

## **ZAŁĄCZNIK 2a**

### **Autoreferat, opis dorobku i osiągnięć naukowych**

*Dr inż. Rafał Ogórek*

*Zakład Genetyki*

*Instytut Genetyki i Mikrobiologii*

*Uniwersytet Wrocławski*

**Wrocław, 2018**

## 1. Wnioskodawca

Dr inż. Rafał Ogórek

Zakład Genetyki, Instytut Genetyki i Mikrobiologii,

Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski

ul. Przybyszewskiego 63/77

51-148 Wrocław

e-mail: rafal.ogorek@uwr.edu.pl

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej

- 15.02.2006 r., inż. Biotechnologii, egzamin inżynierski, Wydział Nauk o Żywności (obecnie Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności), Akademia Rolnicza we Wrocławiu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu);
- 30.06.2008 r., mgr inż. Technologii Żywności i Żywienia Człowieka, tytuł pracy: „Przebieg dojrzewania i jakość serów wyprodukowanych z mleka o zmodyfikowanym składzie kwasów tłuszczowych”, Wydział Nauk o Żywności (obecnie Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności), Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, praca zrealizowana pod kierunkiem dr inż. Marka Szoltyśnika w Katedrze Technologii Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością;
- 03.10.2008 r., mgr inż. Biotechnologii, tytuł pracy: „Zastosowanie metody SPME w ocenie przebiegu biotransformacji substancji lotnych”, Wydział Nauk o Żywności (obecnie Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności), Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, praca zrealizowana pod kierunkiem dr inż. Bogdana Jarosza w Katedrze Chemii;
- 20.02.2009 r., inż. Rolnictwa, egzamin inżynierski, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu;
- 19.06.2011 r., Absolwent studiów podyplomowych „Nauczyciel przedmiotów zawodowych w zakresie organizacji usług gastronomicznych i hotelarstwa oraz architektury krajobrazu”, tytuł pracy: „Trójwymiarowy model kształcenia w ujęciu dynamicznym na przykładzie lekcji na temat: Kulinarne zastosowanie grzybów”, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, praca zrealizowana pod kierunkiem dr inż. Ewy Piotrowskiej w Katedrze Żywienia Człowieka;
- 19.05.2015 r., doktor nauk rolniczych w dyscyplinie agronomia, specjalność: fitopatologia, mykologia i biologia molekularna, tytuł pracy: „Analiza zmienności

oraz cech biotycznych *Epicoccum nigrum* Link”, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, praca wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Krzysztofa Matkowskiego, prof. nadzw. (Zakład Fitopatologii i Mykologii), recenzenci: prof. dr hab. Piotr Łakomy (Katedra Fitopatologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu), dr hab. Jacek Piszczek, prof. nadzw. (Instytut Ochrony Roślin - Państwowy Instytut Badawczy).

### **3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

➤ od 01.10.2015 r., adiunkt, Zakład Genetyki, Instytut Genetyki i Mikrobiologii, Uniwersytet Wrocławski

### **4. Opis osiągnięcia naukowego będącego podstawą do złożenia wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego**

Zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) przedkładam osiągnięcie naukowe pt.:

#### **Ocena różnorodności gatunkowej grzybów mikroskopijnych występujących w wybranych jaskiniach**

##### **Karpat Zachodnich (Słowacja)**

Osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego stanowi monotematyczny cykl sześciu oryginalnych prac naukowych, przedstawiających wyniki innowacyjnych i interdyscyplinarnych badań z zakresu mykologii, speleologii, aerobiologii, biologii molekularnej, bezpieczeństwa biologicznego, fizjologii grzybów i geomykologii. Prezentowane prace stanowią pierwszą kompleksową ocenę jakościową i ilościową hodowlanych grzybów mikroskopijnych (*micromycetes*) występujących w 4 jaskiniach zlokalizowanych w Karpatach Zachodnich (Słowacja), które są udostępnione dla turystów. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w latach 2016-2017, w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR). Dwie prace zostały wydane w Journal of Cave and Karst Studies (ISSN: 1090-6924), które jest oficjalnym czasopismem National Speleological Society poświęconym multidyscyplinarnym badaniom jaskiń i zjawisk krasowych. Jedna praca została opublikowana w Geomicrobiology Journal (ISSN: 0149-0451), które jest jednym z wiodących czasopism w zakresie geomikrobiologii i biogeochemii drobnoustrojów

(wydawca Taylor & Francis). Kolejne 3 prace zostały wydane odpowiednio w *Microbial Ecology* (ISSN: 0095-3628), *Extremophiles* (ISSN: 1431-0651) i *Aerobiologia* (ISSN: 0393-5965), które są flagowymi czasopismami wydawnictwa Springer w obszarze mikrobiologii, aerobiologii, biologii i ekologii drobnoustrojów. Ich celem jest publikowanie wyników wysokiej jakości badań mogących być przedmiotem zainteresowania specjalistów z szeroko rozumianego zakresu nauk biologicznych, medycznych i nauk o zdrowiu. We wszystkich artykułach jestem pierwszym i korespondencyjnym autorem, a mój wkład w powstawanie poszczególnych prac wynosi od 60 do 100%.

#### **Wykaz sześciu monotematycznych oryginalnych prac naukowych wchodzących w skład zgłoszonego osiągnięcia naukowego:**

➤ **Ogórek R.** 2017. Fungal communities on rock surfaces in Demänovská Ice Cave and Demänovská Cave of Liberty (Slovakia). *Geomicrobiology Journal*, doi: 10.1080/01490451.2017.1348409 (25 pkt.; IF = **1,485**; IF<sub>5-letni</sub> = **1,710**)

➤ **Ogórek R.**, Kozak B., Višňovská Z., Tančinová D. 2017. Phenotypic and genotypic diversity of airborne fungal spores in Demänovská Ice Cave (Low Tatras, Slovakia). *Aerobiologia*, doi: 10.1007/s10453-017-9491-5 (25 pkt.; IF = **2,202**; IF<sub>5-letni</sub> = **1,565**)

*(udział własny 75%, wkład w autorstwo: koncepcja i projekt badań, badania terenowe związane z pobieraniem próbek, analiza mykologiczna, autor zdjęć makro- i mikroskopowych kultur grzybowych, identyfikacja fenotypowa i molekularna kultur grzybowych, opracowanie i interpretacja wyników, opracowanie manuskryptu, autor korespondencyjny)*

➤ **Ogórek R.**, Dyląg M., Kozak B. 2016. Dark stains on rock surfaces in Driny Cave (Little Carpathian Mountains, Slovakia). *Extremophiles*, 20(5): 641–652, doi: 10.1007/s00792-016-0853-7 (25 pkt.; IF = **2,306**; IF<sub>5-letni</sub> = **2,357**)

*(udział własny 85%, wkład w autorstwo: koncepcja i projekt badań, badania terenowe, pobieranie próbek, analiza mykologiczna, identyfikacja fenotypowa i molekularna, dodatkowe badania laboratoryjne związane z charakterystyką badanej kultury grzybowej, opracowanie i interpretacja wyników, autor zdjęć zamieszczonych w artykule, opracowanie manuskryptu, autor korespondencyjny)*

➤ **Ogórek R.**, Dyląg M., Višňovská Z., Tančinová D., Zalewski D. 2016. Speleomycology of air and rock surfaces in Driny Cave (Lesser Carpathians, Slovakia). *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(2): 119–127, doi: 10.4311/2015MB0128 (15 pkt.; IF = **0,857**; IF<sub>5-letni</sub> = **1,318**)

*(udział własny 65%, wkład w autorstwo: koncepcja i projekt badań, badania terenowe związane z pomiarem warunków mikroklimatycznych i pobieraniem próbek powietrza oraz wymazów z powierzchni skał do analizy mykologicznej, analiza mykologiczna, opracowanie i interpretacja wyników, opracowanie manuskryptu, autor korespondencyjny)*

- **Ogórek R.**, Dylağ M., Kozak B., Višňovská Z., Tančinová D., Lejman A. 2016. Fungi isolated and quantified from bat guano and air in Harmanecká and Driny Caves (Slovakia). *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(1): 41–49, doi: 10.4311/2015MB0108 (15 pkt.; IF = **0,857**; IF<sub>5-letni</sub> = **1,318**)

*(udział własny 60%, wkład w autorstwo: koncepcja i projekt badań, badania terenowe związane z pobieraniem próbek, analiza mykologiczna, identyfikacja gatunkowa kultur grzybowych, opracowanie i interpretacja wyników, autor zdjęć zamieszczonych w artykule, opracowanie szaty graficznej, opracowanie manuskryptu, autor korespondencyjny)*

- **Ogórek R.**, Višňovská Z., Tančinová D. 2016. Mycobiota of underground habitats: case study of Harmanecká Cave in Slovakia. *Microbial Ecology*, 71(1): 87–99, doi: 10.1007/s00248-015-0686-4 (35 pkt.; IF = **3,232**; IF<sub>5-letni</sub> = **3,752**)

*(udział własny 90%, wkład w autorstwo: koncepcja i projekt badań, badania terenowe związane z pomiarem warunków mikroklimatycznych i pobieraniem próbek powietrza, wody i wymazów z powierzchni skał do analizy mykologicznej, analiza mykologiczna, identyfikacja gatunkowa grzybów, opracowanie i interpretacja wyników, opracowanie szaty graficznej, opracowanie manuskryptu, autor korespondencyjny)*

Oświadczenia współautorów dotyczące ich wkładu w powstanie poszczególnych publikacji umieszczono w załączniku 5.

