

Jan Holeksa, Jerzy Szwagrzyk

## WIELOFUNKCYJNA GOSPODARKA LEŚNA WOBEC NOWYCH WYZWAŃ I OCZEKIWAŃ SPOŁECZNYCH

### Wstęp

Leśnictwo wielofunkcyjne ma zaspokajać różne potrzeby i spełniać różne oczekiwania społeczne. W długiej historii związków człowieka z lasem nie jest to nic nowego, ponieważ przez tysiąclecia czerpano z lasu różnego rodzaju korzyści i wykorzystywano go na różne sposoby. Las był schronieniem i miejscem polowań, pastwiskiem dla bydła i dla trzody, źródłem opału i budulca. Różne potrzeby generowały różne sposoby oddziaływania na las i różnie go kształtowały. Lasy służące jako leśne pastwiska były na ogół widne, z rzadko rozmieszczonymi dużymi drzewami, zaś lasy służące pozyskiwaniu opału często były lasami odroślowymi, złożonymi z gęsto rosnących, stosunkowo cienkich drzew odroślowego pochodzenia.

Rozwój rolnictwa spowodował, że las stopniowo przestał odgrywać zasadniczą rolę jako źródło żywności, a rewolucja przemysłowa i sięgnięcie do paliw kopalnych spowodowało, że las przestał być głównym źródłem opału. Natomiast rola lasu jako źródła budulca oraz surowca do wyrobu papieru, różnych elementów wyposażenia domów i przedmiotów codziennego użytku wzrastała w miarę wzrostu zaludnienia. Te rosnące potrzeby uformowały pod koniec XVIII wieku leśnictwo surowcowe, w którym podstawową funkcją lasu była produkcja dużej ilości wielkowymiarowego drewna o dobrej jakości technicznej.

Leśnictwo surowcowe funkcjonowało w Europie przez ponad sto lat i odniosło liczne sukcesy. Produkcja drewna została zwielokrotniona, a lesistość prawie we wszystkich krajach Europy wzrosła. Także na innych kontynentach ten typ leśnictwa rozpowszechnił się i nadal staje się coraz bardziej powszechny, głównie w formie plantacyjnej uprawy gatunków szybko rosnących, które produkują coraz większą część surowca drzewnego trafiającego na globalny rynek. Granica między lasem zagospodarowanym w kierunku intensywnej produkcji drewna a plantacją nie jest ostra, a w różnych krajach termin „plantacja drzew” oznacza co innego. Na przykład w USA w ten sposób określane bywają wszystkie drzewostany pochodzące z sadzenia. W Polsce

termin „plantacje” kojarzy się niezbyt dobrze z prowadzonymi kilkadziesiąt lat temu uprawami mieszańców topól. Nie przyniosło to większych sukcesów i zostało gruntownie zaniechane w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku.

Leśnictwo surowcowe wzorowało się na rolnictwie i jego osiągnięciach. Produkcja drewna stała się jednym z rodzajów intensywnej produkcji roślinnej, a od innych kierunków rolnictwa różniła się długością cyklu produkcyjnego, w którym plon zbierany jest nie po kilku miesiącach, lecz dopiero po co najmniej kilkadziesiąciu latach. Na to rolnicze podejście składała się uprawa jednego gatunku rośliny na określonym kawałku gruntu, selekcja materiału siewnego, sztuczne nawożenie, zwalczanie konkurencji roślin innych niż uprawiany gatunek („chwastów”), zapobieganie chorobom wywoływanym przez patogeny grzybowe, zwalczanie roślinożerców, co w przypadku uprawy drzew sprowadza się do zwalczania liściożernych czy łykożernych owadów. Wszystko to zostało wcześniej wypraktykowane i rozwinięte w rolnictwie, a później zaadaptowane na potrzeby intensywnej produkcji drewna.

Leśnictwo surowcowe przez cały wiek XIX i znaczną część XX wieku zajmowało się wyłącznie drzewami oraz przyrostem ich miąższości. Czyniło to według najlepszej wiedzy o gatunkach drzew i ich potrzebach. W znacznie mniejszym stopniu, jeżeli w ogóle, przedmiotem zainteresowania tego leśnictwa był las, w którym rosły hodowane drzewa, i jego funkcjonowanie. Z czasem zdobyte doświadczenie i rosnąca wiedza pozwoliły jednak na dostrzeżenie coraz więcej zależności ekologicznych, które warunkowały rozwój drzew i drzewostanów, i w ostateczności produkcję drewna. Zauważono, że leśnictwo nie jest odmianą gospodarki rolnej, ponieważ od uprawy roli różni się nie tylko długością czasu, jaki upływa od założenia uprawy po zebranie plonu, ale także koniecznością uwzględniania warunków, w jakich zachodzi trwający dziesiątki lat rozwój drzewostanu, oraz potrzebą większego wykorzystywania naturalnych procesów przyrodniczych kształtujących las. Było to zapewne skutkiem pojawienia się nowej dziedziny wiedzy – ekologii, która zaczęła się bujnie rozwijać w drugiej połowie XIX wieku. Przykładem tego nowego podejścia jest podręcznik hodowli lasu z 1912 roku, autorstwa profesora Wyższej Szkoły Lasowej we Lwowie, Stanisława Sokołowskiego (Sokołowski 1912). Podobne poglądy zawiera opracowanie autorstwa hrabiego Adama Stanickiego, którego maszynopis powstał w latach czterdziestych ubiegłego wieku i został opublikowany dopiero w 2016 roku (Stadnicki 2016). W tym obszernym dziele właścicieli lasów nawojowskich w Beskidzie Sądeckim przedstawił metody gospodarowania, jakie stosował w latach 1905–1945 (Jaworski 2002).

Coraz większe oparcie gospodarki leśnej na ekologicznych podstawach nieuchronnie prowadziło do odkrycia, że las ma spore znaczenie dla ochrony

gleb, ponieważ ogranicza ich erozję na górskich stokach. Zauważono też, że lasy regulują stosunki wodne poprzez retencjonowanie wody po opadach deszczu i wydłużanie wiosennego topnienia pokrywy śnieżnej. Dostrzeżenie i uwzględnienie w gospodarce leśnej glebochronnej i wodochronnej roli lasów stało u początków współczesnego leśnictwa wielofunkcyjnego, które poza produkcją drewna zaczęło także pełnić funkcje regulacyjne względem środowiska przyrodniczego (Klocek 2004, Grzywacz 2006).

W kolejnym kroku na drodze rozwoju wielofunkcyjnego leśnictwa zauważono, że lasy mają nie tylko ekonomiczne i środowiskotwórcze znaczenie, lecz ważna jest także ich rola kulturotwórcza. Wyrazicielem takiego przekonania był jeszcze przed II wojną światową pierwszy dyrektor Lasów Państwowych, Adam Loret (Holeksa, Mirek 2019). Od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku coraz częściej zwracano uwagę, że zarządzanie lasem powinno także sprzyjać ochronie bogactwa gatunkowego leśnych biocenoz. Szersze uwzględnienie tej funkcji było następstwem przyjęcia Konwencji o różnorodności biologicznej w 1992 roku podczas tak zwanego Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro (Kuuluvainen i in. 2019, Farcy i in. 2020).

Ponad stuletni rozwój wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, od początkowego wskazania konieczności zachowania glebochronnej i wodochronnej roli lasu, doprowadził do zdefiniowania jej czterech podstawowych funkcji: zaopatrzeniowej (produkcja drewna i nieдрzewnych produktów lasu), regulacyjnej (ochrona gleby i zasobów wodnych), wspomagającej (ochrona różnorodności biologicznej, w tym siedlisk leśnych oraz gatunków i ich genetycznego zróżnicowania) oraz społecznej (tworzenie miejsc pracy oraz warunków dla rekreacji, wypoczynku, edukacji i nauki). Te wszystkie funkcje zostały zapisane w programach rozwoju leśnictwa i regulacjach prawnych dotyczących gospodarki leśnej w wielu krajach (Sotirov, Arts 2018, Benz i in. 2020). W Polsce stało się to w 1991 roku wraz z przyjęciem przez Sejm ustawy o lasach. Warto zauważyć, że tak ogromne zmiany w postrzeganiu roli gospodarki leśnej zaszły w ciągu jednego cyklu produkcyjnego obejmującego 100 lat, czyli tyle ile wynosi wiek rębności większości drzew.

## **Wielofunkcyjna i zrównoważona gospodarka leśna**

Gospodarka leśna ma być nie tylko wielofunkcyjna, ale jeszcze zrównoważona. Niekiedy ta jej cecha jest rozumiana jako równorzędne traktowanie wszystkich funkcji, bez preferowania którejkolwiek z nich (Kassenberg 2006). Najczęściej jednak chodzi o to, aby w ramach tej gospodarki zapewnić możliwość trwałego dostarczania wszystkich dóbr i usług, aby mogły z nich korzystać także przyszłe pokolenia (Paschalis-Jakubowicz 2011, Sotirov i in.

2015). O ile zatem początki leśnictwa pod koniec XVIII wieku miały na celu zrównoważone gospodarowanie zasobami drewna, to obecnie zasady zrównoważonej gospodarki leśnej powinny mieć na uwadze trwałość wszystkich dóbr i usług, jakich dostarcza las. Przede wszystkim nie może być mowy o zrównoważonej gospodarce leśnej, jeżeli nie uwzględnia ona zagrożeń dla dużej części różnorodności biologicznej lasów (Kuuluvainen i in. 2021).

Chociaż terminy „leśnictwo wielofunkcyjne” i „trwale zrównoważona gospodarka leśna” są bardzo często używane w dokumentach dotyczących gospodarki leśnej i choć wydaje się, że na trwale weszły do języka określającego leśnictwo w Unii Europejskiej, to pozostają one głównie elementem komunikacji w sferze politycznej (Maier, Winkel 2017). W wielu krajach Europy wykorzystanie lasów do produkcji drewna nadal pozostaje najważniejszym celem gospodarki leśnej. Pozostałe funkcje, choć realizowane są w zakresie znacznie większym niż jeszcze 20–30 lat temu, to wyraźnie ustępują wobec tego ekonomicznego priorytetu (Deuffic i in. 2018, Sergent i in. 2018, Sotirov, Arts 2018). Jako jedną z przyczyn tej przewagi funkcji surowcowej nad realizacją pozostałych wskazywany jest brak instrumentów rynkowych, które pozwalałyby leśnictwu czerpać korzyści z pełnienia tych innych ról na równi z produkcją drewna (Bonèina i in. 2019, Holeksa, Mirek 2019).

Jest i druga przyczyna słabszego uwzględniania pozaprodukcyjnych funkcji lasów. Większe oparcie gospodarki leśnej na ekologicznych podstawach pozwoliło uznać, że zarządzaniu podlega nie tylko drzewostan, ale cały ekosystem leśny, który już z natury pełni różne funkcje: oddziałuje na lokalny klimat i gospodarkę wodną, chroni glebę przed erozją, pochłania dwutlenek węgla z atmosfery i akumuluje węgiel oraz zapewnia warunki egzystowania niezliczonym gatunkom leśnym. Stąd już krok do powzięcia przekonania, że skoro las zagospodarowany na podstawach ekologicznych pełni różne funkcje, to dobrze prowadzona gospodarka leśna pozwala lasom spełniać wszystkie funkcje, nie upośledzając żadnej z nich.

Tymczasem prowadzenie wielofunkcyjnej i zrównoważonej gospodarki leśnej nigdy nie było i nie jest łatwe, ponieważ musi ona godzić wiele potrzeb, które pozostają ze sobą w sprzeczności. Nie da się w tym samym lesie w pełni realizować wszystkich funkcji na raz. Ich godzenie jest jednym z największych wyzwań, przed którymi stoi gospodarka leśna, a będzie ono w przyszłości jeszcze bardziej wymagające. Tym najważniejszym wyzwaniem będzie dostosowanie wielofunkcyjnego leśnictwa do zachodzących już i spodziewanych zmian klimatu (m.in. Benz i in. 2020, Gren, Amuakwa-Mensah 2020, Angelstam i in. 2022). Zwiększa się także zainteresowanie lasem

jako miejscem rekreacji, wypoczynku i uprawiania turystyki (Maier, Winkel 2017). Coraz większym problemem staje się rosnące pogłowie dzikich zwierząt, zwłaszcza dużych roślinożerców, mających spory wpływ na odnawianie się drzew (Redick, Jacobs 2020). Rośnie także presja na zwiększanie powierzchni obszarów objętych ochroną i wyłączonych z gospodarczego użytkowania (Wilson 2016, Baillie, Zhang 2018, Dinerstein et al. 2019). Jednocześnie nie maleje, ale zwiększa się zapotrzebowanie na produkty z drewna (Maier, Winkel 2017).

