

Bogdan Brzeziecki, Krzysztof Rostek

WYZWANIA DLA HODOWLI LASU W WARUNKACH DYNAMICZNYCH ZMIAN KLIMATU

Uwagi wstępne

Problem zmian klimatu zachodzących w wyniku wzmożonej emisji do atmosfery tzw. gazów cieplarnianych (ang. *greenhouse gases*, GHG), będących przede wszystkim efektem spalania paliw kopalnych, tj. węgla, ropy i gazu, stał się w ostatnich czasach przedmiotem powszechnego zainteresowania i wielu obaw, wyrażanych już nie tylko przez specjalistów reprezentujących różne dziedziny nauki, gospodarki i świat polityki, ale również przez szerokie kręgi społeczne (Malmshaimer i in. 2008). Przyczynił się do tego m.in. obserwowany w ostatnich dziesięcioleciach wyraźny wzrost częstotliwości różnego rodzaju anomalii pogodowych i towarzyszących im zjawisk, takich jak huragany, powodzie, intensywne i długotrwałe susze, pożary, zanik lodowców i pokrywy śnieżnej w górach oraz na biegunach, wysychanie oraz kurczenie się jezior i rzek (Glick, Montaigne i Morell 2004; Kundzewicz 2013; Liszewska 2013). Przekonanie, że antropogenicznie uwarunkowane zmiany klimatu są istotnym czynnikiem zagrażającym ludzkości i przyrodzie, jest obecnie powszechne (Sala i in. 2000).

Zmiany klimatu mają także doniosłe konsekwencje dla gospodarki leśnej, ponieważ klimat jest jednym z najważniejszych, o ile nie najważniejszym, czynnikiem środowiska, decydującym o funkcjonowaniu zbiorowisk leśnych (Kowalski 1991; Rykowski 2012). Przy tym, lasy mogą występować w różnej roli wobec zmian klimatycznych (Rykowski 1999, 2006; Brzeziecki 2007):

1. jako 'przyczyna', tzn. źródło gazów cieplarnianych (głównie CO₂), przede wszystkim z powodu wylesień (zamiany terenów leśnych na nieleśne), ale również w wyniku niewłaściwego (nadmiernego) użytkowania, opóźnienia procesów odnowieniowych, katastrof naturalnych i para-naturalnych (takich jak np. pożary), czy też zbyt długiego przetrzymywania drzew na pniu (do fazy rozpadu);
2. jako 'ofiara' zmian klimatycznych, które prowadzą do zmiany produktywności siedlisk leśnych, wzrostu wrażliwości drzew i drzewostanów na szkodniki i choroby, wzrostu zagrożenia pożarowego drzewostanów,

- zmian w składzie gatunkowym lasów, roli lasotwórczej, a nawet naturalnych zasięgów występowania poszczególnych gatunków drzew;
3. jako 'beneficjent' zmian klimatycznych i środowiskowych dzięki np. zwiększonemu przyrostowi biomasy spowodowanym podwyższoną koncentracją CO₂ w atmosferze, wydłużeniem sezonu wegetacyjnego czy też 'efektem nawożeniowym', wynikającym z depozytu związków powodujących eutrofizację siedlisk leśnych (chodzi tu głównie o związki azotu);

Tab. 1. Konsekwencje zmian klimatycznych dla lasów środkowoeuropejskich (Bolte i in. 2009; za Bartsch i Röhrig 2016).

Zmiany klimatyczne		Wpływ na drzewa i ekosystemy leśne
Ocieplenie	Przeciętnie wyższe temperatury.	Zwiększona ewapotranspiracja (zmniejszenie zasobów wodnych). Wzmożone wydzielanie dwutlenku węgla z gleby (przyspieszenie rozkładu materii organicznej i mineralizacji próchnicy). Lepsze warunki dla rozwoju szkodliwych owadów.
	Zwiększona częstotliwość występowania okresów upalnych	Uszkodzenia liści i igieł drzew. Zwiększone ryzyko występowania pożarów i suszy glebowej Zwiększona śmiertelność drzew, problemy z odnowieniem.
	Skrócenie okresów chłodnych i mroźnych.	Zmniejszone pochłanianie dwutlenku węgla w wyniku intensyfikacji procesu wykorzystania substancji pokarmowych oraz w wyniku szkód powodowanych przez silne wiatry w okresie zimowym.
	Zwiększenie długości sezonu wegetacyjnego.	Zwiększona produktywność (pod warunkiem dostatecznego zaopatrzenia w wodę i składniki pokarmowe).
Zmiana reżimu opadów	Susze	Zmniejszona produktywność, zwiększona śmiertelność drzew, obniżona odporność na działanie czynników o charakterze biotycznym.
	Silne (nawalne) deszcze	Podtopienia i powodzie (brak tlenu). Zwiększona śmiertelność drzew spowodowana gwałtownymi zmianami stosunków wodnych.
Wiatr	Huragany i silne wiatry.	Wiatrolomy i wiatrowały. Zwiększona ewapotranspiracja
Interakcje biotyczne	Zmiany konkurencji wewnątrz- i międzygatunkowej.	Zmiany produktywności i żywotności, zwiększona śmiertelność (?), zmiany składu gatunkowego i struktury biocenozy leśnych (w tym drzewostanów).
	Zmiana zależności o charakterze symbiotycznym (mikoryza, zapylenie kwiatów).	Zmiany produktywności drzewostanów, zakłócenia procesów reprodukcyjnych.
	Wzrost zagrożenia ze strony czynników biotycznych.	Zmniejszona produktywność, zwiększona śmiertelność, zwiększona podatność na szkody ze strony czynników biotycznych.

