

Jan Banaś

JAK GODZIĆ OCHRONĘ RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ Z UŻYTKOWANIEM LASU W PLANOWANIU URZĄDZENIOWYM?

– PROPOZYCJA NOWEGO SYSTEMU PLANOWANIA URZĄDZENIOWEGO

„Zadaniem urządzenia lasu jest uporządkowanie całego toku gospodarstwa, według czasu i przestrzeni w ten sposób, aby cel gospodarczy o ile możliwości mógł być osiągnięty”

Judeich

NAŚWIETLENIE PROBLEMU

Zapewnienie trwałości lasu jest jednym z podstawowych wymogów prowadzenia gospodarki leśnej a jej sposoby rozwiązania dały podwaliny do prowadzenia racjonalnej, planowej gospodarki leśnej. Na przestrzeni lat pojęcie trwałości lasu ewoluowało wraz ze zmianą zapotrzebowania na funkcje pełnione przez las. Początkowo utożsamiana była ona z trwałością i równomiernością pozyskania drewna. Uznawano bowiem iż gospodarstwo leśne powinno przynosić określony (maksymalny dla danych uwarunkowań przyrodniczo-ekonomicznych) przychód ze sprzedaży drewna, i że powinien być on w miarę równomierny w dłuższym okresie czasu (model lasu normalnego). Wraz ze wzrastającym zapotrzebowaniem na pozaprodukcyjne funkcje lasu pojęcie trwałości lasu ewoluowało i obecnie oznacza możliwość „trwałego” pełnienia przez las również funkcji ekologicznych i społecznych.

Racjonalne prowadzenie gospodarki leśnej wymaga pogodzenia pełnienia różnorodnych funkcji pozaprodukcyjnych z funkcją produkcyjną (Janeczko i in. 2023). Jest to tym trudniejsze, że funkcje ekologiczne czy społeczne są realizowane w określonej jednostce krajobrazu i w związku z tym „przypisane” do danego kompleksu leśnego, który powinien je pełnić trwale. Zapewnienie odpowiedniego udziału drzewostanów niezbędnych do właściwej realizacji określonych funkcji odpowiednio rozmieszczonych w krajobrazie jest zadaniem trudnym z uwagi na konieczność prowadzenia analiz na rozległym obszarze oraz w szerokim horyzoncie czasu kilku następujących po sobie okresów planistycznych (Banaś 2010,

Banaś i in. 2018, 2021). Do rozwiązania tak postawionego problemu wykorzystać można matematyczne metody programowania liniowego czy dynamicznego stosowanego w gospodarce przy poszukiwaniu optymalnych rozwiązań (Zaborski i Banaś 2020). Metody te są powszechnie stosowane w krajach zachodnich przy określaniu rozmiaru użytkowania przy

Potrzeba zmian w planowaniu wyniku z:

- ◆ Zachodzących współcześnie globalnych zmian w wielu obszarach: zmiany klimatu, środowiska naturalnego, zmiany postrzegania funkcji lasów.
- ◆ Szybkiego rozwoju nowych technologii geoinformatycznych stwarzających nowe możliwości w planowaniu.
- ◆ Dynamicznie rozwijającego się modelowania w obszarach bezpośrednio związanych z planowaniem.
- ◆ Dysponowania bogatymi bazami danych takich jak SILP czy WISL przydatnymi w planowaniu bez potrzeby ich dublowania.

Przed leśnictwem obecnie stawiane są nowe cele i wyzwania. Planowanie urzędzeniowe powinno służyć do szczegółowego wskazania jak te cele osiągnąć. Stosowane obecnie metody powstawały w innych uwarunkowaniach funkcjonowania leśnictwa w gospodarce narodowej i innym (często mniej aktywnym) postrzeganiu funkcji lasu przez społeczeństwo. W tym kontekście istnieje zapotrzebowanie na nowe rozwiązania w planowaniu urzędzeniowym, uwzględniające zarówno aktualne wyzwania, jak i nowe osiągnięcia nauki i techniki.

Proponowane kierunki zmian

Integracja poszczególnych funkcji ekosystemowych lasu w skali krajobrazu i dłuższym horyzoncie czasu

Potencjał poszczególnych funkcji ekosystemowych lasu zależy zarówno od indywidualnych cech drzewostanu (wiek, skład gatunkowy, struktura, zasobność, zwarcie), cech krajobrazowych (ukształtowanie terenu, sąsiedztwo zbiorników wodnych) jak i społeczno-gospodarczych determinant regionu (gęstość zaludnienia, rynek pracy, odległość od dużych miast, położenie ośrodków przemysłowych w tym przemyśle drzewnego). Właściwe zarządzanie funkcjami ekosystemowymi lasu wymaga uwzględnienia relacji przestrzennych oraz przewidywania i symulacji rozwoju lasu w dłuższym niż 10-cio letni okres planowania.

Inwentaryzacja zasobów

Wykorzystania nowych technologii geomatyki i skaningu laserowego pozwalają na dokładniejsze określenie cech lasu oraz precyzyjniejsze zlokalizowanie tych cech w przestrzeni krajobrazu. Wdrażanie nowych technologii wiąże się ze wzrostem kosztów, a koszty sporządzania planów urządzenia lasu powinny raczej ulec obniżeniu a nie wzrostowi z uwagi na ogólny trend – zmniejszenie intensywności gospodarki leśnej, co wpłynie na zmniejszenie przychodów ze sprzedaży drewna. Propozycją rozwiązania tego problemu jest zróżnicowanie poziomu kosztochłonności inwentaryzacji drzewostanów. Inwentaryzacja drzewostanów młodszych i średnich klas wieku powinna mieć ograniczony zakres prac terenowych i opierać się na zebranych dotychczas wynikach pomiarów na kołowych powierzchniach próbnych jak również wykorzystywać wyniki pomiarów wykonywanych w ramach WISL. Z większą dokładnością powinny być inwentaryzowane drzewostany starsze, potencjalnie możliwe do użytkowania. Inwentaryzacja w tej grupie drzewostanów ma zarówno znaczenie informacyjne – jaki jest stan i możliwości użytkowania oraz rolę kontrolną – prawidłowość wykonywanych zabiegów, stan drzewostanów po cięciach, czy kontynuować planowany rodzaj i intensywność zabiegu w kolejnym 10-cio leciu czy dokonać korekty.

Regulacja rozmiaru użytkowania

Proponowana jest nowa metoda indywidualnego potencjału drzewostanów. W metodzie dojrzałości najpierw określany jest etat na podstawie tabeli klas wieku i wieku rębności, a następnie wyznaczane są drzewostany, w których etat ten będzie realizowany. W proponowanej metodzie kolejność jest odwrotna – najpierw w procesie optymalizacyjnym wyznacza się drzewostany do użytkowania i dopiero suma zaplanowanej miąższości do pozyskania stanowi wielkość etatu. Proces wyboru drzewostanów do użytkowania bazuje na szerokiej grupie metod optymalizacji planowania przestrzennego, w tym programowania liniowego.