### **Trzydzieści lat wielofunkcyjnej gospodarki leśnej w Polsce**

Impulsem do rozwoju wielofunkcyjnej gospodarki w polskim leśnictwie była ogłoszona w 1991 roku ustawa o lasach, w której wyliczono jej pięć głównych celów. Oprócz wymienionej na ostatnim miejscu produkcji drewna, zwrócono uwagę na wodochronną i glebochronną rolę lasów oraz ich wpływ na klimat, zdrowie człowieka i równowagę przyrodniczą. Osobny punkt poświęcono ochronie ekosystemów leśnych ze względu na ich znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej, walorów krajobrazowych i rozwoju nauki. Warto przyrzeć się zmianom w polskim leśnictwie, aby stwierdzić, jak te ustawowe zapisy były dotychczas realizowane w praktyce.

Możliwości realizacji pozaprodukcyjnych funkcji lasu są tym większe im mniejsza jest intensywność pozyskania drewna. W ostatnich latach pozyskiwane jest około trzy czwarte rocznego przyrostu. Jest to wartość nieco mniejsza niż w krajach sąsiednich i raczej przeciętna w skali Unii Europejskiej (Forest Europe 2020). Stosunkowo niska intensywność pozyskania przyczynia się do wzrostu przeciętnej miąższości drzewostanów. Rezultatem jest także zwiększanie się ich przeciętnego wieku, a zwłaszcza znaczne zwiększenie się powierzchni ponad stuletnich drzewostanów. Do końca lat siedemdziesiątych ich udział zmniejszał się, natomiast w ostatnich dekadach tendencja ta uległa wyraźnemu odwróceniu. W ciągu ostatnich czterdziestu lat udział ponad stuletnich drzewostanów zwiększył się ponad trzykrotnie, z niecałych 5% do ponad 15% (Czuraj 1982, Wielkoobszarowa 2010, 2021).

Ważną zmianą w ostatnich latach jest zwiększanie się ilości martwych drzew. W ciągu dziesięciu lat zwiększyła się ona o prawie 70%, z nieco ponad 5 m<sup>3</sup>/ha w latach 2005–2009 do niemal 9 m<sup>3</sup>/ha w latach 2015–2019 (Wielkoobszarowa 2010, 2021). Jednak mimo tego wyraźnego wzrostu ilość martwego drewna w polskich lasach nadal pozostaje na dość niskim poziomie i nasz kraj pod względem tej cechy plasuje się na 20 miejscu wśród 28 europejskich państw (Forest Europe 2020). To porównanie wskazuje, że ilość martwego drewna w polskich lasach może być większa niż obecnie,

skoro udało się to w innych krajach. Pozytywnie trzeba ocenić wzrost ilości martwego drewna, jaki w ostatnich latach nastąpił w lasach z ponad stuletnim drzewostanem. W latach 2015–2019 było w nich dwukrotnie więcej drewna niż dziesięć lat wcześniej i został osiągnięty poziom 20 m<sup>3</sup>/ha (Wielkoboszarowa 2010, 2021). Z kolei niekorzystna jest bardzo mała ilość drewna w najmłodszych drzewostanach. Oznacza to, że istnieje dość długa luka czasowa, zanim po kilkudziesięciu latach ich rozwoju pojawi się w nich martwe drewno o większych rozmiarach, sprzyjające organizmom saproksylicznym.

Pozytywne są też zmiany składu gatunkowego drzewostanów. Przybywa gatunków liściastych kosztem gatunków iglastych. W ciągu ostatnich czterdziestu lat ich udział szacowany według gatunków panujących zwiększył się z 19% do około 25% (Raport 2021). Zwiększa się również udział gatunków liściastych w nalotach i podrostach (Wielkoboszarowa 2010, 2021). Widoczny jest także trend w kierunku zwiększania roli odnowienia naturalnego, ale nie jest on zadowalający. Warto byłoby oprzeć się na naturalnym odnowieniu zdecydowanie większym stopniu. W większości krajów Europy odnowienie naturalne odgrywa dużo większą rolę niż w Polsce. Są tylko cztery państwa, w których udział odnowienia naturalnego jest mniejszy niż w Polsce (Forest Europe 2020). Nic zatem nie stoi na przeszkodzie, aby i w Lasach Państwowych udział naturalnego odnowienia był jeszcze większy.

Podsumowując tę część można stwierdzić, że przemiany gospodarki leśnej, jakie zaszły w ostatnich kilku dekadach w Lasach Państwowych, idą w dobrą stronę. Stwarzają one coraz lepsze warunki dla realizacji wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, w tym ochrony biologicznej różnorodności lasów, choć jest jeszcze sporo do zrobienia i warto byłoby przyspieszyć tempo zmian. Przynajmniej częściowym wytłumaczeniem wolnego, naszym zdaniem zbyt wolnego, tempa zmian jest to, że 90% przychodów Lasów Państwowych pochodzi ze sprzedaży drewna. Stąd nie można się zbyt dziwić, że chociaż w *Ustawie o Lasach* produkcja drewna jest wymieniona wśród celów gospodarki leśnej na ostatnim, piątym miejscu, to ma ona decydujące znaczenie dla funkcjonowania gospodarki leśnej.

### **Wielofunkcyjna gospodarka leśna a ograniczanie zmian klimatu**

W warunkach zachodzących zmian klimatu gospodarka leśna napotyka na nowe problemy, które mogą mieć wpływ na realizację jej wielofunkcyjności. W ramach tej problematyki mieści się szereg zagadnień, które już mają, a w przyszłości prawdopodobnie będą miały jeszcze większe znaczenie dla

prowadzenia gospodarki leśnej. Duże zainteresowanie budzi ograniczanie wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze przez magazynowanie węgla w lasach. Podkreśla się także znaczenie drewna dla rozwoju biogospodarki (Jandl i in. 2015).

Nie mniejszą uwagę wzbudzają skutki zmian klimatu dla funkcjonowania lasów wykorzystywanych gospodarczo. Na pierwszym miejscu wymienia się obserwowany już i spodziewany dalszy wzrost częstości i intensywności występowania pożarów, wiatrowałów i gradacji owadów oraz zwiększanie się szkód powodowanych przez nie w drzewostanach. Spore zainteresowanie budzą zmiany ekosystemów leśnych na skutek przewidywanego przemieszczania się zasięgów poszczególnych gatunków drzew ku północy (Felton i in. 2016).

Wymienione wielokierunkowe powiązania gospodarki leśnej ze zmianami klimatu są dzisiaj przede wszystkim przedmiotem badań z zakresu nauk leśnych i biologicznych oraz ekonomii. Została im poświęcona prawie jedna trzecia naukowych publikacji zajmujących się leśnictwem, które ukazały się ostatnich latach w międzynarodowych czasopiśmie. Problemy te są także przedmiotem licznych dyskusji odbywających się z udziałem przedstawicieli nauki i gospodarki leśnej. Oprócz tego znalazły już wyraz w postaci dokumentów o charakterze politycznym, które w znaczący sposób mogą wpłynąć na kształtowanie gospodarki leśnej, a zwłaszcza na realizację przez nią różnorodnych funkcji.

### **Pochłanianie węgla przez lasy**

Lasy powszechnie uznane są za najważniejszy magazyn węgla w środowiskach lądowych. Szacuje się, że w skali globalnej pochłaniają około 27% rocznych emisji z paliw kopalnych na całym świecie, co oznacza, że tempo wzrostu stężenia atmosferycznego dwutlenku węgla w atmosferze byłoby bez nich znacznie wyższe (Jandl i in. 2015).

Proponowane są trzy kierunki działań, które mogą mieć znaczenie dla pochłaniania węgla przez lasy. Pierwszym jest wzrost powierzchni lasów (Richards, Stokes 2004, Duffy i in. 2020). Jest to najłatwiejszy sposób na zwiększenie leśnej sekwestracji węgla, który w Europie realizowany jest od wielu lat, zanim jeszcze wzrost stężenia gazów cieplarnianych stał się rozpoznany problemem. Ogromną pracę w tym zakresie wykonano w Polsce. Od końca II wojny światowej lesistość naszego kraju zwiększyła się o połowę, z nieco ponad 20% do 30% na początku trzeciej dekady XXI wieku, jednak w ostatnich latach tempo zalesiania bardzo spadło (Raport 2021) i praktycznie nie ma ono już większego znaczenia dla pochłaniania węgla.

Część ekologów uważa, że dla procesu pochłaniania dwutlenku węgla przez lasy duże znaczenie mają starodrzewy. Zwrócili na to uwagę Luyssaert i in. (2008), którzy wykazali, że nawet kilkusetletnie drzewostany mają zdolności do pochłaniania znacznych ilości węgla. Te optymistyczne rezultaty zostały jednak skorygowane przez Gundersena i in. (2021), którzy wykazali, że zdolność starodrzewów do pochłaniania węgla została zawyżona przez Luyssaerta i in.. Potwierdzają to wyniki badań prowadzonych w lasach borealnych na Litwie (Kenina i in. 2019) i w Szwecji (Gao i in. 2018). Pomimo wspomnianych kontrowersji związanych z tempem pochłaniania węgla, większość badań z ostatnich lat potwierdza, że ilość węgla zgromadzona w starodrzewach jest dużo większa niż w młodych drzewostanach (Badalemaneti i in. 2019, Jones i in. 2019, Kenina i in. 2019).

Skoro więcej węgla gromadzi się w starszych drzewostanach, przy czym spora jego ilość znajduje się w obumarłych pniach drzew, to chcąc zwiększać znaczenie lasów dla magazynowania węgla należałoby wydłużać cykl produkcji drewna drogą podnoszenia wieku rębności drzew (Felton i in. 2017, Gren, Amuakwa-Mensah 2020). Nie pozostałoby to bez wpływu na ekonomiczną funkcję lasów, które dostarczałyby mniej drewna (Pohjanmies i in. 2017). Podniesienie wieku rębności drzew i wydłużenie cyklu produkcyjnego oraz pozostawienie większej ilości martwych pni dla zwiększenia retencji węgla może natomiast prowadzić do lepszej ochrony różnorodności biologicznej w ekosystemach leśnych. Obecność ponad stuletnich drzewi ich martwych pni sprzyja bowiem licznym gatunkom zwierząt, roślin zarodnikowych, porostów i grzybów (Brunet i in. 2010, Lassauce i in. 2013, Tullus i in. 2022). Podobnie ma się rzecz z pełnieniem przez lasy funkcji rekreacyjno-turystycznej i edukacyjnej. Starsze lasy z okazałymi drzewami, z umiarkowaną ilością martwych pni i o zróżnicowanej strukturze są chętniej odwiedzane (Żylicz, Giergiczny 2013, Roberge i in. 2016, Felton i in. 2017).

Pogląd o dużym znaczeniu starodrzewów dla sekwestracji węgla nie jest jedynym w kwestii roli lasów dla pochłaniania dwutlenku węgla. Równie częste jest bowiem przekonanie, że młode, zagospodarowane drzewostany, chociaż zawierają mniejszą ilość węgla niż stare drzewostany, to sekwestracja węgla zachodzi w nich z większą szybkością. (Schwaiger i in. 2019). Jednak dla pochłaniania i magazynowania węgla może to mieć znaczenie tylko wtedy, jeżeli produkty wytworzone z drewna pozyskiwanego w tych młodych lasach mają trwałość większą niż stojące lub powalone pnie będące rezultatem obumierania drzew Zimová i in. 2020).



## Biogospodarka

Znaczenie leśnictwa dla ograniczania zmian klimatu dostrzega się także w kontekście rozwoju gałęzi gospodarki wykorzystujących drewno. Według tej koncepcji obecne modele gospodarcze oparte na eksploatacji nieodnawialnych zasobów kopalnych powinny być zastępowane przez bardziej zrównoważone modele wykorzystujące produkcję biomasy. Skoro lasy są jej największym producentem na świecie, to należy dążyć do tego, aby leśnictwo i gałęzie przemysłu z nim związane podjęły się wiodącej roli w rozwoju biogospodarki (Benz i in. 2020).