4. jako 'remedium' na zmiany o charakterze globalnym i zły stan środowiska z uwagi na: i) zdolność do pochłaniania i względnie trwałego gromadzenia węgla w ekosystemach leśnych (w biomasie nadziemnej i podziemnej oraz w glebach leśnych); ii) właściwości substytucyjne drewna w odniesieniu do materiałów, których wytwarzanie wiąże się z potrzebą ponoszenia dużych nakładów energii (stal, aluminium, cement, cegła, plastik); iii) właściwości substytucyjne drewna opałowego w stosunku do kopalnych źródeł energii.

Z punktu widzenia hodowli lasu, szczególne znaczenie ma punkt drugi, czyli rola lasów jako 'ofiary' zmian klimatycznych. Wynika to stąd, że wiele, jeśli nie większość, skutków i konsekwencji zjawisk zachodzących w środowisku leśnym ma negatywny wpływ na lasy i drzewostany (Tab. 1), znacząco obniżając ich zdolność do pełnienia zarówno funkcji produkcyjnych, jak i pozaprodukcyjnych (ochronnych i społecznych).

W lasach naszego kraju, podobnie zresztą jak w wielu innych krajach europejskich, do szkód, a nawet klęsk, powodowanych przez różnego rodzaju czynniki abiotyczne i biotyczne, dochodzi coraz częściej i na coraz większą skalę (Bernadzki 1995). Z reguły są one wynikiem działania wielu różnych, kompleksowo działających czynników. Zgodnie z teorią spirali zamierania lasu (Manion 2003), można je podzielić na kilka głównych grup. W warunkach polskich lasów do głównych czynników **predysponujących** można zaliczyć uproszczony w wielu wypadkach skład gatunkowy i strukturę drzewostanów oraz ich występowanie na gruntach porolnych. Natomiast najważniejszymi czynnikami **inicjującymi** procesy chorobowe w lasach są przede wszystkim zmiany klimatu, czyli wzrost temperatury i spadek opadów, których efektem są coraz częstsze, dłuższe i bardziej dotkliwie okresy suszy. Do tego dochodzą jeszcze takie czynniki i zdarzenia, jak nadmierna depozycja azotu, masowe uszkodzenia młodych drzew powodowane przez zwierzynę leśną, silne wiatry i huragany, podtopienia. Czynniki **współuczestniczącymi** w procesach zamierania drzew i drzewostanów są: i) owadzie szkodniki pierwotne (foliofagi): brudnica mniszka, barczatka sosnowka, boreczniki, osnuja gwiazdzista, chrabąszcze, zwójki i miernikowce dębowe; ii) choroby infekcyjne: opieńkowa zgnilizna korzeni i huba korzeni; iii) jemioła. Z kolei czynnikami **dobijającymi** są owadzie szkodniki wtórne (kambio- i ksylofagi): kornik drukarz, kornik ostrozębny, przyplaszczek granatek, opiętek dwuplamkowy.

Wielkości szkód i zniszczeń powodowanych przez ww. czynniki są coraz częściej liczone w dziesiątkach tysięcy hektarów i w milionach metrów sześciennych drewna. Wśród szkód powodowanych przez czynniki abiotyczne najbardziej powszechne są straty wyrządzane przez silne wiatry (Bruchwald

i Dmyterko 2016), rzadziej przez okiść, powodzie oraz pożary (Gawęda i Mokrzycki 2016; Szczygieł i Perlińska 2016). Stale rośnie też skala szkód wywoływanych przez długą listę czynników biotycznych, wśród których największe znaczenie mają szkodliwe owady, zarówno liściożerne, jak i kam-bio- i ksylofagiczne (Gawęda i Mokrzycki 2016; Grodzki i Guzik 2016) oraz patogeniczne grzyby (Gawęda i Mokrzycki 2016; Sierota i Nowik 2016). Obserwowane już od dłuższego czasu zmiany klimatu powodują także, że systematycznie rośnie stopień zagrożenia ze strony obcych gatunków o charakterze inwazyjnym (Solarz 2016).

Zdarzenia o charakterze kłęskowym i katastrofalnym dotyczą nie tylko polskie lasy, ale również lasy w innych krajach europejskich i pozaeuropejskich. Jak podają np. Bellasen i Luysaert (2014), tylko w okresie 2004–2014 w lasach europejskich huraganowe wiatry spowodowały zniszczenie drzew i drzewostanów o łącznej miąższości wynoszącej 410 mln m³, ekstremalne susze w latach 2005 i 2010 spowodowały uwolnienie w lasach Amazonii takiej ilości dwutlenku węgla, która jest w nich akumulowana w okresie 10 lat, rekordowa fala upałów w 2010 roku spowodowała pożary lasów w Rosji na obszarze 23 tysięcy km², gradacja korników trwająca od 2004 r. w Kolumbii Brytyjskiej (Kanada) doprowadziła do zamierania drzewostanów na powierzchni 130 tysięcy km² i do obumarcia drzew o łącznej miąższości wynoszącej 435 milionów m³.

W tej sytuacji gospodarka leśna, ze szczególnym uwzględnieniem hodowli lasu, nie tylko w Polsce, ale i w wielu innych krajach na świecie, stanęła dziś przed dużym wyzwaniem opracowania takich metod zagospodarowania lasów, dzięki którym będzie możliwe utrzymanie, na odpowiednio wysokim poziomie, zdrowia i witalności ekosystemów leśnych, jako podstawowego warunku trwałego utrzymania ich wielofunkcyjnego charakteru i zdolności do dostarczania pełnej gamy dóbr i korzyści (usług) ekosystemowych, zarówno obecnie, jak i w przyszłości (Candell i Raupach 2008; Köhl i in. 2010; Leech, Almuedo i O'Neill 2011; Brzeziecki 2014).