#### **Sumaryczne parametry prac wchodzących w skład zgłoszonego osiągnięcia naukowego:**

- Łączny *impact factor* zgodnie z rokiem opublikowania lub najbliższą dostępną wartością: **10,939**
- Łączny 5-letni *impact factor* podany w 2016 roku: **12,020**
- Suma punktów zgodnie z wykazem MNiSW: **140 pkt**

### **Omówienie celu naukowego w/w prac oraz osiągniętych wyników**

#### **Wprowadzenie**

Jaskinie oraz inne heterotroficzne ekosystemy podziemne są jednymi z bardziej nieprzyjaznych miejsc dla rozwoju i funkcjonowania mikroorganizmów, w szczególności dla grzybów. Głównie z powodu panującej niskiej temperatury i małej dostępności materii organicznej w tego typu obiektach [Poulson i White 1969]. W konsekwencji grzyby występują w ekosystemach podziemnych głównie we frakcji biologicznej powietrza, a bardzo rzadko obserwuje się ich aktywny wzrost w postaci nalotu na osadach i powierzchniach skalnych [Martin-Sanchez i in. 2012; Nováková 2009; Pusz i in. 2014, 2015].

W ekosystemach podziemnych grzyby głównie pełnią rolę destruentów, ale mogą być także źródłem pokarmu, m.in. dla stawonogów oraz przyczyniać się do biodegradacji skał,

powodować niszczenie historycznych malowideł naściennych lub innych pamiątek historycznych, jak również w pewnych sytuacjach mogą stwarzać zagrożenie biologiczne dla ludzi i zwierząt [Barton i Northup 2007; Saiz-Jimenez i in. 2012; Kokurewicz i in. 2016]. Szczególnie aspekt bezpieczeństwa biologicznego obiektów podziemnych wydaje się być istotny w kontekście globalnego ocieplenia, którego skutki zauważalne są już także w tego typu ekosystemach [Domínguez-Villar i in. 2015].

Czynniki antropogeniczne, wzrost temperatury oraz obecność nietoperzy w obiektach podziemnych mogą przyczyniać się do zmian jakościowych i ilościowych społeczności grzybowych zasiedlających te ekosystemy [Domínguez-Villar i in. 2015; Rdzanek i in. 2015; Kokurewicz i in. 2016]. Szczególnie jest to ważne dla obiektów podziemnych udostępnionych dla turystów i/lub wykorzystywanych przez nietoperze do hibernacji. W ciągu ostatnich kilku lat pojawił się nowy patogen grzybowy (*Pseudogymnoascus destructans*) infekujący nietoperze w podziemnych zimowiskach. Gatunek ten wywołuje u nietoperzy chorobę zwaną syndromem białego nosa (WNS, ang. *white-nose syndrome*), która dziesiątkuje te małe ssaki głównie na obszarze USA i Kanady [Blehert i in. 2009]. Jedną z kilku hipotez zakłada, że pojawienie się w podziemiach tego gatunku związane jest z globalnym ociepleniem. Choć obecne nie potwierdzono tej zależności [Verant i in. 2012; Hayman i in. 2016].

Stres środowiskowy jest jednym z głównych czynników determinującym ewolucję, dlatego grzyby mogące tolerować i/lub przystosować się do niekorzystnych warunków życia w podziemiach są zwykle gatunkami ekstremofilnymi [Rampelotto 2013]. Bardzo często takie gatunki wykazują duży potencjał do wydzielania różnych związków biologicznie aktywnych, które mogą być wykorzystane w przemyśle [Barton i Northup 2007]. Z drugiej strony, niektóre związki wydzielane przez grzyby do środowiska, m.in. kwasy i związki chelatujące metale prowadzą do powolnej biodegradacji skał [Gadd 2010; Chlebicki i Wilczek 2012]. Co więcej, grzyby w porównaniu z bakteriami, charakteryzują się większymi uzdolnieniami do degradacji skał i minerałów oraz mogą prowadzić te procesy przy wyższych wartościach pH [Burford i in. 2003; Chlebicki 2007]. Niektóre gatunki grzybów mogą wydzielać również do środowiska mykotoksyny, które stwarzają zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt [Zain 2011].

Naturalne i sztuczne ekosystemy podziemne są głównie miejscem bytowania grzybów workowych (*Ascomycota*). Szacuje się, że gatunki należące do tej gromady stanowią około 69% wszystkich grzybów izolowanych z obiektów podziemnych. Kolejne grupy tworzą grzyby zaliczane do *Basidiomycota* (20,0%), *Zygomycota* (6,6%), *Mycetozoa* (2,6%), *Oomycota* (1,0%) i 0,8% pozostałe [Vanderwolf i in. 2013]. Zwykle w okresie letnim

w obiektach podziemnych dominują grzyby zaliczane do rodzaju *Cladosporium*, a podczas zimy z rodzaju *Penicillium* [Pusz i in. 2015; Ogórek i in. 2014, 2017].

Podsumowując można z pewnością stwierdzić, że badania mykologiczne ekosystemów podziemnych cechują się dużą interdyscyplinarnością, ponieważ mogą łączyć w sobie wiedzę z wielu dziedzin naukowych, m.in. z szeroko pojętej biologii, z nauk o ziemi, jak również z nauk o zdrowiu [Pusz i in. 2014; Ogórek i Lejman 2015]. W celu odróżnienia klasycznych badań z zakresu ogólnie pojętej mykologii środowiskowej od tych związanych *stricto* z eksploracją i oceną mykologiczną ekosystemów podziemnych, wprowadzono do literatury naukowej w 2014 roku termin „speleomykologia” [Pusz i in. 2014]. Choć należy podkreślić, że przyczynkowe prace naukowe z zakresu badań mykologicznych ekosystemów podziemnych sięgają nawet lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia [Brashear in. 1966; Balabanoff 1967]. Mimo to wydaje się, że badania mykologiczne obiektów podziemnych nadal powinny być kontynuowane, szczególnie w kontekście zmian klimatycznych [Domínguez-Villar i in. 2015].

**Zasadniczym powodem przeprowadzenia badań**, których wyniki prezentowane są w ramach niniejszego osiągnięcia habilitacyjnego, był brak doniesień naukowych na temat grzybów mikroskopijnych zasiedlających Demianowską jaskinię Wolności (słow. *Demänovská jaskyňa slobody*), Demianowską jaskinię Lodową (słow. *Demänovská ľadová jaskyňa*), jaskinię Driny (słow. *jaskyňa Driny*) i jaskinię Harmanecką (słow. *jaskyňa Harmanecká*).

Obie jaskinie Demianowskie znajdują się na północnej stronie Tatr Niskich (słow. *Nízke Tatry*), jaskinia Driny ulokowana jest w Małych Karpatach (słow. *Malé Karpaty*), a jaskinia Harmanecka w południowej części pasma Wielkiej Fatry (słow. *Veľká Fatra*) [Bella 2003; Marušin 2003]. Wszystkie obiekty powstały w skałach wapiennych i zaliczane są do ważniejszych zimowisk nietoperzy na Słowacji [Lehotská i Lehotský 2009]. Największym zainteresowaniem turystycznym cieszy się Demianowska jaskinia Wolności, którą w latach 1970-2014 zwiedziło 7 237 251 osób. W tym samym okresie, najmniej turystów odwiedziło jaskinię Harmanecką (ok. 977 350 osób) [Nudziková 2014].

## **Hipoteza badawcza i cele badań**

Działalność człowieka oraz obecność nietoperzy w ekosystemach podziemnych mogą przyczyniać się do zwiększenia liczebności grzybów mikroskopijnych i pojawienia się nowych gatunków w tego typu obiektach, w tym tych patogennych. Szczególnie jest to istotne w kontekście globalnego ocieplenia.

Głównym celem moich badań była ocena mykologiczna udostępnionych dla turystów 4 jaskiń zlokalizowanych w Karpatach Zachodnich (Słowacja) poprzez określenie liczebności i składów gatunkowych hodowlanych grzybów mikroskopijnych w powietrzu, zbiornikach wodnych, odchodach nietoperzy i na powierzchniach skalnych występujących w tych obiektach. Dodatkowo chciałem sprawdzić:

- czy jakość mykologiczna powietrza wewnątrz badanych obiektów podziemnych nie stwarza zagrożenia dla zdrowia pracowników i turystów,
- wpływ temperatury i wilgotności powietrza na koncentracje grzybów w powietrzu,
- czy grzyby występujące na powierzchni skał badanych obiektów podziemnych mogą hipotetycznie przyczynić się do ich biodegradacji.

