DRZ_DIVER	0,28	2,32	0,024
AREAŁ, DRZ_POK	0,08	0,60	n. i.
AREAŁ, POD_POK	0,26	2,15	0,035
AREAŁ, KRZ_POK	–0,04	–0,32	n. i.
AREAŁ, RUN_POK	–0,20	–1,60	n. i.
AREAŁ, RUN_DWU	–0,03	–0,26	n. i.
WSP_ROZW, DRZ_DIVER	–0,19	–1,49	n. i.
WSP_ROZW, DRZ_POK	0,23	1,85	n. i.
WSP_ROZW, POD_POK	0,03	0,26	n. i.
WSP_ROZW, KRZ_POK	0,12	0,99	n. i.
WSP_ROZW, RUN_POK	0,07	0,57	n. i.
WSP_ROZW, RUN_DWU	0,10	0,78	n. i.

Objaśnienia: AREAŁ – powierzchnia zadrzewienia, WSP_ROZW – współczynnik rozwinięcia granic, DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez piętro koron drzew, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział procentowy roślin dwuliściennych w runie, n. i. – $P > 0,05$.

Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer, n. i. – $P > 0.05$.

Aneks 4

Związek (ANOVA) pomiędzy powierzchnią zadrzewienia (AREAŁ) i rozwinięciem granic (WSP_ROZW) a typem drzewostanu (DRZ_TYP), dominantem w drzewostanie (DOMINANT), wilgotnością środowiska (WILG) i obecnością wody (WODA)
Afforestation area (AREAŁ) and shape index (WSP_ROZW) vs. tree stand type (DRZ_TYP), dominating species in tree stand (DOMINANT), habitat wetness (WILG) and presence of surface water (WODA) in ANOVA

Korelowane zmienne Correlated variables	Stopnie swobody Degrees of freedom	N	F	Istotność Significance P
AREAŁ, DRZ_TYP	3	60	0,80	n. i.
AREAŁ, DOMINANT	3	46	0,62	n. i.
AREAŁ, WILG	2	61	1,36	n. i.
AREAŁ, WODA	1	62	0,11	n. i.
WSP_ROZW, DRZ_TYP	3	60	0,86	n. i.
WSP_ROZW, DOMINANT	3	46	2,54	n. i.
WSP_ROZW, WILG	2	61	0,52	n. i.
WSP_ROZW, WODA	1	62	0,07	n. i.

n. i. – P > 0,05
n. i. – P > 0.05

Aneks 5

Zależności pomiędzy zmiennymi z grup b) i c) w testach ANOVA, Kruskala-Wallisa (K-W) i Manna-Whitneya (U)
Relationships between variables from groups b) and c) in ANOVA, Kruskal-Wallis (K-W) and Mann-Whitney (U) tests

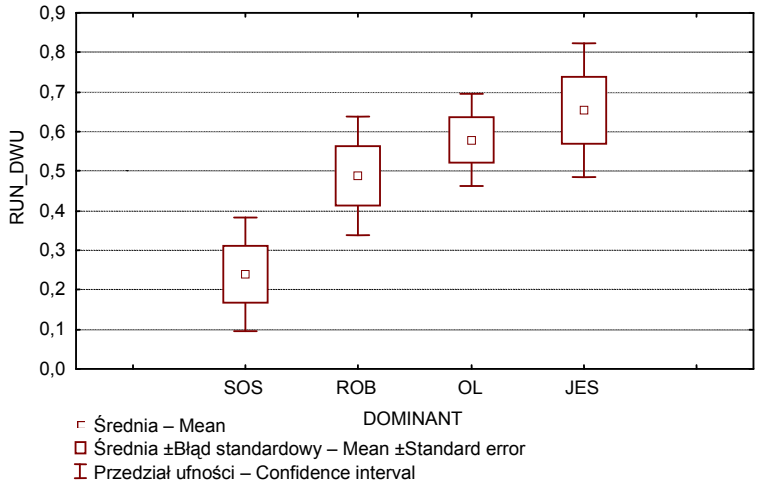
Korelowane zmienne Correlated variables	Test	Wyniki testu Results of test	Istotność Significance P
DRZ_DIVER, DOMINANT	ANOVA	df = 3, N = 46, F = 1,15	n. i.
DRZ_POK, DOMINANT	K-W	H(3, N = 50) = 2,31	n. i.
POD_POK, DOMINANT	K-W	H(3, N = 50) = 1,36	n. i.
KRZ_POK, DOMINANT	K-W	H(3, N = 50) = 2,93	n. i.
RUN_POK, DOMINANT	K-W	H(3, N = 50) = 2,97	n. i.
RUN_DWU, DOMINANT	K-W	H(3, N = 50) = 11,59	0,009
DRZ_DIVER, DRZ_TYP	KW	H(3, N = 64) = 7,31	n. i.
DRZ_POK, DRZ_TYP	K-W	H(3, N = 64) = 6,62	n. i.
POD_POK, DRZ_TYP	K-W	H(3, N = 64) = 9,95	0,019
KRZ_POK, DRZ_TYP	K-W	H(3, N = 64) = 4,10	n. i.
RUN_POK, DRZ_TYP	K-W	H(3, N = 64) = 1,18	n. i.
RUN_DWU, DRZ_TYP	K-W	H(3, N = 64) = 9,15	0,027
DRZ_DIVER, WILG	ANOVA	df = 2, N = 61, F = 0,04	n. i.
DRZ_POK, WILG	K-W	H(2, N = 64) = 1,03	n. i.
POD_POK, WILG	K-W	H(2, N = 64) = 1,02	n. i.
KRZ_POK, WILG	K-W	H(2, N = 64) = 0,65	n. i.
RUN_POK, WILG	K-W	H(2, N = 64) = 0,09	n. i.
RUN_DWU, WILG	K-W	H(2, N = 64) = 0,58	n. i.
DRZ_DIVER, WODA	ANOVA	df = 1, N = 62, F = 2,92	n. i.
DRZ_POK, WODA	U	U = 499,5	n. i.
POD_POK, WODA	U	U = 482	n. i.
KRZ_POK, WODA	U	U = 408,5	n. i.
RUN_POK, WODA	U	U = 413,5	n. i.
RUN_DWU, WODA	U	U = 388,5	n. i.

Objaśnienia: DRZ_DIVER – wskaźnik różnorodności gatunkowej drzewostanu, DRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez piętro koron drzew, POD_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podokap, KRZ_POK – stopień pokrycia powierzchni przez podszyt, RUN_POK – stopień pokrycia powierzchni przez runo, RUN_DWU – udział procentowy roślin dwuliściennych w runie, DOMINANT – gatunek dominujący w drzewostanie, DRZ_TYP – typ drzewostanu, WODA – obecność wód powierzchniowych, WILG – wilgotność środowiska, n. i. – P > 0,05.

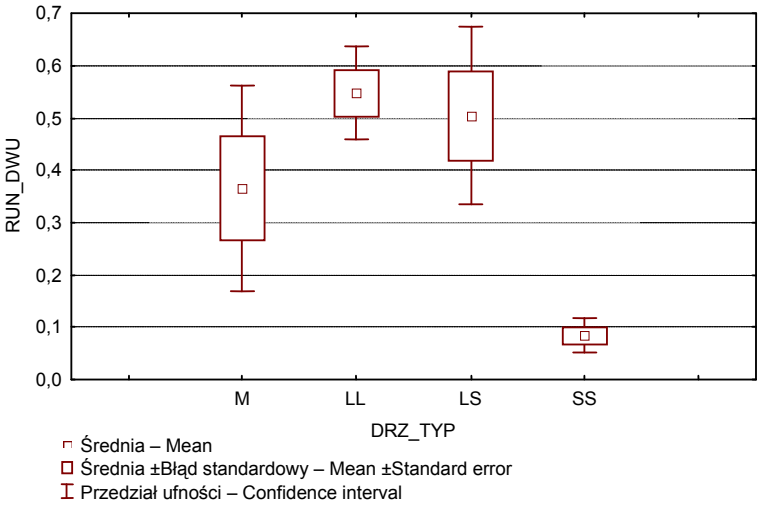
Explanations: AREAŁ – afforestation area, WSP_ROZW – shape index, DRZ_DIVER – index of tree stand species diversity, DRZ_POK – percentage cover of canopy layer, POD_POK – percentage cover of understory, KRZ_POK – percentage cover of shrub layer, RUN_POK – percentage cover of herb layer, RUN_DWU – percentage share of dicotyledons in herb layer, DOMINANT – species dominating in tree stand, DRZ_TYP – tree stand type, WODA – presence of surface water, WILG – habitat wetness, n. i. – P > 0.05.

Aneks 6

Istotne statystycznie zależności pomiędzy cechami zadrzewień z grup b) i c)
Statistically significant relationships between variables from groups b) and c)

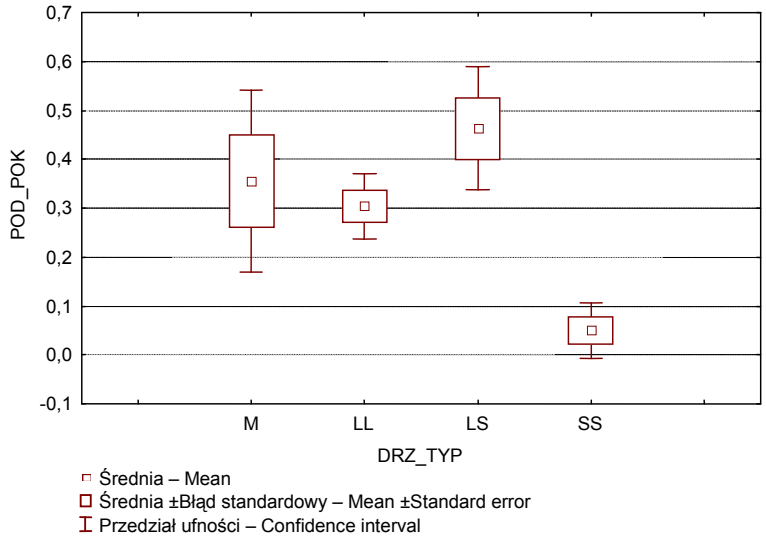


Udział roślin dwuliściennych w runie (RUN_DWU) w zależności od dominującego gatunku drzewa (DOMINANT)
Proportion of dicotyledons in herb layer (RUN_DWU) in relation to dominating tree species (DOMINANT)
SOS – *Pinus silvestris*, ROB – *Robinia pseudaccacia*, OL – *Alnus glutinosa*, JES – *Fraxinus excelsior*



Udział roślin dwuliściennych w runie (RUN_DWU) w zależności od typu drzewostanu (DRZ_TYP). M – mieszany, LL – liściasty, LS – liściasty z domieszką iglastego, SS – iglasty
Proportion of dicotyledons in herb layer (RUN_DWU) in relation to tree stand type (DRZ_TYP). M – mixed, LL – deciduous, LS – deciduous with conifers admixture, SS – coniferous

Aneks 6 – cd.



