

Kamil Kędra, Anna Gazda



## PLANOWANIE OCHRONY GRZYBÓW W OPARCIU O ICH SIEDLISKA – GŁOS W DYSKUSJI NAD OCHRONĄ GRZYBÓW I PROPOZYCJA METODY OCENY ICH ZAGROŻENIA

### Habitat-oriented fungal conservation planning

**ABSTRAKT:** Artykuł przybliża zagadnienie modeli zasięgu gatunków i ich siedlisk oraz możliwości ich wykorzystania do celów planowania ochrony gatunków grzybów. Podano przykłady informacji o siedliskach grzybów oraz analizy dostępnych źródeł danych, a także wskazania do dalszego monitoringu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** bioróżnorodność i ekologia lasu, gatunki zagrożone, modele siedlisk, modele rozmieszczenia gatunków, IUCN

**ABSTRACT:** The article focuses on the issue of habitat or species distribution models and their application in fungal conservation planning. The examples of information on fungal habitats were given as well as the methods of the analysis and additional guidelines for data collection.

**KEY WORDS:** forest biodiversity and ecology, threatened species, habitat models, species distribution models, IUCN

#### Wstęp

Grzyby charakteryzują się dużą liczbą gatunków (szacuje się, że w naturalnych ekosystemach na każdy gatunek rośliny przypada sześć gatunków grzybów (Mueller et al. 2004). Wiele z tych gatunków jest trudnych do oznaczenia w terenie. Co więcej, efemeryczność pojawu owocników może prowadzić do mylnego wniosku, że pewne gatunki są nieobecne w momencie, gdy istnieją niekorzystne warunki do wytwarzania owocników. Inwentaryzacje mykologiczne wymagają wielu lat intensywnej pracy.

Wymienione fakty przyczyniają się do niewystarczającego poznania tej grupy orga-

nizmów pod względem zagrożeń oraz prawdopodobieństwa wymarcia poszczególnych gatunków. Jednak, znane i liczne funkcje pełnione przez grzyby w ekosystemach są niewątpliwym powodem do dalszej pracy nad planowaniem ich ochrony. W związku symbiotyczne (mutualistyczne) z grzybami wchodzi blisko 85% gatunków roślin naczyniowych, współtworząc mykoryzy. Grzyby zapewniają dekompozycję materii organicznej, obieg substancji odżywczych, pełnią kluczową rolę w tworzeniu gleb, stanowią istotny składnik diety wielu kręgowców i bezkręgowców, ułatwiają kiełkowanie nasion (przez rozkład okrywy), a także pełnią inne funkcje, jak: produkcja antybiotyków bio-regeneracja

i dekontaminacja (neutralizacja szkodliwych substancji), odgrywają ogromną rolę w medycynie, biotechnologii, rolnictwie, leśnictwie, przemyśle spożywczym i ogólnie – gospodarce światowej.

### **Jakościowe i ilościowe aspekty zagrożeń**

Pomimo wiedzy o istotnych funkcjach pełnionych przez grzyby w ekosystemach, niewiele wiadomo jak i gdzie chronić grzyby. W celu określenia właściwych strategii ochronnych, ważne jest żeby zdać sobie sprawę jaki wpływ na mykobiotę ma degradacja i fragmentacja siedlisk.

Brown et al. (2006) w swoim doświadczeniu przeprowadzonym w Indiach (Ghaty Zachodnie) wykazali istotność aspektów jakościowych siedlisk w odniesieniu do obfitości obserwowanych owocników grzybów oraz bogactwa ich morfotypów. W siedliskach cechujących się najdłuższą tradycją ochronną najwyższej rangi (święte gaje) stwierdzono największą obfitość owocników. Ciągłość i rygor biernej ochrony obszaru zapewniły naturalne zróżnicowanie ekosystemu, powstanie wielu specyficznych mikrosiedlisk, a zarazem bogactwo gatunków grzybów je wykorzystujących. Wyraźnie mniejszą obfitością owocników oraz bogactwem morfotypów charakteryzowały się rezerваты przyrody (w Polsce, obok parków narodowych, forma ochrony przyrody najwyższej rangi). W prezentowanym zestawieniu zdecydowanie najniżej pod tym względem plasowały się podokapowe plantacje kawowe.