Wg wielu autorów zajmujących się tą tematyką, najważniejszą kwestią na dzisiaj jest pilne podjęcie działań mających na celu zwiększenie zdolności adaptacyjnych lasów względem już zachodzących i spodziewanych w przyszłości zmian środowiskowych, ze szczególnym uwzględnieniem zmian klimatycznych. W tym kontekście wymienia się 6 głównych zasad postępowania hodowlanego. Są to: 1. Zasada zwiększania różnorodności gatunkowej drzewostanów. 2. Zasada zwiększania różnorodności strukturalnej drzewostanów. 3. Zasada zachowania i zwiększania wewnątrzgatunkowej zmienności genetycznej. 4. Zasada zwiększania odporności poszczególnych osobników na stresy o charakterze biotycznym i abiotycznym. 5. Zasada przebudowy

drzewostanów odznaczających się wysokim poziomem ryzyka powstania różnego rodzaju szkód. 6. Zasada niedopuszczania do nadmiernego wzrostu zasobności drzewostanów (Brang i in. 2014).

Prezentowane w dalszej części tego opracowania rozważania nawiązują do przeprowadzonej przez Branga i in. (2014) analizy i oceny różnego rodzaju praktyk (metod i rozwiązań) hodowlanych pod kątem ich praktycznej przydatności przy realizacji ww. zasad składających się na całościową strategię adaptacji lasów do zmian klimatycznych. Starano się przy tym w jak największym stopniu uwzględnić specyfikę polskich lasów i występujących w nich problemów hodowlanych.

Główne kierunki działań hodowlanych mających na celu zwiększenie potencjału adaptacyjnego lasów względem prognozowanych zmian klimatycznych

Zasada zwiększania różnorodności gatunkowej (bogactwa gatunkowego) drzewostanów

Kształtowanie drzewostanów o bogatym składzie gatunkowym od dawna uznawane jest za jedną z najważniejszych dróg prowadzących do podwyższenia odporności lasów na działanie różnego rodzaju szkodliwych czynników. Drzewostany **mieszane** są, przynajmniej do pewnego stopnia, bardziej odporne na działanie takich czynników, jak huraganowe wiatry czy susze. Z reguły też łatwiej się regenerują po ustaniu działania czynników zakłócających. Odpowiednio dobrane gatunki drzew mogą się wzajemnie uzupełniać, np. pod względem potrzeb świetlnych, wodnych lub pokarmowych. Z punktu widzenia adaptacji do zmian klimatycznych bardzo ważne są **różnice** pomiędzy poszczególnymi gatunkami drzew tworzącymi drzewostany mieszane pod względem ich wymagań odnośnie różnych czynników klimatycznych i pod względem ich wrażliwości na zdarzenia o charakterze ekstremalnym. Dzięki temu kształtowanie drzewostanów mieszanych stanowi, jak się powszechnie przyjmuje, skuteczną strategię w obliczu niepewnych warunków w przyszłości. Koncepcja ta, określana obrazowo mianem „polisy ekologicznej” („ubezpieczenia ekologicznego”), bazuje na założeniu, że bardziej zróżnicowane biocenozy mają większą szansę przetrwać w warunkach powtarzających się stresów i zaburzeń. W miarę wzrostu liczby różnych gatunków tworzących drzewostany mieszane zwiększa się prawdopodobieństwo, że niektóre z nich będą bardziej odporne na zewnętrzne zaburzenia i zmiany warunków środowiskowych. Większość

zagrożeń powodowanych przez szkodliwe czynniki o charakterze biotycznym (owady, grzyby) dotyczy konkretnych, wybranych gatunków drzew.

W warunkach lasów zagospodarowanych największy wpływ na skład gatunkowy drzewostanu ma obowiązująca już od dawna w naszym kraju koncepcja **typu drzewostanu** (dawniej: typu gospodarczego drzewostanu). Koncepcja ta dzieli obecnie gatunki drzew na trzy grupy: i) gatunki główne, ii) gatunki domieszkowe uszlachetniające oraz iii) gatunki domieszkowe pomocnicze (Zasady Hodowli Lasu 2012). Ten sam gatunek drzewa może, w zależności od warunków siedliskowych, występować w różnej roli, jako gatunek główny, domieszkowy uszlachetniający lub domieszkowy pomocniczy. Obowiązujące w polskich lasach typy drzewostanów uwzględniają zdecydowaną większość rodzimych gatunków drzew (jeżeli pominąć gatunki występujące bardzo rzadko lub mające bardzo specyficzne wymagania siedliskowe). Z przeglądu tych typów wynika, że w zdecydowanej większości obowiązującym celem hodowlanym są drzewostany mieszane, składające się z reguły z kilku, a nawet z kilkunastu różnych gatunków drzew. Wyjątkiem są tylko siedliska o naprawdę skrajnym charakterze, gdzie liczba gatunków drzew jest z natury ograniczona. **Można więc przyjąć, że, przynajmniej w teorii, zasada kształtowania drzewostanów o bogatym składzie gatunkowym jest zapisana w obowiązujących zasadach hodowli lasu i wystarczy ją tylko konsekwentnie realizować w praktyce.**

Jednym z problemów, uniemożliwiających pełną realizację powyższej zasady, jest zbyt statyczne pojmowanie pojęcia typu drzewostanu (Rozwałka 2001). Chociaż z definicji określa on docelowy skład gatunkowy drzewostanu, do którego w danych warunkach siedliskowych należy dążyć w ciągu całego cyklu produkcyjnego, to w praktyce największe znaczenie mają **orientacyjne składy gatunkowe upraw**, które zdefiniowane są w taki sposób, jakby udział powierzchniowy gatunków w uprawie był tożsamy z (pożądanym) udziałem miąższościowym gatunków w dojrzałym drzewostanie. Takie podejście **wymusza** w wielu wypadkach wprowadzanie na powierzchnie upraw od razu wszystkich tych gatunków drzew, które mają tworzyć drzewostan w wieku dojrzałości. Tymczasem, poszczególne gatunki mogą i powinny pełnić różną rolę w budowie przyszłego drzewostanu, również w zależności od warunków siedliskowych. Nie wszystkie muszą od razu wejść do pierwszego piętra, ale mogą z powodzeniem tworzyć (również przejściowo) drugie piętro drzewostanu. Problem ten w największym stopniu dotyczy typowych gatunków cienioznośnych (buk, jodła, świerk), ale występuje także w przypadku gatunków o pośrednich wymaganiach świetlnych, takich jak np. dąb, jesion, klon, wiąz. Definiowanie składu gatunkowego upraw z wykorzystaniem wyłącznie gatunków docelowych powoduje, że

z rozwoju drzewostanu eliminowane są gatunki wczesnych stadiów sukcesyjnych, takie, jak osika, olsza czy brzoza, ale również modrzew i sosna, które doskonale sprawdzają się w roli gatunków przedplonowych i osłonowych.