Stopień pokrycia podokapu (POD_POK) w zależności od typu drzewostanu (DRZ_TYP). M – mieszany, LL – liściasty, LS – liściasty z domieszką iglastego, SS – iglasty
Percentage cover of understory (POD_POK) in relation to tree stand type (DRZ_TYP). M – mixed, LL – deciduous, LS – deciduous with conifers admixture, SS – coniferous

Aneks 7

Wzajemne korelacje rang Spearmana pomiędzy zmiennymi opisującymi bezpośrednie sąsiedztwo
Spearman rank inter-correlation for variables describing habitat structure in nearest neighbourhood of afforestation

Korelowane zmienne Correlated variables	Współczynnik korelacji Correlation coefficient r_s	Stopnie swobody Degrees of freedom t	Istotność Significance P
BS_DIVER, BS_UPRAW	–0,06	–0,49	n. i.
BS_DIVER, BS_ŁĄKI	–0,07	–0,58	n. i.
BS_DIVER, BS_LASY	0,15	1,15	n. i.
BS_DIVER, BS_DROGI	0,58	5,60	0,0001
BS_DIVER, BS_ROWY	0,14	1,14	n. i.
BS_DIVER, BS_ŚRPŁ	–0,51	–4,65	0,0001
BS_DIVER, BS_NPŁAT	0,71	7,94	0,0001
BS_UPRAW, BS_ŁĄKI	–0,93	–19,70	0,0001
BS_UPRAW, BS_LASY	–0,49	–4,45	0,0001
BS_UPRAW, BS_DROGI	–0,05	–0,39	n. i.
BS_UPRAW, BS_ROWY	–0,19	–1,55	n. i.
BS_UPRAW, BS_ŚRPŁ	0,48	4,32	0,0001
BS_UPRAW, BS_NPŁAT	–0,34	–2,81	0,007
BS_ŁĄKI, BS_LASY	0,31	2,52	0,015
BS_ŁĄKI, BS_DROGI	–0,17	–1,33	n. i.
BS_ŁĄKI, BS_ROWY	0,23	1,84	n. i.
BS_ŁĄKI, BS_ŚRPŁ	–0,30	–2,50	0,015
BS_ŁĄKI, BS_NPŁAT	0,17	1,36	n. i.
BS_LASY, BS_DROGI	0,21	1,71	n. i.
BS_LASY, BS_ROWY	–0,25	–2,02	0,047
BS_LASY, BS_ŚRPŁ	–0,44	–3,91	0,0002
BS_LASY, BS_NPŁAT	0,49	4,41	0,0001
BS_DROGI, BS_ROWY	–0,17	–1,34	n. i.
BS_DROGI, BS_ŚRPŁ	–0,54	–4,99	0,0001
BS_DROGI, BS_NPŁAT	0,68	7,40	0,0001
BS_ROWY, BS_ŚRPŁ	0,08	0,63	n. i.
BS_ROWY, BS_NPŁAT	–0,10	–0,82	n. i.
BS_ŚRPŁ, BS_NPŁAT	–0,84	–12,24	0,0001

Objaśnienia: BS_DIVER – wskaźnik różnorodności H'; BS_UPRAWY, BS_ŁĄKI, BS_LASY, BS_DROGI, BS_ROWY – udział procentowy odpowiednio: upraw, łąk, lasów, sadów, obszarów zabudowanych, dróg, rowów i wód, BS_ŚRPŁ – średnia wielkość fragmentu środowisk, BS_NPŁAT – liczba wszystkich fragmentów środowisk, n. i. – P > 0,05.

Explanations: BS_DIVER – diversity index H'; BS_UPRAWY, BS_ŁĄKI, BS_LASY, BS_DROGI, BS_ROWY – percentage share of crop areas, grasslands, woods, orchards, settlements, roads, ditches, surface water, respectively, BS_ŚRPŁ – mean area of habitat patches, BS_NPŁAT – number of habitat patches, n. i. – P > 0.05.

Aneks 8

Ładunki czynnikowe w analizie składowych głównych dla grupy zmiennych opisujących udział powierzchniowy środowisk w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień
Principal components and their loadings in PCA for group of variables describing percentage share of habitats in nearest neighbourhood of afforestations

Zmienna – Variable	Składowa główna – Principal component		
	BS1_DIV	BS2_UŻYT	BS3_ROLA
BS_DIVER	0,86	0,10	0,22
BS_UPRAW	–0,19	0,95	–0,02
BS_ŁĄKI	–0,15	–0,94	0,08
BS_LASY	0,19	–0,51	–0,63
BS_DROGI	0,69	0,17	–0,14
BS_ROWY	–0,00	–0,23	0,90
BS_ŚRPŁAT	–0,79	0,44	0,17
BS_NPŁAT	0,89	–0,25	–0,14
Procent ogółu wariancji Percentage of total variance	34	30	17

Objaśnienia: BS_DIVER – wskaźnik różnorodności H'; BS_UPRAWY, BS_ŁĄKI, BS_LASY, BS_DROGI, BS_ROWY – udział procentowy odpowiednio: upraw, łąk, lasów, sadów, obszarów zabudowanych, dróg, rowów i wód, BS_ŚRPŁAT – średnia wielkość fragmentu środowisk, BS_NPŁAT – liczba wszystkich fragmentów środowisk.

Explanations: BS_DIVER – diversity index H'; BS_UPRAWY, BS_ŁĄKI, BS_LASY, BS_DROGI, BS_ROWY – percentage share of crop areas, grasslands, woods, orchards, settlements, roads, ditches, surface water, respectively, BS_ŚRPŁAT – mean area of habitat patches, BS_NPŁAT – number of habitat patches.

Aneks 9

Wzajemne korelacje rang Spearmana w grupie zmiennych – udziałów poszczególnych środowisk w krajobrazie oraz wskaźnika różnorodności
Spearman rank inter-correlations in group of variables – shares of particular habitats in landscape and landscape diversity index

Korelowane zmienne Correlated variables	r_S	t(N-2)	P
K_POLD, K_POLM	–0,92	–13,14	0,0001
K_POLD, K_ŁĄKI	–0,30	–1,81	n. i.
K_POLD, K_LASY	–0,30	–1,80	n. i.
K_POLD, K_PASY	0,31	1,90	n. i.
K_POLD, K_ZABU	–0,07	–0,43	n. i.
K_POLD, K_SADY	–0,04	–0,25	n. i.
K_POLD, K_WODY	–0,38	–2,37	0,024
K_POLD, K_DIVER	–0,34	–2,11	0,043
K_POLD, WSK_PX	–0,15	–0,84	n. i.
K_POLM, K_ŁĄKI	0,15	0,87	n. i.
K_POLM, K_LASY	0,03	0,16	n. i.
K_POLM, K_PASY	–0,36	–2,24	0,032
K_POLM, K_ZABU	0,08	0,44	n. i.
K_POLM, K_SADY	0,16	0,95	n. i.
K_POLM, K_WODY	0,33	2,00	n. i.
K_POLM, K_DIVER	0,14	0,82	n. i.
K_POLM, WSK_PX	0,00	0,02	n. i.
K_ŁĄKI, K_LASY	0,07	0,38	n. i.
K_ŁĄKI, K_PASY	–0,05	–0,29	n. i.
K_ŁĄKI, K_ZABU	0,13	0,73	n. i.
K_ŁĄKI, K_SADY	–0,15	–0,90	n. i.
K_ŁĄKI, K_WODY	0,01	0,05	n. i.
K_ŁĄKI, K_DIVER	0,37	2,26	0,030
K_ŁĄKI, WSK_PX	–0,19	–1,14	n. i.

Korelowane zmienne Correlated variables	r_S	t(N-2)	P
K_LASY, K_PASY	0,02	0,12	n. i.
K_LASY, K_ZABU	–0,34	–2,09	0,044
K_LASY, K_SADY	–0,40	–2,54	0,016
K_LASY, K_WODY	0,11	0,65	n. i.
K_LASY, K_DIVER	0,58	4,06	0,0003
K_LASY, WSK_PX	0,75	6,42	0,0001
K_PASY, K_ZABU	–0,03	–0,19	n. i.
K_PASY, K_SADY	0,08	0,44	n. i.
K_PASY, K_WODY	–0,33	–2,01	n. i.
K_PASY, K_DIVER	0,15	0,86	n. i.
K_PASY, WSK_PX	0,09	0,54	n. i.
K_ZABU, K_SADY	0,43	2,74	0,0098
K_ZABU, K_WODY	0,03	0,14	n. i.
K_ZABU, K_DIVER	0,17	0,97	n. i.
K_ZABU, WSK_PX	–0,40	–2,49	0,018
K_SADY, K_WODY	–0,06	–0,35	n. i.
K_SADY, K_DIVER	–0,05	–0,26	n. i.
K_SADY, WSK_PX	–0,41	–2,56	0,0152
K_WODY, K_DIVER	–0,23	–1,33	n. i.
K_WODY, WSK_PX	0,12	0,69	n. i.
K_DIVER, WSK_PX	0,32	1,92	n. i.