Wpływ cech ilościowych siedlisk na bogactwo gatunków grzybów nadrewnowych był przedmiotem badań (Abrego i Salcedo 2014) prowadzonych w bucznach północno-wschodniej Hiszpanii (Nawarra). Autorzy zastosowali w tym celu wskaźnik będący ilorazem wielkości (powierzchni) płatu lasu oraz długość jego obwodu. Na podstawie analizy regresji liniowej stwierdzono wyraźną, dodatnią zależność pomiędzy bogactwem gatunków grzybów oraz rosnącą wielkością

wskaźnika, czyli: coraz większą powierzchnią kompleksu przy możliwie krótkim obwodzie (duże, zwarte kompleksy leśne). Z drugiej strony, niższe wartości wskaźnika mogą wskazywać na większy udział cennej przyrodniczo strefy ekotonu.

Z przedstawionych badań wynika jasno, że zagrożeniem dla gatunków grzybów jest zarówno obniżanie jakości siedlisk (np. daleko idące modyfikacje, uproszczenia struktury), jak i fragmentacja. W przypadku grzybów nadrewnowych (saprotrofów), kluczowym elementem siedliska są martwe drzewa stojące i leżące. Ilość i jakość zasobów tego substratu w Europie uległa znacznym zmianom w ciągu ostatnich 100 lat. Senn-Irlet et al. (2007) szacują, że w stosunku do okresu przed rewolucją przemysłową (przełom XVIII i XIX wieku) zasoby martwego drewna zmalały o ponad 90%. Obszary zasobne w martwe drewno występują zwykle w postaci izolowanych wysp.

Główne zagrożenia dla gatunków grzybów wielkoowocnikowych w Europie, to: zmniejszanie powierzchni starodrzewi, zmniejszanie dostępności wielkowymiarowego martwego drewna, zmniejszanie liczby wiekowych drzew, nawożenie i zanik półnaturalnych łąk, wysoka depozycja azotu w naturalnie ubogich siedliskach, rosnąca fragmentacja siedlisk, utrata symbiontów-gospodarzy, nadmierne pozyskanie, zmiany klimatu. Przedstawiona lista zagrożeń stanowi kolejny argument za tym, aby planowanie ochrony grzybów opierać w głównej mierze na wiedzy o ich siedliskach, gdyż znaczna większość zagrożeń oddziałuje na osobniki pośrednio, poprzez modyfikacje ich siedlisk. W takim wypadku, planowanie ochrony grzybów powinno mieć na celu poprawę lub utrzymanie (trwałość) cech jakościowych i ilościowych siedlisk (o czym szerzej w dalszej części tekstu). Nie należy jednak bagatelizować zagrożeń bezpośrednich, przede wszystkim, nadmiernego pozyskania owocników – wskazuje na to fakt, że jedyny ujęty obecnie na Globalnej Czerwonej Liście IUCN gatunek grzyba wielkoowocnikowego (*Pleurotus nebrodensis*) wszedł w stan zagrożenia właśnie z powodu nadmiernego pozyskania.

### **Ocena stopnia zagrożenia gatunku w oparciu o monitoring populacji lub monitoring siedlisk**

Ocena stopnia zagrożenia gatunku wymarciem, a jednocześnie określenie jednego z istotnych elementów oceny priorytetu ochronnego, wymaga zgromadzenia wystarczającej liczby obserwacji. Kluczowa jest wiedza o trendach zmian liczebności populacji w czasie. W przypadku gatunków grzybów takie dane są bardzo trudne do uzyskania, a dla wielu gatunków wręcz niemożliwe – w sposób bezpośredni, z powodu niereprezentatywnej liczby obserwacji w przeszłości (ocena wg kryteriów IUCN sięga do 100 lat wstecz), a także ciągle niewystarczającego zbadania aktualnego rozmieszczenia.

Ułatwieniem może okazać się oparcie oceny o rozmieszczenie i stan siedlisk oraz wiedzę o biologii gatunku, zwłaszcza w przypadku grzybów o wąskiej amplitudzie ekologicznej (cecha gatunków rzadkich). Określenie preferencji siedliskowych może oprzeć się o mniejszą próbę niż badanie faktycznego rozmieszczenia osobników w skali kraju, a dla wielu gatunków tego typu dane są już dostępne. Celem takiej oceny byłaby odpowiedź na pytanie: czy i w jaki sposób zasięg oraz stan siedlisk gatunku zmieniał się w przeszłości oraz jakie są prognozy na przyszłość?

