

Koncepcja i metody oceny różnorodności biologicznej lasów Europy

The concept of biodiversity and its evaluation in European forests

Bożena Kornatowska

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ochrony Przyrody i Krajobrazu,
ul. Kolektorska 4, 01-692 Warszawa,

Tel. +48 22 822 42 41 * 52; e-mail bozena.kornatowska@ios.edu.pl

Abstract. One of the main paradigms in present-day ecology and environmental policy is the concept of biodiversity. A review is presented of biodiversity evaluation methods illustrated with an example from European forests. The adoption of a common definition of biodiversity and adequate methodology during data collating are important points of reference in biodiversity appraisals. There is a necessity to build a scientifically sound and consistent system of indicators for biodiversity evaluation in forests.

Key words: environmental protection, species diversity, indicator species

1. Wprowadzenie

Termin „różnorodność biologiczna” (bioróżnorodność, biodiversity) jest powszechnie używany od lat 90. XX w. Najczęściej jest stosowany w kontekście zagrożeń środowiska naturalnego, w szczególności zaś w odniesieniu do zagadnienia wymierania gatunków. Kwestie związane z koncepcją różnorodności biologicznej – przede wszystkim z powstrzymaniem jej zanikania – stały się nieodłącznym atrybutem polityki środowiskowej na całym świecie. Konwencja o różnorodności biologicznej jest najważniejszym globalnym porozumieniem, dotyczącym wszystkich poziomów różnorodności biologicznej: zasobów genetycznych, gatunków oraz ekosystemów (CBD 1992, opubl. Dz.U. 2002, Nr 184, poz. 1532). W ujęciu konwencji koncepcja różnorodności biologicznej obejmuje szeroko pojętą ochronę przyrody, zrównoważoną eksploatację zasobów przyrodniczych oraz zrównoważony rozwój. W obliczu współczesnych zagrożeń ochrona różnorodności biologicznej jest wspólną troską ludzkości i integralną częścią procesu rozwoju świata. O ile w przeszłości ochrona przyrody wynikała z różnych przesłanek o charakterze filozoficznym, moralnym czy estetycznym, to obecne podejście jest rezultatem bardziej pragmatycznego przesłania – różnorodność biologiczną musimy ochronić po to, aby zachować ją dla współczesnych i przyszłych pokoleń. Takie podejście, mające charakter zarazem al-

truistyczny i antropocentryczny, wymaga zarówno wszechstronnych działań ochronnych, jak i współdziałania wielu instytucji reprezentujących różne sektory gospodarki. Ponadto narzuca ono konieczność pogodzenia polityki z potrzebami ochrony różnorodności biologicznej, a przy tym wymaga wzmocnionych badań naukowych i stworzenia systemu monitoringu zmian zachodzących w środowisku (Wilson 1988; CBD 1992; Gliwicz 1994; Andrzejewski i Weigle 2003; Millennium Ecosystem Assessment 2005; Araújo et al. 2008; Kasprzak 2009; Kędziora i Karg 2010; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2010).

Obecnie różnorodność biologiczna stała się jednym z głównych paradygmatów ekologii, współczesnej ochrony przyrody i polityki środowiskowej. Z drugiej strony, nie jest ona jednoznacznie rozumiana i pozostaje przedmiotem różnych interpretacji wynikających z często sprzecznych interesów środowisk politycznych, naukowych i obywatelskich. Prezentowane opracowanie ma na celu przedstawienie koncepcji różnorodności biologicznej w świetle bogatej literatury przedmiotu. Praca odnosi się przede wszystkim do mierzalnych aspektów różnorodności biologicznej oraz metod ich oceny wykorzystywanych w lasach Europy.

2. Rozwój metod oceny różnorodności biologicznej

Istnieje wiele definicji różnorodności biologicznej oraz sposobów jej oceny (Wilson 1992; Harper i Hawskworth 1994; De Long 1996; Gilharov 1996; Głowka 1998; Sarkar 2002; Andrzejewski i Weigle 2003; Kim i Byrne 2006; Głowaciński 2009; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2010). Najczęściej cytowaną jest definicja uzgodniona na Szczycie Ziemi, który odbył się w Rio de Janeiro w 1992: „różnorodność biologiczna to zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi w ekosystemach lądowych, morskich i słodkowodnych oraz w zespołach ekologicznych, których są częścią; dotyczy to różnorodności w obrębie gatunku (różnorodność genetyczna), pomiędzy gatunkami oraz różnorodności ekosystemów”. Należy jednak zwrócić uwagę, że ta definicja powstała w ramach procesu politycznego, jakim jest konwencja CBD.

W naukach o strukturze i funkcjonowaniu przyrody najwięcej uwagi poświęca się różnorodności gatunkowej, która wydaje się być najłatwiej rozpoznawalna i mierzalna. W miarę rozwoju badań ekologicznych wyznaczono rozmaite wskaźniki do określania w sposób ilościowy różnorodności gatunkowej zespołów, z uwzględnieniem bogactwa, równomierności, dominacji oraz rozkładu występowania gatunków w ekosystemach. Podejście do tego zagadnienia na przestrzeni ostatnich dekad przedstawia rycina 1.