Innym ważnym problemem, bezpośrednio związanym z pojęciem typu drzewostanu, jest **forma zmieszania**, która mówi o tym, jak drzewa poszczególnych gatunków powinny być rozmieszczone względem siebie w ramach jednego drzewostanu, aby funkcjonował on jako pewna organiczna całość (Brzeziecki 2016). Zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie zasadami i rozwiązaniami stosowanymi w praktyce, przeważa obecnie tendencja, polegająca na tym, że większość gatunków (w tym zwłaszcza gatunki główne), wprowadza się w wielkopowierzchniowych formach zmieszania, co powoduje, że często mamy do czynienia z mozaiką jednogatunkowych „mikrodrzewostanów” (i utrzymaniem modelu monokultury ze wszystkimi jego wadami). W praktyce zbyt rzadko wykorzystuje się rozwiązania polegające np. na wykorzystywaniu dwóch czy więcej gatunków wprowadzanych jednocześnie w ramach tej samej powierzchni (por. np. Ilmurzyński (1969) oraz Andrzejczyk (2009)). Nie ulega wątpliwości, że ustalenie formy zmieszania dla poszczególnych gatunków należy do zagadnień o pierwszorzędym znaczeniu, do którego w praktyce nie zawsze przywiązuje się odpowiednią wagę. Dążąc do zwiększenia potencjału adaptacyjnego lasów względem zachodzących i spodziewanych zmian środowiskowych, należałoby w jak najszerszym zakresie odchodzić od modelu „monokultury”, nawet jeżeli miałby być on realizowany na stosunkowo niewielkiej powierzchni (30–50 arów). Od momentu założenia czy powstania nowego drzewostanu należałoby natomiast wykorzystywać wszelkie możliwości wzbogacenia składu gatunkowego już w niewielkiej skali przestrzennej, czy to poprzez celowe, jednoczesne wprowadzanie gatunków o uzgodnionych wzajemnie właściwościach (korzystnie oddziałujących jeden na drugi), czy też poprzez świadome wykorzystywanie naturalnych procesów sukcesyjnych.

Biorąc pod uwagę skalę i zakres prognozowanych zmian w ogólnych warunkach wzrostu lasów, trzeba też jednak brać już dzisiaj pod uwagę **potrzebę daleko idącej rewizji obowiązujących w naszych lasach typów drzewostanów**. Może się bowiem okazać, że dotychczasowy podział na gatunki główne i domieszkowe w pewnym momencie przestanie być aktualny. Po pierwsze, w przyszłości może istotnie wzrosnąć rola tych gatunków, które już obecnie odgrywają rolę gatunków głównych, ale ich występowanie ogranicza się do określonych regionów geograficznych i/lub siedlisk (np. buk zwyczajny, dąb bezszypułkowy). Po drugie, trzeba brać pod uwagę, że w przyszłości może się zwiększyć znaczenie produkcyjne tych gatunków, które obecnie pełnią w polskich lasach co najwyżej rolę domieszek. W pier-

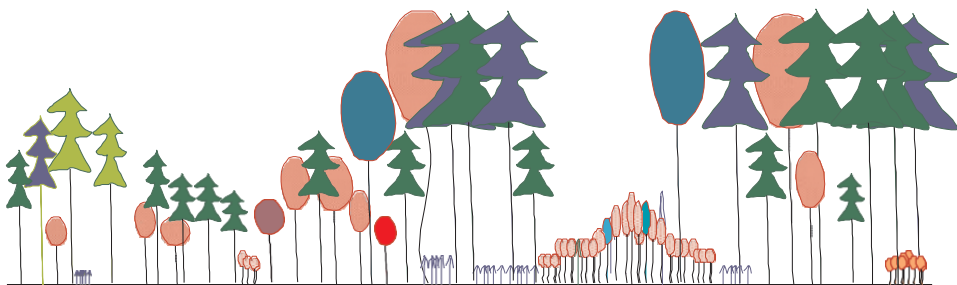
wszej kolejności chodzi tu o gatunki, które występują w naszych lasach, ale których optima klimatyczne znajdują się na ogół na terenach cieplejszych i/lub suchszych od naszego kraju (grab, lipa drobno- i szerokolistna, klon jawor, klon zwyczajny, czereśnia ptasia, topola biała, topola czarna, wierzba biała, jarzab brekinia). Może się także okazać, że trzeba będzie w większym niż dotychczas zakresie wykorzystywać gatunki oraz pochodzenia, dla których obecne warunki klimatyczne naszego kraju są generalnie zbyt chłodne i których występowanie ogranicza się do południowych regionów Europy (np. sosna czarna, sosna nadmorska, dąb omszony, dąb burgundzki, orzech włoski), czy też po gatunki z innych kontynentów i regionów geograficznych (np. dąb czerwony, daglezja, robinia akacja). Szczególnie istotne może okazać się znalezienie gatunków i pochodzeń odpornych na susze, które zaczynają urastać w naszym kraju do roli głównego problemu środowiskowego (Zajączkowski i in. 2013; Dmyterko i in. 2020).