Potrzeba znaczącego wzrostu roli leśnictwa w rozwoju biogospodarki została także dostrzeżona w ramach polityki Unii Europejskiej. W 2009 roku ukazała się dyrektywa Komisji Europejskiej promująca odnawialne źródła energii (Directive 2009). Znalazły się w niej zapisy wskazujące, że sektor leśny powinien stać się ważnym uczestnikiem w realizacji strategii biogospodarki na terenie państw Unii poprzez dostarczanie biomasy drzewnej (Sotirov i in. 2015). Wykorzystanie drewna w biogospodarce zajmuje też bardzo ważne miejsce w „Nowej strategii leśnej UE”, którą Komisja Europejska przygotowała w 2021 roku (European Commission 2021). Trzeba jeszcze dodać, że pozyskanie drewna energetycznego w polskich lasach zostało usankcjonowane w 2020 roku nowelą ustawy o odnawialnych źródła energii.

Zainteresowanie drewnem do produkcji trwałych dóbr oraz do wykorzystania go w procesie wytwarzania energii jest także jednym z najszybciej rozwijających kierunków badań w naukach leśnych. Od dziesięciu lat obserwuje się bardzo szybki przyrost liczby publikacji poświęconych tym zagadnieniom. W latach 2013–2022 wśród wszystkich artykułów naukowych poświęconych leśnictwu i opublikowanych w międzynarodowych czasopiśmie, udział prac zawierających w treści słowo „bioeconomy” zwiększył się 24 razy. W bieżącym roku jedno na pięćdziesiąt opracowań naukowych poświęconych leśnictwu zajmowało się biogospodarką. Zważywszy, że zagadnienia biogospodarki stanowią bardzo wąski wycinek całości problematyki nauk leśnych, ten wynik trzeba uznać za wyraz nieproporcjonalnie dużego zainteresowania nowymi sposobami wykorzystania drewna, a zarazem za świadectwo niezwykle dynamicznego rozwoju tej nowej funkcji lasów.

Według zwolenników rozwoju biogospodarki, pozwoli ona na szersze zastępowanie drewnem produktów, których wytwarzanie jest bardziej energochłonne niż jego produkcja i pozyskanie. Chodzi przede wszystkim o materiały budowlane, przy produkcji których dochodzi do emisji dużych ilości dwutlenku węgla i substancji szkodliwych dla środowiska (Brege i in. 2014, Riala 2014). Sporo uwagi poświęca się także zastępowaniu drewnem tworzyw

sztucznych wytwarzanych na bazie kopalnych węglowodorów, co powinno sprzyjać ograniczaniu eksploatacji tych kopalni i zmniejszaniu emisji dwutlenku węgla.

Innym kierunkiem rozwoju biogospodarki jest wykorzystanie drewna, zwłaszcza małowymiarowego, i pozostałości po zabiegach gospodarczych dla produkcji energii. W tym przypadku biomasa pozyskiwana w lesie jest traktowana jako substytut paliw kopalnych (Angelstam i in. 2022). Składają się na nią m.in. pozostałości pozrębowe, czyli fragmenty drewna o różnej wielkości w postaci wierzchołków drzew, gałęzi i pniaków pozostawiane po trzebieżach i cięciach rębnych, które na dużej powierzchni lasów gospodarczych mają znaczący udział w całości zasobów tzw. „martwego drewna”. Uważa się nawet, że istnieją duże możliwości zwiększenia znaczenia biomasy leśnej jako odnawialnego surowca do produkcji bioenergii na całym świecie (Felton i in. 2016, 2020, Salek, Sivacioglu 2018).

Rozwój nowych sposobów wykorzystania drewna stwarza poważne konsekwencje dla wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. Z jednej strony rozwój biogospodarki bazującej na drewnie oznacza, że lasy pełnią jeszcze jedną ważną rolę, a gospodarka leśna staje się jeszcze bardziej wielofunkcyjna. Dodanie nowej funkcji oznacza jednak, że realizacja pozostałych może być ograniczona w myśl zasady „coś za coś”, ponieważ jest ona konkurencyjna przynajmniej wobec kilku z nich.

Wzrost zainteresowania drewnem przez biogospodarkę oznacza zwiększenie popytu na ten surowiec i lepszy efekt ekonomiczny dla właścicieli lasu dzięki dostarczaniu materiałów dotychczas pozostających w lesie. Ich sprzedaż jest źródłem dodatkowych dochodów. Ten zwiększony efekt ekonomiczny jest jednak możliwy poprzez zwiększenie intensywności gospodarki leśnej. Oprócz pozyskiwania sortymentów drewna jak dotychczas, z lasu usuwana jest biomasa, która była dotąd pozostawiana w lesie i mogła służyć ochronie różnorodności biologicznej (Sotirov i in. 2015). Badania nad bogactwem gatunkowym organizmów saproksylicznych dowodzą, że niekorzystne jest usuwanie z lasu zarówno drobnych fragmentów drewna (Bouget i in. 2012, Ranius i in. 2018), jak i pniaków (Jonsell, Schroeder 2014).

Przewiduje się, że zwiększone zapotrzebowanie na biomasę drzewną na potrzeby produkcji energii będzie się wiązało z intensyfikacją pozyskania drewna i niższym wiekiem rębności drzewostanów (Sotirov i in. 2015, Graudal i in. 2014). Oznacza to, że w lasach, w ten sposób wykorzystywanych, mniejsza będzie różnorodność strukturalna drzewostanów, a drzewa nie będą osiągać dużych rozmiarów. W istocie takim drzewostanom będzie bliżej do plantacji drzew niż do lasów. Ograniczy to ich turystyczną atrakcyjność, a jednocześnie obniży ich znaczenie dla ochrony różnorodności biologicznej.

Pojawiają się nawet opinie, że zwłaszcza rozwój bioenergetyki w oparciu o leśnictwo i wspieranie przez lasy polityki klimatycznej może spowodować zwiększenie funkcji produkcyjnej lasów kosztem funkcji społecznych i ekologicznych (Felton i in. 2016, Sotirov, Arts 2018).

## **Wielofunkcyjna gospodarka leśna a ograniczanie skutków zmian klimatu**

Prowadzenie gospodarki leśnej w okolicznościach zmieniającego się klimatu powinno brać pod uwagę nie tylko konieczność ograniczania emisji dwutlenku węgla. Równie ważne staje się prowadzenie gospodarki leśnej w zmieniających się warunkach środowiska przyrodniczego. Obawy wzbudzają spodziewane zmiany zasięgów gatunków drzew. Zmiany te mogą okazać się jednym z najważniejszych czynników decydujących o przyszłości gospodarki leśnej. Drugim źródłem niepewności jest przewidywane zwiększenie się zagrożeń związanych z występowaniem gwałtownych zjawisk atmosferycznych w postaci wichur, długotrwałych susz i towarzyszących im pożarów oraz gradacyjnego występowania owadów żerujących na drzewach. Nasilenie się tych zjawisk jest już obserwowane w Europie (Seidl i in. 2014, Gregow i in. 2017, Sommerfeld i in. 2021). Zmiany te budzą niepokój nie tylko w odniesieniu do ekonomicznych efektów gospodarki leśnej, ale także wobec potencjalnych skutków dla innych funkcji lasów, zwłaszcza utrzymywania ich biologicznej różnorodności (Schaich, Milad 2013, Felton i in. 2016).

Trudności w dostosowaniu gospodarki leśnej do nowych warunków są związane z długością cykli produkcyjnych, które dla większości gatunków wynoszą sto i więcej lat. Dlatego dużej wagi nabierają decyzje podejmowane dzisiaj na etapie formowania składu gatunkowego drzewostanów, które będą podlegały przyszłemu użytkowaniu w innych warunkach środowiska przyrodniczego. Trzeba w tym kontekście zauważyć, że w ciągu XX wieku w środkowej i południowej Polsce średnia temperatura roku zwiększyła się o około 1°C (Matuszko i in. 2001, Podstawczyńska 2010). Z kolei eksperci Międzynarodowego Panelu do Zmian Klimatu (IPCC 2021) przewidują w najbardziej optymistycznym scenariuszu, że do końca XXI temperatura wzrośnie o 1,0–1,8°C w porównaniu z drugą połową XIX wieku, a w scenariuszu najbardziej pesymistycznym prognozują wzrost aż o 3,3–5,7°C. Dane z ostatnich dziesięcioleci wskazują, że tylko od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku globalna średnia roczna temperatura wzrosła o 0,85°C (Benz i in. 2020). Zmiany obserwowane w XX wieku wydają się niezbyt duże, lecz ich znaczenie można sobie lepiej uświadomić, jeśli porównać je z różnicą,

jaka pod względem średniej temperaturze roku jest między Polska południowo-zachodnią i północno-wschodnią. Dolny Śląsk jest o około 2°C cieplejszy niż Suwalszczyzna (Kozłowska-Szczęsna i in. 1993), przy czym wyraźne są różnice w szacie leśnej między tymi regionami. Z kolei trwałe ocieplenie o półtora stopnia, według najbardziej optymistycznego scenariusza, w warunkach górskich może oznaczać podniesienie pięter klimatyczno-roślinnych o około 300 m.

### Zmiany zasięgu drzew

Wielokrotnie przedmiotem analiz były prognozy rozmieszczenia gatunków drzew w związku z przewidywanymi zmianami warunków klimatycznych. Wyniki takich symulacji sporządzonych dla Europy obrazują przesuwanie się zasięgów drzew ku północy (Hanewinkel i in. 2013, Dyderski i in. 2018, Chakraborty i in. 2021). Jeśli prognozy się ziszczą, to kurczenie się zasięgów drzew od południa nie będzie równoważone przez ich powiększanie się ku północy. Aby dotrzymać kroku zmianom klimatu, gatunki i populacje drzew leśnych musiałyby się przemieszczać szybciej niż pozwala na to ich naturalna zdolność do migracji (Williams, Dumroese 2013). Konieczne są zatem działania wspomagające przemiany lasów i przemieszczanie się gatunków.

Według przewidywań w Europie największe zmiany będą dotyczyły świerka i sosny, które są najważniejsze z punktu widzenia gospodarki leśnej i produkcji drewna (Dyderski i in. 2018). Przewiduje się, że świerk wycofa się niemal całkowicie z Europy Środkowej, gdzie będzie obecny tylko na obszarach górskich, oraz straci niemal połowę swego zasięgu. Obszar zajmowany przez sosnę skurczy się jeszcze bardziej, bo aż o 60% (Hanewinkel i in. 2013, Milad i in. 2013, Dyderski i in. 2018). Jednocześnie obszary występowania innych gatunków ulegną zwiększeniu. Należą do nich oba dęby: szypułkowy i bezzypułkowy, buk, jesion i jodła. Dla drzewostanów dębowych przewidywane jest nawet dwukrotne powiększenie obszaru ich występowania (Hanewinkel i in. 2013, Dyderski i in. 2018). Jeśli jednak zmiany temperatury będą następowały według najbardziej pesymistycznego scenariusza IPCC, to przyszłości lasów Europy Środkowej nie można wiązać nawet z dębami, gdyż również ich zasięgi skurczą się znacznie (Dyderski i in. 2018).

Trzeba zdać sobie sprawę z tego, że wszelkie przewidywania na temat przyszłych zmian klimatu oraz przesuwania się zasięgów drzew są oparte na mocno uproszonych modelach, które nie biorą pod uwagę szeregu przyszłych ważnych czynników. Na przykład tempo i zakres przesuwania się zasięgów drzew ku północy nie będzie efektem tylko zmian temperatury i opadów, które są najczęściej wykorzystywane w tworzeniu prognoz. Nie

biorą one pod uwagę zmian warunków glebowych, modyfikacji reżimów zaburzeń ekologicznych oraz tworzenia się nowych kompozycji gatunkowych, w ramach których powstaną nieznane, albo rzadko dotąd spotykane związki między gatunkami. Tym niemniej zgodnie z zasadą przezorności, która powinna towarzyszyć także gospodarce leśnej w tym szczególnym czasie, należy podejmować działania, których celem jest ograniczenie niekorzystnych skutków przewidywanych zmian środowiska przyrodniczego (Starkel, Kundzewicz 2008).