Objaśnienia: K_POLD, K_POLM, K_ŁĄKI, K_LASY, K_PASY, K_ZABU, K_SADY, K_WODY – odpowiednio: udział pól o dużych areałach, o małych areałach, łąk, zadrzewień i lasów, zadrzewień pasowych i alei, terenów zabudowanych, sadów, wód, K_DIVER – wskaźnik różnorodności, WSK_PX – wskaźnik bliskości lasów, n. i. – P > 0,05.

Explanations: K_POLD, K_POLM, K_ŁĄKI, K_LASY, K_PASY, K_ZABU, K_SADY, K_WODY – respectively: percentage share of large crop fields, small crop fields, meadows, afforestations and woods, shelterbelts and avenues, settlements, orchards, surface waters, K_DIVER – diversity index, WSK_PX – forest proximity index, n. i. – P > 0.05.

Aneks 10

Ładunki czynnikowe w analizie składowych głównych dla grupy zmiennych dotyczących udziału powierzchniowego
Principal components and their loadings in PCA for group of variables describing percentage share of habitats

Zmienna – Variable	Składowa główna – Principal component			
	KUPOLDUŻ	KULASYPX	KUWODPAS	KUŁĄKDIV
K_PDUŻ	0,93	–0,18	–0,12	0,22
K_PMAŁ	–0,94	–0,07	–0,02	0,05
K_ŁĄKI	0,01	–0,18	0,00	–0,91
K_LASY	–0,20	0,87	0,12	–0,09
K_PASY	0,49	0,14	0,64	–0,10
K_ZABU	–0,31	–0,60	0,10	–0,21
K_SADY	0,07	–0,52	0,46	0,40
K_WODY	0,15	0,02	–0,73	0,03
K_DIVER	–0,26	0,31	0,49	–0,58
WSK_PX	–0,02	0,87	0,08	0,04
Procent ogółu wariancji Percentage of total variance	22	23	14	14

Objaśnienia: K_PDUŻ, K_PMAŁ, K_ŁĄKI, K_LASY, K_PASY, K_ZABU, K_SADY, K_WODY – odpowiednio: udział pól o dużych areałach, o małych areałach, łąk, zadrzewień i lasów, zadrzewień pasowych i alei, terenów zabudowanych, sadów, wód, K_DIVER – wskaźnik różnorodności, WSK_PX – wskaźnik „bliskości" lasów.

Explanations: K_PDUŻ, K_PMAŁ, K_ŁĄKI, K_LASY, K_PASY, K_ZABU, K_SADY, K_WODY – respectively: percentage share of large crop fields, small crop fields, meadows, afforestations and woods, shelterbelts and avenues, settlements, orchards, surface waters, K_DIVER – diversity index, WSK_PX – forest proximity index.

Aneks 11

Wzajemne korelacje rang Spearmana w grupie zmiennych opisującymi rozdrobnienie krajobrazu
Spearman rank inter-correlations in group of variables describing fragmentation of landscape

Korelowane zmienne Correlated variables	Współczynnik korelacji Correlation coefficient r_s	Stopnie swobody Degree of freedom t	Istotność Significance P
1	2	3	4
K_PDUŻ_N, K_PMAŁ_N	0,05	0,32	n. i.
K_PDUŻ_N, K_ŁĄKI_N	–0,03	–0,18	n. i.
K_PDUŻ_N, K_LASY_N	–0,24	–1,39	n. i.
K_PDUŻ_N, K_PASY_N	0,40	2,48	0,018
K_PDUŻ_N, K_ZABU_N	–0,34	–2,06	0,047
K_PDUŻ_N, K_SADY_N	–0,41	–2,62	0,013
K_PDUŻ_N, K_WODY_N	–0,37	–2,25	0,031
K_PDUŻ_N, K_STAW_N	0,08	0,46	n. i.
K_PDUŻ_N, K_CIEKDŁ	–0,19	–1,14	n. i.
K_PDUŻ_N, K_PŁAT_N	0,08	0,47	n. i.
K_PMAŁ_N, K_ŁĄKI_N	0,17	0,99	n. i.
K_PMAŁ_N, K_LASY_N	0,14	0,81	n. i.
K_PMAŁ_N, K_PASY_N	0,34	2,08	0,046
K_PMAŁ_N, K_ZABU_N	0,06	0,32	n. i.
K_PMAŁ_N, K_SADY_N	–0,01	–0,04	n. i.
K_PMAŁ_N, K_WODY_N	0,21	1,25	n. i.
K_PMAŁ_N, K_STAW_N	0,37	2,30	0,028
K_PMAŁ_N, K_CIEKDŁ	–0,09	–0,52	n. i.
K_PMAŁ_N, K_PŁAT_N	0,50	3,32	0,002
K_ŁĄKI_N, K_LASY_N	0,39	2,43	0,021
K_ŁĄKI_N, K_PASY_N	0,18	1,03	n. i.
K_ŁĄKI_N, K_ZABU_N	0,21	1,26	n. i.
K_ŁĄKI_N, K_SADY_N	0,11	0,66	n. i.
K_ŁĄKI_N, K_WODY_N	0,07	0,40	n. i.
K_ŁĄKI_N, K_STAW_N	0,44	2,85	0,007
K_ŁĄKI_N, K_CIEKDŁ	0,39	2,40	0,022
K_ŁĄKI_N, K_PŁAT_N	0,54	3,70	0,0008
K_LASY_N, K_PASY_N	0,02	0,12	n. i.

Aneks 11 – cd.

1	2	3	4
K_LASY_N, K_ZABU_N	0,04	0,22	n. i.
K_LASY_N, K_SADY_N	0,09	0,49	n. i.
K_LASY_N, K_WODY_N	–0,02	–0,10	n. i.
K_LASY_N, K_STAW_N	0,11	0,61	n. i.
K_LASY_N, K_CIEKDŁ	0,10	0,57	n. i.
K_LASY_N, K_PŁAT_N	0,35	2,18	0,037
K_PASY_N, K_ZABU_N	0,12	0,71	n. i.
K_PASY_N, K_SADY_N	–0,05	–0,32	n. i.
K_PASY_N, K_WODY_N	–0,15	–0,84	n. i.
K_PASY_N, K_STAW_N	0,27	1,60	n. i.
K_PASY_N, K_CIEKDŁ	–0,23	–1,33	n. i.
K_PASY_N, K_PŁAT_N	0,68	5,30	0,0001
K_ZABU_N, K_PMAŁ_N	0,06	0,32	n. i.
K_ZABU_N, K_SADY_N	0,54	3,70	0,0008
K_ZABU_N, K_WODY_N	–0,02	–0,09	n. i.
K_ZABU_N, K_STAW_N	0,13	0,77	n. i.
K_ZABU_N, K_CIEKDŁ	–0,02	–0,10	n. i.
K_ZABU_N, K_PŁAT_N	0,56	3,89	0,0005
K_SADY_N, K_WODY_N	0,07	0,41	n. i.
K_SADY_N, K_STAW_N	0,01	0,07	n. i.
K_SADY_N, K_CIEKDŁ	0,01	0,03	n. i.
K_SADY_N, K_PŁAT_N	0,32	1,93	n. i.
K_WODY_N, K_STAW_N	0,12	0,70	n. i.
K_WODY_N, K_CIEKDŁ	0,10	0,55	n. i.
K_WODY_N, K_PŁAT_N	–0,06	–0,37	n. i.
K_STAW_N, K_CIEKDŁ	–0,04	–0,24	n. i.
K_STAW_N, K_PŁAT_N	0,43	2,77	0,0091
K_CIEKDŁ, K_PŁAT_N	–0,08	–0,48	n. i.

Objaśnienia: K_PDUŻ_N, K_PMAŁ_N, K_ŁĄKI_N, K_LASY_N, K_PASY_N, K_ZABU_N, K_SADY_N, K_WODY_N, K_PŁAT_N, K_STAW_N – odpowiednio: liczba pól dużych, pól małych, łąk, lasów i zadrzewień, zadrzewień pasowych i alei, terenów zabudowanych, sadów, wód (łącznie z ciekami), łączna liczba wyróżnionych fragmentów środowisk oraz liczba zbiorników wodnych, K_CIEKDŁ – zagęszczenie cieków wodnych, n. i. – $P > 0,05$.

Explanations: K_PDUŻ_N, K_PMAŁ_N, K_ŁĄKI_N, K_LASY_N, K_PASY_N, K_ZABU_N, K_SADY_N, K_WODY_N, K_PŁAT_N, K_STAW_N – respectively: number of large crop fields, small crop fields, meadows, woods and afforestations, shelterbelts and avenues, settlements, orchards, surface waters (incl. watercourses), total number of habitat patches, water bodies, K_CIEKDŁ – density of watercourses, n. i. – $P > 0.05$.