#### **Podstawy oceny „siedliskowej”**

Pośród czterech kryteriów IUCN stosowanych do oceny stopnia zagrożenia wymarciem (Dahlberg i Mueller 2011), dwa pierwsze mogą bezpośrednio bazować na ocenie stanu siedlisk. W przypadku kryterium A możliwe są następujące warianty: A2c – redukcja populacji zaobserwowana, oceniona, wywnioskowana lub podejrzewana w przeszłości, na podstawie pogorszenia jakości siedlisk; A3c – redukcja populacji przewidywana lub podejrzewana (przypuszczana) w przeszłości (do 100 lat), na podstawie pogorszenia jakości siedlisk; A4c – zaobserwowana, oceniona, wywnioskowana, przewidywana lub podejrzewana re-

dukcja populacji (maksymalnie do 100 lat) w okresie zawierającym jednocześnie przeszłość i przyszłość, na podstawie pogorszenia jakości siedlisk. Drugą możliwością stanowi kryterium B, jednak w tym przypadku niezbędne są podstawowe informacje o wielkości zasięgu geograficznego. Jeżeli nie przekracza on podanych wartości progowych, mamy do dyspozycji warianty: B1ab(iii) i B2ab(iii), różniące się sposobem zliczania wielkości zasięgu (IUCN 2012). W obu przypadkach ocena siedlisk zawiera się w podkryterium b(iii) – trwający spadek powierzchni, zasięgu lub jakości siedlisk. Jest to bardzo ważny element oceny, gdyż określa trend zmian wielkości populacji w czasie, nie wymaga podania wartości liczbowej (ocena 0/1). Podkryterium (a) dotyczy stopnia fragmentacji zasięgu lub liczby lokalizacji.

W sposób pośredni, wielkość zasięgu geograficznego (w formie: AOO – zajmowana powierzchnia lub EOO – zasięg występowania) można oszacować przy użyciu modeli siedlisk (tutaj rozumianych jako modele ostoi, siedlisk potencjalnych), a następnie zastosować do oceny wg wymienionych kryteriów w aspekcie ilościowym.

#### **Ocena stanu siedlisk – w przeszłości i przyszłości, na podstawie modeli**

Wytyczne do stosowania kryteriów IUCN (IUCN 2014) nie zawierają osobnej definicji siedliska (ang. habitat), mimo że sam termin jest dość często używany (przykład powyżej). „Najmniejszy obszar niezbędny do przetrwania gatunku we wszystkich stadiach rozwojowych” to jednostka zliczania powierzchni AOO, w przypadku gatunków większości grup organizmów (także grzybów) proponowana jest siatka kwadratów o boku 2 km. Z powodu braku osobnej definicji, a także innej propozycji obliczania powierzchni siedlisk, oczywiście wydaje się, że powierzchnię AOO można utożsamiać z powierzchnią siedlisk gatunku. Mapy (modele) potencjalnych siedlisk mogą być użyte do pośredniego szacowania wielkości AOO i EOO, jeżeli spełniają trzy poniższe warunki (wg IUCN 2014):

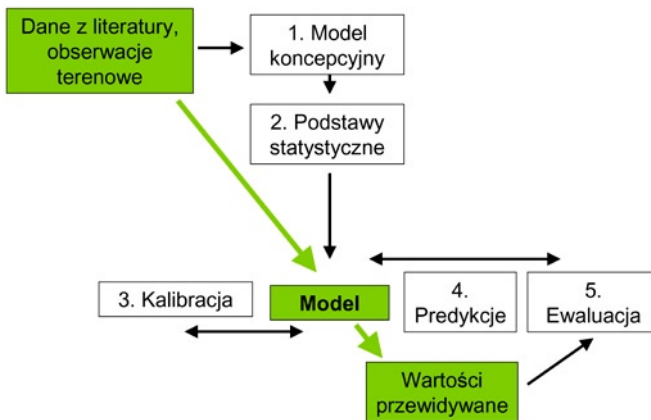
- i) wymagania siedliskowe gatunku muszą być właściwie reprezentowane i model należy zweryfikować pod tym względem na podstawie niezależnego zestawu danych;
- ii) modelowany obszar potencjalnych siedlisk (ostoi) należy tak zinterpretować, aby możliwe było określenie powierzchni siedlisk;
- iii) szacowanie powierzchni siedlisk musi być przeprowadzone we właściwej skali – rozmiar siatki o powierzchni jednostek właściwej do pomiaru AOO określonego gatunku.