### **Omówienie przeprowadzonych badań**

Tematyka poruszana w artykułach prezentowanych w ramach osiągnięcia habilitacyjnego jest kontynuacją współpracy z jednostkami naukowymi ze Słowacji, którą rozpocząłem pod koniec studiów doktoranckich na Wydziale Przyrodniczo-Technologicznym UP we Wrocławiu. Dzięki stypendium uzyskanemu z Polsko-Słowackiego Funduszu Stypendialnego, przyznanego przez Fundację Edukacji Międzynarodowej pod patronatem Konsula Honorowego Republiki Słowackiej we Wrocławiu i za poparciem Ambasadora Republiki Słowackiej w Polsce, odbyłem 4 miesięczny staż naukowy w Katedrze Mikrobiologii Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze. Podczas stażu nawiązałem współpracę naukową z Działem Badań i Monitoringu Zarządu Jaskiń Słowackich, której efektem było wykonanie badań terenowych i zebranie materiału biologicznego z jaskiń do badań laboratoryjnych. Następnie w głównej mierze dzięki uzyskaniu dwóch grantów naukowych dla młodych naukowców i uczestników studiów doktoranckich finansowanych z dotacji celowej MNiSW na Wydziale Nauk Biologicznych UWr (już po uzyskaniu stopnia doktora i zatrudnieniu na stanowisku adiunkta w Zakładzie Genetyki) mogłem kontynuować pracę nad zebraniem materiałem biologicznym. Efektem tych badań są wyniki prezentowane w ramach osiągnięcia habilitacyjnego, które są innowacyjne i interdyscyplinarne oraz poszerzają wiedzę na temat hodowlanych grzybów mikroskopijnych zasiedlających naturalne ekosystemy podziemne. Należy zaznaczyć, że wyniki te są także użyteczne dla społeczeństwa, m.in. dzięki ocenie ewentualnego ryzyka biologicznego związanego z występowaniem grzybów mikroskopijnych w powietrzu, czyli posiadają aspekt praktyczny. Ponadto prace zgłoszone, jako dzieło naukowe pomimo niedawnego wydania zaczynają być doceniane w środowisku naukowym, o czym świadczą ich cytowania. Jednocześnie pragnę



zaznaczyć, że tematyka, jak i zakres tych badań nie pokrywa się w żadnym stopniu z badaniami prowadzonymi w ramach mojej pracy doktorskiej pt. „Analiza zmienności oraz cech biotycznych *Epicoccum nigrum* Link”, w której pracowałem na izolatach uzyskanych z roślin uprawnych. Ponadto wyniki na podstawie, których powstała moja prac doktorska nie zostały jeszcze opublikowane w czasopismach naukowych, jaki i popularnonaukowych.

#### **A. Ocena jakości mykologicznej powietrza w Demianowskiej jaskini Lodowej oraz w jaskiniach Driny i Harmaneckiej**

- 
- A1. Ogórek R., Kozak B., Višňovská Z., Tančinová D. 2017. Phenotypic and genotypic diversity of airborne fungal spores in Demänovská Ice Cave (Low Tatras, Slovakia). *Aerobiologia*, doi: 10.1007/s10453-017-9491-5
  - A2. Ogórek R., Dylağ M., Višňovská Z., Tančinová D., Zalewski D. 2016. Speleomycology of air and rock surfaces in Driny Cave (Lesser Carpathians, Slovakia). *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(2): 119–127, doi: 10.4311/2015MB0128
  - A3. Ogórek R., Višňovská Z., Tančinová D. 2016. Mycobiota of underground habitats: case study of Harmanecka Cave in Slovakia. *Microbial Ecology*, 71(1): 87–99, doi: 10.1007/s00248-015-0686-4
- 

Należy podkreślić, że bioaerazol może stanowić nawet połowę rozproszonych w powietrzu cząsteczek, a grzyby mikroskopijne stanowią jeden z głównych jego składników [Srikanth i in. 2008]. Cząsteczki biologiczne wraz z powietrzem dostają się z każdym oddechem do płuc, a zarodniki grzybowe mogą przenikać nawet do oskrzeli, przyczyniając się m.in. do alergicznych chorób układu oddechowego [Pekkanen in. 2007].

Badania terenowe przeprowadziłem w okresie czerwca (Demianowska jaskinia Lodowa) i lipca (jaskinie Driny i Harmanecka), ponieważ grzyby mikroskopijne w powietrzu obiektów podziemnych występują najliczniej w tych terminach [Wang i in. 2010]. Materiał biologiczny z powietrza pozyskałem do badań wykorzystując metodę zderzeniową z użyciem próbnika powietrza [art. A1, A2, A3]. Pozwala ona w sposób czynny pobrać mikroorganizmy z powietrza oraz w porównaniu do technik biernych posiada wiele zalet, m.in. ogranicza efekt masy cząstek na ich sedimentacje oraz skraca czas próbkowania [Ogórek i Lejman 2015]. Do inkubacji próbek użyłem temperatur (20 i 25 °C), w których rośnie większość grzybów [Marshall i in. 1998]. Dodatkowo w przypadku jaskiń Driny i Harmaneckiej zastosowałem inkubacje w 15 °C, szczególnie względem psychrofilnego *P. destructans* (Pd). Optymalna temperatura wzrostu dla Pd wynosi od 12,5 do 15,8 °C, a powyżej 19 °C, czasem 19,8 °C, nie wykazuje wzrostu [Verant i in. 2012].

Stężenie zarodników grzybowych w powietrzu jest istotnym czynnikiem bezpieczeństwa biologicznego, ponieważ zbyt wysoki ich poziom może wywierać negatywny wpływ na stan zdrowia ludzi i zwierząt [WHO 1990; Choi i in. 1999].

Obecnie nie ma oficjalnych norm jakości mykologicznej powietrza odnoszących się *stricto* do obiektów podziemnych, ale istnieją takie wymogi względem powietrza wewnątrz budynków. Dlatego mogłem stwierdzić, że jakość mykologiczna powietrza wewnątrz badanych jaskiń nie stwarzała zagrożenia dla zdrowia ludzi z nieupośledzonym układem odpornościowym zgodnie z polską normą oraz wymogami Amerykańskiego Stowarzyszenia Higieny Przemysłowej (AIHA, ang. *American Industrial Hygiene Association*) i Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, ang. *World Health Organization*). Najbardziej rygorystyczna norma spośród nich stanowi, że stężenie grzybów w powietrzu nie powinno być wyższe niż 1000 jednostek tworzących kolonie w 1 m<sup>3</sup> powietrza (CFU · m<sup>-3</sup>, ang. *colony-forming unit*) [PN-89/Z-04111/03 1983; WHO 1990; Choi i in. 1999]. Podczas moich badań, wartości stężeń zarodników wewnątrz wszystkich jaskiń nie przekroczyły 273 CFU · m<sup>-3</sup>.

Wyniki moich badań są pierwszymi doniesieniami na temat liczebności grzybów występujących w powietrzu jaskiń na terenie Słowacji [art. A1, A2, A3]. Obecnie w literaturze są tylko i wyłącznie doniesienia na temat gatunków występujących w naturalnych ekosystemach podziemnych na terenie Słowacji, ale dotyczą one innych obiektów niż te, które ja eksplorowałem [Nováková 2005, 2009; Kováč i in. 2014]. Biorąc pod uwagę wyniki badań aeromykologicznych jaskiń z terenu Polski, mogę stwierdzić, że liczebności grzybów jakie wykryłem w jaskiniach słowackich są na podobnych poziomach [Ogórek i in. 2013; Pusz i in. 2015]. Natomiast są znacznie niższe w porównaniu do sztucznych obiektów podziemnych, np. czynnej kopalni węgla kamiennego w Polsce [Rdzanek i in. 2015].

W sumie wyizolowałem 32 różne gatunki grzybów z próbek powietrza pobranych podczas badań jaskiń na Słowacji. W powietrzu Demianowskiej jaskini Lodowej wykryłem 18 z nich i po 15 gatunków w przypadku pozostałych dwóch jaskiń. Różnorodność gatunkowa grzybów wewnątrz wszystkich jaskiń była większa niż na zewnątrz nich. Jednakże stężenie zarodników w powietrzu na zewnątrz obiektów było wyższe niż wewnątrz nich [art. A1, A2, A3]. Wyniki te są zgodne z doniesieniami na temat badań aeromykologicznych obiektów podziemnych w okresie letnim [Pusz i in. 2014, 2015].

Większość gatunków grzybów, które uzyskałem podczas badań powszechnie występują w ekosystemach podziemnych [Nováková 2009; Vanderwolf i in. 2013]. Jednakże gatunki, takie jak *Alternaria abundans*, *Arthrinium kogelbergense*, *Cryptococcus curvatus*, *Discosia* sp., *Fomes fomentarius*, *Microdochium seminicola*, *Trametes hirsuta* (Demianowska jaskinia Lodowa) i *Penicillium lanosocoeruleum* (jaskinia Harmanecka) zostały po raz pierwszy wykryte w obiektach podziemnych, szczególnie biorąc

pod uwagę powietrze [art. A1, A3]. Występowanie *F. fomentarius* i *T. hirsuta* odnotowano już na elementach drewnianych obudów w sztolniach (Chorwacja, Rumunia i Słowenia), a *P. lanosocoeruleum* w osadach/glebie sztolni we Włoszech [Vanderwolf i in. 2013].

Według doniesień literaturowych wśród wszystkich grzybów, gatunki należące do rodzaju *Penicillium* występują najczęściej w powietrzu ekosystemów podziemnych [Nováková 2009; Vanderwolf i in. 2013; Ogórek i in. 2017]. Potwierdzają to także wyniki moich badań, w których 8 na wspomniane 32 gatunki, stanowiły grzyby z tego rodzaju [art. A1, A2, A3]. Niemniej jednak gatunkiem dominującym pod względem stężenia zarodników w powietrzu wewnątrz Demianowskiej jaskini Lodowej był *T. hirsuta*, w przypadku jaskini Driny był *C. cladosporioides*, z kolei w jaskini Harmaneckiej był *P. urticae*. Na zewnątrz Demianowskiej jaskini Lodowej najliczniej występował *C. herbarum*, a w pozostałych dwóch obiektach *C. cladosporioides* [art. A1, A2, A3].