Aneks 12

Ładunki czynnikowe w analizie składowych głównych dla grupy zmiennych dotyczących liczby fragmentów środowisk
Principal components and their loadings in PCA for group of variables dealing with number of habitat patches

Zmienna – Variable	Składowa główna – Principal component			
	KPDUŻPAS	KPSADZAB	KPDIV	KPŁĄKCIE
K_PDUŻ_N	0,765	–0,390	–0,202	0,124
K_PMAŁ_N	0,350	–0,044	0,663	–0,157
K_ŁĄKI_N	0,115	0,200	0,382	0,753
K_LASY_N	0,014	0,004	0,605	–0,001
K_PASY_N	0,870	0,134	0,220	–0,015
K_ZABU_N	0,073	0,871	0,013	0,080
K_SADY_N	–0,120	0,862	–0,091	–0,064
K_WODY_N	–0,389	–0,085	0,584	0,024
K_STAW_N	0,122	0,114	0,715	0,334
K_CIEKDŁ	–0,019	–0,110	–0,145	0,835
K_PŁAT_N	0,624	0,585	0,453	0,141
Procent ogółu wariancji Percentage of total variance	19	19	19	13

Objaśnienia: K_PDUŻ_N, K_PMAŁ_N, K_ŁĄKI_N, K_LASY_N, K_PASY_N, K_ZABU_N, K_SADY_N, K_WODY_N, K_PŁAT_N, K_STAW_N – odpowiednio: liczba pól dużych, pól małych, łąk, lasów i zadrzewień, zadrzewień pasowych i alei, terenów zabudowanych, sadów, wód (łącznie z ciekami), łączna liczba wyróżnionych fragmentów środowisk oraz liczba zbiorników wodnych, K_CIEKDŁ – zagęszczenie cieków wodnych.

Explanations: K_PDUŻ_N, K_PMAŁ_N, K_ŁĄKI_N, K_LASY_N, K_PASY_N, K_ZABU_N, K_SADY_N, K_WODY_N, K_PŁAT_N, K_STAW_N – respectively: number of large crop fields, small crop fields, meadows, woods and afforestations, shelterbelts and avenues, settlements, orchards, surface waters (incl. watercourses), total number of habitat patches, water bodies, K_CIEKDŁ – density of watercourses.

Aneks 13

Zestawienie polskich i łacińskich nazw gatunków ptaków
Polish and Latin names of bird species

Nazwa polska Polish name	Nazwa łacińska Latin name	Nazwa angielska English name
1	2	3
Bażant	*Phasianus colchicus*	Common pheasant
Bogatka	*Parus major*	Great tit
Cierniówka	*Sylvia communis*	Whitethroat
Cykadojad jasnogłowy	*Ictinia mississippiensis*	Mississippi kite
Czarnogłówka	*Parus montanus*	Willow tit
Czubatka	*Parus cristatus*	Crested tit
Droździk	*Turdus iliacus*	Redwing
Dzięcioł czarny	*Dryocopus martius*	Black woodpecker
Dzięcioł duży	*Dendrocopos major*	Great spotted woodpecker
Dzięcioł zielony	*Picus viridis*	Green woodpecker
Dzwoniec	*Carduelis chloris*	Greenfinch
Gajówka	*Sylvia borin*	Garden warbler
Gąsiorek	*Lanius collurio*	Red-backed shrike
Gil	*Pyrrhula pyrrhula*	Bullfinch
Grubodziób	*C. coccothraustes*	Hawfinch
Grzywacz	*Columba palumbus*	Wood pigeon
Kapturka	*Sylvia atricapilla*	Blackcap
Kos	*Turdus merula*	Blackbird
Kowalik	*Sitta europaea*	Nuthatch
Krętogłów	*Jynx torquilla*	Wryneck
Kukułka	*Cuculus canorus*	Cuckoo
Kulczyk	*Serinus serinus*	Serin
Kuropatwa	*Perdix perdix*	Gray partridge
Kwiczoł	*Turdus pilaris*	Fieldfare
Łozówka	*Acrocephalus palustris*	Marsh warbler
Mazurek	*Passer montanus*	Tree sparrow
Modraszka	*Parus caeruleus*	Blue tit
Muchołówka mała	*Ficedula parva*	Red-breasted flycatcher
Muchołówka szara	*Muscicapa striata*	Spotted flycatcher
Muchołówka żałobna	*Ficedula hypoleuca*	Pied flycatcher
Mysikrólik	*Regulus regulus*	Goldcrest
Myszołów	*Buteo buteo*	Common buzzard
Ortolan	*Emberiza hortulana*	Ortolan bunting
Orzechówka	*Nucifraga caryocatactes*	Nutcracker
Pełzacz leśny	*Certhia familiaris*	Common treecreeper
Pełzacz ogrodowy	*Certhia brachydactyla*	Short-toed treecreeper
Piecuszek	*Phylloscopus trochilus*	Willow warbler
Piegża	*Sylvia curruca*	Lesser whitethroat

Aneks 13 – cd.

1	2	3
Pierwiosnek	*Phylloscopus collybita*	Chiffchaff
Pleszka	*Phoenicurus phoenicurus*	Common redstart
Pokląskwa	*Saxicola rubetra*	Whinchat
Pokrzywnica	*Prunella modularis*	Dunnock
Potrzeszcz	*Miliaria calandra*	Corn bunting
Potrzos	*Emberiza schoeniclus*	Reed bunting
Pójdźka	*Athene noctua*	Little owl
Raniuszek	*Aegithalos caudatus*	Long-tailed tit
Rudzik	*Erithacus rubecula*	Robin
Sierpówka	*Streptopelia decaocto*	Collared dove
Sikora uboga	*Parus palustris*	Marsh tit
Siniak	*Columba oenas*	Stock dove
Słowik rdzawy	*Luscinia megarhynchos*	Common nightingale
Słowik szary	*Luscinia luscinia*	Thrush nightingale
Sosnówka	*Parus ater*	Coal tit
Sójka	*Garrulus glandarius*	Eurasian jay
Sroka	*Pica pica*	Magpie
Srokosz	*Lanius excubitor*	Great grey shrike
Strumieniówka	*Locustella fluviatilis*	River warbler
Strzyżyk	*Troglodytes troglodytes*	Wren
Szczygieł	*Carduelis carduelis*	Goldfinch
Szpak	*Sturnus vulgaris*	Starling
Śpiewak	*Turdus philomelos*	Song thrush
Świergotek leśny	*Anthus trivialis*	Tree pipit
Świerszczak	*Locustella naevia*	Grasshopper warbler
Świstunka leśna	*Phylloscopus sibilatrix*	Wood warbler
Trzcinniczek	*Acrocephalus scirpaceus*	Reed warbler
Trznadel	*Emberiza citrinella*	Yellowhammer
Turkawka	*Streptopelia turtur*	Turtle dove
Uszatka	*Asio otus*	Long-eared owl
Wilga	*Oriolus oriolus*	Golden oriole
Wrona siwa	*Corvus corone cornix*	Hooded crow
Wróbel	*Passer domesticus*	House sparrow
Zaganiacz	*Hippolais icterina*	Icterine warbler
Zięba	*Fringilla coelebs*	Chaffinch
Zimorodek	*Alcedo atthis*	Kingfisher

7. LITERATURA

ALTIERI M.A. (1999): The ecological role of biodiversity in agroecosystms. Agric. Ecosyst. Environ. 74: 19-31.

ANDREN H. (1994): Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. Oikos 71: 355-366.

ANGERMEIER P.L., KARR J.R. (1994): Biological integrity versus biological diversity as policy directives. Bioscience 44: 690-697.

BANASZAK P., KUJAWA K. (2003): Awifauna doliny Rowu Wyskoć w Parku Krajobrazowym im. gen. D. Chłapowskiego – stan obecny i trendy długoterminowe. Biul. Parków Krajobr. Wielkop. 11: 98-111.

BEDNORZ J., KUPCZYK M., KUŹNIAK S., WINIECKI A. (2000): Ptaki Wielkopolski. Monografia faunistyczna. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.

BEIER P., NOSS R.F. (1998): Do habitat corridors provide connectivity? Conserv. Biol. 12, 6: 1241-1252.

BELLAMY P.E., HINSLEY S.A., NEWTON I. (1996 a): Factors influencing bird species numbers in small woods in south-east England. Appl. Ecol. 33: 249-262.

BELLAMY P.E., HINSLEY S.A., NEWTON I. (1996 b): Local extinctions and recolonisations of passerine bird populations in small woods. Oecologia 108: 67-71.

BENTLEY J.M., CATTERALL C.P. (1997): The use of bushland, corridors and linear remnants by birds in southeastern Queensland, Australia. Conserv. Biol. 11: 1173-1189.

BEZZEL E. (1982): Vögel in der Kulturlandschaft. Ulmer, Stuttgart.

Biodiversity. (1988). Red. E.O. Wilson. National Academy Press, Washington.

BISHOP J.A., MYERS W.L. (2005): Associations between avian functional guild response and regional properties for conservation planning. Ecol. Indic. 5: 33-48.

BLAKE J.G. (1983): Trophic structure of birds communities in forest patches in east-central Illinois. Wilson Bull. 95: 416-430.

BLAKE J.G., KARR J.R. (1987): Breeding birds of isolated woodlots: area and habitat relationships. Ecology 68: 1724-1734.

BOULINIER T., NICHOLS J.D., HINES J.E., SAUER J.R., FLATHER C.H., POLLOCK K.H. (2001): Forest fragmentation and bird community dynamics: inference at regional scales. Ecology 82, 4: 1159-1169.

BRENNAN L.A., KUVLESKY W.P. (2005): North American grassland birds: an unfolding conservation crisis? J. Wildl. Manage. 69: 1-13.

BURGESS R.L., SHARPE D.M. (1981): Forest island dynamics in man-dominated landscapes. Springer, New York.

CIEŚLAK M. (1985): Influence of forest size and other factor on breeding bird species number. Ekol. Pol. 33: 103-121.

CIEŚLAK M. (1991): Awifauna lęgowa rozdrobnionych lasów wschodniej Polski. [Breeding avifauna of fragmented forests in eastern Poland]. Not. Ornitol. 32: 77-88.

CIEŚLAK M. (1992): Breeding bird communities on forest edge and interior. Ekol. Pol. 40, 3: 461-475.

CIEŚLAK M. (1994): The vulnerability of breeding birds to forest fragmentation. Acta Ornithol. 29: 29-38.