Postęp w naukowym poznawaniu różnorodności biologicznej jest ograniczony przede wszystkim z uwagi na niekompletność oraz rozproszenie baz danych na temat wszystkich poziomów różnorodności biologicznej. Dotychczas na świecie opublikowano bardzo dużo informacji na ten temat, jednak nasza wiedza nadal jest niezadowalająca. Metodyka gromadzenia danych, ich analizy, walidacji oraz prezentacji nie jest ujednoczona. Wciąż brakuje spójnego systemu wskaźników oceny różnorodności biologicznej, zarówno poszczególnych jej elementów, jak i jej roli w zapewnieniu wysokiego poziomu zaspokojenia różnych potrzeb bytowych i kulturowych ludzkości (Noss 1999; COM/2008/864; Heink i Kowarik 2010; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2010).

3. Koncepcja różnorodności biologicznej a lasy Europy

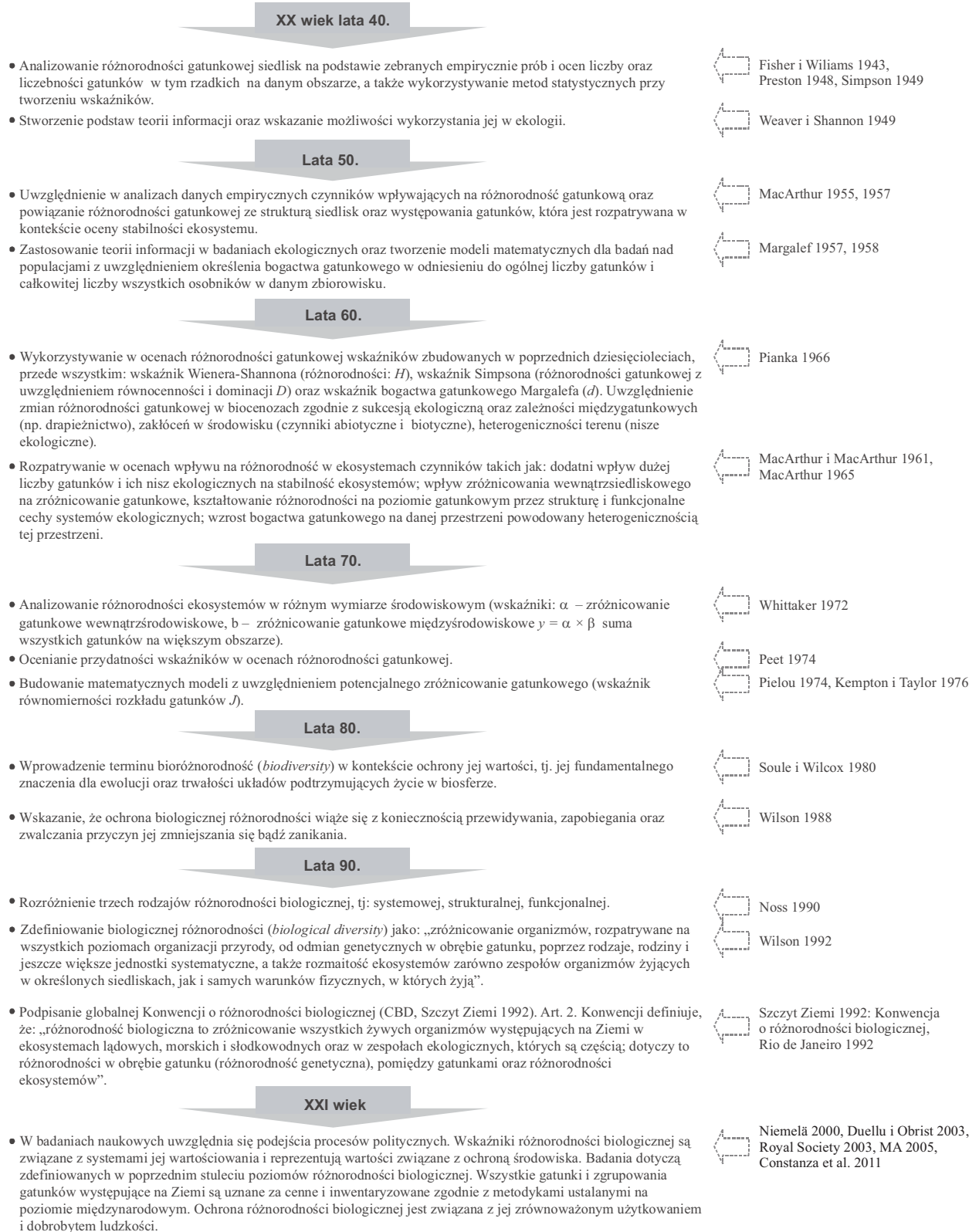
Leśna różnorodność biologiczna zawiera w sobie bogactwo puli genowej populacji w ekosystemach, różnorodność gatunkową (skład gatunkowy) oraz ponadgatunkową (różnorodność ekosystemów i krajobrazów) (Puumalainen 2001; Duelli i Obrist 2003). Ekosystemy leśne