Wyniki badań aeromykologicznych w różnych regionach Europy, jak i wewnątrz niektórych obiektów podziemnych pokazują, że zarodniki *Cladosporium* są jednymi z najczęściej występujących [Larsen i Gravesen 1991; Stępańska i in. 1999; Pusz i in. 2014]. Ich maksymalne stężenie sięgające nawet 80% wszystkich rozproszonych w powietrzu zarodników grzybowych, osiągane jest w okresie od czerwca do września [D'Amato i Spieksma 1995]. Należy podkreślić, że zarodniki *Cladosporium* mogą wywoływać alergię zależną od IgE u osób uczulonych i mogą być przyczyną alergicznego nieżytu nosa, astmy lub alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych [Horner i in. 1995; Rapiejko i in. 2004]. Szacuje się, że około 2800 zarodników *Cladosporium* w 1 m<sup>3</sup> powietrza jest potrzebnych do wywołania objawów chorób alergicznych układu oddechowego u większości osób z nadwrażliwością na te alergeny [Rapiejko i in. 2004]. Przebywanie w jaskiniach słowackich nie wiąże się więc z ryzykiem wystąpienia alergii u ludzi, gdyż wykryłem w powietrzu tych obiektów maksymalnie 178,2 zarodników *Cladosporium* w 1 m<sup>3</sup> [art. A1, A2, A3].

Ciekawy jest fakt występowania *T. hirsuta* (Wrośniak szorstki) w powietrzu Demianowskiej jaskini Lodowej, jako gatunku dominującego. Jest to typowy grzyb nadrzewny, który powszechnie występuje na drzewach liściastych, a rzadziej na iglastych [Kuhad i in. 1997]. Prawdopodobnie jednym z powodów pojawienia się dużej ilości zarodników *T. hirsuta* w jaskini był jego wzrost na drewnianych pniach zdeponowanych przez ludzi w jaskini (np. podczas tworzenia trasy turystycznej) lub zarodniki tego grzyba zostały naniesione przez prądy powietrza ze środowiska zewnętrznego.

## **B. Określenie wpływu temperatury i wilgotności powietrza na liczebności grzybów mikroskopijnych występujących w powietrzu obiektów podziemnych**

- 
- B1. Ogórek R., Dyląg M., Višňovská Z., Tančinová D., Zalewski D. 2016. Speleomycology of air and rock surfaces in Driny Cave (Lesser Carpathians, Slovakia). *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(2): 119–127, doi: 10.4311/2015MB0128
- B2. Ogórek R., Višňovská Z., Tančinová D. 2016. Mycobiota of underground habitats: case study of Harmanecká Cave in Slovakia. *Microbial Ecology*, 71(1): 87–99, doi: 10.1007/s00248-015-0686-4
- 

Do głównych czynników wpływających na występowanie grzybów w powietrzu zalicza się temperaturę, wilgotność, promieniowanie ultrafioletowe, ciśnienie i zanieczyszczenia atmosferyczne [Niazi i in. 2015]. Biorąc pod uwagę specyficzność obiektów podziemnych zdecydowałem się skupić w swoich badaniach na temperaturze i wilgotności powietrza.

Wartości temperatur i wilgotności powietrza, które uzyskałem podczas badań w jaskiniach Driny i Harmaneckiej nie różniły się znacznie od tych odnotowanych dla innych obiektów podziemnych w okresie letnim [Ogórek i in. 2014; Pusz i in. 2014]. Temperatura powietrza na zewnątrz jaskiń była wyższa niż wewnątrz nich, podobnie było ze stężeniem zarodników w powietrzu. W przypadku wilgotności powietrza tendencja była odwrotna [art. B1, B2]. Zgodne jest to z wcześniejszymi wynikami moich badań, które przeprowadziłem w sztolniach wchodzących w skład kompleksu „Riese” w Polsce [Ogórek i in. 2014; Ogórek i Lejman 2015]. Jednakże uważam, że temperatura i wilgotność powietrza nie są głównymi i decydującymi czynnikami wpływającymi na liczebności grzybów w ekosystemach podziemnych, co udowodniłem także podczas wcześniejszych badań. Wykazałem w nich, że liczebności grzybów w tego typu obiektach są ściśle związane z porą roku, środowiskiem zewnętrznym, prądami powietrza, czynnikami antropogenicznymi oraz obecnością nietoperzy [Ogórek i in. 2014, 2017; Kokurewicz i in. 2016].

## **C. Ocena składu gatunkowego i liczebności grzybów zasiedlających powierzchnie skalne w Demianowskich jaskiniach Lodowej i Wolności oraz w jaskiniach Driny i Harmaneckiej**

- 
- C1. Ogórek R. 2017. Fungal communities on rock surfaces in Demänovská Ice Cave and Demänovská Cave of Liberty (Slovakia). *Geomicrobiology Journal*, doi: 10.1080/01490451.2017.1348409
- C2. Ogórek R., Dyląg M., Višňovská Z., Tančinová D., Zalewski D. 2016. Speleomycology of air and rock surfaces in Driny Cave (Lesser Carpathians, Slovakia). *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(2): 119–127, doi: 10.4311/2015MB0128
- C3. Ogórek R., Višňovská Z., Tančinová D. 2016. Mycobiota of underground habitats: case study of Harmanecká Cave in Slovakia. *Microbial Ecology*, 71(1): 87–99, doi: 10.1007/s00248-015-0686-4
-

Grzyby pełnią ważną rolę w biotransformacji i cyklu biogeochemicznym pierwiastków w biosferze oraz mogą powodować wietrzenie minerałów i skał [Northup i Lavoie 2001; Gadd 2010]. W celu podkreślenia rangi grzybów i odróżnienia wyżej wymienionych procesów powodowanych przez nie, od tych prowadzonych przez bakterie, wprowadzono na początku obecnego stulecia pojęcie „geomykologia” [Burford i in. 2003; Gadd 2010]. Grzyby mogą zasiedlać skały i inne materiały mineralne, jako mikroorganizmy epi- i endolityczne (chasmaendolity, kryptoendolity i euendolity) [Chlebicki 2007]. Jednakże głównie występują na odsłoniętych skalnych powierzchniach w symbiozie z algami i/lub cyjanobakteriami w postaci porostów [Honegger 1991].

W trakcie badań terenowych, wymazy z powierzchni skalnych pobrałem z wnętrza jaskiń Demianowskich i Harmaneckiej, a w przypadku jaskini Driny także ze skał znajdujących się na zewnątrz obiektu. Najwięcej grzybów pod względem liczebności wyhodowałem z wymazów pobranych w Demianowskiej jaskini Lodowej, a najmniej w jaskini Harmaneckiej [art. C1, C2, C3]. W przypadku jaskini Driny stwierdziłem, że skały na zewnątrz niej zasiedlane były przez większą liczbę grzybów epilitycznych niż skały znajdujące się wewnątrz obiektu [art. C2]. Liczebności grzybów, które uzyskałem podczas badań są porównywalne lub nieco wyższe od tych uzyskanych w innych ekosystemach podziemnych w okresie letnim [Ogórek i in. 2013, 2014; Pusz i in. 2014, 2015].

Według danych literaturowych skład gatunkowy grzybów mikroskopijnych zasiedlających powierzchnie skalne w dużej mierze zależy od rodzaju skały. Wapiennie są zasiedlane przez gatunki należących do rodzajów: *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Monilia* i *Penicillium* [Burford i in. 2003]. Wyniki moich badań pokazują, że na powierzchni skał wapiennych mogą występować także inne rodzaje grzybów. W sumie podczas swoich badań wyhodowałem 26 różnych gatunków należących do 17 rodzajów. Zauważyłem także różnice w składzie gatunkowym między obiektami [art. C1, C2, C3]. Zatem bioróżnorodność grzybów epilitycznych zasiedlających skały nie zależy tylko od ich typu.

Najwięcej gatunków wyizolowałem z próbek uzyskanych podczas badań jaskiń Demianowskich, a najmniej z jaskini Harmaneckiej [art. C1, C2, C3]. Gatunki kosmopolityczne, zdolne do wytwarzania dużej liczby zarodników konidialnych i do życia w siedliskach oligotroficznych, występowały najliczniej w Demianowskiej jaskini Wolności (*C. cladosporioides*) i Demianowskiej jaskini Lodowej (*Aspergillus flavus*) oraz w jaskini Driny (*Penicillium chrysogenum*). Wyjątek stanowiła jaskinia Harmaneckia, w której dominował *Gliocladium roseum* [art. C1, C2, C3]. Prawdopodobnie w głównej

mierze zarodniki tych grzybów zostały naniesione przez prądy powietrza na powierzchnie skalne do wnętrza jaskiń ze środowiska zewnętrznego. Niemniej jednak niektóre z tych gatunków, szczególnie te z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*, są zdolne do biomechanicznej i biochemicznej biodegradacji skał [Sterflinger 2000; Northup i Lavoie 2001; Chlebicki 2007].

Większość gatunków grzybów, które uzyskałem podczas badań powszechnie występują na powierzchniach skalnych w ekosystemach podziemnych [Sterflinger 2000; Burford i in. 2003; Vanderwolf i in. 2013]. Jednakże gatunki takie jak *A. abundans*, *C. curvatus*, *Discosia* sp., *F. fomentarius*, *T. hirsuta* i *Trichoderma citrinoviride* zostały wykryte po raz pierwszy na skałach w obiektach podziemnych [C1].

#### D. Jakościowa i ilościowa ocena mykologiczna wody w zbiornikach wewnątrz jaskini Harmaneckiej

---

D1. Ogórek R., Višňovská Z., Tančinová D. 2016. Mycobiota of underground habitats: case study of Harmanecká Cave in Slovakia. *Microbial Ecology*, 71(1): 87–99, doi: 10.1007/s00248-015-0686-4

---

Grzyby powszechnie występują także w ekosystemach wodnych, przyczyniają się w nich do przepływu energii poprzez utylizację i biodegradację materii organicznej, jak również syntezę substancji organicznej i biologicznie czynnych związków [Khulbe 1991; Dudgeon i in. 2006]. W literaturze istnieje tylko kilka doniesień na temat oceny mykologicznej wód w zbiornikach stojących i płynących w obiektach podziemnych, ale nie dotyczą one ekosystemów na Słowacji [Vanderwolf i in. 2013; Ogórek i in. 2017; Pusz i in. 2017]. Moje badania w jaskini Harmaneckiej były więc pierwszymi tego typu w obiektach podziemnych na Słowacji.