W procedurze programowania liniowego w pierwszym etapie definiujemy funkcję celu, a następnie w procesie optymalizacji szukamy takiego rozwiązania, dla którego funkcja celu osiąga największe z możliwych wartości przy przyjętych ograniczeniach. W lasach gospodarczych funkcja taka określa łączną miąższość lub wartość drewna planowaną do pozyskania w kilku kolejnych okresach planistycznych. Wynikiem optymalizacji jest wskazanie (dla kolejnych okresów gospodarczych), w których drzewostanach (lub części drzewostanu) powinno być prowadzone pozyskanie drewna aby osiągnąć maksymalny z możliwych, przy określonych

ograniczeniach, przychód ze sprzedaży drewna w dłuższym (kilka dziesięcioleci) okresie czasu.

Ograniczeniami są obowiązujące normy i przepisy formalno-prawne, między innymi minimalny wiek czy maksymalna powierzchnia drzewostanu planowanego do wycięcia. W trakcie procesu optymalizacji uwzględniane są zarówno indywidualne cechy poszczególnych drzewostanów (wiek, skład gatunkowy, zasobność, przyrost) jak i wzajemne położenie względem sąsiadujących drzewostanów oraz lokalizacja grup drzewostanów o podobnych cechach w szerszej skali krajobrazu. Poprzez uwzględnienie w procesie optymalizacji kilku okresów gospodarczych (planistycznych) kształtowane jest przestrzenne rozmieszczenie drzewostanów o określonych cechach (pożądanych ze względu na pełnione funkcje) w dłuższym horyzoncie czasu. Ma to szczególne znaczenie w lasach ochronnych, w których wymagany jest określony udział drzewostanów o odpowiednich cechach, np. starodrzewi stanowiących siedliska bytowania określonych gatunków zwierząt czy występowania roślin. Osiągnięcie takiego celu w sposób schematyczny poprzez podnoszenie wieków rębności czy wstrzymywanie cięć w danym okresie jest rozwiązaniem „krótkowzrocznym” i może prowadzić zarówno do znacznych strat ekonomicznych związanych z deprecjacją surowca drzewnego w części drzewostanów wymagających użytkowania, jak i przyrodniczych wynikających z narażenia rozpadu drzewostanów na większych powierzchniach i w konsekwencji braku starodrzewi w określonym horyzoncie czasu w (danym) krajobrazie.

W programowaniu liniowym każdy drzewostan traktowany jest indywidualnie co pozwala na planowanie udziału starodrzewi w kolejnych okresach poprzez pozostawianie tych drzewostanów, których wartość znacznie wzrosnie w danym okresie (charakteryzujące się znacznym potencjałem przyrostu miąższości, niezagrożone rozpadem i deprecjacją surowca w danym okresie gospodarczym). Do użytkowania w pierwszej kolejności typowane są drzewostany o mniejszym przyroście (wynikającym z warunków naturalnych – po kulminacji przyrostu lub związanym z osłabionym stanem zdrowotnym) i pozostawienie ich na kolejne 10-letnie mogło by skutkować deprecjacją surowca drzewnego.

Integralną częścią procesu optymalizacji jest określenie wartości „straty” wyrażającej wpływ przyjętych ograniczeń na zdefiniowaną funkcję celu. Umożliwia to wycenę strat ze sprzedaży drewna wynikającą z realizacji funkcji pozaprodukcyjnych w porównaniu do poziomu gdyby nie było ograniczeń a maksymalizowana była tylko produkcja drewna. Stanowi to obiektywne narzędzie wyceny kosztów funkcji pozaprodukcyjnych i może być zastosowane do określenia poziomu subsydiowania

pozaprodukcyjnych funkcji lasu w szczególności gdy koszty prowadzenia gospodarki leśnej przekraczają przychody ze sprzedaży drewna.

Algorytm optymalizacji

1. Wyznacza się zbiór drzewostanów potencjalnie możliwych do użytkowania w trzech kolejnych 10-cio leciach:
 - ♦ (w pierwszym 10-cio leciu (bliskorębne i starsze),
 - ♦ w drugim 10-cio leciu (wszystkie z pierwszego + drzewostany przedrębne, które za 10 lat osiągną kategorię bliskorębnych)
 - ♦ w trzecim 10-cio leciu (wszystkie z drugiego + przedrębne, które za 20 lat osiągną kategorię bliskorębnych).
2. Do każdego drzewostanu przypisuje się rodzaj rębni, dla rębni złożonych okres odnowienia oraz % możliwej do pozyskania zasobności w danym i kolejnych dziesięcioleciach.
3. Jeżeli powierzchnia drzewostanu jest większa niż powierzchnia manipulacyjna dla danej rębni wg ZHL drzewostany dzieli się odpowiednio na działki zrębowe a działki traktuje jako odrębne drzewostany (jednostki).
4. Dla uproszczenia przyjmuje się, że drzewostany będą użytkowane w środku okresu tj, po 5 latach (pierwsze 10-cio lecie), po 15 latach (drugie 10-cio lecie) lub 25 latach (trzecie 10-cio lecie).
5. Określa się przewidywaną zasobność jaką osiągnęłyby drzewostany w środku okresu danego dziesięciolecia (po 5, 15 i 25 latach) poprzez dodanie spodziewanego przyrostu pomniejszonego o naturalne wydzielenie się drzew.
6. Wskazanie, które drzewostany będą przeznaczone do użytkowania w pierwszym, które w drugim, a które w trzecim dziesięcioleciu tak aby:

A – Funkcja celu: łączna wielkość użytkowania w trzech dziesięcioleciach była maksymalna

$$\max V = \sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^3 V_{ip} * x_{ip}$$

gdzie :

V_{ip} stanowi miąższość i – tego drzewostanu w okresie p

x_{ip} zmienna decyzyjna przyjmująca wartości:

1 – jeżeli drzewostan „ j ” jest wyznaczony do wycięcia w okresie p ,

0 – jeżeli drzewostan „ j ” nie jest wyznaczony do wycięcia

B – ograniczenia

Istnieje możliwość nakładania określonych wymogów czy ograniczeń ilościowych przestrzennych i czasowych do planowanych cięć rębnych. Przykładowe ograniczenia:

1. Etat w kolejnym okresie różni się max o 5% od etatu z okresu poprzedniego
 $E2 = E1 \pm 5\%$; $E3 = E2 \pm 5\%$
1. Powierzchnia starodrzewi w nadleśnictwie nie spadnie poniżej określonego poziomu $P_{STi} \geq P_N * 0,2$
2. Odległość pomiędzy starodrzewiami nie przekroczy przyjętej wartości progowej (np. 1000 m)
3. Określony udział poszczególnych sortymentów w pozyskanym surowcu drzewnym.