zajmują 4 miliardy ha, tj. 31% światowych obszarów lądowych (FAO 2010) i pełnią na Ziemi szereg kluczowych funkcji (Führer 2000; IUFRO 2010). Lasy pierwotne – o największej różnorodności biologicznej, stanowią 36% wszystkich lasów świata, jednakże ich powierzchnia w ostatnim dziesięcioleciu zmniejszyła się o ponad 40 milionów ha (FAO 2010), co stanowi poważne zagrożenie dla światowej różnorodności biologicznej (Gibson et al. 2011). Różnorodność biologiczna lasów świata jest chroniona na specjalnie powołanych leśnych obszarach chronionych. Obszary te obejmują 12% całkowitej powierzchni lasów na świecie (FAO 2010).

Pomimo bogactwa gatunków (z królestwa zarówno roślin, jak i zwierząt) występujących na naszym kontynencie, Europa nie jest zaliczona do centrów różnorodności biologicznej świata (Myers et al. 2000), jako że – poza basenem Morza Śródziemnego – jest tu notowane niespełna 2-6% światowej puli gatunków. Z drugiej strony, w Europie występuje charakterystyczne bogactwo krajobrazów leśnych: od niemal arktycznych ekosystemów leśnych, poprzez lasy borealne, mieszane lasy bukowo-dębowe i brzoźowo-dębowe, alpejskie lasy iglaste po krajobrazy z dębem korkowym, cyprysami, kasztanowcami i gajami oliwnymi. Szacuje się, że tylko 0,2% lasów liściastych w centralnej Europie pozostało w swojej naturalnej formie. W większości krajów europejskich lasy nie podlegające działalności człowieka stanowią niewielki procent powierzchni całkowitej lasów w danym kraju (Puumalainen et al. 2003).

Różnorodność biologiczna w lasach naszego kontynentu zachowywana jest nie tylko przez tworzenie geograficznych i biologicznie reprezentatywnych sieci chronionych obszarów leśnych, ale także przez ochronę leśnej różnorodności w lasach gospodarczych, w ramach zrównoważonej gospodarki leśnej (Rykowski et al. 1999; Hartley 2002; Rykowski 2002, 2008; Kleiner et al. 2009; FOREST EUROPE, UNECE, FAO 2011).

W politycznych i naukowych dyskusjach na temat leśnej różnorodności biologicznej rozróżnienie lasów powstałych w wyniku zalesień i lasów naturalnych odgrywa nie małą rolę. W porównaniu z lasami naturalnymi lasy gospodarcze są uważane czasem za znacznie uboższe pod względem różnorodności biologicznej (Bengtsson et al. 2000; Wesolowski 2005). Z drugiej strony, biorąc pod uwagę wszystkie historyczne uwarunkowania, można powiedzieć, że obecnie lasy gospodarcze nie zastępują lasów naturalnych, tylko je uzupełniają. Lasy, które posadzono na zdegradowanych gruntach, stały się przedmiotem zrównoważonej gospodarki leśnej, a to niewątpliwie sprzyjało zachowaniu i rozwojowi różnorodności biologicznej. Z czasem uprawy leśne (np. założone na glebach odłogujących) stały się ekosystemami podlegającym naturalnym procesom (Burley 2002; Rykowski 2002, 2005, 2008). Wyniki badań Lin-



Rycina 1. Metody wykorzystywane w ocenie różnorodności biologicznej począwszy od lat 40. XX wieku

Figure 1. Biodiversity approaches and methods of measuring since the 40th of the 20th century

denmayer (1999), Simberloff (1997, 1999), Smith et al. (2008), Eckehard et al. (2008) oraz Paillet et al. (2010) potwierdzają, że gospodarka leśna, aczkolwiek może wywierać negatywny wpływ na niektóre gatunki leśne (np. bakterie, bezkręgowce), to jednak pozytywnie oddziałuje na różnorodność gatunkową, na przykład roślin naczyniowych.

Różnorodność biologiczna lasów, zarówno tych podlegających zrównoważonej gospodarce leśnej, jak i naturalnych, jest przedmiotem wzmożonych badań, polegających na ocenie jej obecnego stanu, a także na analizie rozmaitych wskaźników jej oceny (Marchetti 2004; Czerepko 2008; Klenner et al. 2009). Potrzeba stworzenia jednolitego systemu wskaźników różnorodności biologicznej dla ekosystemów leśnych jest od lat podkreślana przez wielu autorów. Zaznaczają oni, że punktem wyjścia takiego systemu jest zdefiniowanie kluczowych parametrów różnorodności biologicznej lasów na poziomie globalnym, z uwzględnieniem nie tylko ich geograficznej lokalizacji, struktury i sposobów zarządzania oraz potencjalnych czynników destrukcyjnych, ale także występujących w nich gatunków (Noss 1999; Szujecki 2002; Thomson et al. 2005; Thompson 2006; van Strien et al. 2009).