Jednym z działań adaptacyjnych do zmian warunków ekologicznych jest wykorzystanie w większym stopniu naturalnego odnawiania się drzew. W ostatnich latach obserwuje się coraz większy udział tego sposobu odnawiania drzewostanów w całkowitej powierzchni odnowień, jednak poziom 14% osiągnięty w Lasach Państwowych w ostatnich latach (Raport 2021) nie jest wystarczający. Jego zaletą, zwłaszcza przy wydłużonym okresie odnawiania, jest pojawianie się młodego pokolenia wielu gatunków. Co więcej, odnowienie większej liczby gatunków osiąga wysokie zagęszczenie i składa się z potomstwa dużej liczby osobników rodzicielskich. Gwarantuje to dużą różnorodność genetyczną w rozwijającym się drzewostanie, a proces naturalnej selekcji skutkuje lepszym dostosowaniem do warunków, w jakich ten rozwój zachodzi (Bauhus i in. 2012, Długosiewicz i in. 2019). Wspomnianą różnorodność można zwiększać stosując różne systemy cięć w drzewostanach, dzięki czemu kreowane jest zróżnicowanie warunków świetlnych, termicznych i wilgotnościowych. (Brang i in. 2014).

Dostosowanie składu gatunkowego do zmieniających się warunków klimatycznych może napotykać spore ograniczenia z powodu presji, jaką na młode drzewa wywierają duże zwierzęta roślinożerne (Bauhus i in. 2012, Irauschek i in. 2017). Ich pogłowie rośnie w lasach Europy, co silnie ogranicza odnawianie się wielu gatunków drzew (Kuijper i in. 2010, Petersson i in. 2019). Najbardziej efektywną metodą dla ochrony nalotu i podrostu jest grodzenie upraw przez co najmniej kilkanaście lat (Redick, Jacobs 2020). Jej ubocznym skutkiem jest zagrożenie, jakie niesie ona dla rzadkich gatunków kuraków (Baines, Summers 1998). Niewątpliwie bardziej efektywną metodą byłoby zmniejszenie liczebności populacji jeleniowatych, jednak w tym przypadku nieuchronnym staje się konflikt z coraz większą częścią społeczeństwa, która kieruje się wartościami biocentrycznymi i nie akceptuje zabijania zwierząt.

W ramach dostosowywania drzewostanów do zmieniających się warunków klimatycznych zwraca się uwagę na wspomaganie migracji gatunków. W rzeczywistości oznacza to introdukcję drzew poza granicami obecnych zasięgów, zanim naturalne zdolności do dyspersji pozwoliłyby na ich po-

większanie. Odmianą tego podejścia jest propozycja przenoszenia osobników reprezentujących bardziej południowe proveniencje ku północy i tworzenie populacji mieszanych, składających się z osobników różnych proveniencji. Według zwolenników tej metody postępowania tworzenie takich mieszanych populacji zwiększa szansę adaptacji do nowych warunków (Williams, Dumroese 2013).

Jest bardzo prawdopodobne, że wspomagana migracja napotka opór ze strony środowiska naukowego i organizacji zajmujących się ochroną przyrody, ponieważ zostanie uznana za zbyt daleko idącą ingerencję w procesy przyrodnicze. Dotyczy to zwłaszcza przemieszczania gatunków poza ich obecne zasięgi (Peterson St-Laurent i in. 2018). Koncepcja ta pozostaje w sprzeczności z szeroko rozpowszechnionym paradygmatem w ochronie przyrody, który jest niechętny sztucznemu przenoszeniu gatunków na stanowiska znajdujące się poza ich zasięgiem. Jej przeciwnicy przytaczają sporą liczbę tragicznych w skutkach zjawisk, których przyczyną były zamierzone i niezamierzone introdukcje gatunków (Ricciardi, Simberloff 2009).

### **Zaburzenia ekologiczne**

Kolejne problemy w prowadzeniu wielofunkcyjnej gospodarki leśnej doświadczane są w związku z koniecznością dostosowania lasów do skutków zmian klimatu, które mogą obejmować zwiększenie zagrożenia drzewostanów przez susze i pożary, wichury oraz masowe pojawianie się owadów i patogenów uśmiercających drzewa. W lasach strefy umiarkowanej następuje wzrost zagrożenia pożarowego podczas coraz dłuższych wiosennych i letnich okresów suszy. W cieplejszym klimacie to zagrożenie wzmagane jest przez wyższe tempo ewapotranspiracji i zmniejszanie zasobów wodnych w glebie. Niesie ono za sobą konieczność zagęszczania sieci trwałych dróg zapewniających dostęp nawet do odległych i trudnodostępnych miejsc (Jandl i in. 2015).

Coraz częściej występują porywiste wiatry o prędkości znacznie przekraczającej sto kilometrów na godzinę (Schütz i in. 2006). W latach 1990–2010 w czasie pięciu największych huraganów w zachodniej i północnej Europie zniszczeniu uległy drzew o łącznej miąższości prawie 500 mln m<sup>3</sup> (Gregow i in. 2017). Również w naszym kraju w ostatnich latach zanotowano powstanie wiatrołomów i wiatrowałów na ogromnych obszarach. W 2002 roku w lasach północno-wschodniej Polski huragan zniszczył drzewostany na powierzchni 33 tys. ha (Dobrowolska 2007). Z kolei w 2017 roku, w środkowo-zachodniej części kraju wichura silnie uszkodziła drzewostany na powierzchni 80 tys. ha, z których ponad 39 tys. ha przeznaczono do całkowitego odnowienia (Chojnacka-Oźga, Oźga 2018). Podatność drzew

i drzewostanów na uszkodzenia i zniszczenia przez wiatr są zazwyczaj dodatnio skorelowane z ich wiekiem. Stwierdzono także, że zniszczenia mogą być mniejsze w starszych drzewostanach, o ile ich struktura wysokościowa jest bardziej urozmaicona niż w młodszych (Schütz i in. 2006, Rich i in. 2007).

W cieplejszym klimacie na rozwój lasów i ich użytkowanie większy wpływ będą miały gradacje owadów zarówno żerujących pod korą drzew, jaki i na li-stowiu. Zwiększa się ich zimowa przeżywalność, a cykle rozwojowe w wyższej temperaturze ulegają skróceniu. Dla chrząszczy podkorowych znaczenie ma jeszcze wzbogacanie bazy pokarmowej na skutek częstszych wiatrowałów (Grimm i in. 2013, Pureswaran i in. 2018). Wzrost zagrożenia drzewostanów ze strony owadów w związku z ocieplaniem się klimatu zanotowano również w Polsce. Dotyczy to kornika drukarza, żerującego na świerku, który w latach 2005–2010 zaatakował świerczyny w Beskidzie Śląskim (Dmyterko, Bruchwald 2018), a po 2012 roku latach uśmiercił znaczną część świerków w Puszczy Białowieskiej (Brzeziecki i in. 2018). W obu przypadkach żerowanie kornika było bardziej intensywne w starszych drzewostanach świerkowych.

Gospodarka leśna dąży do ograniczania szkód powodowanych w drzewostanach przez wichury i gradacje owadów, ponieważ mają one poważne negatywne skutki ekonomiczne i ograniczają realizację jej społecznych funkcji. Proponowane są dwie drogi rozwiązania tego problemu. Pierwsza z nich, biorąca pod uwagę zwiększanie się szkód wraz z wiekiem drzewostanu, dąży do ich unikania poprzez skracanie cyklu produkcyjnego i wcześniejsze wkraczanie z cięciami rębными (Felton i in. 2016, Jandl i in. 2015, Roberge i in. 2016). Zwraca się przy tym uwagę na mniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia silnej wichury w ciągu krótszego życia drzewostanu (Zimová i in. 2020).

Drugie proponowane rozwiązanie koncentruje się na zwiększaniu odporności drzewostanów na czynniki zaburzające poprzez urozmaicenie ich składu gatunkowego i wzmacnianie różnorodności strukturalnej (Brang i in. 2014, Jandl i in. 2015, Mori i in. 2017). W ramach tego kierunku postępowania zwraca się uwagę, że przy większej liczbie gatunków i obecności drzew o różnych rozmiarach skutki zaburzeń powodowanych przez biotyczne lub abiotyczne czynniki są mniejsze (Brang i in. 2014). W takich drzewostanach większa jest też presja drapieżników i pasożytów na roślinożerne owady (Jactel, Brouckhoff, 2007, Dulaurent i in., 2012). Co więcej, wielokrotnie wykazano, że wielkość produkcji drewna w drzewostanach mieszanych jest większa niż w monokulturach (Brouckhoff i in. 2017). Ten kierunek działań ukierunkowany na zmniejszenie szkód w drzewostanach można określić jako rozpraszanie ryzyka hodowlanego (Szwagrzyk 2014a).

Przyjęcie pierwszego lub drugiego sposobu ograniczania zagrożeń powodowanych przez wichury i roślinożerne owady ma daleko idące konsekwencje

dla realizacji pozaprodukcyjnych funkcji gospodarki leśnej. Całkowicie inne są skutki skracania rotacji drzewostanów lub zwiększania ich różnorodności strukturalnej dla magazynowania węgla. O ile w pierwszym przypadku trzeba się spodziewać zmniejszenia zdolności lasu do pochłaniania dwutlenku węgla (Brang i in. 2014), to drugi sposób postępowania może przyczynić się do ich zwiększenia (Jandl et al. 2015).

Trzeba zauważyć, że skracanie cyklu produkcyjnego, co już ma miejsce w niektórych regionach świata, jest bardzo niekorzystne dla różnorodności biologicznej lasów (Zimová i in. 2020, Potterf i in. 2022). Kieruje ono gospodarkę leśną w stronę leśnictwa plantacyjnego, które jest najmniej korzystne dla ochrony tej różnorodności. Brak starych i okazałych drzew oraz martwych i grubych pni jest w tym sposobie hodowli drzew (bo już nie lasu) czymś najbardziej rujnującym tę różnorodność. Negatywnych skutków nie jest w stanie zniwelować pozostawianie przestojów po wykonaniu rębni. Przy takim sposobie gospodarowania pozostawiane drzewa są o niewielkich rozmiarach i posiadają niewiele struktur, tzw. mikrośrodków, sprzyjających gatunkom o bardzo różnych wymaganiach. Ponadto, drzewostany poddane skróconemu cyklowi produkcji zmniejszają czas dostępny dla kolonizacji i rozwoju populacji gatunków leśnych, którym sprzyja długotrwałość warunków wnętrza lasu (Roberge et al. 2016). Oprócz ograniczania funkcji ochronnej, skracanie rotacji drzewostanów niesie negatywne konsekwencje dla realizacji funkcji rekreacyjnych i obniża estetykę krajobrazu leśnego.

Przeciwdziałanie zagrożeniom powodowanym przez silne wiatry lub żerowanie owadów drogą zwiększania różnorodności gatunkowej i strukturalnego zróżnicowania drzewostanów niesie całkowicie odmienne skutki dla wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. Dotyczą to przede wszystkim ochrony różnorodności biologicznej, ale także dostarczania szeregu usług ekologicznych poprzez zwiększenie atrakcyjności dla rekreacji i wypoczynku (Felton i in. 2017, 2020). Ten sposób postępowania zapewnia stałą obecność wielu gatunków drzew, z których każdy posiada swoisty zestaw gatunków towarzyszących. W takich lasach łatwiej zapewnić stałą dostawę grubych drzew i grubych martwych pni posiadających bogaty zestaw mikrośrodków wspierających bogactwo gatunkowe leśnej biocenozy.

## **Coraz większe oczekiwania wobec gospodarki leśnej i ochrony przyrody**

Lasy stoją w obliczu konieczności zaspokajania coraz większych i różnorodnych potrzeb społecznych, które przynajmniej częściowo pozostają ze sobą w sprzeczności. Bogacące się społeczeństwa dążą do dysponowania



coraz lepszymi warunkami do wypoczynku i rekreacji. Rozwijająca się turystyka poszukuje coraz więcej atrakcyjnych miejsc zapewniających kontakt z przyrodą, zwłaszcza taką, która może uchodzić za naturalną, czyli pozbawioną śladów gospodarczego wykorzystania. Zwiększa się popyt na drewno i produkty drzewne, co jest związane z pojawieniem się nowych sposobów wykorzystania drewna. Jednocześnie środowiska zabiegające o ochronę przyrody wskazują na potrzebę objęcia ochroną coraz więcej lasów, w których nie prowadzi się żadnej gospodarki leśnej. Łatwo można zauważyć, że do gospodarzy lasów docierają komunikaty pozostające ze sobą w zasadniczej sprzeczności. Dotyczy to zwłaszcza nacisków na zwiększanie pozyskania drewna z jednej strony i rezygnacji z użytkowania lasów na rzecz ochrony przyrody z drugiej strony. Rozważając przyszłość wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, nie można pominąć narastania tych sprzecznych potrzeb, które miałyby zaspokoić lasy i gospodarka leśna.