Średnie stężenia grzybów, jakie wykryłem w wodzie stojącej w zbiornikach wewnątrz jaskini Harmaneckiej [art. D1] były znacznie niższe od tych, które odnotowano w sztolniach na terenie Polski – sztolnie „Hermannloch” i „Marcinków” [Ogórek i in. 2017; Pusz i in. 2017]. Najliczniej izolowanym gatunkiem w moich badaniach był *P. chrysogenum*, który jest grzybem kosmopolitycznym [art. D1]. W sztolni „Hermannloch” dominował *M. aligarensis*, a w przypadku sztolni „Marcinków” – *A. fumigatus* [Ogórek i in. 2017; Pusz i in. 2017]. Moje badania są pierwszymi doniesieniami o występowaniu *G. roseum* w zbiornikach wodnych wewnątrz obiektów podziemnych [art. D1]. Choć występowanie tego gatunku stwierdzono już wcześniej w jaskiniach i sztolniach na drewnie, ścianach, owadach oraz w glebie i w powietrzu, ale nie w wodzie [Vanderwolf i in. 2013].

## E. Jakościowa i ilościowa ocena mykologiczna odchodów nietoperzy oraz powietrza wokół nich w jaskiniach Driny i Harmaneckiej

- 
- E1. Ogórek R., Dylağ M., Kozak B., Višňovská Z., Tančinová D., Lejman A. 2016. Fungi isolated and quantified from bat guano and air in Harmanecká and Driny Caves (Slovakia). *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(1): 41–49, doi: 10.4311/2015MB0108
- 

Odchody nietoperzy prawdopodobnie należą do jednych z najważniejszych substratów dla rozwoju mikroorganizmów w ekosystemach podziemnych, w tym tych patogennych [Nováková 2009, Mulec i in. 2013]. Nietoperze w zależności od strefy klimatycznej odgrywają bardzo ważną rolę, np. zapylają rośliny, roznoszą nasiona i zwalczają owady [Vilas 2016]. Niestety, większość gatunków znajduje się w Czerwonej Księdze Gatunków Zagrożonych opublikowanej przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUCN, ang. *International Union for Conservation of Nature*), a prawie połowa z nich jest zagrożona lub prawie zagrożona wyginięciem [Mickleburgh i in. 2002]. W związku z tym monitoring i ograniczanie czynników mogących stwarzać zagrożenia dla ich życia, w tym czynników mikrobiologicznych, wydaje się być istotne.

W literaturze jest kilka doniesień na temat grzybów zasiedlających odchody nietoperzy, ale brak jest badań porównujących skład gatunkowy oraz liczebności grzybów występujących w odchodach i bioaerozolu wokół nich [Nováková 2009; Mulec i in. 2013]. Dlatego moje badania są pierwszymi tego typu. W sumie ze wszystkich próbek (powietrze, odchody) pobranych z obu jaskiń wyhodowałem 17 różnych gatunków stosując podłoże PDA i trzy temperatury inkubacji (15, 20 i 25 °C). W jaskini Harmaneckiej odnotowałem większe zróżnicowanie gatunkowe grzybów niż w jaskini Driny. Próbkę powietrza pobrane w obu jaskiniach wokół odchodów zawierały większą liczbę gatunków niż same odchody [art. E1]. Jednakże poziomy koncentracji zarodników grzybowych, które wykryłem wokół odchodów w obu jaskiniach nie przekroczyły większości norm jakości mykologicznej powietrza o których wspominałem w pkt. 4A.

Wyniki moich badań potwierdzają istniejące doniesienia, że grzyby z rodzaju *Penicillium* dominują w odchodach nietoperzy [Nováková 2009]. Generalnie *P. granulatum* (syn. *P. glandicola*) był gatunkiem, którego izolowałem najliczniej z odchodów i powietrza pobranego wokół nich. Wyjątek stanowiły odchody z jaskini Driny, w których dominował *M. hiemalis* [art. E1]. Oba gatunki powszechnie występują w wielu częściach świata i były izolowane już z ekosystemów podziemnych [Vanderwolf i in. 2013]. *M. hiemalis* może powodować m.in. grzybice skórne i podskórne u osób z grupy ryzyka [Desai i in. 2013]. Z kolei *P. granulatum* może wydzielać mykotoksyny oraz przyczyniać się do alergicznego

zapalenia pęcherzyków płucnych i przewlekłego zapalenia dróg oddechowych [Koteswara Rao i in. 2011]. Ponadto grzyby z rodzaju *Penicillium* są zdolne do kolonizacji błon lotnych u hibernujących nietoperzy [Johnson i in. 2013].

#### **F. Identyfikacja gatunkowa grzyba mikroskopijnego wykazującego aktywny wzrost w postaci ciemnego nalotu na osadach naściennych w jaskini Driny**

---

F1. Ogórek R., Dyląg M., Kozak B. 2016. Dark stains on rock surfaces in Driny Cave (Little Carpathian Mountains, Slovakia). *Extremophiles*, 20(5): 641–652, doi: 10.1007/s00792-016-0853-7

---

Doniesienia o aktywnym wzroście grzybów na powierzchniach skalnych w ekosystemach podziemnych są bardzo rzadkie i dotyczą głównie jaskini Lascaux we Francji. Białe naloty na powierzchniach skalnych w tej jaskini były spowodowane przez *Fusarium solani*. Natomiast czarne naloty zawierały kilkanaście gatunków grzybów strzępkowych oraz dwa gatunki należące do tzw. czarnych drożdży [Saiz-Jimenez i in. 2012; Martin-Sanchez i in. 2011, 2012]. W swoich badaniach, uzyskałem jeden gatunek grzyba z ciemnych nalotów naściennych w jaskini Driny, które odkryłem podczas eksploracji obiektu [art. F1]. Na podstawie wyglądu makro- i mikroskopowego, badań molekularnych oraz dodatkowych testów fizjologicznych stwierdziłem, że wyizolowaną kulturą jest *Penicillium glandicola* var. *glandicola* [art. F1].

Gatunek ten powszechnie izolowany jest ze środowiska [Nováková 2009; Vanderwolf i in. 2013]. Jednakże w literaturze istnieje tylko jedna wzmianka o aktywnym wzroście *P. glandicola* w obiektach podziemnych i dotyczy odchodów kun w jaskini Domica (Słowacja) [Nováková 2005]. Zatem wyniki moich badań są pierwszymi doniesieniami o aktywnym wzroście tego gatunku na osadach naściennych w obiektach podziemnych [art. F1].

W literaturze *P. glandicola* opisywany jest jako gatunek psychotolerancyjny, który ma optimum wzrostu w zakresie mikroorganizmów mezofilnych, ale jest w stanie rozwijać się w niskich temperaturach [Frisvad i Samson 2004]. Potwierdzają to wyniki moich badań, podczas których *P. glandicola* wykazywał wzrost w szerokim zakresie temperaturowym (od 5 do 25 °C, optimum w 20 °C). Ponadto grzyb ten był w stanie zachować żywotność swoich struktur nawet po 56 dniach inkubacji w temperaturach od -72 do 5 °C [art. F1].

Trudno jest mi jednoznacznie określić, jaką rolę pełni *P. glandicola* w ekosystemie jaskini Driny. Prawdopodobnie nie jest patogenny dla ludzi, roślin jak i zwierząt, ponieważ nie wydzieliał enzymów pektynolitycznych i keratynolitycznych oraz nie wykazywał wzrostu w 37 °C [art. F1]. Nie spełnia więc podstawowych wymogów, jakie stawia się



mikroorganizmom powodującym infekcje tkanek wewnętrznych i/lub powierzchniowych [Tomee i Kauffman 2000; Al-Fakih 2014]. Obecnie nie ma także żadnych doniesień, aby *P. glandicola* mógł przyczyniać się do biodegradacji skał [Sterflinger 2000]. Prawdopodobnie obecność tego gatunku w jaskini Driny jest związana z występowaniem nietoperzy i ich odchodów w tym obiekcie. Gdyż *P. glandicola* był jednym z najczęściej izolowanych gatunków z odchodów nietoperzy i bioaerozolu otaczającego owe odchody w trakcie badań, które wykonałem w jaskiniach Harmaneckiej i Driny [art. E1].

## Podsumowanie przeprowadzonych badań

Monitoring mykologiczny prowadzony w ekosystemach podziemnych ze szczególnym uwzględnieniem obiektów turystycznie dostępnych lub ważnych z punktu widzenia zimowisk nietoperzy jest stosunkowo nowym przedsięwzięciem. Wydaje się również, że jest on istotny w kontekście globalnego ocieplenia i pojawiania się nowych gatunków grzybów. Dlatego badania mykologiczne tego typu obiektów podziemnych powinny być regularnie przeprowadzane. Dzięki nim możliwa będzie obserwacja zmian jakościowych i ilościowych zachodzących w społecznościach grzybowych wewnątrz ekosystemów podziemnych, jak również umożliwią one zachowanie bezpieczeństwa biologicznego dla ludzi i zwierząt w tego typu obiektach. Co więcej, badania tego typu mogą przyczynić się również do lepszej ochrony samych obiektów podziemnych, m.in. powierzchni skalnych, malowideł naściennych, przed działalnością biomechaniczną i biochemiczną grzybów.