CIEŚLAK M., DOMBROWSKI A. (1992): Preferencje ptaków lęgowych wobec rozdrobnienia lasów. [Preferences of breeding birds with the respect to forests fragmentation]. Not. Ornitol. 33: 93-100.

CIEŚLAK M., DOMBROWSKI A. (1993): The effect of forest size on breeding bird communities. Acta Ornithol. 27: 97-111.

CLAY J. (2004): World agriculture and the environment: a commodity-by-commodity guide to impacts and practices. Island Press, Washington.

CLEMENTS F. (1916): Plant succession analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst. Wash. Publ. 242: 1-512.

CLERGEAU P., BUREL F. (1997): The role of spatio-temporal patch connectivity at the landscape level: an example in a bird distribution. Landscape Urban Plann. 38: 37-43.

DICKMAN C.R. (1987): Habitat fragmentation and vertebrate species richness in an urban environment. J. Appl. Ecol. 24: 337-351.

DONALD P.F., GREEN R.E., HEATH M.F. (2001): Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 268: 25-29.

DUNNING J.B., DANIELSON B.J., PULLIAM H.R. (1992): Ecological processes that affect populations in complex landscapes. Oikos 65: 169-175.

DYRCZ A., GRABIŃSKI W., STAWARCZYK T., WITKOWSKI J. (1991): Ptaki Śląska. Zakł. Ekol. Ptaków UWr., Wrocław.

Ekologiczne procesy na obszarach intensywnego rolnictwa. (1996). Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. ZBŚiRL PAN, Poznań.

ESTADES C.F. (2001): The effect of breeding-habitat patch size on bird population density. Landscape Ecol. 16: 161-173.

FLADE M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. IHW-Verlag, Eching.

FOLEY J.A., DEFRIES R., ASNER G.P., BARFORD C., BONAN G., CARPENTER S.R., CHAPIN F.S., COE M.T., DAILY G.C., GIBBS H.K., HELKOWSKI J.H., HOLLOWAY T., HOWARD E.A., KUCHARIK C.J., MONFREDA C., PATZ J.A., PRENTICE I.C., RAMANKUTTY N., SNYDER P.K. (2005): Global consequences of land use. Science 309: 570-574.

FORD H.A. (1987): Bird communities on habitat islands in England. Bird Study 34: 205-218.

FORMAN R.T.T., GALLI A.E., LECK C.F. (1976): Forest size and avian diversity in New Jersey woodlots with some land use implications. Oecologia 26: 1-8.

FOWLER J., COHEN L. (1985): Statistics for ornithologists. BTO Guide 22. Springer, Berlin.

FREEMARK K.E., MERRIAM H.G. (1986): Importance of area and habitat heterogeneity to bird assemblages in temperate forest fragments. Biol. Conserv. 36: 115-141.

FRETWELL S.D, LUCAS JR. H.L. (1970): On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in bird. I. Theoretical development. Acta Biotheor. 19: 16-36.

GALLI A.E., LECK C.F., FORMAN R.T.T. (1976): Avian distribution patterns in forest inslands of different size in central New Jersey. Auk 93: 356-364.

GLEASON H. (1926): The individualistic concept of the plant association. Bull. Torrey Bot. Club 53: 7-26.

GÓRSKI W. (1988): Ptaki gniazdujące w krajobrazie rolniczym Wysoczyzny Damnickiej (NW Polska). Acta Ornithol. 24: 29-62.

GREEN R.E., OSBORNE P.E., SEARS E.J. (1994): The distribution of passerine birds in hedgerows during the breeding season in relation to charecteristics of the hedgerow and adjacent farmland. J. Appl. Ecol. 31: 677-692.

GREGORY R.D., VAN STRIEN A.J., VORISEK P., GMELIG MEYLING A.W., NOBLE D.G., FOPPEN R.P.B., GIBBONS D.W. (2005): Developing indicators for European birds. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 360: 269-288.

GROMADZKI M. (1970): Breeding communities of birds in mid-field afforest areas. Ekol. Pol. 13: 307-350.

GUSTAFSON E.J., PARKER G.R. (1994): Using an index of habitat patch proximity for landscape design. Landscape Urban Plann. 29: 117-130.

HAAS C.A. (1995): Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on an agricultural landscape. Conserv. Biol. 9, 4: 845-854.

HANSKI I. (1994): A practical model of metapopulation dynamics. J. Anim. Ecol. 63: 151-162.

HANSKI I., GILPIN M. (1991): Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. Biol. J. Linn. Soc. 42: 3-16.

HINSLEY S.A., BELLAMY P.E., NEWTON I. (1995 a): Bird species turnover and stochastic extinction in woodland fragments. Ecography 18: 41-50.

HINSLEY S.A., BELLAMY P.E., NEWTON I., SPARKS T.H. (1995 b): Habitat and landscape factors influencing the presence of individual breeding bird species in woodland fragments. J. Avian Biol. 26: 94-104.

HINSLEY S.A., BELLAMY P.E., NEWTON I., SPARKS T.H. (1996): Infuences of population size and woodland area on bird species distributions in small woods. Oecologia 105: 100-106.

HINSLEY S.A., BELLAMY P.E., ENOKSSON B., FRY G., GABRIELSEN L., MCCOLLIN D., SCHOTMAN A. (1998): Geographical ecology at the community level: perspectives on the diversity of new world bats. Global Ecol. Biogeography Lett. 7: 125-135.

HOWE R.W. (1984): Local dynamics of bird assemblages in small forest habitat islands in Australia and North America. Ecology 65: 1585-1601.

HUGUENY B., CORNELL H.V. (2000): Predicting the relationship between local and regional species richness from a patch occupancy dynamics model. J. Anim. Ecol. 69: 194-200.

JOKIMÄKI J., HUHTA E. (1996): Effects of landscape matrix and habitat structure on a bird community in northern Finland: a multi-scale approach. Ornis Fenn. 73: 97-113.

KEYSER A.J., HILL G.E., SOEHREN E.C. (1998): Effects of forest fragment size, nest density and proximity to edge on risk of predation to ground-nesting passerine birds. Conserv. Biol. 12, 5: 986-994.

KNICK S.T., ROTENBERRY J.T. (2000): Ghosts of habitats past: contribution of landscape change to current habitats used by shrubland birds. Ecology 81, 1: 220-227.

Koncepcja planu ochrony Parku Krajobrazowego im. Generała D. Chłapowskiego w zakresie uwarunkowań przyrodniczych i gospodarczych, z rozpoznaniem głównych zagrożeń środowiska i przyrody oraz określeniem kierunków kształtowania krajobrazu i ochrony zasobów przyrody żywej. (1998). Red. L. Ryszkowski. Maszyn. Opracowanie wykonane na zlecenie Zarządu Parków Krajobrazowych Województwa Leszczyńskiego. Stacja Badawcza ZBŚRiL PAN, Turew.

KONDRACKI J. (2002): Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.

KOSKIMIES P. (1989): Birds as a tool in environmental monitoring. Ann. Zool. Fenn. 26: 153-166.

Kształtowanie środowiska rolniczego na przykładzie parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego. (1998). Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. ZBŚRiL PAN, Poznań.

KUJAWA K. (1990): Awifauna lęgowa leśnych środowisk antropogennych krajobrazu rolniczego. W: Charakterystyki ekologiczne wybranych elementów krajobrazów rolniczych. CPBP 04.10.26: 192-211.

KUJAWA K. (1992): Znaczenie parków przypałacowych dla ochrony bogactwa ptaków w krajobrazie rolniczym. W: Produkcja pierwotna, zasoby zwierząt i wymywanie materii organicznej w krajobrazie rolniczym. Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. ZBŚRiL PAN, Poznań: 137-150.

KUJAWA K. (1994): Influence of land-use change within agricultural landscapes on the abundance and diversity of breeding bird communities. W: Functional Appraisal of Agricultural Landscape in Europe (EUROMAB and INTECOL Seminar). Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. ZBŚRiL PAN, Poznań: 183-196.

KUJAWA K. (1996): Wpływ struktury krajobrazu rolniczego na awifaunę lęgową. Pr. doktorska. Maszyn. Uniw. Wroc., Wrocław.

KUJAWA K. (1997 a): Relationships between the structure of midfield woods and their breeding bird communities. Acta Ornithol. 32: 175-184.

KUJAWA K. (1997 b): Bogactwo i stabilność awifauny lęgowej w urozmaiconym krajobrazie rolniczym Parku Krajobrazowego im. D. Chłapowskiego. W: Ptaki jako wskaźnik zmian środowiska. Monitoring – waloryzacja – ochrona. WSP, Słupsk: 53-55.

KUJAWA A. (1998): Zadrzewienia na terenie Parku Krajobrazowego im. gen. D. Chłapowskiego. Stan i koncepcja uzupełniania sieci zadrzewień. W: Kształtowanie środowiska rolniczego na przykładzie Parku Krajobrazowego im. gen. D. Chłapowskiego. Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. ZBŚRiL PAN, Poznań: 41-48.

KUJAWA K. (2000): Awifauna Parku Krajobrazowego im. gen. D. Chłapowskiego. W: Ptaki Parków Krajobrazowych Wielkopolski. Red. A. Winiecki. Wielkopol. Pr. Ornitol. 9: 89-121.

KUJAWA K. (2002): Population density and species composition changes for breeding bird species in farmland woodlots in western Poland between 1964 and 1994. Agric. Ecosyst. Environ. 91: 261-271.

KUJAWA K., TRYJANOWSKI P. (2000): Relationships between the abundance of breeding birds in Western Poland and the structure of agricultural landscape. Acta Zool. Acad. Sci. Hung. 46, 2: 103-114.

KURLAVICIUS P. (1995): Birds of forest islands in south-east Baltic Region. Baltic ECO, Vilnius.

KUROSAWA R., ASKINS R.A. (2003): Effects of habitat fragmentation on birds in deciduous forests in Japan. Conserv. Biol. 17: 695-707.