OCHRONA RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ A UŻYTKOWANIE LASU: STUDIUM PRZYPADKU BOCIANA CZARNEGO W PUSZCZY NIEPOŁOMICKIEJ

Wprowadzenie

Z ekologicznego punktu widzenia jednym z głównych zadań gospodarki leśnej jest zapewnienie dostępności siedlisk dla dzikich zwierząt. Często te same gatunki wykorzystują różne rodzaje siedlisk do różnych celów, na przykład sowa uszata, która preferuje młodsze lasy do żerowania i stare drzewostany do gniazdowania i grzebania (Bettinger et al. 2002; McComb i in. 2002; Åberg i in., 2003; Suorsa i in. 2005). Wartość jakości siedliska może być obliczana w różnej skali przestrzennej: pojedynczego drzewostanu, grupy drzewostanów, całego lasu lub krajobrazu. Zapewnienie optymalnej ilości siedlisk w skali krajobrazu jak również dłuższym horyzoncie czasu wymaga przeprowadzenia odpowiednich analiz i symulacji na etapie opracowywania planów urządzania, kiedy to podejmowane są decyzje gospodarcze mogące wpływać pozytywnie lub negatywnie na dany rodzaj siedliska. Szczególnie działania gospodarcze, takie jak: system rębni, kolej rębu, czy zmiana składu gatunkowego drzewostanów silnie wpływają na dostępność różnych siedlisk.

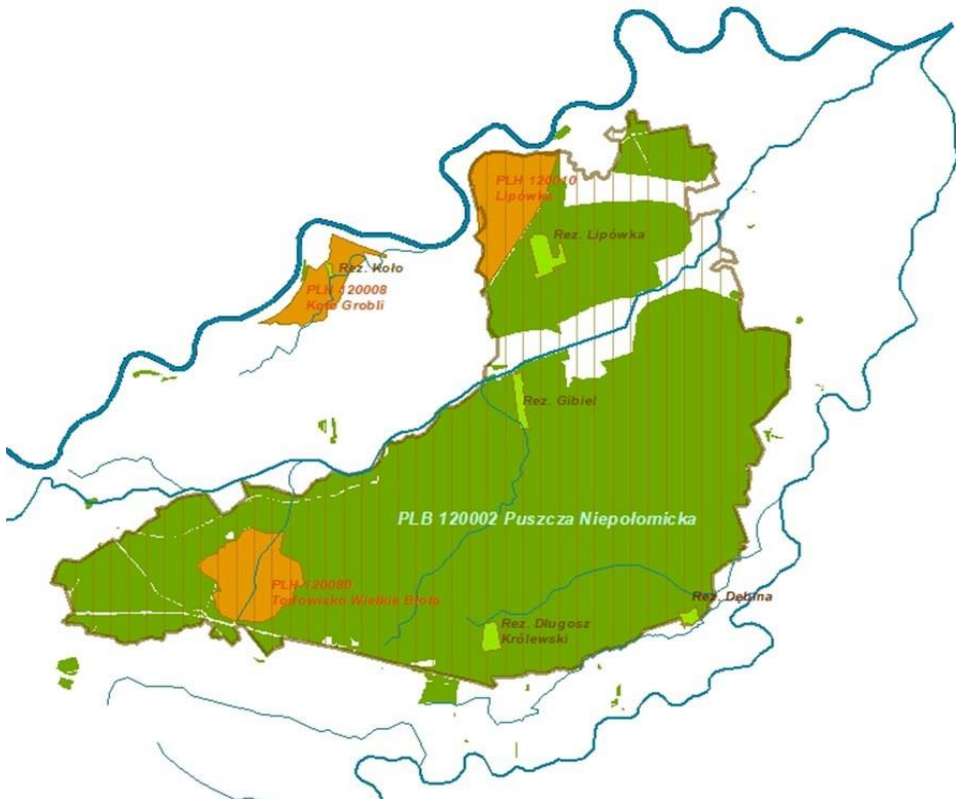
W niniejszym przykładzie określono dostępność siedliska dla bociana czarnego w różnych scenariuszach zarządzania w długoterminowym (180 lat) okresie symulacji. Bocian czarny jest chroniony międzynarodowo i jest wymieniony w Załączniku Dyrektywy Ptasiej UE. Ten gatunek został wybrany jako przykładowy z uwagi na specyficzne wymagania siedliskowe: bocian czarny wymaga nie tylko dużych obszarów leśnych,

ale także starych drzew do gniazdowania oraz cieków i zbiorników wodnych do żerowania (Angelstam i in. 2004). Gniazda bociana czarnego znajdują się w lesie i żeruje on głównie na małych rybach i innych małych zwierzętach wodnych, które są zbierane w płytkich zbiornikach wodnych i terenach podmokłych (Zawadzka i in. 1990; Lohmus i Sellis 2001). Bocian czarny bytuje w starych drzewostanach i zakłada gniazda w górnej części drzew o dobrze rozbudowanej koronie. Na gniazda wybierane są drzewa na ogół starsze i cechujące się większymi wymiarami pierśnicy od pozostałych drzew w drzewostanie (Strazds 2003). Ptaki preferowały stare, odległe drzewostany w pobliżu rzek i w pewnej odległości od ekotonów, chociaż preferencję dla starodrzewu tłumaczono po prostu występowaniem potencjalnych drzew gniazdowych o dużych rozmiarach. Główną przyczyną spadku liczebności i zaniku populacji roślin i zwierząt jest ubywanie środowisk dla nich odpowiednich (Newton 1998). Dlatego też szczególnie ważna w zarządzaniu środowiskami jest umiejętność długoterminowego przewidywania skutków planowanych działań.

Celem tego badania jest ocena wpływu zmian sposobu i intensywności gospodarowania, takich jak: 1) wiek rębności 2) skład gatunkowy, 3) sposób zagospodarowania lasu, na dostępność siedlisk dla bociana czarnego w długim horyzoncie czasowym i skali krajobrazu na przykładzie Puszczy Niepołomickiej.