Według Burley i Gauld (1994) ocena gatunkowej i ekosystemowej różnorodności biologicznej powinna uwzględniać szereg parametrów, takich jak:

- długoterminowe, okresowe i krótkoterminowe zmiany w zróżnicowaniu gatunkowym, stwierdzane w ekosystemach;

- zróżnicowanie liczby i liczebności gatunków, w tym gatunków rzadkich, w zależności od okresu ich życia;

- możliwość przemieszczania się gatunków zwierzęcych między sąsiednimi ekosystemami;

- etap sukcesji ekologicznej;

- uwarunkowania geograficzne (globalne, regionalne, krajowe, ekosystemowe, siedliskowe, wyspowe).

Z kolei Pitkänen (1998) przeanalizowała dotychczas opracowane wskaźniki ekologiczne pod kątem wykorzystania ich w badaniach dotyczących różnorodności biologicznej ekosystemów leśnych. Wyniki tych analiz przedstawiono w tabeli 1.

Różnorodność biologiczna europejskich ekosystemów leśnych jest często oceniana przy użyciu wskaźników zbudowanych na podstawie danych dotyczących szeregu gatunków należących do różnych grup systematycznych. O wartości przyrodniczej lasu świadczą, między innymi, występujące w nim rzadkie siedliska i gatunki, np. wymienione w załącznikach dyrektywy siedliskowej i dyrektywy ptasiej, objęte programem NATURA 2000 (Europejska Sieć Ekologiczna).

Duże znaczenie mają gatunki osłonowe (umbrella species), zwłaszcza ptaków, które są uznawane za

wskaźniki bogactwa przyrodniczego i stopnia naturalności lasów. W borealnych i górskich lasach europejskich takim gatunkiem jest guszc, a także współwystępujące z nim często: sóweczka, włośchatka i puchacz oraz dzięcioł trójpalczasty. Przy waloryzacji lasów najczęściej ocenia się występowanie i liczebność populacji gatunków ptaków w starych lasach, przede wszystkim dzięciołów i innych dziuplaków oraz ptaków wykorzystujących martwe drewno. Do oceny mogą być wykorzystywane pojedyncze gatunki ptaków lub ich grupy: gatunki wskaźnikowe (np. sokoły), kluczowe (np. gatunki dzięciołów), osłonowe (np. żuraw), flagowe (np. bielik) lub zagrożone wyginięciem (np. puchacz, cietrzew, orlik krzykliwy). Wymienione gatunki mogą być traktowane jako wskaźnikowe i jednocześnie osłonowe, kluczowe lub flagowe, zarówno dla różnorodności ekosystemów leśnych, jak i środowiska jako całości (Gregory et al. 2003; Roberge i Angelstam 2006; Zawadzka i Zawadzki 2006).

Różnorodność biologiczna lasów europejskich została opisana przez Bengtsson et al. (2000), Larsson et al. (2001) i Puumalainen et al. (2003) w kontekście kluczowych elementów wyodrębnionych przez Noss (1990), takich jak różnorodność biologiczna: a) systemów (compositional), b) strukturalna (structural), i c) funkcjonalna (functional).

Aspekty systemowe odzwierciedla skład gatunkowy drzew w lasach europejskich, ukształtowany przez czynniki klimatyczne oraz warunki glebowe, wodne oraz odnowienia (naturalne lub prowadzone w ramach gospodarki leśnej). W Europie więcej rodzimych gatunków drzew występuje w rejonie Morza Śródziemnego, a w miarę przesuwania się na wschód i północ kontynentu liczba gatunków drzew zmniejsza się. Niektóre regiony Europy, takie jak na przykład arktyczna lasotundra, nigdy nie znajdują się na mapach bogactwa gatunkowego lasów świata, ponieważ w porównaniu do ekosystemów leśnych – na przykład w tropikach – tworzą one stosunkowo proste ekosystemy z niewielką liczbą gatunków. Niemniej jednak uznaje się, że systemowa różnorodność biologiczna lasów Europy, będących siedliskami większości taksonomicznych grup zwierząt i roślin, jest „stosunkowo dobra”, a gatunki występujące w ekosystemach leśnych są mniej zagrożone w porównaniu do gatunków występujących na innych siedliskach.

Aspekty strukturalne leśnej różnorodności biologicznej odzwierciedlają między innymi powierzchnia i rozmieszczenie lasów. Lasy pokrywają średnio około 30% naszego kontynentu, przy czym w zależności od kraju lesistość jest bardzo różna. W poszczególnych krajach obserwuje się zróżnicowanie strukturalne także na poziomie drzewostanów (różne gatunki, różna struktura wiekowa, różne ukształtowanie pięter).