Zasada zwiększania różnorodności strukturalnej i wiekowej drzewostanów

Warunkiem dużej różnorodności strukturalnej drzewostanów jest obecność drzew o zróżnicowanych wymiarach (pod względem wysokości, grubości, wielkości korony) oraz wieku. W zależności od wymagań świetlnych gatunków, zróżnicowanie, o którym tu mowa, można uzyskać w mniejszej (gatunki cienioznośne) lub większej (gatunki światłożądne) skali przestrzennej. Podobnie, jak ma to miejsce w przypadku zróżnicowania gatunkowego, tak również i w tym przypadku można przyjąć, że drzewostany o zróżnicowanej strukturze wymiarowej cechują się generalnie większą odpornością i tym samym wykazują większy potencjał adaptacyjny względem zmian zachodzących w środowisku (Brang i in. 2014). Jest np. rzeczą ogólnie znaną, że podatność na szkody od wiatru rośnie wraz z wiekiem (i wysokością) drzew (Zajączkowski 2005; Bruchwald i Dmyterko 2016). Podobnie jest w przypadku np. zagrożenia przez korniki. Również i pod tym względem mniejsze i młodsze drzewa są z reguły mniej atrakcyjne dla tych owadów niż drzewa starsze i większe. Z drugiej strony, starsze drzewa są na ogół mniej wrażliwe na szkody powodowane przez susze, przymrozki czy pożary.

Zdolność drzewostanów o zróżnicowanej strukturze wymiarowej do regeneracji po zaburzeniach i szkodach spowodowanych przez np. silne wiatry lub pojawy szkodliwych owadów (czyli tzw. rezylencja) jest z reguły większa niż drzewostanów o uproszczonej budowie pionowej, dzięki temu, że drzewa zajmujące dolne warstwy drzewostanu, przeżywające zaburzenia, mogą w stosunkowo krótkim czasie zastąpić te drzewa z górnych warstw drzewostanu, które zmarły lub zostały w jakiś sposób uszkodzone.

Z tych wszystkich względów postulat kształtowania zróżnicowanej struktury drzewostanów z wykorzystaniem odpowiednich rębni (głównie różnych form rębni stopniowej – por. Ryc. 1), operujących długimi okresami odnowienia (30 lat i więcej), pojawia się w hodowli lasu już od dawna, tj. nawet w czasach, gdy stopień zagrożenia lasów przez różne czynniki nie był jeszcze tak duży, jak obecnie (Chodzicki 1960; Włoczewski 1968; Bernadzki 2000).



Ryc. 1. Poglądowy schemat drzewostanów zagospodarowanych rębnią stopniową gniazdową udoskonaloną.

Zasada zachowania i zwiększania wewnątrzgatunkowej zmienności genetycznej

Potencjał adaptacyjny populacji drzew leśnych względem zmian klimatycznych w dużym stopniu zależy od ich zmienności genetycznej. Przejawem tej zmienności jest powszechnie obserwowane zjawisko polegające na adaptacji poszczególnych gatunków do lokalnych warunków środowiskowych (występowanie lokalnych ekotypów), potwierdzone w wielu badaniach. Biorąc to pod uwagę, z punktu widzenia zachowania wysokiego potencjału adaptacyjnego lasów należałoby w pierwszej kolejności dążyć do **zachowania pełnej zmienności genetycznej** cechującej poszczególne populacje drzew leśnych. Cel ten można osiągnąć, wykorzystując w jak najszerszym zakresie odnowienie naturalne oraz stosując rębnie z długimi okresami odnowienia, co zwiększa szansę na to, że w procesach odnowieniowych weźmie udział wiele różnych osobników rodzicielskich. Z drugiej strony, trzeba też jednak brać pod uwagę i to, że odnowienie naturalne zachowuje także materiał genetyczny, który może pochodzić z drzew o małej zdolności adaptacyjnej lub z populacji o małej zmienności genetycznej. W takich sytuacjach efekt zwiększenia różnorodności genetycznej miejscowych populacji drzew leśnych

można uzyskać poprzez celowe wprowadzanie innych pochodzeń, co jest szczególnie ważne w przypadku gatunków odznaczających się małą zmiennością wewnątrz-populacyjną oraz dużą – pomiędzy poszczególnymi pochodzeniami (źródłami nasion).

Na zróżnicowanie genetyczne lokalnych populacji drzew leśnych wpływa także sposób prowadzenia cięć pielęgnacyjnych, w ramach których promowane są z reguły drzewa o korzystnych cechach jakościowych (np. odznaczające się prostością pnia), co może w sposób niezamierzony prowadzić do redukcji zmienności istotnej z punktu widzenia zachowania potencjału adaptacyjnego całej populacji. Można temu przeciwdziałać, stosując zróżnicowaną presję selekcyjną na drzewa w wyniku dopuszczenia różnych sposobów prowadzenia cięć, stwarzających zróżnicowane warunki siedliskowe pod względem np. ilości dostępnego światła czy też wilgotności gleby.

Zasada zwiększania odporności poszczególnych osobników na stresy o charakterze abiotycznym i biotycznym

Poszczególne drzewa wchodzące w skład konkretnego drzewostanu mogą się znacznie różnić między sobą pod względem odporności na działanie różnego rodzaju szkodliwych czynników i reakcji na stres. Przykładowo, z wielu badań wynika, że silne drzewa, charakteryzujące się niskimi współczynnikami smukłości (h/d) i długimi koronami, są bardziej odporne na szkody powodowane przez okiść (Zajączkowski 1991). Wykazano także np., że świerki z długimi koronami są mniej wrażliwe na zanieczyszczenia powietrza związkami siarki (SO_2). Ponadto, drzewa dominujące oraz współdominujące są z reguły bardziej odporne na szkody ze strony czynników biotycznych, szczególnie w początkowym okresie rozwoju gradacji czy epifitozy (przykładowo, zjawisko masowego zamierania jesionu dotknęło w pierwszej kolejności stosunkowo młode drzewa). Przyjmuje się także, że zwiększenie dostępnej przestrzeni wzrostu i tym samym osłabienie konkurencji korzeniowej z reguły pozytywnie wpływa na odporność drzew na suszę. Biorąc to pod uwagę, w cięciach pielęgnacyjnych (czyszczeniach, trzebieżach) należałoby przede wszystkim popierać drzewa o największej żywotności i całkowicie zdrowe, bez oznak chorobowych i uszkodzeń mechanicznych, a także charakteryzujące się prawidłowym przebiegiem procesu oczyszczania (zdrowe sęki). Ważną kwestią jest także prowadzenie trzebieży (przede wszystkim trzebieży wczesnych), a w uzasadnionych przypadkach także czyszczeń późnych, zgodnie z **zasadą selekcji pozytywnej**, wyrażającej się konsekwentnym usuwaniem drzew przeszkadzających w rozwoju wybranych drzew, stanowiących główny szkielet drzewostanu. Pod