Dostępne są zaawansowane narzędzia statystyczne służące do modelowania zasięgu siedlisk lub rozmieszczenia gatunków (Guisan i Zimmermann 2000, ryc. 1). Modele zasięgu gatunków (Species Distribution Models, SDMs) lub modele siedlisk. Celem SDM jest oszacowanie stopnia podobieństwa pomiędzy warunkami panującymi w dowolnym miejscu oraz warunkami towarzyszącymi obecności (lub nieobecności) określonego gatunku. W tym celu często używa się danych klimatycznych (jako predyktorów). Podsta-

wowe etapy tworzenia SDM to: (1) zgromadzenie danych o miejscach występowania (lub braku obecności) gatunku, a następnie wyodrębnienie z bazy danych przestrzennych wartości parametrów siedliska (predyktorów, takich jak klimat, zasoby martwych drzew, dostępność wody); (2) użycie danych siedliskowych do dopasowania modelu/modeli statystycznych; (3) testowanie, kalibracja i walidacja otrzymanych modeli, modyfikacje, wybór najlepszego wariantu; (4) wykorzystanie modelu do uzyskania wartości przewidywanych w odniesieniu do wybranego regionu; (5) ewaluacja modelu na podstawie niezależnego zestawu danych.

### Gromadzenie danych do oceny

Typy potrzebnych danych oraz kolejność ich wykorzystania przedstawiono na rycinie 2, wg Guisan i Thuiller (2005). W przypadku gatunków grzybów dane takie można znaleźć w: publikacjach naukowych (np. relacje nowych stanowisk rzadkich gatunków), krytycznych listach (np. Wojewoda 2003, Chmiel 2006),



Ryc. 1. Uproszczony schemat modelowania rozmieszczenia siedlisk (1-5), kolorem zielonym wyróżniono kluczowe etapy, wg Guisan i Zimmermann (2000).

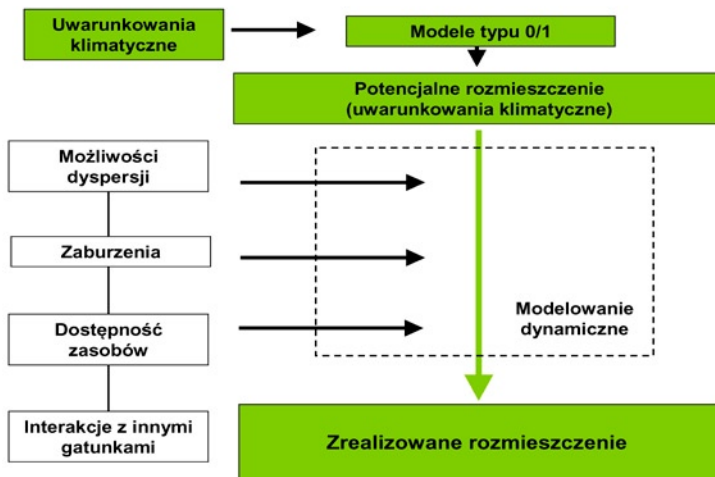
Fig. 1. A simplified schematic for habitat distribution modelling (1. Conceptual model, 2. Statistical formulation, 3. Calibration, 4. Predictions, 5. Evaluation), key phases highlighted in green, from top left: Descriptive data from literature, field knowledge; Model; Predicted values (Guisan i Zimmermann 2000).

zielnikach mykologicznych oraz elektronicznych bazach danych. Znaczenie tych ostatnich stale rośnie, wraz ze wzrostem dostępności i mobilności Internetu. Zakres danych dotyczących siedlisk, które gromadzone są w ogólnopolskim rejestrze gatunków chronionych i zagrożonych (GREJ; Snowarski 1997-2015) przedstawiono na przykładzie soplówki bukowej *Hericium coralloides*: w rejestrze zgromadzono blisko 70 obserwacji na przestrzeni 14 lat (2001-2014), dane pochodzą od 22 osób (informatorów). 94% obserwowanych owocników wyrastało na drewnie bukowym, 6% stanowiły inne gatunki drewna (lub nieoznaczone do gatunku). W 84% były to grube, leżące martwe drzewa. W różny sposób precyzowany jest zespół roślinny, jednak 100% zgłoszeń pochodzi z obszarów leśnych, a 54% stanowią buczyny, 40% to lasy z udziałem buka i 6% - inne lasy. Ogólne dane klimatyczne możliwe są do ustalenia na podstawie lokalizacji w siatce AtPol 10x10 km. Trudniej dotrzeć do danych dotyczących wielkości

kompleksu leśnego, trwałości pokrycia roślinnością leśną i (ewentualnie) obowiązującej formy ochrony czy zinwentaryzowanego typu siedliska przyrodniczego sieci Natura 2000 (w przypadku gatunków nieobjętych ochroną, dość często podawana jest informacja o ochronie rezerwatowej, jako słuszny powód nie pozyskania owocnika).