Tabela 1. Ocena wskaźników różnorodności biologicznej pod kątem zastosowania ich w odniesieniu do ekosystemów leśnych (Pitkänen, 1998)

Table 1. Valuation of diversity indices proposed by different authors for biodiversity assessments in forest ecosystems (Pitkänen 1998)

Wskaźnik	Literatura	Wzór	Uwagi
Różnorodność <i>alfa</i>			
H' Shannona	Peet 1974	$H' = -\sum_{i=1} p_i \ln p_i$	wskaźnik czuły na gatunki rzadkie
N_2 Simpsona	Hill 1973	$N_2 = (\sum p_i^2)^{-1}$	nie ma odniesienia do gatunków rzadkich
Statystyka Q	Kempton i Taylor 1976	$Q = \frac{S}{2} \cdot \log \frac{R_2}{R_1}$	dobrze różnicuje środowiska wzrostu
N_1 Hilla	Hill 1973	$N_1 = e^{-\sum p_i \ln p_i}$	określa różnorodność w jednolitej skali
Równocенność			
J' Pielou	Peet 1974	$J' = \frac{-\sum p_i \ln p_i}{\ln S}$	trzeba znać całkowitą liczbę gatunków w zespole
F Alatalo	Alatalo 1981	$F = \frac{N_2 - 1}{N_1 - 1}$	wartość wskaźnika zależy tylko od równocенności gatunków
G Molinari	Molinari 1989	$G = \frac{\arcsin F}{90^\circ} F$ gdy $F > \sqrt{0,5}$, $G = F^3$	wartości niezależne od bogactwa gatunkowego
Różnorodność <i>beta</i>			
Whittaker	Wilson i Shmida 1984	$\beta_w = \frac{s}{\alpha} - 1$	różnorodność α i β w odniesieniu do całkowitej różnorodności S
Cody	Wilson i Shmida 1984	$\beta_c = \frac{g(H) + l(H)}{2}$	określa różnice w ekotonach
Wilson i Shmida	Wilson i Shmida 1984	$\beta_r = \frac{g(H) + l(H)}{2\alpha}$	określa różnice w ekotonach

R_1 – pierwszy kwartył rozkładu liczebności gatunków; R_2 – trzeci kwartył rozkładu liczebności gatunków; p_i – proporcja gatunków i w zespole; S – całkowita liczba gatunków; α – średnia liczba gatunków w próbie; $g(H)$ – liczba gatunków w gradiencie siedliska H ; $l(H)$ – liczba gatunków utraconych w gradiencie siedliska H .

Koncepcja różnorodności funkcjonalnej ekosystemów uwzględnia ekologiczne i ewolucyjne procesy, które wpływają z jednej strony na fotosyntezę, obieg składników pokarmowych i dynamikę populacji poszczególnych gatunków, a z drugiej – na strukturę systemu. Różnorodność funkcjonalna lasów generalnie wiąże się z różnorodnością systemową i strukturalną. W tym kontekście lasy europejskie reprezentują różny stopień różnorodności funkcjonalnej, z uwagi na wyżej opisane różnorodność systemową i różnorodność strukturalną. Przy tym należy również uwzględnić fakt, że różnorodność funkcjonalna większości lasów europejskich była i jest kształtowana przez gospodarkę leśną, która jest prowadzona przez człowieka zgodnie z planami zagospodarowania przygotowywanymi na poziomie krajowym. Niewątpliwie jednak wpływa to na różnorodność funkcjonalną lasów w skali całego konty-

nentu (Bengtsson et al. 2000; Larsson et al. 2001; Puu-malainen et al. 2003).

Wiedza na temat wartości poszczególnych elementów leśnej różnorodności biologicznej dla „całkowitej różnorodności” lasów Europy nadal jest niepełna. Różnorodność biologiczna zależy bowiem od naturalnych warunków zewnętrznych i wewnętrznych, typu lasu i jego lokalizacji. Rola pojedynczych jej elementów jest bardzo trudna do interpretacji, szczególnie gdy są one rozpatrywane poza szerszym kontekstem wielu zmiennych wpływających na różnorodność biologiczną. Zestawienie czynników, które mają wpływ na różnorodność biologiczną w lasach europejskich, jest w tabeli 2.

Ocena różnorodności biologicznej jest skomplikowanym procesem i jak dotychczas w dużym stopniu zależy od podejścia oceniającego. Failinga i Gregory (2003) zidentyfikowali błędy popełniane w ocenie róż-

Tabela 2. Czynniki wpływające na różnorodność biologiczną lasów (wg Larsson et al. 2001; Puumalainen 2001)

Tabela 2. Key factors of European forest biodiversity (Larsson et al. 2001 in: Puumalainen 2001)