Charakterystyka puszczy niepołomickiej

Puszcza Niepołomicka, to duży kompleks leśny otoczony terenami podmokłymi, stanowiącymi dogodne żerowiska dla bociana czarnego. Skład gatunkowy drzewostanów Puszczy Niepołomickiej jest kształtowany i utrzymywany przez gospodarkę leśną od około 200 lat. Sosna zwyczajna, jako gatunek o dużym znaczeniu gospodarczym, była preferowana na wszystkich siedliskach, z wyjątkiem siedlisk lasowych, gdzie preferowano dąb. Drzewostany były zwykle zarządzane w systemie zrębów zupełnych z krótkim wiekiem rotacji. Od połowy XX wieku rekreacja i ochrona wód zostały uznane za ważne funkcje lasu, a hodowla lasu i metody zarządzania ewoluowały: wprowadzono więcej gatunków liściastych, wydłużono wiek rotacji, a zręby zupełne zostały zastąpione rębiami częściowymi. Na początku obecnego wieku w Puszczy Niepołomickiej utworzono Obszar Specjalnej Ochrony (OSO, oznaczony jako PLB120002 „Puszcza Niepołomicka”) w ramach europejskiej sieci Natura 2000 zgodnie z Dyrektywą Ptasią UE; obejmuje on wszystkie drzewostany objęte niniejszymi analizami (Ryc. 1). OSO został utworzony ze względu na obecność ptaków. Potwierdzono tu obecność 29 gatunków



Rycina 1. Położenie kompleksów leśnych oraz obszary specjalnej ochrony w ramach sieci Natura 2000

zarówno leśnych jak i terenów otwartych, wymienionych w załączniku I do dyrektywy ptasiej, z czego 8 regularnie gniazduje w tutejszych lasach. Liczebność bociana czarnego w SPA Puszcza Niepołomska jest oceniana na około 3–5 par.

Największy udział (43%) stanowią siedliska oligotroficzne (BM) (dominujące zbiorowisko *Quercus-roboris Pinetum*) na których w naturalnych warunkach rośnie sosna z domieszką, dębu, buka i brzozy. Znaczący udział (30%) zajmują siedliska mezotroficzne (LM) o dominującym zbiorowisku *Tilio-Carpinetum* właściwe dla mieszanych drzewostanów dębowo-sosnowych z domieszką lipy i grabu. Siedliska eutroficzne (Lsw, Lw) (*Ficario-Ulmetum campestris*) zajmują 23% powierzchni i są właściwe dla drzewostanów liściastych z panującym dębem oraz współpanującymi: wiązem, jesionem i lipą. Stosunkowo niewielki udział (4%) zajmują żyzne ale bardzo wilgotne siedliska olsowe (*Carici elongate-Alnetum*), na których występuje olsza z domieszką jesionu.

W składzie gatunkowym drzewostanów dominuje sosna (51% powierzchni), następnie dąb (19%) i olsza (11%), pozostałe gatunki występują w mniejszym udziale. Średnia zasobność drzewostanów wynosiła 270 m³/ha a średni wiek 66 lat.

Warianty gospodarki leśnej

Analizowano trzy różne scenariusze gospodarki leśnej pod względem składu gatunkowego drzewostanów, wieku rotacji i zabiegów hodowlanych.

Wariant intensywnej gospodarki (I)

Drzewostany jednogatunkowe, dominacja sosny zwyczajnej o wieku rębności 90 lat i stosowanym zrębowym sposobem zagospodarowania (rębnia Ib) tylko na siedliskach lasowych drzewostany dwugatunkowe przerębowo-zrębowy sposób zagospodarowania z rębniami częściowymi i krótkim (10 lat) okresem odnowienia (Tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka wariantów gospodarowania

Wariant	STL	Skład gatunkowy %	Wiek rębności	Sposób zagospodarowania / okres odnowienia
Intensywny (I)	BM	So100	90	Zrębowy
	LM	So100	90	Zrębowy
	Lsw Lw	Db80, Wz20	120	Przerębowo-zrębowy/10
	Ols	OL100	70	Zrębowy
Bazowy (B)	BM	SO70, Db30	100	Przerębowo-zrębowy/10
	LM	DB40, So30, Bk30	140	Przerębowo-zrębowy/20
	Lsw Lw	Db60, Bk30, Wz10	140	Przerębowo-zrębowy/20
	Ols	OL100	80	Zrębowy
Ochronny (O)	BM	SO40, Db30, Md10, Brz10	110	Przerębowo-zrębowy/10
	LM	Db40, So30, Bk10, Lp10, Gb 10	180	Przerębowo-zrębowy/20
	Lsw Lw	Db50, Wz20, Bk10, Lp10, Gb 10	180	Przerębowo-zrębowy/30
	Ols	OL80 Js20	80	Zrębowy

Wariant bazowy (B)

Drzewostany dwu lub trzy gatunkowe, preferowana sosna lub dąb (z uwagi na wysoką produktywność i wartość drewna) ze średniej długości wiekami rębności: sosna – 100 lat, dąb 140 lat, zagospodarowane sposobem przerębowo-zrębowym z rębniami częściowymi.

Wariant ochronny (O)

Drzewostany wielogatunkowe z dominacją gatunków liściastych oraz długimi wiekami rębności: sosna – 110, dąb 180 lat. Stosowany przerębowo-zrębowy sposób zagospodarowania z okresem odnowienia od 10 do 30 lat. Około 5% powierzchni dojrzałych drzewostanów jest nieużytkowanych i pozostawionych do naturalnego rozpadu.

Symulacja rozwoju lasu

Powierzchnię drzewostanów, ich skład gatunkowy i wiek na początku okresu badań przyjęto z Planu Urządzenia Nadleśnictwa Niepołomice wg stanu na 2012 r. Drzewostany o powierzchni większej od dopuszczalnej wielkości zrębu podzielono na mniejsze zgodnie z zasadami hodowli (4 ha rębnie zupełne, 6 ha rębnie częściowe i stopniowe).

Do wřębu przeznaczano drzewostany: 1) znajdującymi się w okresie odnowienia (drzewostany, w których w poprzednim okresie prowadzono cięć częściowe) – kontynuacja cięć, 2) drzewostany, które osiągnęły lub osiągną w danym 10-cio letnim okresie wiek rębności (wg gatunku głównego) i spełniały kryterium przestrzenne możliwości cięć. Sprawdzano czy łączna powierzchnia drzewostanów wyznaczonych do wřębu i sąsiadujących ze sobą nie przekracza dopuszczalnej powierzchni zrębu w danym wariacie. Jeżeli drzewostan sąsiadował ze zrębem to mógł być wyznaczony do wřębu najwcześniej po 5 latach od odnowienia powierzchni zrębowej. Skład gatunkowy odnowień (nowego drzewostanu) przyjmowany był zgodnie z zasadami podanymi w tabeli 2 odpowiednio typu siedliskowego lasu i sposobu zagospodarowania.

Określenie siedlisk dla bociana czarnego

Określenie potencjalnego siedliska dla danego gatunku jest procesem hierarchicznym i wymaga spełnienia określonych dla danego gatunku warunków na wszystkich poziomach krajobrazu. Zaburzenia na jednym poziomie mogą całkowicie eliminować dany obszar jako siedlisko pomimo spełnienia (zapewnienia) odpowiednich warunków na pozostałych

poziomach (Jones 2001). W pracy oceniane były czynniki siedliska w następującej skali przestrzennej (1) strefa gniazdowania (macro habitat, nesting zone), (2) obszar gniazdowania (nesting territory), (3) miejsce gniazdowania (nesting site).