Moje badania w wielu aspektach były pierwszymi tego typu doniesieniami o grzybach mikroskopijnych występujących w jaskiniach na terenie Słowacji, jak i w ujęciu światowym. W badaniach udowodniłem, że prowadząc ocenę mykologiczną jaskiń można odkryć nowe dla ekosystemów podziemnych gatunki, jak również grzyby wykazujące wzrost nawet w warunkach chłodniczych. Świadczy to również o dużej różnorodności gatunkowej społeczności grzybowych występujących w badanych przeze mnie jaskiniach. Udowodniłem także, że odchody nietoperzy, jak i bioaerozol wokół nich, są miejscami występowania grzybów w obiektach podziemnych, w tym gatunków potencjalnie patogennych. Liczebności grzybów w powietrzu, które wykryłem podczas badań, nie stwarzały zagrożenia dla zdrowia ludzi. Jednakże istnieje prawdopodobieństwo, że jakość mykologiczna powietrza w tych obiektach może ulec pogorszeniu, dlatego ważny jest ich dalszy monitoring. Natomiast, gatunki występujące na skałach mogą przyczyniać się do ich powolnej biodegradacji.

Reasumując uważam, że moje badania dotyczące oceny różnorodności gatunkowej grzybów mikroskopijnych występujących w wybranych jaskiniach Karpat Zachodnich (Słowacja) wnoszą nową wiedzę do nauki światowej. Co więcej, stanowią zarówno metodologiczny, jak i koncepcyjny wkład w rozwój monitoringu ekosystemów podziemnych, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów udostępnionych turystycznie.

**Za najważniejsze osiągnięcia związane z opisanym powyżej nurtem badawczym, zawartym w sześciu monotematycznych oryginalnych pracach naukowych uważam:**

- wykrycie nowych gatunków grzybów dla ekosystemów podziemnych (w powietrzu, na powierzchniach skalnych i w zbiornikach wodnych),
- określenie różnorodności gatunkowej grzybów mikroskopijnych występujących w wybranych jaskiniach Karpat Zachodnich (Słowacja) dzięki ustaleniu:
  - składów gatunkowych oraz poziomów koncentracji grzybów w powietrzu Demianowskiej jaskini Lodowej oraz jaskiń Driny i Harmaneckiej,
  - składów gatunkowych oraz liczebności grzybów epilitycznych zasiedlających skały w Demianowskich jaskiniach Lodowej i Wolności oraz w jaskiniach Driny i Harmaneckiej,
  - składu gatunkowego oraz liczebności grzybów zasiedlających wodę w zbiornikach wewnątrz jaskini Harmaneckiej,
  - składów gatunkowych oraz liczebności grzybów występujących w odchodach nietoperzy i w powietrzu wokół odchodów w jaskiniach Driny i Harmaneckiej,
- pierwsze na świecie opisanie *Penicillium glandicola*, jako gatunku wykazującego aktywny wzrost na osadach naściennych w obiektach podziemnych wraz z charakterystyką tej kultury pod względem genotypowym, fenotypowym i fizjologicznym,
- poszerzenie dotychczasowej wiedzy na temat zależności między temperaturą i wilgotnością powietrza, a liczebnością zarodników grzybowych występujących w powietrzu obiektów podziemnych,
- ustalenie, że jakość mykologiczna powietrza w badanych obiektach nie stwarzała zagrożenia dla zdrowia ludzi z nieupośledzonym układem odpornościowym,
- ustalenie, że grzyby epilityczne zasiedlające skały badanych jaskiń mogą przyczyniać się do ich biodegradacji,

- wpisanie 19 grzybowych nukleotydowych sekwencji DNA (regiony ITS) do bazy danych NCBI (National Center for Biotechnology Information),
- prowadzenie pierwszych badań mykologicznych w Demianowskiej jaskini Lodowej i Demianowskiej jaskini Wolności oraz w jaskiniach Driny i Harmaneckiej.

## Bibliografia

- Al-Fakih A.A. 2014. Overview on the fungal metabolites involved in mycopathology. *Open Journal of Medical Microbiology*, 4:38–63.
- Balabanoff V.A. 1967. Etudes comparées des Dermatophytes isolés de grottes et d' étables en Bulgarie. *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 32(3): 237–248.
- Barton H.A., Northup D.E. 2007. Geomicrobiology in cave environments: past, current and future perspectives. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69(1): 163–178.
- Bella P. 2003. Slovensko – Sprístupnené Jaskyne, Liptovský Mikuláš, Grafon, s. 64.
- Bleher D.S., Hicks A.C., Behr M., Meteyer C.U., Berlowski-Zier B.M., Buckles E.L., Coleman J.T., Darling S.R., Gargas A., Niver R., Okoniewski J.C., Rudd R.J., Stone W.B. 2009. Bat white-nose syndrome: an emerging fungal pathogen? *Science*, 323: 227.
- Brashear D., Wiseman R.F., Barr Jr.T.C. 1966. A psychrophilic yeast from Mammoth Cave, Kentucky. *International Journal of Speleology*, 2(4): 403–404.
- Burford E.P., Kierans M., Gadd G.M. 2003. Geomycology: fungi in mineral substrata. *Mycologist*, 17(3): 98–107.
- Chlebicki A. 2007. Nielichenizujące grzyby epi- i endolityczne (litobionty). *Wiadomości Botaniczne*, 51(1/2): 5–13.
- Chlebicki A., Wilczek A. 2012. W stronę geomikrobiologii. *Wiadomości Botaniczne*, 56(3/4): 7–15.
- Choi Y.W., Hyde K.D., Ho W.H. 1999. Single spore isolation of fungi. *Fungal Diversity*, 3: 29–38.
- D'Amato G., Spieksma F.Th.M. 1995. Aerobiologic and clinical aspects of mould allergy in Europe. *Allergy*, 50: 870–877.
- Desai R.P., Joseph N.M., Ananthkrishnan N., Ambujam S. 2013. Subcutaneous zygomycosis caused by *Mucor hiemalis* in an immunocompetent patient. *Australasian Medical Journal*, 6(7): 374–377.
- Dominguez-Villar D., Lojen S., Krklec K., Baker A., Fairchild I.J. 2015. Is global warming affecting cave temperatures? Experimental and model data from a paradigmatic case study. *Climate Dynamics*, 45(3-4): 569–581.
- Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabata Z., Knowler D.J., Lévêque C., Naiman R.J., Prieur-Richard A.H., Soto D., Stiassny M.L., Sullivan C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2):163–182.
- Frisvad J.C., Samson R.A. 2004. Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*. A guide to identification of food and airborne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Studies in Mycology*, 49:1–174.
- Gadd G.M. 2010. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology*, 156: 609–643.
- Hayman D.T., Pulliam J.R., Marshall J.C., Cryan P.M., Webb, C.T. 2016. Environment, host, and fungal traits predict continental-scale white-nose syndrome in bats. *Science Advances*, 2: e150083.
- Horner W.E., Helbling A., Salvaggio J.E., Lehrer S.B. 1995. Fungal allergens. *Clinical Microbiology Reviews*, 8: 161–179.
- Honegger R., 1991. Functional aspects of the lichen symbiosis. *Annual Review of Plant Biology*, 42: 553–578.
- Johnson L.J.A.N., Miller A.N., McCleery R.A., McClanahan R., Kath J.A., Lueschow S., Porrás-Alfaro A. 2013. Psychrophilic and psychrotolerant fungi on bats and the presence of *Geomyces* spp. on bat wings prior to the arrival of white nose syndrome. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(18): 5465–5471.
- Khulbe R.D. 1991. An ecological study of water molds of some rivers of Kumaun Himalayas. *Indian Tropical Ecology*, 2: 127–135.
- Kokurewicz T., Ogórek R., Pusz W., Matkowski K. 2016. Bats increase the number of cultivable airborne fungi in the “Nietoperek” bat reserve in Western Poland. *Microbial Ecology*, 72(1): 36–48.
- Koteswara Rao V., Shilpa P., Girisham S., Reddy S.M. 2011. Incidence of mycotoxigenic penicillia in feeds of Andhra Pradesh, India. *International Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research*, 2(2): 46–50.
- Kováč L., Elhottová D., Mock A., Nováková A., Krištůfek V., Chroňáková A., Lukešová A., Mulec J., Košel V., Papáč V., Uptáčik P., Uhrin M., Višňovská Z., Gaál L., Bella P. 2014. The cave biota of Slovakia. *State Nature Conservancy SR, Slovak Caves Administration, Liptovský Mikuláš*, s. 73 – 102.
- Kuhad R.C., Singh A., Eriksson K.E. 1997. Microorganisms and enzymes involved in the degradation of plant fiber cell walls. *Advances in Biochemical Engineering / Biotechnology*, 57: 45–125.
- Larsen L., Gravesen S. 1991. Seasonal variation of outdoor airborne viable microfungi in Copenhagen, Denmark. *Grana*, 30: 467–471.
- Lehotská B., Lehotský R. 2009. 15 rokov zimmého monitoringu netopierov v jaskyni Driny. *Aragonit*, 14(2): 171–172.
- Marshall V., Poulson-Cook S., Moldenhauer J. 1998. Comparative mold and yeast recovery analysis (the effect of differing incubation temperature ranges and growth media). *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 52(4): 165–169.
- Martin-Sanchez P.M., Sanchez-Cortes S., Lopez-Tobar E., Jurado V., Bastian F., Alabouvetec C., Saiz-Jimenez C. 2011. The nature of black stains in Lascaux Cave, France, as revealed by surface-enhanced Raman spectroscopy. *Journal of Raman Spectroscopy*, 43: 464–467.