KUŹNIAK S. (1978): Badania ilościowe awifauny lęgowej w rolniczym krajobrazie kulturowym Wielkopolski. Acta Ornitol. 16: 423-450.

LEVINS R. (1970): Extinction. W: Some mathematical problems in biology. Red. M. Gerstenhaber. American Mathematical Society, Providence: 75-107.

LOMAN J., VON SCHANTZ T. (1991): Bird in a farmland – more species in small than in large habitat island. Conserv. Biol. 5: 176-188.

LOVE D., GRZYBOWSKI J.A., KNOPF F.L. (1985): Influence of various land uses on windbreak selection by nesting Mississippi Kites. Wilson Bull. 97, 4: 561-565.

MACARTHUR R.H., WILSON E.O. (1967): The theory of island biogeography. Princeton University Press, Nowy Jork.

MARCINEK J. (1996): Soils of the Turew agricultural landscape. W: Dynamics of an agricultural landscape. Red. L. Ryszkowski, N.R. French, A. Kędziora. PWRiL, Poznań: 19-26.

MARTIN TH.E. (1981): Species-area slopes and coefficients: a caution on their interpretation. Am. Nat. 118: 823-837.

MASON C.F. (2001): Woodland area, species turnover and the conservation of bird assemblages in lowland England. Biodivers. Conserv. 10: 495-510.

MAZEROLLE M.J., VILLARD M. (1999): Patch characteristics and landscape context as predictors of species presence and abundance: a review. Ecoscience 6, 1: 117-124.

MCCOLLIN D. (1993): Avian distribution patterns in a fragmented wooded landscape (North Humberside, U.K.): The role of between-patch and within-patch structure. Global Ecol. Biogeogr. Lett. 3: 48-62.

MCCOLLIN D. (1998): Forest edges and habitat selection in birds: a functional approach. Ecography 21: 247-260.

MCGARIGAL K., MCCOMB W.C. (1995): Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon Coast Range stands. Ecol. Monogr. 65, 3: 235-260.

MCINTYRE N.E. (1995): Effects of forest patch size on avian diversity. Landsc. Ecol. 10, 2: 85-99.

MIELCZAREK P., CICHOCKI W. (1999): Polskie nazewnictwo ptaków świata. Not. Ornitol. 40 (zesz. specj.): 1-264.

MOORE N.W., HOOPER M.D. (1975): On the number of bird species in British woods. Biol. Conserv. 8: 239-250.

MORRIS A.J., HOLLAND J.M., SMITH B., JONES N.E. (2004): Sustainable Arable Farming For an Improved Environment (SAFFIE): managing winter wheat sward structure for Skylarks Alauda arvensis. Ibis 146 (Suppl. 2): 155-162.

MURPHY M.T. (2003): Avian population trends within the evolving agricultural landscape of eastern and central United States. Auk 120: 20-34.

NEWTON I. (2004): The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. Ibis 146: 579-600.

NILSSON S.G. (1986): Are bird communities in small biotope patches random samples from communities in large patches? Ornis Scand. 14: 66-77.

O'CONNELL T.J., JACKSON L.E., BROOKS R.P. (2000): Bird guilds as indicators of ecological condition in the central appalachians. Ecol. Appl. 10, 6: 1706-1721.

O'CONNOR R.J., SHRUBB M. (1986): Farming and birds. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

OPDAM P. (1991): Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. Landsc. Ecol. 5, 2: 93-106.

OPDAM P., RIJSDIJK G., HUSTINGS F. (1985): Bird communities in small woods in an agricultural landscape: effects of area and isolation. Biol. Conserv. 34: 333-352.

ORŁOWSKI G. (2004): Awifauna lęgowa wysp leśnych Równiny Wrocławskiej. Ptaki Śląska 15: 25-44.

PARISH T., LAKHANI K.H., SPARKS T.H. (1994): Modelling the relationship between bird population variables and hedgerow, and other field margin attributes. I. Species richness of winter, summer and breeding birds. J. Appl. Ecol. 31: 764-775.

PARISH T., LAKHANI K.H., SPARKS T.H. (1995): Modelling the relationship between bird population variables and hedgerow, and other field margin attributes. II. Abundance of individual species and of groups of similar species. J. Appl. Ecol. 32: 362--371.

PEARSON S.M. (1993): The spatial extent and relative influence of landscape-level factors on wintering bird populations. Landsc. Ecol. 8, 1: 3-18.

PUGACEWICZ E. (2000): Awifauna lęgowa krajobrazu rolniczego Równiny Bielskiej. Not. Ornitol. 41: 1-28.

PULLIAM H.R. (1988): Sources, sinks and population regulation. Am. Nat. 132: 652-661.

PULLIAM H.R. (1996): Sources and sinks: empirical evidence and population consequences. W: Population dynamics in ecological space and time. Red. O.E. Jr. Rhodes, R.K. Chesser, M.H. Smith. Univ. Chicago Press, Chicago.

RICKETTS T.H. (2001): The matrix matters: effective isolation in fragmented landscape. Am. Nat. 158, 1: 87-99.

ROBBINS S.K., BRAWN J.D., HOOVER J.P. (1997): Effectiveness of small nature preserves for breeding birds. W: Conservation in highly fragmented landscape. Red. M.W. Schwartz. Chapman & Hall, New York: 154-188.

ROSENZWEIG M.L. (1995): Species diversity in space and time. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

RYSZKOWSKI L. (1985): Impoverishment of soil fauna due to agriculture. Soil Ecol. Manage. INTECOL Bull. 12: 6-17.

RYSZKOWSKI L. (1990): Krajobraz rolniczy okolic Turwi. W: Obieg wody i bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym. Red. L. Ryszkowski, J. Marcinek, A. Kędziora. Wyd. Nauk. UAM, Poznań: 33-36.

RYSZKOWSKI L., KARG J., KUJAWA K., GOŁDYN H., ARCZYŃSKA-CHUDY E. (2002): Influence of landscape mosaic structure on diversity of wild plant and animal communities in agricultural landscape of Poland. W: Landscape ecology in agroecosystems management. Red. L. Ryszkowski. CRC Press, Boca Raton: 185-217.

SALA O.E., CHAPIN F.S., ARMESTO J.J., BERLOW E., BLOOMFIELD J., DIRZO R., HUBER-SANWALD E., HUENNEKE L.F., JACKSON R.B., KINZIG A., LEEMANS R., LODGE D.M., MOONEY H.A., OESTERHELD M., POFF N.L., SYKES M.T., WALKER B.H., WALKER M., WALL D.H. (2000): Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287: 1770-1774.

SCHARLEMANN J.P. W., BALMFORD A., GREEN R.E. (2005): The level of threat to restricted-range bird species can be predicted from mapped data on land use and human population. Biol. Conserv. 123: 317-326.

SCHLÄPFER F., SCHMID B. (1999): Ecosystem effects of biodiversity: a classification of hypotheses and exploration of empirical results. Ecol. Appl. 9, 3: 893-912.

SEMWAL R.L., NAUTIYAL S., SEN K.K., RANA U., MAIKHURI R.K., RAO K.S., SAXINA K.G. (2004): Patterns and ecological implications of agricultural land-use changes: a case study from central Himalaya, India. Agric. Ecosyst. Environ. 102: 81-92.

SIRIWARDENA G.M., CRICK H.Q.P., BAILLIE S.R., WILSON J.D. (2000): Agricultural land – use and the spatial distribution of granivorous lowland farmland birds. Ecography 23: 702-719.

SISK T.D., HADDAD N.M., EHRLICH P.R. (1997): Bird assemblages in patchy woodlands: modeling the effects of edge and matrix habitats. Ecol. Appl. 7, 4: 1170-1180.

SÖDERSTRÖM B., KIEMA S., REID R.S. (2003): Intensified agricultural land-use and bird conservation in Burkina Faso. Agric. Ecosyst. Environ. 99: 113-124.

SOULE M.E. (1991): Conservation: tactics for a constant crisis. Science 253: 744-750.

STANISZ A. (1998): Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. 1. StatSoft Polska, Kraków.

STANISZ A. (2000): Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. 2. StatSoft Polska, Kraków.

State of the world's birds 2004: indicators for our changing world. (2004). BirdLife International, Cambridge, UK.

Statistica PL dla Windows. T. 1. Ogólne konwencje i statystyki. (1997). Statsoft Polska, Kraków.

Statistica PL dla Windows. T. 3. Statystyki. (1997). Statsoft Polska, Kraków.

SWANSON T. (1995): Intellectual property rights and biodiversity conservation. Cambridge University Press, Cambridge.

TILMAN D. (1999): The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. Ecology 80, 5: 1455-1474.

TILMAN D., REICH P.B., KNOPS J., WEDIN D., MIELKE T., LEHMAN C. (2001): Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. Science 29: 843-845.

TOMIAŁOJĆ L. (1980): Kombinowana odmiana metody kartograficznej do liczenia ptaków lęgowych. Not. Ornitol. 21: 33-61.

TRYJANOWSKI P. (1998): Dynamika zgrupowania ptaków lęgowych na intensywnie użytkowanych terenach rolniczych w zachodniej Wielkopolsce. Maszyn. Pr. doktorska. UAM, Poznań.

TRYJANOWSKI P. (1999): Effect of habitat diversity on breeding birds: comparison of farmland bird community in the region of Wielkopolska (W. Poland) with relevant data from other European studies. Pol. J. Ecol. 47: 153-174.

TWOREK S. (2002): Different bird strategies and their responses to habitat changes in an agricultural landscape. Ecol. Res. 17: 339-359.

VAN DORP D., OPDAM P.F.M. (1987): Effects of patch size, isolation and regional abundance on forest bird communities. Landsc. Ecol. 1: 59-73.

VITOUSEK P.M., MOONEY H.A., LUBCHENCO J., MELILLO J.M. (1997): Human domination of Earth's ecosystems. Science 277: 494-499.