Kilkanaście lat temu przewidywano, że do 2030 roku globalne pozyskanie drewna wzrośnie o 50%, przy czym w dużej mierze będzie to skutkiem rozwoju biogospodarki, a zwłaszcza bioenergetyki oraz presji na wykorzystanie lasów i drewna do łagodzenia zmian klimatu (Jandl i in. 2015, Sotirov, Arts 2018). W Europie ten kierunek rozwoju leśnictwa jest napędzany przez ambitną politykę energetyczną i klimatyczną Unii Europejskiej, która stawia sobie za cel osiągnięcie w krótkim czasie tak zwanej neutralności klimatycznej (Sotirov i in. 2015). Przewiduje się, że zapotrzebowanie na drewno w krajach w Unii Europejskiej zwiększy się do roku 2030 o 15–35% w stosunku do roku 2010 (Jonsson 2013).

Również w polskim leśnictwie przewiduje się wzrost pozyskania drewna. W referacie przedstawionym na Zjeździe Polskiego Towarzystwa Leśnego w 2019 roku Zajązkowski i Neroj prognozowali, że do 2050 roku roczne pozyskanie drewna w Lasach Państwowych wzrośnie do 46–50 mln m<sup>3</sup> w zależności od przyjętego scenariusza bardziej lub mniej uwzględniającego potrzeby ochrony przyrody. Przewidywali także, że ten wzrost nie zaspokoi w pełni potrzeb i że w najbliższych latach należy spodziewać się wzrastającej presji na jeszcze większe pozyskanie drewna przez Lasy Państwowe (Zajązkowski i Neroj 2019).

Jednocześnie lasy mają pełnić coraz ważniejszą rolę w sferze ochrony przyrody. Od kilkunastu lat pojawiają się kolejne propozycje objęcia ochroną coraz większych powierzchni lądów i oceanów. Około trzydzieści lat temu WWF proponował objąć ochroną 10% światowych zasobów leśnych. W tym czasie pojawiła się też propozycja objęcia ochroną jednej piątej lasów borealnych (Dudley i in. 1996). W 2010 roku na konferencji w Nagoja przyjęto Konwencję o różnorodności biologicznej, w której zapisano, że do roku

2020 na całym świecie pod ochroną powinno znaleźć się przynajmniej 17% obszarów lądowych. W roku 2016 Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody (IUCN) wysunęła jeszcze dalej idącą propozycję powiększenia udziału powierzchniowego terenów chronionych do 30% (Baillie, Zhang 2018). W tym samym roku znany ekolog, Edward Wilson, wysunął sugestię objęcia ochroną połowy kuli ziemskiej (Wilson 2016). Według niej połowa lądów i mórz powinna znaleźć się w rozległych obszarach reprezentujące I i II kategorię ochronności według IUCN, czyli w ścisłych rezerwach, obszarach dzikiej przyrody i parkach narodowych.

Podobne propozycje pojawiają się w Europie, a ostatnią jest strategia na rzecz ochrony różnorodności biologicznej w państwach Unii Europejskiej opracowana przez Komisję Europejską w 2020 roku (European Commission 2020). Według tej strategii do roku 2030 ochronie powinno być poddane 30% unijnych obszarów lądowych, w tym co najmniej w jednej trzeciej, czyli na 10% powierzchni, powinna to być ochrona ścisła. Szczególnie podkreślana jest w tym dokumencie ochrona ścisła lasów i objęcie nią tak zwanych starodrzewów.

### **Wielkoobszarowa ścisła ochrona przyrody w lasach a gospodarka leśna**

Bez wątplenia wprowadzenie w życie ustaleń zawartych w unijnej *Strategii dla Bioróżnorodności 2030* byłoby bardzo dużym wyzwaniem dla gospodarki leśnej. Warto w związku z tym rozważyć możliwe skutki jej przyjęcia dla rozwoju wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. Po pierwsze, trzeba zastanowić się nad tym, gdzie na terenie Polski mogłyby zostać ulokowane obszary poddane ochronie biernej. Załóżmy przy tym, że Polska wywiąże się z zalecenia zawartego w strategii na poziomie średniej europejskiej, czyli na poziomie 10% powierzchni. Trzeba zauważyć, że znaczną część Polski zajmują obszary rolnicze, gdzie nie ma miejsca na ochronę bierną. Taką ochroną można natomiast objąć wszystkie obszary wysokogórskie, których jednak w Polsce jest niewiele. Jak najbardziej można nią objąć znaczne obszary nieleśnych siedlisk hydrogenicznnych, których jest w Polsce około 4,3 mln ha, w tym 1,2 mln ha torfowisk. Jednak zbliżone do naturalnych zbiorowiska bagienne zachowały się na tych siedliskach tylko na powierzchni około 540 tys. ha (Dembek 2002). Na największą skalę ochronę bierną można stosować na obszarach leśnych. Jeśli spojrzymy na realia Polski, to poza parkami narodowymi ta ochrona może być stosowana przede wszystkim w Lasach Państwowych i innych lasach publicznych. Trudno bowiem spodziewać się, że prywatni właściciele lasów zgodzą się na zaprzestanie użytkowania swojej własności.

Spróbujmy obliczyć, jak dużą powierzchnię zajęłaby ochrona bierna w lasach administrowanych obecnie przez Lasy Państwowe, gdyby zrealizowane zostały zalecenia zawarte w *Strategii dla Bioróżnorodności 2030*. Dziesięć procent obszaru Polski wynosi blisko 3,13 mln ha. Od tej powierzchni trzeba odjąć parki narodowe, które niemal w całości mogą być poddane ochronie biernej. Na użytek niniejszych obliczeń przyjęto, że taka ochrona może być zastosowana na 90% ich powierzchni. Należy jeszcze oszacować, jaka część siedlisk hydrogenicznych poza parkami narodowymi i lasami może być objęta taką ochroną. Dotychczas w Polsce powołano 19 obszarów wodno-błotnych Ramsar o łącznej powierzchni 153 tys. ha, przy czym w zdecydowanej większości znajdują się one w parkach narodowych. Poza parkami narodowymi znajduje się zatem około 400 tys. ha siedlisk hydrogenicznych, na których zachowały się naturalne ekosystemy bagienne i torfowiska. Załóżmy, że aż połowa z nich może być objęta ochroną bierną. Uznajmy też, że na terenie Lasów Państwowych i w pozostałych lasach publicznych udział ochrony biernej będzie podobny. Po dokonaniu tych obliczeń okazuje się, że wypełnienie celu unijnej strategii oznaczałoby objęcie ochroną bierną 2,57 miliona hektarów w lasach administrowanych przez PGL LP, co stanowi 36,1% ich obecnej powierzchni. Jest to o 1,5% mniej niż obecny udział powierzchniowy obszarów Natura 2000 (Dawidziuk 2011). Zasadnicza różnica między obecnym stanem a propozycją zawartą w strategii bioróżnorodności jest taka, że na większości obszarów Natura 2000 realizowana jest gospodarka leśna, która ma uwzględniać potrzeby ochrony przyrody. Spełnienie wymogów nowej unijnej propozycji oznaczałoby natomiast całkowite zaprzestanie gospodarki leśnej na ponad jednej trzeciej powierzchni Lasów Państwowych. Trzeba zastanowić się jakie mogłoby to mieć konsekwencje dla prowadzenia wielofunkcyjnej gospodarki leśnej.

Przyjmijmy za Zajączkowskim i Nerojem (2019), że przyszła produkcja drewna w Lasach Państwowych będzie wynosiła 46 mln m<sup>3</sup>. Po wyłączeniu obszarów ochrony ścisłej ta ilość drewna byłaby pozyskiwana na powierzchni 4,55 mln ha. Aby osiągnąć prognozowaną wielkość produkcji, intensywność cięć powinna wynosić 10,11 m<sup>3</sup>/ha, czyli 112% bieżącego przyrostu mąszości. Niewiele się zmieni, jeśli uwzględniony zostanie wzrost powierzchni leśnej do 2050 roku o 59 tys. ha (Zajączkowski, Neroj 2019). Wtedy z 1 ha powierzchni leśnej pozyskiwane byłoby rocznie 9,98 m<sup>3</sup>, czyli 111% bieżącego przyrostu mąszości. Realizacja cięć w takim wymiarze oznaczałaby szybką dewastację wszystkich lasów pozostających poza systemem ochrony ścisłej i w istocie koniec jakiegokolwiek wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. Owszem, można by wtedy utrzymywać, że polskie lasy są wielofunkcyjne, bo w ponad jednej trzeciej służą ochronie przyrody, a na po-

zostałym obszarze wypełniają funkcję produkcyjną. Nie byłoby jednak w tych lasach wielofunkcyjnego leśnictwa.

Chcąc obniżyć intensywność cięć przynajmniej do poziomu bieżącego przyrostu, trzeba by zmniejszyć produkcję drewna do 41,5 mln m<sup>3</sup>, czyli do notowanej w ostatnich latach. Jednak również w tej sytuacji pozaprodukcyjne funkcje lasu nie mogłyby być realizowane poza obszarami ochrony ścisłej, skoro zasobność drzewostanów byłaby co roku pomniejszania o 100% bieżącego przyrosty.

Rozważmy zatem trzeci scenariusz, w którym oprócz rozległych obszarów ochrony ścisłej istnieją lasy, w których prowadzona jest wielofunkcyjna gospodarka leśna wymagająca obniżenia intensywności pozyskania drewna według najbardziej sprzyjającego przyrodzie scenariusza Zajączkowskiego i Neroja (2019). W tym scenariuszu proponowana intensywność pozyskania wynosi 89% bieżącego przyrostu miąższości. Utrzymując pozyskanie na takim poziomie poza obszarami ochrony ścisłej można by rocznie otrzymywać 36,9 mln m<sup>3</sup> drewna, czyli tyle ile 7–8 lat temu.

Możliwy jest jeszcze jeden scenariusz, w którym zwiększenie możliwości produkcyjnych jest osiągane dzięki plantacyjnej hodowli drzew i zwiększonemu przyrostowi drewna w warunkach takiej intensywnej gospodarki. W obliczeniach przyjęto, że przeciętny roczny przyrost miąższości drzew w plantacyjnej uprawie może wynosić od 10 do 13 m<sup>3</sup>/ha i jest w całości pozyskiwany. Jest to zakres wartości notowanych na plantacjach w warunkach Polski, przy czym druga z nich była notowana rzadko i tylko na najżyźniejszych siedliskach lasu świeżego i lasu mieszanego świeżego (Arbatowski, Rybczyński 1989, Załęski, Kantorowicz 1998, Bodył, Załęski 2009). Za Zajączkowskim i Nerojem (2019) przyjęto, że w lasach poza rezerwatami ścisłymi i plantacjami pozyskiwane będzie 89% bieżącego przyrostu, czyli będzie tam prowadzona gospodarka uwzględniająca różne funkcje.

Obliczenia uwzględniające powyższe założenia ujawniły, że aby po utworzeniu rezerwatów ścisłych zgodnie z zaleceniami unijnej strategii osiągnąć wielkość rocznej produkcji drewna z ostatnich lat, czyli około 41,5 mln m<sup>3</sup>, lub prognozowaną do roku 2050 wielkość 46 mln m<sup>3</sup>, to plantacje musiałyby zajmować od 920 tys. ha do 4,56 mln ha w zależności od wielkości pozyskania i bieżącego przyrostu drewna na plantacjach (Tab. 1). Warto zauważyć, że gdyby roczna produkcja drewna miała wynosić 46 mln m<sup>3</sup>, a z plantacji uzyskiwano by rocznie około 10 m<sup>3</sup>/ha, to na terenie lasów państwowych byłyby tylko obszary poddane ochronie ścisłej i plantacje drzew. Z kolei przy zachowaniu obecnej wielkości produkcji i przy najbardziej optymistycznym założeniu, że produktywność plantacji wyniesie aż 13 m<sup>3</sup>/ha rok, plantacje zajmowałyby jedną piątą lasów poza ochroną ścisłą. Tak duży powierz-

chniowy udział plantacji zmieniłby nie tylko leśne krajobrazy, ale zmieniłby radykalnie funkcjonowanie polskiego leśnictwa.