Strefa gniazdowania (Nesting zone)

Powierzchnia leśna stanowiąca potencjalne miejsce gniazdowania BC z uwagi na przestrzenne położenie względem miejsc żerowania (rzeki, zbiorniki wodne, tereny bagienne – czynniki sprzyjające) oraz granicy lasu, zabudowań, dróg o dużym natężeniu ruchu, oraz miejsc przeznaczonych do intensywnego ruchu turystycznego i rekreacji (czynniki eliminujące). Do strefy gniazdowania zaliczona została powierzchnia leśna spełniająca następujące warunki: (1) wielkość całego kompleksu powyżej 100 ha, (2) odległość od zabudowań powyżej 1 km (odległość najbliższej zasiedlonego gniazda) (nie brano pod uwagę zabudowań związanych z gospodarką leśną i leśniczówek położonych na obrzeżach lasu, (3) odległość od drogi asfaltowej o dużym ruchu samochodów 200 m, (4) odległość od granicy lasu z terenami otwartymi 100 m (nie brano pod uwagę granicy z śródleśnymi łąkami, bagnami oraz łąkami pomiędzy kompleksami objętymi ochroną Natura 2000. Przeznaczenie (udostępnienie) danego obszaru do intensywnego ruchu turystycznego i rekreacji (określone w planie urządzenia lasu) wykluczało tę powierzchnię ze strefy gniazdowania.

Miejsce gniazdowania (MG) (Nesting site)

Drzewostan lub grupa drzewostanów położona w strefie gniazdowania, o określonej minimalnej powierzchni, składzie gatunkowym i wieku, w którym występują drzewa o wymiarach i budowie korony mogące stanowić potencjalne miejsce do założenia gniazda (nesting tree). W Puszczy Niepołomickiej BC wybierają do zakładania gniazd dęby oraz sosny. Są to gatunki występujące najliczniej, cechują się większą przeżywalnością, wymiarami pierśnicy i wysokości oraz występowaniem grubych konarów w starszym wieku, w porównaniu z brzozą, olszą czy jesionem.

Obszar gniazdowania (OG) (Nesting territory)

Średni obszar zajmowany przez 1 parę BC. wyznaczano jako okrąg o promieniu 2500 m (odpowiadający połowie średniej odległości pomiędzy zasiedlonymi gniazdami) i środku wyznaczonym przez położenie drzewa z gniazdem. W pierwszym okresie obszary gniazdowania wyznaczone były w dwóch etapach: (1) wyznaczono obszar gniazdowania wo-

kół wszystkich zasiedlonych gniazd, (2) sprawdzano czy w odległości ≥ 5 km (podwójny promień OG) wokół każdego zasiedlonego gniazda znajduje się drzewostan (grupa drzewostanów) spełniający kryteria OG (leżąca poza obszarem wyznaczonych OG) – jeżeli występowały takie drzewostany to wokół ich środka wyznaczano kolejne OG. W drugim i kolejnych okresach symulacji za pierwsze OG przyjmowano losowo jedno z OG z okresu poprzedniego, kolejne OG wyznaczano według kryteriów etapu drugiego w pierwszym okresie.

W oparciu o analizę wieku drzewostanów, w których zakładane były gniazda oraz dane z literatury, za granicę wieku drzewostanów zaliczanych do MG przyjęto 81 lat jeżeli udział dębu wynosi min. 10% miąższości, w pozostałych drzewostanach wieku powyżej 100 lat. Za minimalną powierzchnię MG przyjęto 4 ha. Dla drzewostanów o powierzchni < 4 ha sprawdzano czy sąsiadują z innymi drzewostanami spełniającymi kryterium wieku i czy łączna powierzchnia takiej grupy drzewostanów jest ≥ 4 ha (Muray 1998; Kaspar i in. 2017, Marusak i Kaspar 2015).

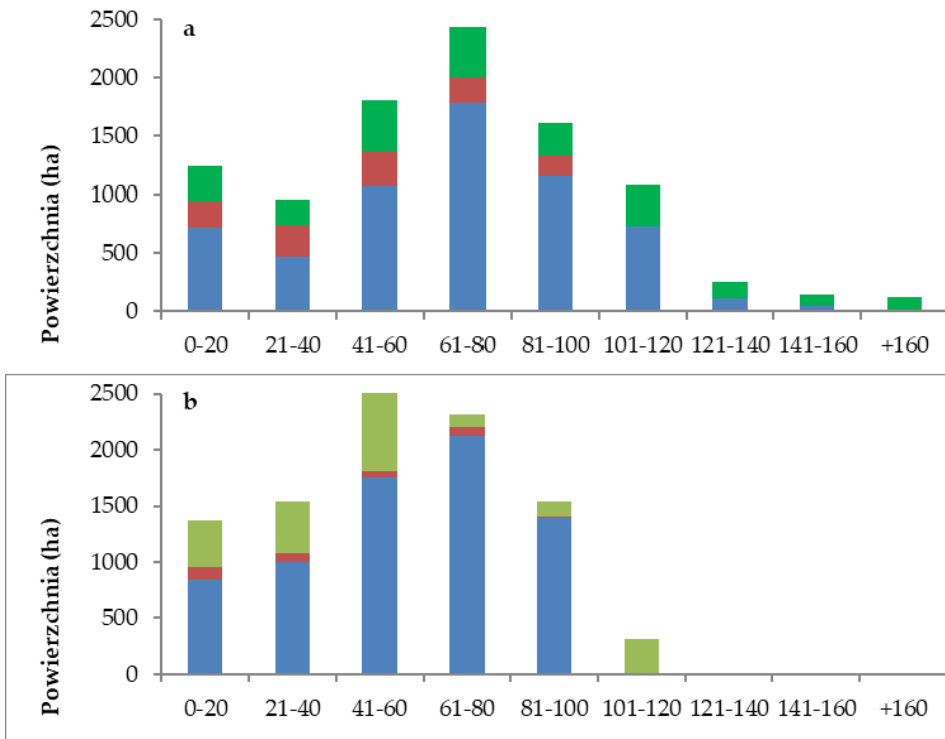
W analizie przyjęto, że uwarunkowania zewnętrzne wyznaczające położenie powierzchni leśnej jako potencjalnego miejsca do gniazdowania BC nie będą podlegały większym zmianom w kolejnych okresach symulacji, zmianie podlegać natomiast będą uwarunkowania wewnątrz drzewostanów różniące się w poszczególnych wariantach zagospodarowania (struktura gatunkowa i wiekowa oraz wzajemne położenie drzewostanów, jak również wymiary drzew). Tak więc powierzchnia strefy gniazdowania była stała w całym okresie symulacji, zmianie podlegała natomiast powierzchnia miejsc gniazdowania oraz liczba obszarów gniazdowania.