Poziom	Czynniki strukturalne	Czynniki systemowe	Czynniki funkcjonalne
Kraj lub region	<ul style="list-style-type: none"> całkowita powierzchnia w odniesieniu do: <ul style="list-style-type: none"> – typu lasu – status prawny/ochrona – struktura własności – gatunki drzew i klasy wiekowe – stare lasy poza działaniami gospodarczymi – zalesianie/wylesianie 	<ul style="list-style-type: none"> gatunki rodzime gatunki obce lub niewłaściwe dla siedliska 	<ul style="list-style-type: none"> zakłócenia naturalne: pożary, wiatry, śniegi, czynniki biologiczne wpływ człowieka: gospodarka leśna, rolnictwo, wypas zwierząt, zmiana użytkowania gruntów, zanieczyszczenia
Krajobraz	<ul style="list-style-type: none"> liczba i typy siedlisk ciągłość i łączność ważnych siedlisk fragmentacja historia użytkowania gruntów 	<ul style="list-style-type: none"> gatunki wymagające specjalnego krajobrazu gatunki obce lub niewłaściwe dla siedliska 	<ul style="list-style-type: none"> zakłócenia naturalne: pożary, wiatry, śniegi, czynniki biologiczne wpływ człowieka: gospodarka leśna, rolnictwo, wypas zwierząt, zmiana użytkowania gruntów, zanieczyszczenia
Drzewostan	<ul style="list-style-type: none"> gatunki drzew (właściwe dla siedliska, niewłaściwe dla siedliska, obce) wielkość drzewostanu warunki brzegowe historia lasu typy siedliska struktura drzewostanu – pozioma i pionowa martwe drewno (jakość i ilość) ściółka (jakość i ilość) 	<ul style="list-style-type: none"> gatunki wymagające specjalnego krajobrazu biologiczne warunki glebowe 	<ul style="list-style-type: none"> zakłócenia naturalne: pożary, wiatry, śniegi, czynniki biologiczne wpływ człowieka: gospodarka leśna, rolnictwo, wypas zwierząt, zmiana użytkowania gruntów, zanieczyszczenia

norodności biologicznej w ekosystemach leśnych. Autorzy podkreślili przede wszystkim brak uwzględniania systemów wartościowania przy wyborze wskaźników oceny oraz zaniechanie integrowania wyników badań naukowych, które nie są, a powinny być, uwzględniane w decyzjach dotyczących ochrony różnorodności biologicznej.

4. Podsumowanie

Pomimo bardzo wielu publikacji na temat różnorodności biologicznej na świecie nadal brakuje jednolitego zestawu wskaźników jej oceny. Ponadto, dotychczas nie opracowano systemu oceny różnorodności biologicznej, który uwzględniałby skomplikowany wymiar leśnych ekosystemów, w tym tendencje zmian w poszczególnych biomach, ekosystemach i siedliskach, trendy zmian liczebności i rozmieszczenia gatunków, zmian statusu ochronnego zagrożonych gatunków oraz trendy zmian różnorodności genetycznej. W Europie niezbędne jest usprawnienie prac ukierunkowanych na dostarczenie informacji potrzebnych do oceny różnorodności biologicznej lasów poprzez zakrojony na szerszą skalę, wspólny europejski program jej monitorowania. Punktem wyjścia jest zdefiniowanie kluczowych parametrów różnorodności biologicznej lasów naszego kontynentu, z uwzględnieniem nie tylko ich geograficznej lokalizacji,

struktury i sposobów zarządzania oraz potencjalnych czynników destrukcyjnych, ale także występujących w nich gatunków.

Literatura

- Andrzejewski R., Weigle A. (red.) 2003. Różnorodność biologiczna Polski. Drugi polski raport – 10 lat po Rio. Warszawa, Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska, ss. 284. ISBN 83-85908-75-7.
- Araújo M.B., Nogués-Bravo D., Reginster I., Rounsevell M., Whittaker R.J. 2008. Exposure of European biodiversity to changes in human-induced pressures. *Environmental Science & Policy*, 11.1: 38–45.
- Bengtsson J., Nilsson S.G., Franc A., Menozzi P. 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*, 132: 39–50.
- Burley J. 2002. Forest biological diversity: an overview. *Unasylva*, 209, 53: 3–9.
- Burley J., Gauld I. 1994. Measuring and monitoring forest biodiversity: a commentary. w: T.J.B. Boyle & B. Boontawe, eds. Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests. Bogor, Indonesia, CIFOR: 19–46.
- CBD 1992. Konwencja o różnorodności biologicznej sporządzona w Rio de Janeiro dnia 5 czerwca 1992 r. Dz. U. z 2002 r., Nr 184 poz. 1532.