WHITCOMB R.F., LYNCH J.F., OPLER P.A., ROBBINS C.S. (1976): Island biogeography and conservation: strategy and limitations. Science 193: 1030-1032.

WHITCOMB R.F., ROBBINS C.S., LYNCH J.F., WHITCOMB B.L., KLIMKIEWICZ M.K., BYSTRAK D. (1981): Effects of forest fragmentation on avifauna of the eastern deciduous forest. W: Forest island dynamics in man – dominated landscapes. Red. R.L. Burgess, D.M. Sharpe. Springer, New York: 125-205.

WILSON E.O. (1999): Biodiversity of life. Norton, New York.

WILSON J.D., WHITTINGHAM M.J., BRADBURY R.B. (2005): Management of crop structure: a general approach to reversing the impact of agricultural intensification on birds. Ibis 147: 453-463.

WOŚ A., TAMULEWICZ J. (1996): The microclimate of the Turew region. W: Dynamics of an agricultural landscape. Red. L. Ryszkowski, N.R. French, A. Kędziora. PWRiL, Poznań: 37-44.

WRIGHT S.J., HUBBELL S.P. (1983): Stochastic extinction and reserve size: a focal species approach. Oikos 41: 466-476.

WUCZYŃSKI A. (1995): Charakterystyka awifauny lęgowej drobnych zadrzewień śródpolnych na Równinie Wrocławskiej. Not. Ornitol. 36, 1-2: 99-117.

ZAJĄCZKOWSKI K. (1982): Zagadnienia definicji zadrzewień. Sylwan 6: 13-19.

ZAJĄCZKOWSKI K. (2005): Regionalizacja potrzeb zadrzewieniowych w Polsce. Pr. Inst. Bad. Leśn. Rozpr. Monogr. 4. IBL, Warszawa.

Effect of afforestation and agricultural landscape structure on breeding bird communities in afforestations

S u m m a r y

Habitat use by man is one of the most important factors affecting terrestrial ecosystems in global scale and leads very often to strong biodiversity impoverishment. Negative influence of human activity on biodiversity is noticeable especially in farmlands. For example, birds disappearing from an agricultural landscape is common in Europe, lately also in Poland. Among habitats present in typical lowland farmland, midfield afforestations play a particularly important role for birds. They constitute breeding habitat for up to 80 species. In spite of many studies and their syntheses, mechanisms which shape avifauna in afforestations, its dynamics and long-term changes have not been fully understood. Especially importance of afforestation surrounding, called "landscape context" remains controversial.

The aim of own study carried out in 1999-2002 was hierarchization of factors affecting breeding bird communities occurring in small, isolated afforestations, and in result – valorization of afforestation structure, their adjacent areas and landscape around afforestations with respect to their importance for bird diversity protection in the agricultural landscape.

The study was carried out in the Kościańska Plain, within the Dezydery Chłapowski Landscape Park and neighbouring areas. It covered 66 afforestations – wood "islands" distributed in the area of 200 km^2. The structure of bird life habitat was quantified with respect to its three different elements: afforestation structure, habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations and landscape structure around afforestations. Bird population densities were estimated with the aid of cartographic method. The avifauna was characterized in relation to three "levels" of its organization: whole community, individual species and their groups (habitat groups): crop field species, wood-crop ecotone species, wood edge species, wood "generalists", wood interior species and others.

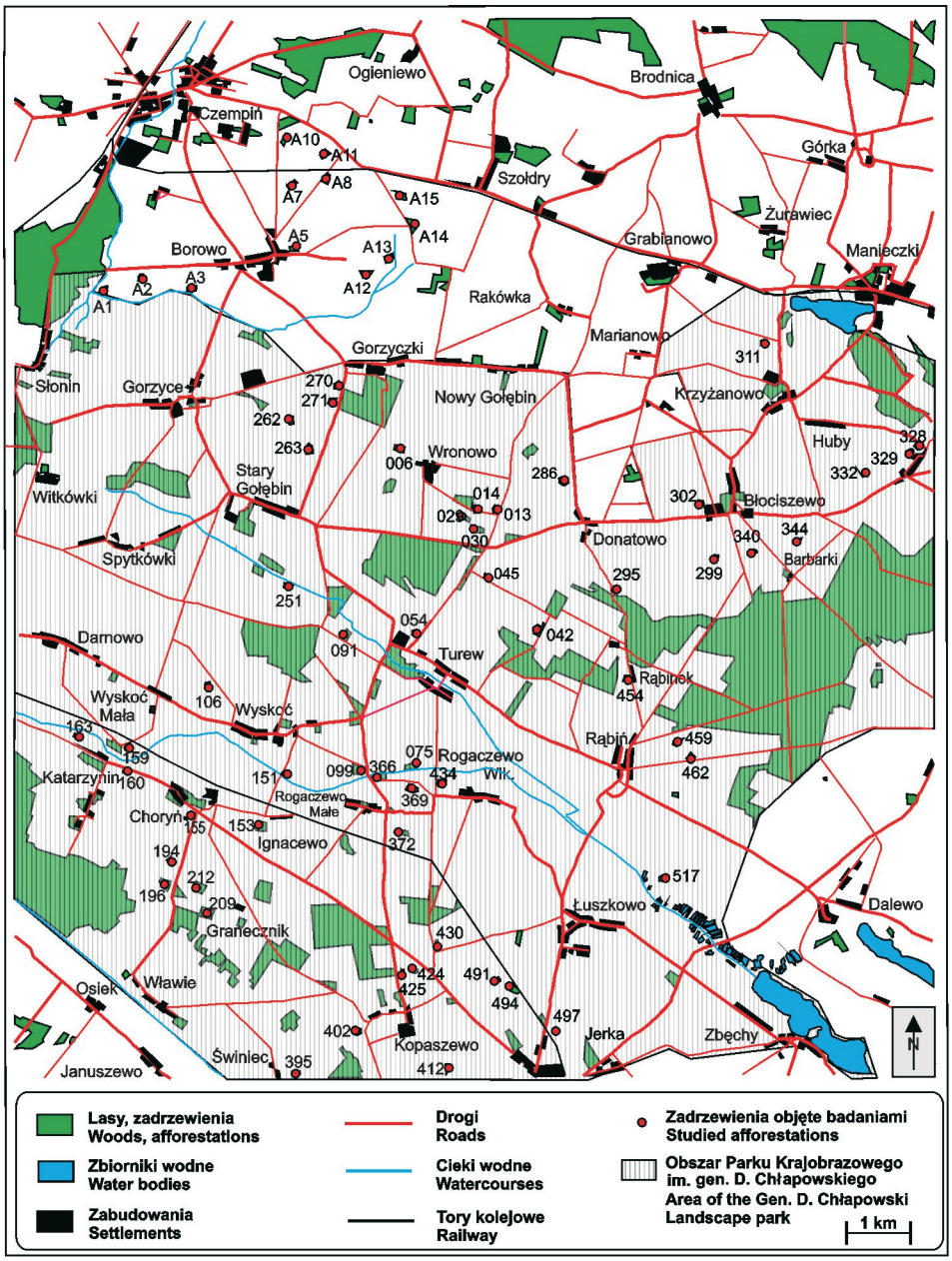
In result of the performed analysis of habitat features variability and their interrelations, a group of variables has been selected, which describe the above mentioned aspects of bird life habitat comprehensively and in detail. These variables were used for analysis of relationship between habitat and landscape structure and bird communities of afforestations.

Among 61 observed breeding species the most common were: chaffinch, yellow hammer, blackbird, black cap, great tit, blue tit, gold finch, and spotted flycatcher. The results show that species richness in small afforestations covering usually 1-3% of farmland area is high. The data confirm that the species number of farmland breeding avi-

fauna may reach the level of 1/3-1/4 of breeding avifauna of Poland. According to species number, most abundant were wood species – wood interior, wood edge and wood "generalists" species. They constituted together almost 60% of all the species. Wood-crop ecotone species represented less than 1/4 of all the species number. Mean bird density amounted to 15 pairs/ha, and most abundant species were: chaffinch, black cap, yellow hammer, icterine warbler and blackbird. Share of particular habitat groups was more differentiated. Wood "generalists" consituted more than 40% of community while ecotone species – more than 1/3 of community. Although the group of wood interior birds was rich in species, its share in total density was very low i.e. 2%. Bird communities in particular afforestations were strongly differentiated. Mean density in particular afforestations was equal to 4.4-47.9 pair/ha, mean pair number – 0.7-42.3, mean number of species per year – 1-18, total number of species per afforestation – 3-27. Species turn-over rate was similar in consecutive years and was equal to about 35%. It should be underlined that although bird communities in particular afforestations were very changeable, the total bird species number and density with respect to total group of the studied afforestations were highly stable in 1999-2002. It indicates that bird diversity protection in a farmland can be based on managing of the system of small but numerous midfield afforestations. Stability of bird communities and their species turn-over rate in individual afforestations were dependent mainly on the afforestation area but some features of landscape structure like heterogeneity (high fragmentation degree) and presence of grasslands have also positive although slight influence.