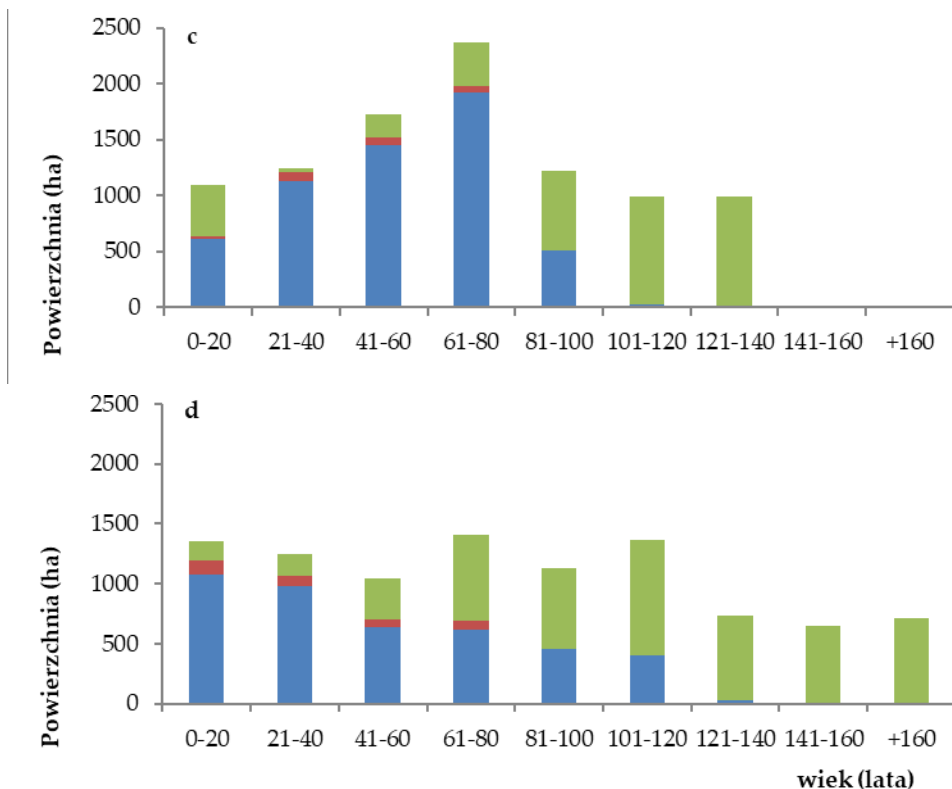
Symulacja rozwoju drzewostanów

Rozkład drzewostanów w klasach wieku w początkowym momencie symulacji (2012 r.) był nierównomierny, z dominującym udziałem średnich klas wieku (Ryc. 2a). W składzie gatunkowym zaznacza się wyraźna dominacja gatunków iglastych (63%), głównie sosny zwyczajnej, której udział znacznie przewyższa maksymalny poziom (40%) dopuszczalny w naturalnych typach drzewostanów odpowiednio do występujących siedlisk. Rozkład gatunków w klasach wieku jest nierównomierny, największy udział sosny (powyżej 60%) występuje w drzewostanach w wieku 61–110 lat, a dębu w drzewostanach powyżej 110 lat. W kolejnych okresach symulacji składy gatunkowe oraz struktura wieku drzewostanów podlegać będą znacznym fluktuacjom.

W wariantcie bazowym nastąpi zwiększenie udziału dębu, który po okresie około 140 lat będzie stanowił 30% lub więcej udziału w większo-

ści drzewostanów (za wyjątkiem olsów) (Ryc. 2c). Oznacza to, że wszystkie drzewostany w wieku powyżej 80 lat, położone w strefie gniazdowania, niezależnie od składu gatunkowego będą stanowić potencjalne siedliska lęgowe dla bociana czarnego. W wariacie intensywnej gospodarki nastąpią niekorzystne zmiany z punktu widzenia dostępności potencjalnych siedlisk bociana czarnego, a mianowicie zmniejszenie udziału drzewostanów starszych oraz wzrost udziału litych drzewostanów sosnowych. Po okresie około 120 lat (kolej rębny dla dębu w tym wariacie) lite drzewostany sosnowe będą zajmowały około 74% wszystkich zagospodarowanych drzewostanów i przy 90-cio letnim cyklu produkcyjnym w tym wariacie nie będą w ogóle stanowić potencjalnych siedlisk dla BC (Ryc. 2b). Drzewostany dębowe będą występowały na 23% powierzchni na żyznych siedliskach lasowych. Siedliska te są ograniczone przestrzennie i nie występują w kompleksie głównym, co spowoduje ograniczenie liczby obszarów gniazdowania do 3–4. W wariacie ochronnym nastąpią zmiany wpływające korzystnie na dostępność siedlisk głównie ze względu na dominację drzewostanów wielogatunkowych ze znacznym udziałem dębu.





Rycina 2. Struktura gatunkowo-wiekowa drzewostanów w 2012 r. (a) oraz po 180-letnim okresie symulacji w przypadku realizacji wariantu intensywnej gospodarki (b), bazowego (c) lub ochronnego (d). Kolorem niebieskim zaznaczono udział gatunków iglastych, czerwonym olszy i brzozy, a zielonym dębu, wiązu i jesionu.

Po uzyskaniu surowca drzewnego średnio w całym okresie symulacji kształtować się będzie w wariantie bazowym na poziomie $6,69 \text{ m}^3/1 \text{ ha}$ rocznie ($72\,266 \text{ m}^3/9641 \text{ ha}$ rocznie). W wariantie intensywnej gospodarki symulowany rozmiar pozyskania drewna jest o 12% wyższy ($7,50 \text{ m}^3/1 \text{ ha}$ rocznie), w porównaniu z wariantem bazowym natomiast w wariantie ochronnym o 15% niższy ($5,68 \text{ m}^3/1 \text{ ha}$ rocznie).

Siedliska lęgowe Bociana czarnego

Powierzchnia strefy gniazdowania bociana czarnego została określona na poziomie 8668 ha, co stanowiło 90% drzewostanów zagospodarowanych (9641 ha). Drzewostany o powierzchni 973 ha zostały wyłączone ze strefy gdyż nie spełniały warunków potencjalnego siedliska dla BC z uwagi na przestrzenne położenie, a w szczególności: sąsiedztwo z tere-

nami nieleśnymi, zabudowanymi, drogami, przeznaczone do intensywnego ruchu rekreacyjnego (zaznaczone kolorem niebieskim na ryc. 3). Zgodnie z założeniem, że uwarunkowania zewnętrzne nie ulegną zmianie, w całym okresie symulacji przyjęto stałą powierzchnię strefy gniazdowania.