## Dyskusja i wnioski

Wykorzystanie wiedzy o preferencjach siedliskowych gatunków grzybów (np. do modelowania ich rozmieszczenia), a także dalsze gromadzenie danych (np. w elektronicznych bazach danych) może istotnie usprawnić, a niekiedy umożliwić planowanie ochrony gatunków grzybów, trudnych do zinwentaryzowania na podstawie obserwacji owocników. Osobnych badań wymaga ustalenie możliwości dyspersji określonych gatunków grzybów oraz typów interakcji z innymi gatunkami.



Ryc. 2. Schemat obrazujący etapy i wykorzystanie danych do tworzenia modeli zrealizowanego rozmieszczenia gatunków, kolorem zielonym wyróżniono kluczowe fazy, wg Guisan i Thuiller (2005).

Fig. 2. A schematic of the phases and input data for species distribution modelling (SDM): dispersal factors, disturbance factors, resource factors, other species distribution. Key phases highlighted in green: Limiting climatic factors; Presence/absence models; Bioclimatic range; Realized distribution. Area enclosed by a dashed line represents dynamic modelling (Guisan i Thuiller 2005).

Propozycje przedstawione w niniejszej pracy nawiązują do wcześniejszych prac. Dreisbach et al. (2002) określili wyzwania stojące przed modelowaniem siedlisk grzybów, na przykładzie gatunków z rodzajów *Cantharellus*, *Gomphus* oraz *Polyozellus*, przedstawiając jednocześnie wstępny model prawdopodobieństwa stwierdzenia gatunku *Polyozellus multiplex* w zależności od długości geograficznej, wysokości n.p.m., obecności gatunków drzew z rodzajów *Abies* i *Pinus* oraz wieku drzewostanu (Kalifornia, Oregon, Waszyngton; USA). Jumpponen et al. (2004) badali zależność pomiędzy obecnością wybranych gatunków drzew i podziemnych grzybów mykoryzowych (Australia). Natomiast Rajala et al. (2015) określili preferencje niektórych gatunków grzybów nadrewnowych co do gęstości drewna stanowiącego substrat (stopnia rozkładu), dla części gatunków uzyskano modele istotne statystycznie (Finlandia). W badaniu oparto się o molekularne metody wykrywania i identyfikacji grzybów, stwierdzono odwrotną zależność pomiędzy gęstością drewna a bogactwem jednostek taksonomicznych (OTUs).

Modele siedlisk, jako narzędzia statystyczne, umożliwiają otrzymanie wyniku z określonym prawdopodobieństwem. Uznaje się, że większość dostępnych modeli siedlisk wyjaśnia mniej niż połowę zmienności zagęszczenia lub obfitości gatunku (Cushman et al. 2013). Z tego powodu bardzo istotna jest ewaluacja przyjętych modeli na podstawie dalszego monitoringu populacji.

Poniżej przedstawiamy podsumowanie propozycji i wskazań do dalszego gromadzenia danych:

- 1) istotna byłaby możliwość zgłaszania braku stwierdzenia gatunku w danym obszarze, mimo poszukiwań (dla jakości modelu informacja „0” jest tak samo istotna jak „1”),
- 2) dane warto gromadzić w siatce kwadratów o powierzchni 4 km<sup>2</sup>, gdyż taka jest zalecana jednostka zliczania powierzchni AOO oraz powierzchni siedlisk (wg kryteriów IUCN),
- 3) nie należy przerywać rozpoczętego monitoringu, dotyczy to zwłaszcza gatunków łatwo rozpoznawalnych, a posiadających cechy gatunków wskaźnikowych lub osłonowych (parasolowych),
- 4) wydaje się celowe i potrzebne, aby zgłoszenia można było aktualizować (potwierdzać obecność owocników na tym samym stanowisku w kolejnych latach lub ich brak – z możliwością podania przyczyny lub podejrzonej przyczyny),
- 5) warto gromadzić informacje dotyczące kontekstu, np. dla powierzchni leśnych: wielkości kompleksu leśnego, trwałości pokrycia roślinnością leśną, zaburzeń i (ewentualnie) obowiązującej formy ochrony i czasu trwania.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową (DS 3404).