- Martin-Sanchez P.M., Nováková A., Bastian F., Alabouvette C., Saiz-Jimenez C. 2012. Two new species of the genus *Ochroconis*, *O. lascauxensis* and *O. anomala* isolated from black stains in Lascaux Cave, France. *Fungal Biology*, 116: 574–589.
- Marušin M. 2003. Geological conditions - factor of origin of two different cave systems in two adjacent valleys (the Demänovská Valley and the Jánska Valley, the Low Tatras, Slovakia). *Acta Carsologica*, 32(1): 121–130.
- Mickleburgh S.P., Hutson A.M., Racey P.A. 2002. A review of the global conservation status of bats. *Oryx*, 36: 18–34.
- Mulec J., Covington E., Walochnik J. 2013. Is bat guano a reservoir of *Geomyces destructans*? *Open Journal of Veterinary Medicine*, 3(2): 161–167.
- Niazi S., Hassanvand M.S., Mahvi A.H., Nabizadeh R., Alimohammadi M., Nabavi S., Faridi S., Dehghani A., Hoseini M., Moradi-Joo M., Mokamel A., Kashani H., Yarali N., Yunesian M. 2015. Assessment of bioaerosol contamination (bacteria and fungi) in the largest urban wastewater treatment plant in the Middle East. *Environmental Science and Pollution Research*, 22: 16014–16021.
- Northup D.E., Lavoie K.H. 2001. Geomicrobiology of caves: a review. *Geomicrobiology Journal*, 18(3): 199–222.
- Nováková A. 2005. Interesting and rare saprotrophic microfungi isolated from excrements and other substrata in the Domica and Ardovska Caves (Slovak Karst National Park, Slovakia). [w:] *Contributions to soil zoology in central Europe I*, red. Tajovský K., Schläghamerský J., Pižl V., ISB AS CR, České Budějovice, s. 103–106.
- Nováková A. 2009. Microscopic fungi isolated from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review. *International Journal of Speleology*, 38(1): 71–82.
- Nudziková L. 2014. Vývoj návštevnosti sprístupnených jaskýň na Slovensku od roku 2009. *Aragonit*, 19(1–2): 35–38.
- Ogórek R., Lejman A., Matkowski K. 2013. The fungi isolated from the Niedźwiedzia Cave in Kletno (Lower Silesia, Poland). *International Journal of Speleology*, 42(2): 161–166.
- Ogórek R., Pusz W., Lejman A., Uklańska-Pusz C. 2014. Microclimate effects on number and distribution of fungi in the Włodarz underground complex in the Owl Mountains (Góry Sowie), Poland. *Journal of Cave and Karst Studies*, 76(2): 146–153.
- Ogórek R., Lejman A. 2015. Badania speleomikologiczne w wybranych obiektach podziemnego kompleksu Riese (Góry Sowie, Dolny Śląsk, Polska). *Postępy Mikrobiologii*, 54(4): 344–353.
- Ogórek R., Pusz W., Zagożdżon P.P., Kozak B., Bujak H. 2017. Abundance and diversity of psychrotolerant cultivable mycobiota in winter of a former aluminous shale mine. *Geomicrobiology Journal*, 34(10): 823–833.
- Pekkanen J., Hyvarinen A., Haverinen-Shaughnessy U., Korppi M., Putus T., Nevalainen A. 2007. Moisture damage and childhood asthma: a population-based incident case-control study. *European Respiratory Journal*, 29(3): 509–515.
- PN-89/Z-04111/03, 1989. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzyków mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości.
- Poulson T.L., White W.B. 1969. The cave environment. *Science*, 165(3897): 971–981.
- Pusz W., Ogórek R., Uklańska-Pusz C., Zagożdżon P. 2014. Speleomycological research in underground Osówka Complex in Sowie Mountains (Lower Silesia, Poland). *International Journal of Speleology*, 43(1): 27–34.
- Pusz W., Ogórek R., Knapik R., Kozak B., Bujak H. 2015. The occurrence of fungi in the recently discovered Jarkowicka cave in the Karkonosze Mts. (Poland). *Geomicrobiology Journal*, 32(1): 59–67.
- Pusz W., Baturo-Cieśniewska A., Zagożdżon P.P., Ogórek R. 2017. Mycobiota of the disused ore mine of Marcinków in Śnieżnik Masiff (western Poland). *Journal of Mountain Science*, doi: 10.1007/s11629-016-4221-y
- Rampelotto P.H. 2013. Extremophiles and extreme environments. *Life*, 3(3):482–485.
- Rapiejko P., Lipiec A., Wojdas A., Jurkiewicz D. 2004. Threshold pollen concentration necessary to evoke allergic symptoms. *International Review of Allergology and Clinical Immunology*, 10: 91–94.
- Rdzanek M., Pusz W., Gębarowska E., Płaskowska E. 2015. Airborne bacteria and fungi in a coal mine in Poland. *Journal of Cave and Karst Studies*, 77(3): 177–182.
- Saiz-Jimenez C., Miller A.Z., Martin-Sanchez P.M., Hernandez-Marine M. 2012. Uncovering the origin of the black stains in Lascaux Cave in France. *Environmental Microbiology*, 14(12): 3220–3231.
- Srikanth P., Sudharsanam S., Steinberg R. 2008. Bioaerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 26(4): 302–12.
- Sterflinger K. 2000. Fungi as geologic agents. *Geomicrobiology Journal*, 17:97–124.
- Stępańska D., Harmata K., Kasprzyk I., Myszkowska D., Stach A. 1999. Occurrence of air borne *Cladosporium* and *Alternaria* spores in Southern and Central Poland in 1995–1996. *Aerobiologia*, 15: 39–47.
- Tomee J.F.C.H., Kauffman H.F. 2000. Putative virulence factors of *Aspergillus fumigatus*. *Clinical & Experimental Allergy*, 30:476–484.
- Vanderwolf K.J., Malloch D., McAlpine D.F., Forbes G.J. 2013. A world review of fungi, yeasts, and slime molds in caves. *International Journal of Speleology*, 42(1): 77–96.
- Verant M.L., Boyles J.G.Jr., Waldrep W., Wibbelt G., Blehert D.S. 2012. Temperature dependent growth of *Geomyces destructans*, the fungus that causes bat white-nose syndrome. *PLoS ONE*, 7(9): e46280.
- Vilas R.A. 2016. Ecological and economical impact of bats on ecosystem. *International Journal of Life Sciences*, 4(3): 432–440.
- Wang W., Ma X., Ma Y., Mao L., Wu F., Maa X., Ana L., Fenga H. 2010. Seasonal dynamics of airborne fungi in different caves of the Mogao Grottoes, Dunhuang, China. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(6): 461–466.
- WHO, 1990. Indoor Air Quality: Biological contaminants: report on a WHO meeting, Rautavaara, 29 August – 2 September 1988, WHO Regional Publications, European Series no. 31. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Zain M.E. 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15(2): 129–144.

## 5. Opis zainteresowań badawczych oraz pozostałych osiągnięć naukowych

Mój dotychczasowy dorobek łącznie z artykułami dokumentującymi osiągnięcia naukowe obejmuje 95 prac (pełen wykaz znajduje się w załączniku 3):

- **21** publikacji z listy JCR, w tym 8 przed uzyskaniem stopnia doktora i 13 po doktoracie:
  - Pierwszy autor / autor korespondencyjny: **14 / 15**
  - Prace naukowe oryginalne: **20**
  - Prace przeglądowe: **1**
- **32** publikacje w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż z listy JCR, w tym 30 przed uzyskaniem stopnia doktora i 2 po doktoracie:
  - Pierwszy autor / autor korespondencyjny: **20 / 17**
  - Prace naukowe oryginalne: **28**
  - Prace przeglądowe: **4**
- **1** monografia przed uzyskaniem stopnia doktora
- **33** doniesienia naukowe pokonferencyjne (krajowe i międzynarodowe), w tym 24 przed uzyskaniem stopnia doktora i 9 po doktoracie:
  - Pierwszy autor: **18**
- **8** artykułów popularnonaukowych, w tym 5 przed uzyskaniem stopnia doktora i 3 po doktoracie:
  - Pierwszy autor: **6**

### Sumaryczna wartość punktowa pochodząca ze źródeł parametrycznych:

- Sumaryczny *impact factor* według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania lub najbliższą dostępną wartością dla wszystkich prac wynosi **28,487**, w tym 8,374 przed uzyskaniem stopnia doktora i 20,113 po doktoracie
- Sumaryczny 5-letni *impact factor* z 2016 roku według listy Journal Citation Reports (JCR) dla wszystkich prac wynosi **31,358**, w tym 9,424 przed uzyskaniem stopnia doktora i 21,934 po doktoracie
- Sumaryczna ilość punktów zgodnie z wykazem MNiSW dla wszystkich prac wynosi **662**, w tym 348 przed uzyskaniem stopnia doktora i 314 po doktoracie
- Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS), stan na 03.01.2018 r.: **78**
- Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS), stan na 03.01.2018 r.: **6**
- Liczba cytowań publikacji według bazy Google Scholar, stan na 03.01.2018 r.: **303**
- Indeks Hirscha według bazy Google Scholar, stan na 03.01.2018 r.: **11**

Za osiągnięcia w swojej pracy naukowej zostałem wyróżniony 4 nagrodami zespołowymi przez JM Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Byłem także beneficjentem stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla doktorantów za wybitne osiągnięcia naukowe oraz beneficjentem stypendium przyznanego przez Fundację Edukacji Międzynarodowej pod patronatem Konsula Honorowego Republiki Słowackiej we Wrocławiu, za poparciem Ambasadora Republiki Słowackiej w Polsce. Podczas studiów doktoranckich otrzymałem kilkakrotnie stypendia dla najlepszych doktorantów na UP we Wrocławiu oraz stypendia doktoranckie z dotacji podmiotowej na dofinansowanie zadań pro Jakościowych. Uzyskałem wyróżnienie (II miejsce) za wygłoszenie referatu na XXVI Międzynarodowej Konferencji Studenckich Kół Naukowych we Wrocławiu. Zostałem także uznany przez Radę Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego UP we Wrocławiu, najlepszym absolwentem studiów doktoranckich na tym wydziale w roku akademickim 2014/2015.