względem pozycji biososocjalnej drzewa przeszkadzające (wyznaczone do usunięcia) powinny albo dorównywać, albo tylko niewiele ustępować drzewom popieranym.

Zasada prewencyjnej przebudowy drzewostanów odznaczających się wysokim poziomem ryzyka powstania szkód

Każdy istniejący drzewostan narażony jest na zniszczenie przez takie czynniki, jak silny wiatr (huragan), pożar czy gradacja owadów. Problem ten dotyczy w szczególności drzewostanów składających się z gatunków i/lub pochodzeń słabo zaadaptowanych do lokalnych warunków środowiska już w obecnym układzie czynników klimatycznych, drzewostanów składających się z drzew o mocno skróconych koronach i dużej smukłości, odznaczających się małą indywidualną i kolektywną odpornością na szkody od wiatru i śniegu, drzewostanów zdestabilizowanych wcześniej wykonywanymi cięciami lub zaburzeniami, w wyniku których nastąpiło gwałtowne wystawienie pni na bezpośrednią insolację słoneczną, a także drzewostanów, w których nastąpiła znaczna akumulacja łatwopalnej biomasy. Drzewostany tego rodzaju są bardzo podatne na wystąpienie kolejnych szkód, które nie tylko prowadzą do strat gospodarczych, ale obniżają także zdolność lasu do pełnienia innych ważnych funkcji ochronnych, środowiskowych czy społecznych. Likwidacja drzewostanów zniszczonych w wyniku różnego rodzaju klęsk wiąże się z reguły ze znaczącym obniżeniem przychodów (deprecjacja surowca drzewnego, zwiększone koszty pozyskania, spadek cen rynkowych). Zmiany klimatyczne dodatkowo zwiększają ryzyko powstania zjawisk, o których tu mowa, m.in. ze względu na zwiększoną częstotliwość takich zjawisk jak susze (prowadzące do osłabienia fizjologicznego drzew i zwiększające ich podatność na różnego rodzaju szkodliwe czynniki) i/lub występowanie szkodliwych organizmów. Aby uniknąć tego rodzaju niekorzystnych zjawisk i sytuacji, należałoby możliwie wcześnie przystępować do prewencyjnej, przyspieszonej przebudowy takich mało stabilnych i zagrożonych drzewostanów, wykorzystując do tego celu odpowiednie rębnie, poczynając od rębni zupełnej, odpowiednio modyfikowanej i dostosowywanej do lokalnych warunków siedliskowo-drzewostanowych.

Zasada niedopuszczania do nadmiernego wzrostu zasobności drzewostanów

Utrzymując zasobność lasów na stosunkowo niskim poziomie zmniejsza się ryzyko powstania strat gospodarczych, ponieważ wielkość tych strat zależy od wielkości masy drzewnej na pniu pełniącej rolę kapitału produkcyjnego.

To twierdzenie byłoby prawdziwe nawet gdyby zagrożenie drzewostanów przez szkodliwe czynniki (takie jak np. silny wiatr) nie zależało od wielkości zapasów drzewnych. W rzeczywistości zwiększona zasobność drzewostanów przekłada się z reguły na ich większą podatność na zaburzenia. Tak jest m.in. w przypadku wiatru: prawdopodobieństwo powstania szkód rośnie wraz z wiekiem i wysokością drzew. Za utrzymywaniem zasobności drzewostanów na relatywnie niskim poziomie przemawia także rosnący deficyt wody – należy się spodziewać, że ilość dostępnej wody w przyszłości może okazać się niewystarczająca, aby utrzymać miąższość drzewostanów na dotychczasowych poziomach.

Uwagi końcowe

Zarysowane w ramach niniejszego opracowania orientacyjne kierunki działań i rozwiązań hodowlanych, ukierunkowanych na zwiększenie potencjału adaptacyjnego i zwiększenie odporności ekosystemów leśnych na szkodliwe czynniki, stanowią w dużym stopniu powtórzenie i przypomnienie postulatów i dezyderatów, które od dawna kierowane są pod adresem praktyki leśnej w wielu krajach w Europie i na świecie (Bernadzki 1995; Zajączkowski 1991, 2005; Brang i in. 2014). Wynika to stąd, że **problem szkód powodowanych w lasach przez różnego rodzaju czynniki abiotyczne i biotyczne towarzyszy gospodarce leśnej praktycznie od początków jej powstania** (Zajączkowski 1991). Stąd też od dawna zastanawiano się, co można w przypadku lasów zagospodarowanych zrobić, aby te szkody były możliwie jak najmniejsze. Dzięki temu dzisiaj w zasadzie wystarczy tylko przypomnieć, co już wiadomo na ten temat. Stale rosnący poziom szkód w lasach, powodowanych przez ciągle wydłużającą się listę czynników, z ewidentnie dominującą rolą zmian klimatycznych, jako głównego czynnika inicjującego te niekorzystne zjawiska, sugeruje jednak, że **znaczenie działań wchodzących w zakres tzw. profilaktyki hodowlanej jest dzisiaj aktualne i ważne bardziej niż kiedykolwiek**. Zgodnie z podstawową zasadą profilaktyki, lepiej, skuteczniej i taniej jest zapobiegać procesom chorobowym niż je zwalczać i likwidować ich skutki. Problemem jest to, że w hodowli lasu na efekty podejmowanych działań trzeba czasami czekać bardzo długo. Dlatego im wcześniej, bardziej konsekwentnie i na im większą skalę działania te będą podejmowane, tym lepiej dla naszych przyszłych lasów.