Tab. 1. Udział powierzchniowy ochrony ścisłej, lasów wielofunkcyjnych i plantacji drzew dla zapewnienia określonego poziomu produkcji drewna w lasach państwowych przy różnej jego produktywności na plantacjach drzew.

Wielkość rocznej produkcji drewna	Bieżący przyrost miąższości na plantacjach	Powierzchnia (tys. ha) / udział powierzchniowy (%)		
		Ochrony ścisłej	Wielofunkcyjnego leśnictwa	Plantacji drzew
41,5 mln m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup> /ha	2570 / 35,8	2300 / 32,1	2300 / 32,1
	13 m <sup>3</sup> /ha	2570 / 35,8	3680 / 51,4	920 / 12,8
46 mln m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup> /ha	2570 / 35,8	35 / 0,5	4560 / 63,7
	13 m <sup>3</sup> /ha	2570 / 35,8	2780 / 38,8	1820 / 25,4

### Skutki plantacyjnej uprawy drzew dla środowiska przyrodniczego

W poprzedniej części przedstawiono możliwe skutki wprowadzenia unijnej *Strategii dla Bioróżnorodności 2030* przy różnym poziomie produkcji drewna w skali całych lasów państwowych. Wniosek, jaki płynie z przeprowadzonych obliczeń jest następujący: wprowadzenie unijnej strategii na średnim poziomie europejskim, czyli objęcie ścisłą ochroną 10% powierzchni Polski, spowoduje znaczne obniżenie produkcji drewna albo pociągnie za sobą zamianę dużej części lasów na plantacje drzew o skróconej rotacji.

Trzy lata temu, na zjeździe PTL w Darłównu, jeden z autorów niniejszego tekstu proponował utworzenie plantacji drzew na sporym obszarze lasów, aby możliwe było powiększenie powierzchni lasów objętych ochroną poprzez wyłączenie ich z użytkowania (Holeksa, Mirek 2019). Sugerowano wtedy plantacyjną hodowlę drzew na obszarze nieporównanie mniejszym od wyników prezentowanych w tabeli 1. Podobne zdanie o potrzebie hodowli drzew na plantacjach miał wcześniej drugi z autorów (Szwagrzyk 2014b).

Wydaje się, że w ostatnich latach taki pogląd staje się coraz bardziej powszechny i ma zwolenników wśród polskich leśników i ekologów (Hilszczański 2015, Lewandowski i in. 2016, Paschalis-Jakubowicz 2016, Rykowski 2016, Kozłowski 2019). Skala, w jakiej plantacje drzew miałyby w przyszłości zaspokajać zapotrzebowanie na drewno, aby umożliwić tworzenie rozległych obszarów ochrony ścisłej, budzi jednak wątpliwości. Wątpliwości te są dwójakiej natury: przyrodniczej i społecznej.

Plantacje drzew mogą spełniać pokładane w nich oczekiwania w postaci zwiększonego przyrostu miąższości i większego pozyskania drewna, jeśli są zakładane na odpowiednio żyznych siedliskach. W warunkach Polski wyraźne zwiększenie produkcji drewna jest możliwe tylko na najżyźniejszych siedliskach lasowych, zwłaszcza lasu świeżego i lasu wilgotnego. Są to siedliska, które z racji dużej żyzności już dawno zostały zajęte przez rolnictwo, a w lasach ustępują pod względem zajmowanej powierzchni siedliskom o mniejszej żyzności. Są to zarazem siedliska, z którymi związana jest największa różnorodność gatunkowa grzybów, roślin i zwierząt. Zamiana lasów, w tym lasów gospodarczych o stuletniej i wyższej kolei rębny, na plantacje drzew o najwyżej kilkudziesięcioletniej rotacji, nie będzie sprzyjać leśnej różnorodności biologicznej, a będzie ją ograniczać poprzez wycofywanie się wielu gatunków leśnych z powodu zmian w ich środowisku. Lasy, w których intensywnie produkuje się drewno, nie są też dobrym miejscem dla rekreacji.

Kolejnym problemem przyrodniczym związanym z dużą powierzchnią plantacji byłaby izolacja przestrzenna obszarów ochrony ścisłej. Byłaby ona szczególnie niekorzystna wobec prognozowanych zmian klimatu wymuszających wędrówki gatunków ku północy. Oprócz tworzenia nowych rezerwatów, równie potrzebne jest zadbanie o tereny znajdujące się między nimi, czyli o korytarze ekologiczne. Plantacje drzew raczej nie mogą pełnić roli takich korytarzy, ponieważ one nie łączą, a wyraźnie dzielą przestrzeń ekologiczną. Owszem, takimi korytarzami mogą być lasy zagospodarowane z uwzględnieniem potrzeb ochrony przyrody.

### **Skutki plantacyjnej uprawy drzew dla gospodarki leśnej**

Powiększanie obszarów o ścisłym reżimie ochronnym i plantacji drzew oznaczałoby daleko idące zmiany w funkcjonowaniu leśnictwa i leśników. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z lasami, które zostają wyłączone spod ich zarządzania. Z kolei plantacje drzew służą produkcji drewna i niczemu więcej. Wraz z powiększaniem jednych i drugich leśnicy w coraz mniejszym stopniu zajmowałyby się ochroną przyrody, a ich aktywność coraz silniej byłaby ukierunkowana wyłącznie na produkcję surowca drzewnego.

Tymczasem nie można zapominać, że polskie leśnictwo od początku było wielofunkcyjne, a wielu leśników to prawdziwi przyrodnicy-pasjonaci. Ochrona przyrody była w znacznej mierze inspirowana i realizowana przez leśników. Można tutaj przytoczyć długą listę leśników poczynając od pierwszego dyrektora Lasów Państwowych w okresie międzywojennym, Adama Loreta. W tamtym czasie w najważniejszym polskim czasopiśmie poświę-

conym ochronie przyrody – w roczniku *Ochrona Przyrody* – zamieszczane były obszerne sprawozdania ukazujące „działalność Administracji Lasów Państwowych na polu ochrony przyrody”. Przypomnieć trzeba Stanisława Sokołowskiego, profesora Wyższej Szkoły Lasowej we Lwowie, oraz Stefana Myczkowskiego, profesora Wydziału Leśnego Wyższej szkoły Rolniczej w Krakowie. Można by mnożyć podobne przykłady, które podpowiadają, że gdybyśmy mieli z tego zaangażowania leśników zrezygnować, byłaby to duża niepowetowana strata dla ochrony przyrody. Byłby o również osobisty dramat dla rzeszy przyrodników-pasjonatów pracujących w lasach.

Trzeba też zauważyć, że wśród artykułów i monograficznych opracowań, publikowanych przez uczonych zatrudnionych na wydziałach (czy dawnych wydziałach) leśnych wyższych uczelni oraz w Instytucie Badawczym Leśnictwa, najwięcej jest prac o tematyce leśno-przyrodniczej. Bardzo duża część tych publikacji dotyczy zagadnień ściśle ekologicznych lub silnie powiązanych z ochroną przyrody. Również wśród rzeszy mikologów, botaników i zoologów pracujących na uniwersyteckich wydziałach biologii wiele jest osób, które swoje wykształcenie zdobywali na wydziałach leśnych i w swojej pracy naukowej nadal zajmują się lasami. W przypadku zawężenia leśnictwa do produkcji drewna znaczna część tej wiedzy byłaby niewykorzystana przez leśników, a wątpliwe, aby znalazła się wystarczająco duża grupa osób spoza kręgów leśnych, które potrafiłyby wykorzystywać i rozwijać tę wiedzę.

Wykształcenie leśne łączy w sobie elementy przyrodnicze i techniczne. Duża część zajęć prowadzonych na wydziałach leśnych to kursy o profilu przyrodniczym. Absolwenci wydziałów leśnych mają na ogół niezłą znajomość leśnych roślin, zwierząt i grzybów. Cel nauczania tych gatunków jest w znacznej mierze ukierunkowany praktycznie (rozpoznawanie siedlisk, znajomość „szkodników” owadziei czy patogenów grzybowych), ale w wielu wypadkach znajomość gatunków znacznie wykracza poza ten zakres, obejmując także organizmy rzadkie i chronione. Duża część kompetencji potrzebnych do zarządzania zasobami przyrody leśnej skupiona jest w środowiskach leśników. Przy próbie radykalnego rozdzielenia produkcji drewna od zarządzania przyrodą te kompetencje byłyby zmarnowane.

Dążenie do objęcia ochroną bierną znacznych powierzchni leśnych, z czym wiąże się wzrost znaczenia gospodarki plantacyjnej, może spowodować, że ochrona przyrody i leśnictwo staną się aktywnościami społecznymi, które nie mają ze sobą nic wspólnego. Ochrona przyrody będzie nieobecna w gospodarce leśnej, a tym samym zaprzeczy to idei jej wielofunkcyjności. Można wręcz powiedzieć, że realizowana w tak skrajny sposób ochrona przyrody „odwraca się” w od gospodarki leśnej i uznaje, że może być ona urzeczywistniana tylko w lasach, które „wyrwie się” z rąk

leśników. Przyznając im wyłącznie rolę producentów drewna, cofa gospodarkę leśną do stanu sprzed wielu lat i rezygnuje ze współpracy ze środowiskiem, które od dawna jest zaangażowane w sprawy ochrony przyrody oraz posiada ku temu odpowiednią wiedzę i narzędzia.

### Podsumowanie i wnioski

1. Wielofunkcyjna gospodarka leśna ma już za sobą ponad stuletnią historię, w czasie której pojawiły i rozwinęły się jej cztery podstawowe funkcje.
2. Brak mechanizmów rynkowych uwzględniających także pozaprodukcyjne funkcje gospodarki leśnej powoduje przewagę jej funkcji surowcowej.
3. W ostatnich dekadach gospodarka leśna w Polsce stawała się coraz bardziej wielofunkcyjna i coraz lepiej służyła ochronie przyrody. Jest jednak jeszcze sporo do zrobienia i warto byłoby przyspieszyć tempo tych korzystnych zmian.
4. Prowadzenie wielofunkcyjnej i zrównoważonej gospodarki leśnej nigdy nie było i nie jest łatwe, ponieważ musi ona godzić wiele potrzeb, które pozostają ze sobą w wyraźnej sprzeczności. Godzenie tych sprzeczności będzie w przyszłości jeszcze trudniejsze i stanowić wyzwanie dla leśnictwa przyszłości.
5. Coraz większe zainteresowanie budzi rola lasów i leśnictwa w ograniczaniu zmian klimatu. Jest to nowa funkcja lasów, której towarzyszą przeciwnostawne żądania: nasila się presja na powiększanie powierzchni starodrzewów akumulujących węgiel, a jednocześnie wzrasta zapotrzebowanie na drewno zastępujące inne materiały i będące odnawialnym źródłem energii.
6. Wielofunkcyjna gospodarka leśna prowadzona w okolicznościach coraz cieplejszego klimatu powinna radzić sobie ze skutkami zmian w środowisku przyrodniczym, które ograniczają produkcję drewna, a zarazem zagrażają różnorodności biologicznej i realizacji innych funkcji lasów.
7. Objęcie bierną ochroną bardzo dużej powierzchni lasów wiąże się koniecznością rozwoju leśnictwa plantacyjnego również na bardzo dużej powierzchni, co prowadzi do likwidacji, albo znacznego ograniczenia roli wielofunkcyjnej gospodarki leśnej.
8. Ochrona przyrody nie powinna „odwracać się” od leśnictwa i środowiska leśników, które od dawna angażuje się w sprawy ochrony przyrody oraz posiada odpowiednią wiedzę i narzędzia, aby realizować ochronę przyrody w lasach.