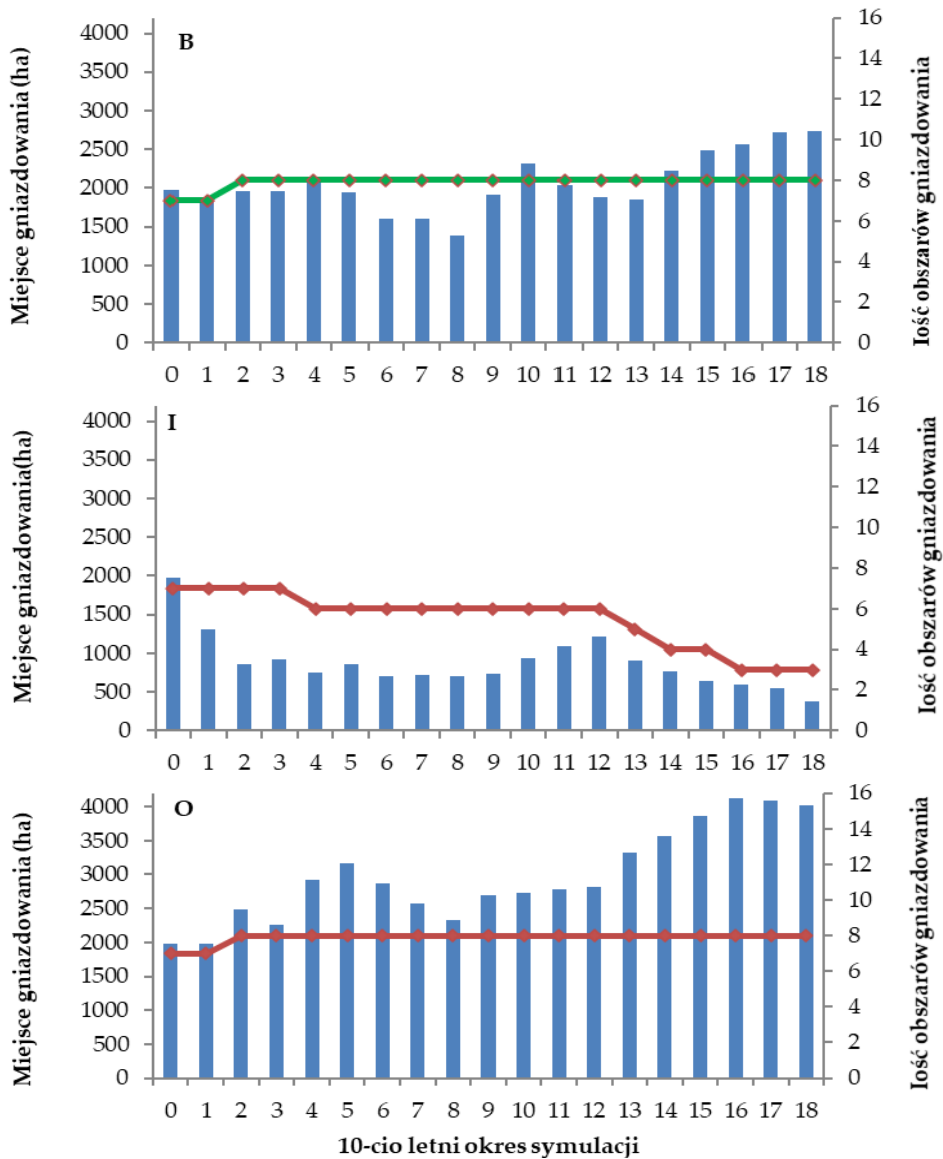
Drzewostany spełniające kryteria potencjalnych miejsc gniazdowania na początku okresu występowały na powierzchni 1982 ha, co stanowiło 21% drzewostanów (kolor ciemnozielony na ryc. 3). W kolejnych okresach symulacji powierzchnia obszarów gniazdowania podlegała znacznym wahaniom zarówno w poszczególnych wariantach gospodarowania jak i w tym samym wariantcie pomiędzy okresami.



Rycina 3. Obszar, strefy gniazdowania (kolor zielony) bociana czarnego w Puszczy Niepołomickiej, kolorem ciemnozielonym zaznaczono drzewostany spełniające warunki miejsca gniazdowania; pomarańczowy – strefy ochronne wokół zasiedlonych gniazd bociana czarnego; wg stanu w 2012 r.

W wariantcie bazowym średnio w całym okresie symulacji 21% powierzchni drzewostanów zagospodarowanych spełniało kryteria obszaru gniazdowania. Najmniej takich drzewostanów (14%) będzie w 8 okresie symulacji, a najwięcej (28%) w 17 i 18 okresie (ryc. 4a). Liczba miejsc gniazdowania w pierwszym okresie wynosiła 7, wzrastając do 8 w drugim okresie i pozostała na tym poziomie do końca symulacji.

Obniżenie wieku rębności dla dębu ze 140 do 120 lat oraz zastąpienie drzewostanów mieszanych z udziałem dębu litymi drzewostanami sosnowymi z koleją rębą 90 lat (wariant intensywnej gospodarki) spowoduje zmniejszenie powierzchni strefy gniazdowania średnio w 180. letnim okresie symulacji do 9% wszystkich drzewostanów. Zagospodarowanie



Rycina 4. Powierzchnia obszarów gniazdowania (słupki) oraz potencjalnych miejsc gniazdowania (linia) na przestrzeni 180. letniego okresu symulacji w przypadku realizacji wariantu bazowego (B), intensywnego (I) oraz ochronnego (O).

lasu według zasad wariantu intensywnego znacznym stopniu ograniczy również potencjalną liczbę miejsc gniazdowania, która z poziomu 7 w pierwszych 3 okresach symulacji podlegać będzie stopniowemu

zmniejszaniu do poziomu 3 w końcowych, od 16 do 18 okresie symulacji.

Podwyższenie wieku rębności do 110 i 180 lat odpowiednio dla sosny i dębu oraz wprowadzenie dębu jako gatunku panującego lub współpanującego we wszystkich drzewostanach (poza olsami) wpłynie korzystnie na zwiększenie miejsc lęgowych bociana czarnego. W wariantcie Ochronnym w 180. letnim okresie średnio 31% powierzchni drzewostanów stanowiłyby potencjalne obszary gniazdowania bociana czarnego. Liczba miejsc gniazdowania w całym 180. letnim okresie symulacji (za wyjątkiem pierwszego okresu) pozostawałaby na stałym poziomie 8, będącym jednocześnie maksymalnym dla całej strefy gniazdowania Puszczy Niepołomickiej.