Trzeba oczywiście pamiętać, że przy wszystkich rozważaniach dotyczących przyszłości kluczowym słowem jest **niepewność**. Stąd też często powtarzana przez wielu specjalistów z zakresu hodowli lasu **maksyma**

mówiąca o konieczności zmniejszenia i rozpraszania ryzyka, którego w lesie do końca nigdy nie da się wyeliminować (Bernadzki 1995). Celem zarysowanych wyżej kierunków działań jest praktyczna realizacja tej nadrzędnej maksymy hodowlanej.

Jak najszerze promowanie i wykorzystywanie w praktyce tych działań i rozwiązań hodowlanych (zgodnych generalnie z ideą tzw. półnaturalnej hodowli lasu), które są już zapisane i skodyfikowane w istniejących dokumentach i regulacjach (m.in. w zasadach hodowli lasu), stanowiłoby na chwilę obecną rodzaj **hodowlanego planu A**. Bardzo ważną rolę miałyby tu także do odegrania praktyczne, często nie do końca mieszczące się w obowiązujących ogólnych zasadach, pozytywne doświadczenia (np. z zakresu modyfikacji obowiązujących schematów rębni, niestandardowych metod odnowienia łączących odnowienie naturalne i sztuczne na jednej powierzchni odnowieniowej, czy też niestandardowych sposobów pielęgnacji wczesnych faz rozwojowych drzewostanów) oraz pozytywne rezultaty w tym zakresie, jakie uzyskano w różnych miejscach w naszym kraju, a które mogą stanowić przykłady dobrych rozwiązań na problemy, jakie dzisiaj stoją przed gospodarką leśną. Chodziłoby też o to, żeby uzyskaną w tym zakresie wiedzę propagować i wykorzystywać jak najszerzej.

Jednocześnie istnieje też potrzeba podjęcia, tu i teraz, działań bardziej radykalnych i daleko wychodzących poza dotychczasowe schematy, szablony czy standardy (np. działań z zakresu tzw. migracji wspomaganej – por. Leech, Almuedo i O’Neill 2011), nawet gdyby początkowa skala tych działań (opierających się bardziej na zasadzie eksperymentów hodowlanych) byłaby ograniczona (**hodowlany plan B**). Może się bowiem niedługo okazać, że tempo i zakres zmian środowiskowych przyspieszą na tyle, że sytuacja zacznie nam coraz bardziej wymykać się spod kontroli, a zdolność lasów do lepszej czy gorszej absorpcji skutków tych wszystkich niekorzystnych czynników, o których była mowa w początkowej części tego opracowania, zostanie przełamana (i pojawi się efekt „domina”). Uzyskana dzięki takim eksperymentom szczegółowa wiedza hodowlana może w takiej sytuacji okazać się niezwykle cenna i potrzebna.

Literatura

1. Andrzejczyk T. 2009. Dąb szypułkowy i bezszypułkowy. Hodowla. PWRiL. Warszawa.
2. Bartsch N., Röhrig E. 2016. Waldökologie. Einführung für Mitteleuropa. Springer. Berlin Heidelberg.
3. Bellasen V., Luyssaert S. 2014. Managing forests in uncertain times. Nature 506: 153–155.

4. Bernadzki E. 1995. Hodowla lasu w kompleksowej ochronie zasobów leśnych. W: Problemy realizacji proekologicznego modelu leśnictwa metodami aktywnej gospodarki leśnej. GEF 05/21685 POL. Wyd. SGGW. Warszawa.
5. Bernadzki E. 2000. Cięcia odnowieniowe. Poradnik leśniczego. PWRiL. Warszawa.
6. Brang P., Spathelf J., Larsen B., Bauhus J., Bonè?na A., Chauvin Ch., Drössler L., García-Güemes C., Heiri C., Kerr G., Lexer M.J., Mason B., Mohren F., 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.
7. Bruchwald A., Dmyterko E. 2016. Zastosowanie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów Polski. W: Zagrożenia lasu oraz jego funkcji – przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej. VIII Sesja ZSL IBL. Sękocin Stary. 15–17 marca 2016 r. Str.: 123–143.
8. Brzeziecki B. 2007. Zmiany klimatu, węgiel i lasy. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 98: 21–29.
9. Brzeziecki B. 2014. Wpływ sposobów zagospodarowania (odnowienia, pielęgnacji, użytkowania) na bilans węgla w lasach, potencjał sekwestracji i gromadzenia węgla. W: K. Rykowski (red.). *Klimat. Lasy i drewno a zmiany klimatyczne: zagrożenia i szanse*. Sękocin Stary. IBL. 18 czerwca 2013 r.
10. Brzeziecki B. 2016. Podstawy kształtowania składu gatunkowego drzewostanów w lasach zagospodarowanych. W: *Zagrożenia lasu oraz jego funkcji – przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej*. VIII Sesja ZSL IBL. Sękocin Stary. 15–17 marca 2016 r. Str.: 335–356.
11. Candell J.G., Raupach M.D. 2008. Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320: 1456–1457.
12. Chodzicki E. 1960. Udoskonalone rębnie jako środek do zwiększenia produkcji drewna w leśnictwie zgodny z postulatami zachowania sił wytwórczych przyrody. *Sylwan* nr 9.
13. Dmyterko E., Bruchwald A., Mionskowski M., Brzeziecki B. 2020. Model składu gatunkowego drzewostanu dla lasów w Sudetach z uwzględnieniem zmian klimatycznych. *Sylwan* (w druku).
14. Gawęda P., Mokrzycki T. 2016. Skala, częstość i konsekwencje wielkopowierzchniowych klęsk w lasach. W: *Zagrożenia lasu oraz jego funkcji – przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej*. VIII Sesja ZSL IBL. Sękocin Stary. 15–17 marca 2016 r. Str.: 105–121.
15. Glick D., Montaigne F., Morell V. 2004. Signs from Earth. *National Geographic* 8: 12–75.
16. Grodzki W., Guzik G. 2016. Wybrani przedstawiciele rodzimej entomofauny jako źródło nowych zagrożeń dla lasu. W: *Zagrożenia lasu oraz jego funkcji – przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej*. VIII Sesja ZSL IBL. Sękocin Stary. 15–17 marca 2016 r. Str.: 105–121.