## Literatura

1. Aggestam F., Püzl H. 2018. Coordinating the Uncoordinated: The EU Forest Strategy. *Forests* 9, 125.
2. Angelstam P., Asplund B., Bastian O., Engelmark O., Fedoriak M., Grunewald K., Ibisch P. L., Lindvall P., Manton M., Nilsson M., Nilsson S. B., Roberntz P., Shkaruba A., Skoog P., Soloviy I., Svoboda M., Teplyakov V., Tivell A., Westholm E., Zhuk A., Öster L. 2022. Tradition as asset or burden for transitions from forests as cropping systems to multifunctional forest landscapes: Sweden as a case study. *Forest Ecology and Management* 505, 119895.
3. Arbatowski S., Rybczyński J. 1989. Efektywność ekonomiczna upraw plantacyjnych leśnych drzew szybko rosnących. *Sylvan* 133(3): 61–74.
4. Badalamenti E., Battipaglia G., Gristina L., Novara A., Rühl J., Sala G., Sapienza L., Valentini R., La Mantia T. 2019. Carbon stock increases up to old growth forest along a secondary succession in Mediterranean island ecosystems. *PLoS ONE* 14(7): e0220194.
5. Baillie J.E.M., Zhang, Y.-P. 2018 Space for nature. *Science*, 361(6407), 1051.
6. Baines D., Summers R. W. 1997. Assessment of bird collisions with deer fences in Scottish forests. *Journal of Applied Ecology* 34: 941–948.
7. 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.
8. Bauhus J., Puettmann K. J., Kühne K. 2012. Close-to-nature forest management in Europe: Compatible with managing forests as complex adaptive forest ecosystems? [w:] C. Messier, K. J. Puettmann, K. D. Coates (eds). *Managing Forests as Complex Adaptive Systems*. Routledge, s. 187–213.
9. Benz J. P., Chen S., Dang S., Dieter M., Labelle E. R., Liu G., Hou L., Mosandl R. M., Pretzsch H., Pukall K., Richter K., Ridder R., Sun S., Song X., Wang Y., Xian H., Yan L., Yuan J., Zhang S., Fischer A. 2020. Multifunctionality of Forests: A White Paper on Challenges and Opportunities in China and Germany. *Forests* 11, 266.
10. de Besi M., McCormick K. 2015. Towards a Bioeconomy in Europe: National, Regional and Industrial Strategies. *Sustainability* 7: 10461–10478.
11. Bodył M., Załęski A. 2009. Wschodząca gwiazda plantacji. *Las Polski* 15–16: 30–31.
12. Bonèina A., Simonèti T., Rosset C. 2019. Assessment of the concept of forest functions in Central European forestry. *Environmental Science and Policy* 99: 123–135.
13. Bouget C., Lassauce A., Jonsell M. 2012. Effects of fuelwood harvesting on biodiversity – a review focused on the situation in Europe. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1421–1432.

14. Brang P., Spathelf P., Larsen B., Bauhus J., Bonèina A., Chauvin C., Drössler L., García-Güemes C., Heiri C., Kerr G., Lexer M. J., Mason B., Mohren M., Mühlethaler U., Nocentini S., Svoboda M. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87: 492–503.
15. Brege S., Nord T., Nordigården D. 2014. The role of industrial timber construction in a bio-based economy – Mitigating climate and employment effects. [w:] A. Roos, D. Kleinschmit, A. Toppinen, S. Baardsen, B. H. Lindstad, B. J. Thorsen. *Nordic workshop: „The forest sector in the biobased economy – perspectives from policy and economic sciences”*. August 28–29, 2013, Uppsala/Sweden. Conference proceedings, s. 11–13.
16. Brockerhoff E. G., Barbaro L., Castagneyrol B., Forrester D. I., Gardiner B., González-Olabarria J. R., Lyver P. O. B., Meurisse N., Oxbrough A., Taki H., Thompson I. D., van der Plas F., Jactel H. 2017. Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity Conservation* 26: 3005–3035.
17. Brunet J., Fritz Ö., Richna G. 2010. Biodiversity in European beech forests – a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins* 53: 77–94.
18. Chakraborty D., Móricz N., Rasztoivts E., Dobor L., Schueler S. 2021. Provisioning forest and conservation science with high resolution maps of potential distribution of major European tree species under climate change. *Annals of Forest Science* 78: 26.
19. Chojnacka-Ożga L., Ożga W. 2018. Warunki meteorologiczne powstania szkód wiatrowych w dniach 11–12 sierpnia 2017 roku w lasach środkowo-zachodniej Polski. *Sylwan* 162(3): 200–208.
20. Czuraj M. 1982. Powierzchnia lasów w Polsce w latach 1918–1978. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej* 10: 59–77.
21. Dawidziuk J. 2011. Obszary przyrodniczo cenne w gospodarce leśnej. W: T. Poskrobko (red.), *Zrównoważony rozwój obszarów przyrodniczo cennych. Tom 1. Planistyczne i implementacyjne aspekty rozwoju obszarów przyrodniczo cennych*. Białystok 2011, s. 229–241.
22. Dembek W. 2002. Problemy ochrony i restytucji mokradeł w Polsce. *Inżynieria Ekologiczna* 6: 68–85.
23. Deuffic P., Sotirov M., Arts B. 2018. „Your policy, my rationale”. How individual and structural drivers influence European forest owners’ decisions. *Land Use Policy* 79: 1024–1038.
24. Dinerstein E., Vynne C., Sala E., Joshi A.R., Fernando S., Lovejoy T.E., Mayor-ga J., Olson D., Asner G.P., Baillie J.E.M., Burgess N.D., Burkart K., Noss R.F., Zhang Y.P., Baccini A., Birch T., Hahn N., Joppa L.N., Wikramanayake E. 2019.

- A Global Deal for Nature: Guiding principles, milestones, and targets. *Science Advances* 5, eaaw2869.
25. Directive 2009. DIRECTIVE 2009/28/EC of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. *Official Journal of the European Union* 2009, 140, 16–62.
  26. Długosiewicz J., Zajęc S., Wysocka-Fijorek E. 2019. Ocena naturalnego i sztucznego odnowienia drzewostanów sosnowych *Pinus sylvestris* L. w Nadleśnictwie Nowa Dęba. *Leśne Prace Badawcze* 80: 105–116.
  27. Dmyterko E., Bruchwald A. 2018. Dynamika rozpadu drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim. *Sylvan* 162(2): 189–199.
  28. Dobrowolska D. 2007. Odnowienie naturalne lasu w drzewostanach uszkodzonych przez wiatr na terenie północno-wschodniej Polski. *Leśne Prace Badawcze*, 2007, 2: 45–60.
  29. Dudley N., Jeanrenaud J.-P., Markham A. 1996. Conservation in boreal forests under conditions of climate change. *Silva Fennica* 30: 379–383.
  30. Duffy C., O'Donoghue C., Ryan M., Styles D., Spillane C. 2020. Afforestation: Replacing livestock emissions with carbon sequestration. *Journal of Environmental Management* 264, 110523.
  31. Dulaurent A. M., Porté A. J., van Halder I., Vétillard F., Menassieu P., Jactel H. 2012. Hide and Seek in Forests: Colonization by the Pine Processionary Moth is impeded by the Presence of Non-host Trees. *Agricultural and Forest Entomology* 14: 19–27.
  32. Dyderski M.K., Paż S., Frelich L.E., Jagodziński A.M. 2018. How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology* 24: 1150–1163.
  33. European Commission 2020. EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives. Brussels, 20.5.2020 COM(2020) 380 final.
  34. European Commission 2021. New EU Forest Strategy for 2030. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2021) 572 Final; European Commission: Brussels, Belgium.
  35. Farcy C., de Arano I. M., Rojas-Briales E. 2020. Main milestones in forestry evolution. [W:] C. Farcy, I. M. de Arano, E. Rojas-Briales (red.) *Forestry in the Midst of Global Changes*. CRC Press.
  36. Felton A., Gustafsson L., Roberge J.-M., Ranius T., Hjältén J., Rudolphi J., Lindbladh M., Weslien J., Rist L., Brunet J., Felton A. M. 2016. How climate change adaptation and mitigation strategies can threaten or enhance the biodiversity of production forests: Insights from Sweden. *Biological Conservation* 194: 11–20.

37. Felton A., Sonesson J., Nilsson U., Läm?s T., Lundmark T., Nordin A., Ranius T., Roberge J.-M. 2017. Varying rotation lengths in northern production forests: Implications for habitats provided by retention and production trees. *Ambio* 46: 324–334.
38. Felton A., Löfroth T., Angelstam P., Gustafsson L., Hjältén J., Felton A. M., Simonsson P., Dahlberg A., Lindbladh M., Svensson J., Nilsson U., Lodin I., Hedwall P. O., Sténs A., Läm?s T., Brunet J., Kalén C., Kriström B., Gemmel P., Ranius T. 2020. Keeping pace with forestry: Multi-scale conservation in a changing production forest matrix. *Ambio* 49: 1050–1064.
39. Forest Europe 2020. State of Europe’s Forest 2020.
40. Fouqueray T., Génin L., Trommetter M., Frascaria-Lacoste N. 2021. Efficient, Sustainable, and Multifunctional Carbon Offsetting to Boost Forest Management: A Comparative Case Study. *Forests* 12, 386.
41. Gao B., Taylor A. R., Searle E. B., Kumar P., Ma Z., Hume A. M., Chen H. Y. H. 2018. Carbon Storage Declines in Old Boreal Forests Irrespective of Succession Pathway. *Ecosystems* 21: 1168–1182.
42. Graudal L., Nielsen U. B., Schou E., Thorsen B. J., Hansen J.K., Bentzen N. C., Johannsen V. K. 2014. Possibilities for sustainable increase of Danish produced woody biomass 2010–2100. [w:] A. Roos, D. Kleinschmit, A. Toppinen, S. Baardsen, B. H. Lindstad, B. J. Thorsen. Nordic workshop: „The forest sector in the biobased economy – perspectives from policy and economic sciences”. August 28–29, 2013, Uppsala/Sweden. Conference proceedings, s. 5–10.
43. Gregow H., Laaksonen A., Alper M.E. 2017. Increasing large scale windstorm damage in Western, Central and Northern European forests, 1951–2010. *Nature, Scientific Reports* 7: 46397.
44. Gren I.-M., Amuakwa-Mensah F. 2020. Multifunctional Forestry and Interaction with Site Quality. *Forests* 11, 29.
45. Grimm N. B., Chapin III F. S., Bierwagen B., Gonzalez P., Groffman P. M., Luo Y., Melton F., Nadelhoffer K., Pairis A., Raymond P. A., Schimel J., Williamson C. E. 2013. The impacts of climate change on ecosystem structure and function. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 474–482.
46. Grzywacz A. 2006. 6.1. Ochrona przyrody w lasach państwowych. [w:] A. Szujecki, J. Wiśniewski (red.). *Z dziejów lasów państwowych i leśnictwa polskiego 1924–2004. Tom 1. Okres międzywojenny*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, s. 287–309.
47. Hanewinkel M., Cullmann D.A., Schelhaas M.-J., Nabuurs G.-J., Zimmermann N.E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change* 3: 203–207.
48. Hilszczański J. 2015. [w:] Z. Sierota (red.) *Wyzwania i szanse leśnictwa XXI wieku*. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s. 45–52.

49. Holeksa J., Mirek Z. 2019. Wielofunkcyjna gospodarka leśna – mit czy rzeczywistość? [w:] K. Szabla (red.) *Wielofunkcyjna gospodarka leśna wobec oczekiwań przemysłu drzewnego i ochrony przyrody*. Polskie Towarzystwo Leśne, Darłówko, s. 5–34.
50. IPCC 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
51. Irauschek F., Rammer W., Lexer M. J. 2017. Evaluating multifunctionality and adaptive capacity of mountain forest management alternatives under climate change in the Eastern Alps. *European Journal of Forest Research* 136: 1051–1069.
52. Jactel H., Brockerhoff E. G. 2007. Tree Diversity Reduces Herbivory by Forest Insects. *Ecology Letters*, 10: 835–848.
53. Jandl R., Bauhus J., Bolte A., Schindlbacher A., Schüler S. 2015. Effect of Climate-Adapted Forest Management on Carbon Pools and Greenhouse Gas Emissions. *Current Forestry Reports* 1: 1–7.
54. Jasnowski M. 1980. Działalność na rzecz ochrony torfowisk w Polsce. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 36(1–2): 77–87.
55. Jaworski A. 2002. Adam hr. Stadnicki (1882–1982) i jego metody gospodarowania w lasach nawojowskich w latach 1905–1945. *Sylwan* 146(9): 29–39.
56. Jones I. L., DeWalt S. J., Lopez O. R., Bunnefeld L., Pattison Z., Dent D. H. 2019. Above- and belowground carbon stocks are decoupled in secondary tropical forests and are positively related to forest age and soil nutrients respectively. *Science of The Total Environment* 697, 133987.
57. Jonsell M., Schroeder M. 2014. Proportions of saproxylic beetle populations that utilise clear-cut stumps in a boreal landscape – Biodiversity implications for stump harvest. *Forest Ecology and Management* 334: 313–320.
58. Jonsson R. 2013. How to cope with changing demand conditions – The Swedish forest sector as a case study: an analysis of major drivers of change in the use of wood resources. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 405–418.
59. Kassenberg A. 2006. Prognozy oddziaływania na środowisko dokumentów strategicznych jako instrument wdrażania polityki ekologicznej i włączania społeczeństwa w proces planistyczny. [w:] *Partnerstwo dla efektywności ekologicznej*. Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa.
60. Kenina L., Jaunslaviete I., Liepa L., Zute D., Jansons A. 2019. Carbon Pools in Old-Growth Scots Pine Stands in Hemiboreal Latvia. *Forests* 10, 911.