Konkluzje

1. Bocian czarny wymaga specyficznego typu krajobrazu: dużych obszarów leśnych ze znacznym udziałem starych drzewostanów do gniazdowania oraz podmokłych łąk w ich pobliżu do żerowania.
2. Przeprowadzono symulację rozwoju lasu w trzech wariantach różniących się intensywnością gospodarki leśnej dla osiemnastu 10-letnich okresów planowania. Scenariusze zagospodarowania zostały rozróżnione pod względem docelowych składów gatunkowych drzewostanów, wieku rębności oraz sposobu zagospodarowania i długości okresu odnowienia.
3. Pozyskanie surowca drzewnego średnio w całym okresie symulacji kształtować się będzie w wariantcie bazowym na poziomie $6,69 \text{ m}^3/1 \text{ ha}$ rocznie ($72\,266 \text{ m}^3/9641 \text{ ha}$ rocznie). W wariantcie intensywnej gospodarki symulowany rozmiar pozyskania drewna jest o 12% wyższy ($7,50 \text{ m}^3/1 \text{ ha}$ rocznie), w porównaniu z wariantem bazowym natomiast w wariantcie ochronnym o 15% niższy ($5,68 \text{ m}^3/1 \text{ ha}$ rocznie).
4. Określono trzy kategorie powierzchni opisujące dostępność potencjalnych siedlisk bociana czarnego (BC):
 - a. Strefa gniazdowania – powierzchnia leśna stanowiąca potencjalne miejsce gniazdowania z uwagi na przestrzenne położenie względem miejsc żerowania.
 - b. Obszar gniazdowania – średni obszar zajmowany przez 1 parę BC, wyznaczano jako okrąg o promieniu 2500 m i środku wyznaczonym przez położenie drzewa z gniazdem.
 - c. Miejsce gniazdowania – drzewostan lub grupa drzewostanów położona w strefie gniazdowania, o określonej minimalnej powierzchni, składzie gatunkowym i wieku, w którym występują drzewa o wymiarach i budowie korony mogące stanowić poten-

- cjalne miejsce do założenia gniazda.
5. W Puszczy Niepołomickiej według stanu drzewostanów i otoczenia zewnętrznego w 2012 r. wyróżniono strefę gniazdowania bociana czarnego o powierzchni 8668 ha, w obrębie której drzewostany o łącznej powierzchni 1982 ha (21%) spełniały kryteria potencjalnych miejsc gniazdowania, a ich rozmieszczenie przestrzenne umożliwiło wyznaczenie 7 potencjalnych obszarów gniazdowania (w 2018 r. potwierdzonych było 5 zasiedlonych gniazd).
 6. W zależności od wybranego wariantu gospodarowania po 180. letnim okresie symulacji udział drzewostanów spełniających kryteria miejsc gniazdowania pozostałby na tym samym poziomie w wariantcie bazowym, obniżył by się do 9% w wariantcie intensywnej gospodarki oraz wzrósł by do 31% w wariantcie ochronnym. Liczba potencjalnych miejsc gniazdowania po 180 latach to: 8 w wariantcie bazowym, 3 w wariantcie intensywnej gospodarki i 8 w wariantcie ochronnym.

LITERATURA

- Aberg J.; Swenson J.; Per A. 2003. The habitat requirements of hazel grouse (*Bonasa bonasia*) in managed boreal forest and applicability of forest stand descriptions as a tool to identify suitable patches. *For. Ecol. Manag.* 175, 437–444.
- Angelstam P.; Roberge J.-M.; Löhmus A.; Bergmanis M.; Brazaitis G.; Dönz-Breuss M.; Edenius L.; Kosinski Z.; Kurlavicius P.; L'armanis V.; et al. 2004. Habitat mopepping as a tool for landscape-scale conservation – A review of parameters for focal forest birds. *Ecol. Bull.* 51, 427–453.
- Banaś J. 2010. System planowania urzędzeniowego w lasach różnowiekowych. *Sylwan*, 54 (7): 456–462.
- Banaś J.; Zięba S.; Bujoczek L. 2018. An Example of Uneven-Aged Forest Management for Sustainable Timber Harvesting. *Sustainability* 10, 3305.
- Banaś J.; Zięba S.; Bujoczek M.; Bujoczek L. 2019. The Impact of Different Management Scenarios on the Availability of Potential Forest Habitats for Wildlife on a Landscape Level: The Case of the Black Stork *Ciconia nigra* (Linnaeus, 1758). *Forests* 10, 362.
- Banaś J.; Utnik-Banaś K.; Zięba S.; Janeczko K. 2021. Assessing the Technical Efficiency of Timber Production during the Transition from a Production-Oriented Management Model to a Multifunctional One: A Case from Poland 1990–2019. *Forests* 12, 1287
- Bettinger P.; Boston K.; Kim Y.H.; Zhu J. 2007. Landscape-level optimization using tabu search and stand density-related forest management prescriptions. *Eur. J. Oper. Res.* 176, 1265–1282.
- Janeczko E.; Banaś J.; Woźnicka M.; Zięba S.; Banaś K.U.; Janeczko K.; Fialova J. 2023. Sociocultural Profile as a Predictor of Perceived Importance of Forest Ecosystem Services: A Case Study from Poland. *Sustainability* 15, 14154.
- Kašpar J.; Hlavaty R.; Kuželka K.; Marušák R. 2017. The impact of assumed uncertainty on long-term decisions in forest spatial harvest scheduling as a part of sustainable

- development. *Forests* 8, 335.
- Lõhmus A.; Sellis U. 2001 Foraging habitats of the Black Stork in Estonia. *Hirundo* 14, 109–112.
- Maruśák R.; Kašpar J. 2015. Spatially-constrained harvest scheduling with respect to environmental requirements and silvicultural system. *For. J.* 61, 71–77.
- McComb W.C.; McGrath M.T.; Spies T.A.; Vesely D. 2002. Models for mapping potential habitat at landscape scales: An example using northern spotted owls. *For. Sci.* 48, 203–216.
- Murray A.T.; Weintraub A. 2002. Scale and unit specification influences in harvest scheduling with maximum area restrictions. *For. Sci.* 48, 779–789.
- Newton I. 1998. *Population Limitation in Birds*; Academic Press Inc.: Londyn, UK.
- Strazds M. 2003. Conservation status of the Black stork in Europe and in the World. *Aves* 40, 12–13.
- Suorsa P.; Huhta E.; Jäntti A.; Nikula A.; Helle H.I.; Kuitunen M.; Koivunen V.; Hakkarainen H. 2005. Thresholds in selection of breeding habitat by the Eurasian tree-creeper (*Certhia familiaris*). *Biol. Conserv.* 121, 443–452.
- Zawadzka D.; Olech B.; Zawadzki J. 1900. Population density, reproduction and food of the Black stork in the Kampinoski National Park in years 1979–1987. *Notatki Ornitologiczne* 31, 5–20.
- Zaborski K., Banaś J. 2020. Optymalizacja rozmiaru użytkowania rębnego metodą programowania liniowego. *Sylwan* 164 (3): 187–195.

Dr hab. Jan Banaś, prof. URK

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Wydział Leśny
Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi
jan.banas@urk.edu.pl

Referat z sesji naukowej nt.: "Aktualne dylematy rozwojowe polskiego leśnictwa" z okazji 123 Zjazdu Delegatów Polskiego Towarzystwa Leśnego w Nałęczowie, 04-07.09.2024 r.