- Costanza J.K., Moody A., Peet R.K. 2011. Multi-scale environmental heterogeneity as a predictor of plant species richness. *Landscape Ecology*, 26: 851–864.
- COM/2008/864 2008. Komunikat Komisji Europejskiej: Śródkresowa ocena wykonania wspólnotowego planu działania na rzecz różnorodności biologicznej.
- Czerepko J. (ed.) 2008. Stan różnorodności biologicznej lasów w Polsce na podstawie powierzchni obserwacyjnych monitoringu. Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa, ss. 135. ISBN 978-83-87647-75-9.
- De Long D. 1996. Defining biodiversity. *Wildlife Society Bulletin*, 24: 738–749.
- Duelli P. and Obrist M.K. 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 87–98.
- Eckehard G., Brockerho V., Jactel H., Parrotta J.A., Quine Ch.P., Sayer J.V. 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity Conservation*, 17: 925–951.
- Failinga L., Gregory R. 2003. Ten common mistakes in designing biodiversity indicators for forest policy. *Journal of Environmental Management*, 68: 121–132.
- FAO 2010. Global Forest Resources Assessment. FAO Forestry Paper 163. <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf> [15.01.2012].
- Fisher R.A., Corbet A.S., Williams C.B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12: 42–58.
- Führer E. 2000. Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology and Management*, 132: 29–38.
- FOREST EUROPE, UNECE, FAO. 2011. State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe, pp. 334. ISBN 978-82-92980-05-7.
- Ghilarov A. 1996. What does “biodiversity” mean – scientific problem or convenient myth? *Trends in Ecology & Evolution*, 11: 304–306.
- Gibson L., Lee T.M., Ming Koh L.P., Brook B.W., Gardner T.A., Barlow J., Peres Carlos A., Bradshaw C.J.A., Laurance W.F., Lovejoy T.E. Sodhi N.S. 2011. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478: 381.
- Gliwicz J. 1994. Konwencja o różnorodności biologicznej: koncepcja, badania, strategia. w: Weigle A. (ed.) Problemy ochrony różnorodności biologicznej. Warszawa, Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska: 13–18.
- Głowaciński Z. 2009. Faunistyczne centra różnorodności gatunkowej, czyli poszukiwanie i ochrona „gorących plam”. *Roczniki Bieszczadzkie*, 17: 79–88.
- Glowka L., Sine C., Santos O.R., Farooque M., Gündling L. 1998. A Guide to Undertaking Biodiversity Legal and Institutional profiles. IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Bonn, Germany. pp. 66. ISBN 2-8317-0429-4.
- Gregory R.D., Noble D., Field R., Marchant J., Raven M., Gibbons D.W. 2003. Using birds as indicators of biodiversity. *Ornis Hungarica* 12–13: 11–24.
- Harper J.L., Hawksworth D.I. 1994. Biodiversity measurement and estimation. Preface. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 345: 5–12.
- Hartley J.M. 2002. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *Forest Ecology and Management*, 155.1–3: 81–95.
- Heink U., Kowarik I. 2010. What criteria should be used to select biodiversity indicators? *Biodiversity Conservation*, 19: 3769–3797.
- IUFRO 2010. Annual Report 2009. Vienna, IUFRO Headquarters, pp. 28.
- Kasprzak K. 2009. Ochrona różnorodności gatunkowej – biologiczna konieczność czy praktyczna potrzeba? *Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego Oddział w Rzeszowie*, 11: 96–101.
- Kędziora A., Karg J. 2010. Zagrożenia i ochrona różnorodności biologicznej. *Nauka*, 4: 107–114.
- Kempton R.A., Taylor L.R. 1976. Models and statistics for species diversity. *Nature*, 262: 818–820.
- Kim K.C., Byrne L.B. 2006. Biodiversity loss and the taxonomic bottleneck: emerging biodiversity science. *Ecological Research*, 21: 794–810.
- Klenner W., Arsenault A., Brockerhoff E.G., Vyse A. 2009. Biodiversity in forest ecosystems and landscapes: A conference to discuss future directions in biodiversity management for sustainable forestry. *Forest Ecology and Management*, 258: S1–S4.
- Larsson T.B., Svensson L., Angelstam P., Balent G., Barbati A., Bijlsma R.-J. et al. 2001. Biodiversity evaluation tools for European forests. *Ecological Bulletins*, 50: 7–237.
- Lindenmayer D.B. 1999. Future directions for biodiversity conservation in managed forests: indicator species, impact studies and monitoring programs. *Forest Ecology and Management*, 115.2–3: 277–287.
- MacArthur R.H. 1955. Fluctuations of animal populations, and a measure of community stability. *Ecology*, 36: 533–536.
- MacArthur R.H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 43: 293–295.
- MacArthur R.H., MacArthur J.W. 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42: 594–598.
- MacArthur R.H. 1965. Patterns of species diversity. *Biological Reviews*, 40: 510–533.
- Marchetti M. (ed.) 2004. Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe – from Ideas to Operationality. *EFI Proceedings*, 51: 1–526.
- Margalef R. 1957. Information theory in ecology. *General Systems*, 3: 36–71.
- Margalef R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. w: A. Buzzatti-Traverso (ed.) Perspectives of marine biology. Berkeley, University California Press: 323–349.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA) 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Washington, DC, World Resources Institute, pp. 155. ISBN 1-59726-040-1. <http://www.millenniumassessment.org/en/Products.Synthesis.aspx>.
- Niemelä J. 2000. Biodiversity monitoring for decision-making. *Annales Zoology of Fennici*, 37, 307–317.
- Noss R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4: 355–364.