61. Klocek A. 2004. Ekonomiczne aspekty użytkowania lasu a realizacja wielofunkcyjnej gospodarki leśnej w wybranych krajach europejskich. *Leśne Prace Badawcze* 4: 7–23.
62. Kozłowski J. 2019. Jak najlepiej wykorzystać lasy do sekwestracji dwutlenku węgla?. *Nauka* 4/2019: 47–56.
63. Kozłowska-Szczęsna T., Limanówka D., Niedźwiedź T., Ustrnul Z., Paczos S. 1993. Charakterystyka termiczna Polski, *Zeszyty IGiPZ PAN*, 18.
64. Kuijper D. P. J., Jędrzejewska B., Brzeziecki B., Churski M., Jędrzejewski W., Żybura H. 2010. Fluctuating ungulate density shapes tree recruitment in natural stands of the Białowieża Primeval Forest, Poland. *Journal of Vegetation Science* 21: 1082–1098.
65. Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. 2019. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. *Ecological Processes* 8: 47.
66. Kuuluvainen T., Angelstam P., Frelich L., Jęgiste K., Koivula M., Kubota Y., Lafleur B., Macdonald E. 2021. Natural Disturbance-Based Forest Management: Moving Beyond Retention and Continuous-Cover Forestry. *Frontiers in Forests and Global Change* 4, 629020.
67. Lassauce A., Larrieu L., Paillet Y., Lieutier F., Bouget C. 2013. The effects of forest age on saproxylic beetle biodiversity: implications of shortened and extended rotation lengths in a French oak high forest. *Insect Conservation and Diversity* 6: 396–410.
68. Lewandowski A., Chmura D., Wachowiak W., Kozioł C. 2016. Hodowla selekcyjna w wielofunkcyjnej gospodarce leśnej – stan, perspektywy i potrzeby badawcze. [w:] K. Rykowski (red.). *Nauka. Terazniejszość i przyszłość badań leśnych. Komponent badawczy Narodowego Programu Leśnego. Materiały ósmego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary*, s. 164–172.
69. Maier C., Winkel G. 2017. Implementing nature conservation through integrated forest management: A street-level bureaucracy perspective on the German public forest sector. *Forest Policy and Economics* 82: 14–29.
70. Matuszko M., Piotrowicz K., Twardosz R. 2001. Związki między zachmurzeniem, opadami i temperaturą powietrza w Krakowie w ostatnim stuleciu. *Pracei Studia Geograficzne* 29: 113–119.
71. McCormick K., Kautto N. 2013. The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability* 5: 2589–2608.
72. Milad M., Schaich H., Konold W. 2013. How is adaptation to climate change reflected in current practice of forest management and conservation? A case study from Germany. *Biodiversity and Conservation* 22:1181–1202.
73. Mori A. S., Lertzman K. P., Gustafsson L. 2017. Biodiversity and ecosystem

- services in forest ecosystems: a research agenda for applied forest ecology. *Journal of Applied Ecology* 54: 12–27.
74. Paschalis-Jakubowicz P. 2011. Teoretyczne podstawy i realizacja idei zrównoważonego rozwoju w leśnictwie. *Problemy Ekorozwoju*, 6(2): 101–106.
75. Paschalis-Jakubowicz P. 2016. Nowoczesne koncepcje użytkowania lasu: stan i potrzeby badawcze w perspektywie najbliższych dekad; wielokierunkowe użytkowanie lasu w społeczeństwie obywatelskim: założenia teoretyczne i praktyczne realizacje/strategie. [w:] K. Rykowski (red.). *Nauka. Teraźniejszość i przyszłość badań leśnych*. Komponent badawczy Narodowego Programu Leśnego. Materiały ósmego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s. 99–109.
76. Peterson St-Laurent G., Hagerman S., Kozak R. 2018. What risks matter? Public views about assisted migration and other climate-adaptive reforestation strategies. *Climatic Change* 151: 573–587.
77. Petersson L. K., Milberg P., Bergstedt J., Dahlgren J., Felton A. M., Götmark F., Salka C., Löf M. 2019. Changing land use and increasing abundance of deer cause natural regeneration failure of oaks: Six decades of landscape-scale evidence. *Forest Ecology and Management* 444: 299–307.
78. Podstawczyńska A. 2010. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu. [w:] J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s: 63–73.
79. Pohjanmies T., Eyvindson K., Trivelpiece M., Mönkkönen M. 2017. More is more? Forest management allocation at different spatial scales to mitigate conflicts between ecosystem services. *Landscape Ecology* 32: 2337–2349.
80. Potterf M., Eyvindson K., Blattert C., Burgas D., Burner R., Stephan J. G., Mönkkönen M. 2022. Interpreting wind damage risk-how multifunctional forest management impacts standing timber at risk of wind felling. *European Journal of Forest Research* 141: 347–361.
81. Pureswaran D. S., Roques A., Battisti A. 2018. Forest Insects and Climate Change. *Current Forestry Reports* 4: 35–50.
82. Ranius T., Hämäläinen A., Gustaf E., Olsson B., Eklöf K., Stendahl J., Sjögren J., Sténs A., Felton A. 2018. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: a synthesis. *Journal of Environmental Management* 209: 409–425.
83. Raport 2021. Raport o stanie lasów w Polsce 2020. PGL LP, Warszawa.
84. Redick C. H., Jacobs D. F. 2020. Mitigation of Deer Herbivory in Temperate Hardwood Forest Regeneration: A Meta-Analysis of Research Literature. *Forests* 11, 1220.
85. Riala M. 2014. Competitiveness of wood as a construction material – new po-

- ssibilities for bioeconomy? [w:] A. Roos, D. Kleinschmit, A. Toppinen, S. Baardsen, B. H. Lindstad, B. J. Thorsen. Nordic workshop: „The forest sector in the biobased economy – perspectives from policy and economic sciences”. August 28–29, 2013, Uppsala/Sweden. Conference proceedings, s. 22–25.
86. Ricciardi A., Simberloff D. 2009. Assisted colonization is not a viable conservation strategy. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 248–253.
87. Rich R. L., Frelich L. E., Reich P. B. 2007. Wind-throw mortality in the southern boreal forest: effects of species, diameter and stand age. *Journal of Ecology* 95: 1261–1273.
88. Richards K. R., Stokes C. 2004. A Review of Forest Carbon Sequestration Cost Studies: A Dozen Years of Research. *Climatic Change* 63: 1–48.
89. Rykowski K. 2016. Ochrona lasu czy ochrona ekosystemów leśnych? Z prac nad narodowym programem leśnym. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, R. 18, Z. 46: 7–21.
90. Roberge J.-M., Laudon H., Björkman C., Ranius T., Sandström C., Felton A., Sténs A., Nordin A., Granström A., Widemo F., Bergh J., Sonesson J., Stenlid J., Lundmark T. 2016. Socio-ecological implications of modifying rotation lengths in forestry. *Ambio* 45(Suppl. 2): S109–S123.
91. Salek L. Sivacio?lu A. 2018. Forests for Future – Multifunctional Forests. *International Journal of Plant & Soil Science* 24(6): 1–9.
92. Schaich H., Milad M. 2013. Forest biodiversity in a changing climate: which logic for conservation strategies? *Biodiversity and Conservation* 22: 1107–1114.
93. Schütz J.-P., Götz M., Schmid W., Mandallaz D. 2006. Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) stands to storms and consequences to silviculture. *European Journal of Forest Research* 125: 291–302.
94. Seidl R., Schelhaas M.-J., Rammer W., Verkerk P.J. 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4: 806–810.
95. Sergent A., Arts B., Edwards P. 2018. Governance arrangements in the European forest sector: Shifts towards ‘new governance’ or maintenance of state authority? *Land Use Policy* 79: 968–976.
96. Sokółowski S. 1912. Hodowla lasu. Lwów.
97. Sommerfeld A., Rammer W., Heurich M., Hilmers T., Müller J., Seidl R. 2021. Do bark beetle outbreaks amplify or dampen future bark beetle disturbances in Central Europe? *Journal of ecology* 109: 737–749.
98. Sotirov M., Arts B. 2018. Integrated Forest Governance in Europe: An introduction to the special issue on forest policy integration and integrated forest management. *Land Use Policy* 79: 960–967.
99. Sotirov, M., Storch, S., Aggestam, F., Giurca, A., Selter, A., Baycheva, T., Erik-



- sson, L. O., Sallnäs, O., Trubins, R., Schüll, E., Borges, J., Mcdermott, C. L., Hoogstra-Klein, M., Hengeveld, G. and Pettenella, D. 2015. Forest Policy Integration in Europe: Lessons Learnt, Challenges Ahead, and Strategies to Support Sustainable Forest Management and Multifunctional Forestry in the Future. INTEGRAL EU Policy Paper.
100. Stadnicki A. 2016. Las. Uwagi gospodarstwie leśnym dla leśników i miłośników lasu skreślone w latach 1945/46. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.
101. Starkel L., Kundzewicz Z. W. 2008. Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju. *Nauka* 1/2008: 85–101.
102. Szwagrzyk J. 2014a. Prawdopodobne zmiany zasięgów występowania gatunków drzewiastych – konsekwencje dla hodowli lasu. IBL, Narodowy Program Leśny. Panel „Klimat”, s. 45–54.
103. Szwagrzyk J. 2014b. Ochrona ekosystemów i różnorodności gatunkowej w lasach Polski: osiągnięcia, porażki, perspektywy. [w:] Z. Mirek, A. Nickel (red.). Ochrona przyrody w Polsce wobec współczesnych wyzwań cywilizacyjnych. Komitet Ochrony Przyrody PAN, Kraków, s. 283–290.
104. Tullus T., Lutter R., Randle T., Saag A., Tullus A., Oja E., Degtjarenko P., Partel M., Tullus H. 2022. The effect of stand age on biodiversity in a 130-year chronosequence of *Populus tremula* stands. *Forest Ecology and Management* 504, 119833.
105. Wielkoobszarowa 2010. Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasów. Wyniki I cyklu (lata 2005–2009). Sękocin Stary.
106. Wielkoobszarowa 2021. Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasów w Polsce. Wyniki za okres 2016–2020. Sękocin Stary.
107. Williams M. I., Dumroese R. K. 2013. Preparing for Climate Change: Forestry and Assisted Migration. *Journal of Forestry* 111: 287–297.
108. Wilson E.O. 2016. *Half Earth: Our Planet’s Fight for Life*. New York: Liveright Publishing Corporation.
109. Zajączkowski S., Neroj B. 2019. Prognoza rozwoju zasobów drzewnych w lasach polskich oraz potencjalne możliwości ich użytkowania. [w:] K. Szabla (red.) *Wielofunkcyjna gospodarka leśna wobec oczekiwań przyszłości drzewnego i ochrony przyrody*. Polskie Towarzystwo Leśne, Darłówko, s. 107–120.
110. Załęski A., Kantorowicz W. 1998. Wzrost wybranych gatunków drzew leśnych w uprawach plantacyjnych w różnych warunkach siedliskowych. *Prace IBL, Ser. A*, 852.
111. Zimová S., Dobor L., Hlásny T., Rammer W., Rupert Seidl. 2020. Reducing rotation age to address increasing disturbances in Central Europe: Potential and limitations. *Forest ecology and Management* 475, 118408.

112. Żylicz T., Giergiczy M. 2013. Wycena pozaprodukcyjnych funkcji lasu. Raport końcowy. Maszynopis.

Prof dr hab. Jan Holeksa  
Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 6, 61-614 Poznań

Prof. dr ab. Jerzy Szwagrzyk  
Katedra Bioróżnorodności Leśnej  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie  
Al. 29 listopada 46, 31-425 Kraków

***Referat z sesji naukowej pt.: "Leśnictwo przyszłości" z okazji 121 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Leśnego w Starych Jabłonkach, 07-10.09.2022.***