## LITERATURA

- ABREGO N., SALCEDO I. 2014. Response of wood-inhabiting fungal community to fragmentation in a beech forest landscape. *Fungal Ecol.* 8: 18-27.
- BROWN N., BHAGWAT S., WATKINSON S. 2006. Macrofungal diversity in fragmented and disturbed forests of the Western Ghats of India. *J. Appl. Ecol.* 43: 11-17.
- CHMIEL M.A. 2006. Checklist of Polish larger Ascomycetes. In: *Biodiversity of Poland*. Vol. 8. MIREK Z. (Ed.). W. Szafer Institute of Botany Polish Academy of Science, Kraków.
- CUSHMAN S.A., MERSMANN T.J., MOISEN G.G., MCKELVEY K.S., VOJTA C.D. 2013. Using Habitat Models for Habitat Mapping and Monitoring. In: ROWLAND M.M., VOJTA C.D. (Eds.). *A technical guide for monitoring wildlife habitat*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington.
- DAHLBERG A., MUELLER G.M. 2011. Applying IUCN red-listing criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. *Fungal Ecol.* 4: 147-162.

- DREISBACH T.A., SMITH J.E., MOLINA R. 2002. Challenges of modeling fungal habitat: When and where do you find chanterelles? In: SCOOT J.M., HEGLUND P.J, MORRISON M., RAPHAEL M., HAUFLE J., WALL B. (Eds.). Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale. Island Press, Covello, Calif.: 475-481
- GUISAN A., THUILLER W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecol. Lett.* 8: 993-1009.
- GUISAN A., ZIMMERMANN N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135: 147-186.
- IUCN 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, IUCN.
- IUCN 2014. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 11, Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee.
- JUMPPONEN A., CLARIDGE A.W., TRAPPE J.M., LEBEL T., CLARIDGE D.L. 2004. Ecological relationships among hypogeous fungi and trees: inferences from association analysis integrated with habitat modeling. *Mycologia* 96: 510-525.
- MUELLER G.M., BILLS G., FOSTER M.S. 2004. Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods. Academic Press, Amsterdam.
- SENN-IRLET B., HEILMANN-CLAUSEN J., GENNEY D., DAHLBERG A. 2007. Guidance for Conservation of Macrofungi in Europe. Document prepared for The Directorate of Culture and Cultural and Natural Heritage Council of Europe, Strasbourg.
- RAJALA T., TUOMIVIRTA T., PENNANEN T., MÄKIPÄÄ R. 2015. Habitat models of wood-inhabiting fungi along a decay gradient of Norway spruce logs. *Fungal Ecol.* 18: 48-55.
- WOJEWODA W. 2003. Checklist of Polish larger Basidiomycetes. In: Biodiversity of Poland. Vol. 7, MIREK Z. (Ed.). W. Szafer Institute of Botany Polish Academy of Sciences, Kraków.

### Summary

The knowledge of habitats and past changes in their structure enables to infer the risk of extinction of associated species. It is also possible to make predictions about future ranges of populations using habitat models, species distribution models (SDMs) of related taxa. This approach is especially useful when it comes to organisms difficult to inventory on the basis of direct observation, which certainly are fungi. It is also important to determine the role of fungi as characteristic and indicator species, e.g. for the Natura 2000 network habitats and selected elements of assessment of their conservation status. To take advantage of these opportunities, it is necessary to specify species' habitat requirements, based on a possibly large number of observations. Data on such observations concerning fungal species is included in the checklists, scientific articles, mycological herbaria and electronic databases. The article presents examples and possibilities for the use of information on fungal habitats and analysis of available sources of information. The proposed, additional guidelines refer to: 1) reporting lack of observations of species in a given area, although it has been looked for, 2) collecting the data with using a grid of 2 x 2 km squares (as advised by the IUCN), 3) not quitting monitoring of a species, especially if it is a potential umbrella species, 4) recording update (presence or absence of species), 5) gathering the data on the context, like size of the forest isle and continuity of forest cover.

Adres autorów:

Kamil Kędra<sup>1</sup>, Anna Gazda<sup>2</sup>

Zakład Bioróżnorodności Leśnej, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział Leśny,

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja

al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

1) e-mail: k.kedra@ur.krakow.pl

2) e-mail: rlgazda@cyf-kr.edu.pl