- Noss R.F. 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management*, 115.2–3: 135–146.
- Myers N., Mittelmeier R.A., Mittelmeier C.G., da Fonseca G.A.B., Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853–858.
- Paillet Y., Bergčs L., Hjältén J., Ódor P., Avon C., Bernhardt-Römermann M. et al. 2010. Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe. *Conservation Biology*, 24, 1: 101–112.
- Peet R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285–307.
- Pianka E. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. *The American Naturalist*, 100, 910: 33–46.
- Pielou E.C. 1974. Population and community ecology: principles and methods. New York, Gordon and Breach, pp. 424. ISBN 0-677-03580-2.
- Pitkänen S. 1998. The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 112: 121–137.
- Preston F.W. 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29: 254–283.
- Puumalainen J. 2001. Structural, Compositional, and Functional Aspects of Forest Biodiversity in Europe. *ECE/TIM/DP/22, Geneva Timber and Forest Discussion Papers*, 1–88.
- Puumalainen J., Kennedy P., Folving S. 2003. Monitoring forest biodiversity: a European perspective with reference to temperate and boreal forest zone. *Journal of Environmental Management*, 67.1: 5–14.
- Roberge J.M., Angelstam P. 2006. Indicator species among resident forest birds: A cross-regional evaluation in northern Europe. *Biological Conservation*, 130.1: 134–147.
- Royal Society. 2003. Measuring biodiversity for conservation – Summary. Policy document 10/03. London, The Royal Society. ISBN 0 85403 592 3.
- Rykowski K. 2002. Forest biological diversity conservation as an element of sustainable forest management – policy and practice in Poland. *Unasylva*, 209: 16–24.
- Rykowski K., Matuszewski G., Lenart E. (ed.) 1999. Ocena wpływu praktyki leśnej na różnorodność biologiczną w lasach w Europie Środkowej. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa, s. 407. ISBN 83-87647-11-X.
- Rykowski K. 2008. Ecological economic aspects of Ecosystem Approach (EA) and Sustainable Forest Management (SFM). Case study of the Tuszyn Forest District in Poland. The State Forests Information Centre. Warsaw. ISBN: 9788389744791.
- Sarkar S. 2002. Defining Biodiversity; Assessing Biodiversity. *The Monist*, 85:1 131–155.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2010. Global Biodiversity Outlook 3. Montréal. s. 94.
- Simberloff D. 1997. The role of science in the preservation of forest biodiversity. Presentation at Biodiversity in Managed Forests Conference, Uppsala, Sweden, 29 May 1997.
- Simberloff D. 1999. The role of science in the preservation of forest biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 115: 101–111.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Smith G. F., Gittings T., Wilson M., French L., Oxbrough A., O'Donoghue S. et al. 2008. Identifying practical indicators of biodiversity for stand-level management of plantation forests. *Biodiversity & Conservation*, 17.5: 991–1015.
- Soule M.E., Wilcox B.A. 1980. Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Approach. The First International Conference on Research in Conservation 1978. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Strien van A.J., Duuren van L., Foppen R.P.B., Soldaat L.L. 2009. A typology of indicators of biodiversity change as a tool to make better indicators. *Ecological Indicators*, 9: 1041–1048.
- Szujecki A. 2002. Podstawy metodyczne szacunkowej waloryzacji lasów Puszczy Białowieskiej metodą zooindykacyjną. w: Sławska M., Smoleński M., Tracz H. (ed.): Zadania gospodarcze lasów a funkcje ochrony przyrody. VI Sympozjum Ochrony Ekosystemów Leśnych. Rogów, 25–27 marca 2002. Warszawa, SGGW: 187–205. ISBN 9788372443496.
- Thompson I.D. 2006. Monitoring of biodiversity indicators in boreal forests: a need for improved focus. *Environmental Monitoring and Assessment*, 121: 263–273.
- Thomson J.R., Fleishman E., Mac Nally R., Dobkin D.S. 2005. Influence of the temporal resolution of data on the success of indicator species models of species richness across multiple taxonomic groups. *Biological Conservation*, 124: 503–518.
- Weaver W., Shannon C.E. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Illinois. University of Illinois, pp. 144. ISBN 0-252-72548-4.
- Wesolowski T. 2005. Virtual Conservation: How the European Union is Turning a Blind Eye to its Vanishing Primeval Forests. *Conservation Biology*, 19:1349–1358.
- Whittaker R.H. 1972. Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21 (2/3): 213–251.
- Wilson E.O. 1992. Diversity of Life. Norton London & Harvard University Press, pp. 424. ISBN 0-674-21298-3.
- Wilson E.O. (ed) 1988. Biodiversity. Harvard University, National Academy of Sciences. Smithsonian Institution, pp. 521. ISBN 0-309037832.
- Wilson M.V., Shmida A. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72: 1055–1064.
- Zawadzka D., Zawadzki J. 2006. Ptaki jako gatunki wskaźnikowe różnorodności biologicznej i stopnia naturalności lasów. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo Leśnej*, 8.4(14): 249–262.