17. Ilmurzyński E. 1969. Szczegółowa hodowla lasu. PWRiL. Warszawa.
18. Kowalski M. 1991. Climate – a changing component of forest site. *Fol. Forest. Pol. Ser. A.* 33: 25–34.
19. Köhl M., Hildebrandt R., Olschofsky K., Köhler R., Rötzer T., Mette T., Pretzsch H., Köthke M., Dieter M., Abiy M., Makeschin F., Kenter B. 2010. Combating the effects of climatic change on forests by mitigation strategies. *Carbon Balance and Management* 5, 8: 1–9.
20. Kundzewicz Z.W. 2013. Ekstremalne stany pogody a zmiany klimatyczne – stan i perspektywy; szkody klimatyczne, huragany, śniegołomy, powódzie, susze, niskie i wysokie temperatury. W: *Klimat. Lasy i drewno a zmiany klimatyczne: zagrożenia i szanse. Materiały pierwszego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym.* IBL. Sękocin Stary. Str.: 109–139.
21. Leech S. M., Almuedo P. L., O'Neill G. 2011. Assisted Migration: Adapting forest management to a changing climate. *BC Journal of Ecosystems and Management* 12(3):18–34.
22. Liszewska M. 2013. Klimat w Polsce w XXI wieku – prawdopodobne kierunki zmian, perspektywa klimatów lokalnych. W: *Klimat. Lasy i drewno a zmiany klimatyczne: zagrożenia i szanse. Materiały pierwszego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym.* IBL. Sękocin Stary. Str.: 35–44.
23. Malmsheimer R.W., Heffernan P., Brink S., Crandall D., Deneke F., Galik Ch., Gee E., Helms J., McClure N., Mortimer M., Ruddell S., Smith M., Stewart J. 2008. Forest management solutions for mitigating climate change in United States. *Journal of Forestry* 10: 115–173.
24. Manion P.D. 2003. Evolution of concepts in forest pathology. *Phytopatology* 93: 1052–1055.
25. Rykowski K. 1999. Rola ekosystemów leśnych oraz drewna w kontrolowaniu absorpcji i emisji węgla. *Ogólnopolska Konferencja Naukowa.* Łódź. 4–6.11.1999.
26. Rykowski K. 2006. O wpływie zmian klimatycznych na lasy i leśnictwo. *Biuletyn Leśniczego.* Zeszyt 244. SITLiD. DGLP. Wyd. Świat. Warszawa.
27. Rykowski K. 2012. Czynniki środowiska przyrodniczego determinujące produkcję drewna. W: *Przyrodnicze i gospodarcze aspekty produkcji oraz wykorzystania drewna – stan obecny i prognoza. Zimowa Szkoła Leśna przy Instytucie Badawczym Leśnictwa.* IV Sesja. Sękocin Stary. 20–22 marca 2012r. Str.: 47–63.
28. Sala O.E., Chapin F.S. III, Armesto J.J., Berlow R., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D., Mooney H.A., Oesterheld M., Poff N.L., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., Wall D.H. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770–1774.
29. Sierota Z., Nowik K. 2016. Zmiany zagrożeń lasu powodowanych przez patogeny grzybowe. W: *Zagrożenia lasu oraz jego funkcji – przyczyny, konsekwencje*

- i szanse dla gospodarki leśnej. VIII Sesja ZSL IBL. Sękocin Stary. 15–17 marca 2016 r. Str.: 189–200.
30. Solarz W. 2016. Zagrożenie lasów ze strony inwazyjnych obcych gatunków grzybów, roślin i zwierząt. W: Zagrożenia lasu oraz jego funkcji – przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej. VIII Sesja ZSL IBL. Sękocin Stary. 15–17 marca 2016 r. Str.: 177–187.
 31. Szczygieł R., Perlińska A. 2016. Ryzyko i konsekwencje występowania pożarów w lasach. W: Zagrożenia lasu oraz jego funkcji – przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej. VIII Sesja ZSL IBL. Sękocin Stary. 15–17 marca 2016 r. Str.: 201–222.
 32. Włoczewski T. 1968. Ogólna hodowla lasu. PWRiL. Warszawa.
 33. Zajączkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
 34. Zajączkowski J. 2005. Problemy hodowlanego zagospodarowania lasu w warunkach zagrożenia przez wiatr. W: Gospodarka leśna na obszarach kłęskowych. PTL. Szklarska Poręba.
 35. Zajączkowski J., Brzeziecki B., Perzanowski K., Kozak I. 2013. Wpływ potencjalnych zmian klimatycznych na zdolność konkurencyjną głównych gatunków drzew w Polsce. Sylwan 157 (4): 253–261.
 36. Zasady Hodowli Lasu. 2012. CILP. Warszawa.

Prof. dr hab. Bogdan Brzeziecki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Leśny, Warszawa

Mgr inż. Krzysztof Rostek
Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych
Warszawa

Referat z sesji naukowej nt.: "Sylwan- dwa wieki historii leśnego czasopisma naukowego" oraz "Wyzwania dla gospodarki leśnej w warunkach globalnych zmian w środowisku" z okazji 120 Zjazdu Delegatów Polskiego Towarzystwa Leśnego w Katowicach, 08-11.09.2021 r.