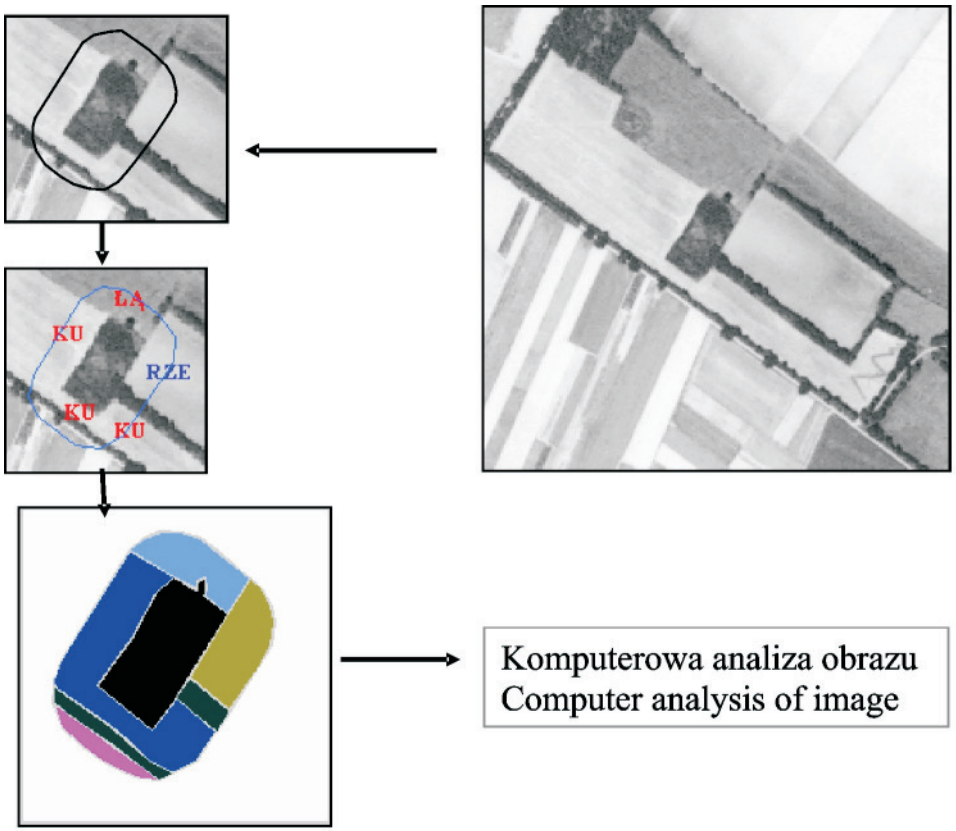
The results of the study show also that communities have individualistic characters – the importance of habitat as well as landscape structure was stronger when lower level of community organization was considered. The relationships between habitat and landscape structure and individual species were strongest, the relationships between habitat and landscape structure and habitat groups were weaker, and relationships between whole bird community and structure of habitat and landscape were weakest. Most important for shaping breeding bird communities in afforestations was their area, consistently with well-known, common rule of increasing number of species with the area studied. However, it should be stressed that adaptive ability of many bird species, even those typical for wood interior, is significant. These species colonized even very small (< 1 ha) afforestations. Apart from the afforestation area, other aspects of their structure played an important role. For groups preferring wood edge afforestation structure was less important but neighbourhood habitat structure was more significant. For group of wood interior species most important were features dealing with tree stand while shrub and herb layer did not have any effect. Habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations an played important role for bird communities in afforestations, especially heterogeneity of this habitat and – in case of a few species – share of crop fields. The impact of these factors was strongest for ecotone species but invisible for wood interior species. Also landscape structure had a significant influence on bird communities in afforestations. This influence was strongly differentiated in relation to the level of community organization considered. It is only slightly noticeable in relation to the whole community but plays an important role for individual species or their habitat groups, especially for wood species.

Summing up, all the three studied aspects of bird life habitat have a significant impact on bird communities in afforestations – structure of these afforestations, structure of habitat in nearest neighbourhood of afforestations and structure of landscape. Only considering the influence of all the three groups of habitat features on birds offers a possibility for complete understanding the reasons for spatio-temporal variability of farmland bird community and for possibility for effective avifauna protection by conscious managing of habitats in an agricultural landscape.



Ryc. 1. Teren badań i rozmieszczenie zadrzewień objętych badaniami. Symbole zadrzewień od 006 do 517 pochodzą z niepublikowanego opracowania pod redakcją Ryszkowskiego (Koncepcja planu ochrony... 1998), a nazwy od A1 do A15 przypisano zadrzewieniom nie objętym powyższym opracowaniem

Fig. 1. Study area and distribution of studied afforestations. Afforestation names from 006 to 517 were used after Ryszkowski (Koncepcja planu ochrony... 1998) while names A1-A15 were assigned to afforestations not included to cited report



Ryc. 2. Etapy analizy struktury środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień
Fig. 2. Stages of analysis of habitat structure in nearest neighbourhood of afforestations



Fot. 1. Sieć zadrzewień pasowych na północ od wsi Turew
Phot. 1. Network of shelterbelts north of Turew village



Fot. 2. Typowy krajobraz rolniczy w okolicach wsi Turew – mozaika pól uprawnych i zadrzewień śródpolnych
Phot. 2. Typical agricultural landscape near Turew village – mosaic of crop fields and midfield afforestations



Fot. 3. Jeden z najdłuższych i najszerszych (aż do ok. 50 m) pasów wiatrochronnych z drzewostanem robiniowym (*Robinia pseudacacia*), odgrywających istotną rolę w zmniejszaniu stopnia izolacji organizmów występujących w wyspach leśnych
Phot. 3. One of the longest and widest (up to 50 m) shelterbelts with locust (*Robinia pseudacacia*) tree stand, playing important role in decreasing degree of isolation of organisms living in wood islands



Fot. 4. Fragment terenu badań nad Rowem Wyskoć niedaleko wsi Wyskoć
Phot. 4. Fragment of study area by the Rów Wyskoć canal near Wyskoć village



Fot. 5. Stare aleje wierzbowe (*Salix* sp.) na północ od wsi Turew – element mozaikowego krajobrazu rolniczego na terenie badań
Phot. 5. Old willow (*Salix* sp.) avenues north of Turew village – element of mosaic agricultural landscape in study area



Fot. 6. Małe zadrzewienie (nr 424) otoczone przez łąki i różnorodne zadrzewienia niedaleko wsi Kopaszewo
Phot. 6. Small afforestation (No. 424) surrounded by meadows and differentiated afforestations near Kopaszewo village



Fot. 7. Fragment zadrzewienia olchowo-robiniowego (*Alnus-Robinia*) (nr 366) nad Rowem Wyskoć
Phot. 7. Fragment of alder-locust tree (*Alnus-Robinia*) afforestation (No. 366) by the Rów Wyskoć canal



Fot. 8. Typowe zadrzewienie śródpolne (z drzewostanem olchowym *Alnus glutinosa*) – nr 434, o charakterze izolowanej wyspy środowiskowej
Phot. 8. Typical midfield afforestation (with alder *Alnus glutinosa* tree stand) – No. 434, constituting isolated habitat island

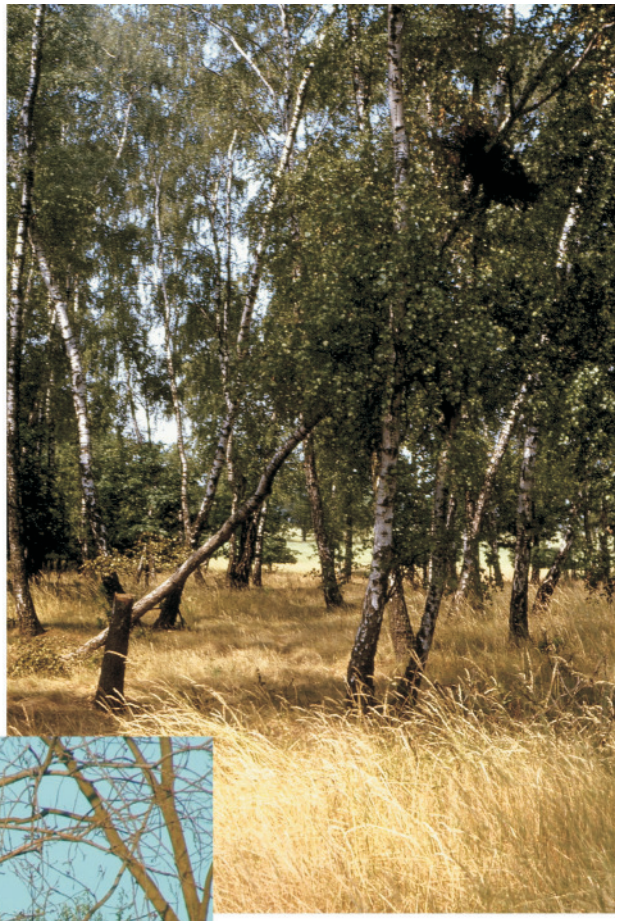


Fot. 9. Wnętrze zadrzewienia nr 424 – przykład zadrzewienia z dobrze rozwiniętym piętrem koron drzew i słabo rozwiniętym podszytem
Phot. 9. Interior of afforestation No. 424 – an example of afforestation with well developed canopy layer and poor shrub layer



Fot. 10. Zadrzewienie nr 014 – fragment typowego drzewostanu bukowego (*Fagus silvatica*). Jedno z nielicznych zadrzewień śródpolnych z gniazdującym dzięciołem czarnym (*Dryocopus martius*)
Phot. 10. Afforestation No. 014 – fragment of typical beech (*Fagus silvatica*) tree stand. One of the very few midfield afforestations, where the Black Woodpecker (*Dryocopus martius*) breeds

Fot. 11. Wnętrze zadrzewienia nr 372 z młodym drzewostanem dębowo-brzozowym (*Quercus-Betula*). Drzewo z gniazdem myszołowa (*Buteo buteo*) zostało ścięte podczas sezonu lęgowego
Phot. 11. Interior of afforestation No. 372 with young oak-birch (*Quercus-Betula*) tree stand. Tree with Common Buzzard's (*Buteo buteo*) nest was cut during breeding season





Fot. 12. Zadrzewienie nr 497 z gniazdem myszołowa (*Buteo buteo*) na topoli (*Populus* sp.). Przykład synantropizacji tego gatunku ptaka
Phot. 12. Afforestation No. 497 with Common Buzzard's (*Buteo buteo*) nest on poplar (*Populus* sp.). An example of synanthropisation of the bird species