W swojej pracy zawodowej byłem kierownikiem 7 projektów naukowych. Jeden z nich był finansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego (realizowany przez Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego). Cztery kolejne projekty były finansowane z dotacji celowej MNiSW dla młodych naukowców i uczestników studiów doktoranckich. Pozostałe dwa były finansowane w ramach stypendium z Polsko-Słowackiego Funduszu Stypendialnego i przez Stroński Park Aktywności „Jaskinia Niedźwiedzia” sp. z o.o. Współpracowałem także z kilkoma firmami wykonując dla nich ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie.

Prowadzę badania przy współpracy z naukowcami z wielu krajowych i zagranicznych ośrodków naukowych oraz akademickich: Uniwersytet Rolniczy w Nitrze (Słowacja), Państwowa Ochrona Przyrody Republiki Słowackiej (Zarząd Jaskiń Słowackich), ACW Agroscope Institute (Szwajcaria), Karkonoski Park Narodowy, Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB we Wrocławiu, Politechnika Wrocławska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu oraz Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy. Odbyłem długoterminowy zagraniczny staż naukowy w Katedrze Mikrobiologii, Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze (Słowacja) w ramach Polsko-Słowackiego Funduszu Stypendialnego oraz dwa zagraniczne staże naukowo-szkoleniowe. W celu podniesienia swojego warsztatu naukowego uczestniczyłem także w różnych szkoleniach,

np. w warsztatach pt. „Workshop on Scientific Communication” prowadzonych przez prof. Edwarda Potworowskiego (Armand - Frappier Institute, Kanada).

Efekty swoich badań zaprezentowałem w sumie na 21 konferencjach naukowych, w tym 9 z nich było konferencjami międzynarodowymi (5 referatów i 6 posterów), a pozostałe 13, konferencjami krajowymi (7 referatów i 16 posterów). Wygłosiłem także kilka referatów na zaproszenie, m.in. Polskiego Towarzystwa Fitopatologicznego oraz Kolegium Rektorów Uczelni Wrocławia, Opola i Zielonej Góry. Jestem autorem opracowanych 81 nukleotydowych sekwencji DNA w bazie danych National Center for Biotechnology Information (73 sekwencje grzybowe i 8 sekwencji bakteryjnych). Szczegółowy wykaz wszystkich moich prac naukowych, osiągnięć, informacje o referatach i posterach prezentowanych na konferencjach, stażach, nagrodach i wyróżnieniach, stypendiach, współpracach oraz o udziale w realizacji projektów badawczych zostały przedstawione w załącznikach 3 i 4. Poniżej omówiłem tylko swoje ważniejsze osiągnięcia w ramach innych kierunków badawczych.

### **Ocena jakości mykologicznej powietrza wewnątrz obiektów użyteczności publicznej**

Większość swojego życia spędzamy w budynkach, w których często koncentracja zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza jest znacznie wyższa niż na zewnątrz nich. Najczęściej problemy zdrowotne wynikające z niskiej jakości mikrobiologicznej powietrza związane są z grzybami i/lub ich metabolitami. Dlatego postanowiłem przeprowadzić badania aeromykologiczne w pomieszczeniach kilkunastu obiektach użyteczności publicznej zlokalizowanych na Dolnym Śląsku.

W badaniach wykazałem, że powietrze w pomieszczeniach akademików użytkowanych przez mężczyzn zawierało zwykle więcej zarodników grzybowych niż podobne pomieszczenia użytkowane przez kobiety. W przypadku wszystkich obiektów, stężenia zarodników w powietrzu nie przekroczyły większości norm jakości mykologicznej powietrza o których wspominałem w pkt. 4A. W badaniach wykazałem także, że zastosowany rodzaj podłoża hodowlanego wywiera wpływ na skład gatunkowy i liczebność grzybów izolowanych z powietrza. Pożywka Czapek-Dox Agar w największym stopniu nadaje się do izolacji z powietrza grzybów drożdżakowych. Z kolei korzystanie z klimatyzacji zwykle przyczynia się do zwiększenia koncentracji zarodników grzybowych w powietrzu, szczególnie tych z rodzaju *Cladosporium*.

- Płażkowska E., Korol M., **Ogórek R.** 2012. Grzyby występujące w pomieszczeniach klimatyzowanych. Część II. Mikologia Lekarska, 19(1): 27–36.

- Płaskowska E., Korol M., **Ogórek R.** 2011. Grzyby występujące w pomieszczeniach klimatyzowanych. Część I. Mikologia Lekarska, 18(4): 178–186.
- **Ogórek R.** 2011. Analiza mikologiczna powietrza wybranych pomieszczeń użytku publicznego. Episteme, II(12): 187–194.
- **Ogórek R.**, Płaskowska E., Kalinowska K., Fornalczyk P., Misztal A., Budziak J. 2011. The analysis of mycological air pollution in selected rooms of student hostess. Mikologia Lekarska, 18(4): 201–210.
- **Ogórek R.**, Kalinowska K., Płaskowska E., Baran E., Matkowski K. 2011. Zanieczyszczenia powietrza grzybami na różnych podłożach hodowlanych w wybranych pomieszczeniach kliniki dermatologicznej. Część 2. Mikologia Lekarska, 18(1): 83–90.
- **Ogórek R.**, Kalinowska K., Płaskowska E., Baran E., Moszczyńska E. 2011. Zanieczyszczenia powietrza grzybami na różnych podłożach hodowlanych w wybranych pomieszczeniach kliniki dermatologicznej. Część 1. Mikologia Lekarska, 18(1): 30–38.
- **Ogórek R.**, Płaskowska E. 2011. Analiza mikologiczna powietrza wybranych pomieszczeń użytku publicznego. Doniesienie wstępne. Mikologia Lekarska, 18(1): 24–29.

### **Badania aeromykologiczne szlaków górskich**

Moje badania były pierwszymi doniesieniami aeromykologicznymi ze szlaków górskich masywów Śnieżnika i Czarnej Góry. Wykazałem w nich, że powietrze późną wiosną było lepszej jakości mykologicznej niż powietrze późnym latem. W obu terminach badań dominowały gatunki z rodzaju *Cladosporium*, które zalicza się do jednych z najsilniej alergizujących grzybów. Liczebności grzybów izolowanych z powietrza oraz ich skład gatunkowy zależał od wysokości nad poziomem morza, daty badań, ruchów powietrza i składu podłoża hodowlanego. Stężenia zarodników w powietrzu, które wykryłem nie przekroczyły większości norm jakości mykologicznej powietrza, o których wspominałem w pkt. 4A. Jednakże odradzam osobą z nadwrażliwością na alergeny grzybowe wybierać się na wędrowniki górskie podczas miesięcy letnich.

- **Ogórek R.**, Lejman A., Płaskowska E., Bartnicki M. 2012. Fungi in the mountain trails of Śnieżnik Massif. Mikologia Lekarska, 19(2): 57–62.
- **Ogórek R.** 2012. Fungi in the mountain trails of Czarna Góra Massif. Preliminary study. Mikologia Lekarska, 19(4): 147–153.

### **Wpływ biostymulatorów na wzrost i rozwój grzybów w warunkach *in vitro***

Obecnie w rolnictwie obok standardowych środków ochrony roślin, stosuje się coraz częściej biostymulatory. Ich zadaniem jest zwiększanie odporności roślin na warunki stresowe, m.in. poprzez ułatwianie roślinom regeneracji i odzyskania wigoru po okresach oddziaływań niekorzystnych czynników. W badaniach wykazałem, że biostymulatory w zarejestrowanych dawkach w warunkach *in vitro* wpływały także w sposób hamujący na wzrost niektórych fitopatogenów grzybowych. Jednakże siły tych oddziaływań były zróżnicowane i uzależnione od biostymulatora, czasu inkubacji, gatunku grzyba, jak i rodzaju podłoża hodowlanego użytego w doświadczeniu.

- **Ogórek R.**, Płaskowska E., Skrobiszewski A. 2011. The effect of Asahi SL biostimulator on the growth of selected species of *Fusarium* on different culture media. Phytopathologia, 62: 49–55.
- **Ogórek R.**, Łobczowski M., Pusz W. 2011. Wpływ biostymulatora Asahi SL na wzrost wybranych szczepów *Fusarium oxysporum* Schlecht. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych, 562: 157–163.



- **Ogórek R.**, Skrobiszewski A. 2011. Wpływ biostymulatora Asahi SL na wzrost wybranych gatunków grzybów na różnych podłożach hodowlanych. *Episteme*, I(12): 209–215.
- **Ogórek R.**, Pusz W., Słabicki W. 2011. Wpływ biostymulatorów Asahi SL, Sunagreen oraz Hergit na wzrost wybranych gatunków grzybów. *Progress in Plant Protection*, 51(2): 672–677.

### **Ocena oddziaływań biotycznych między grzybami mikroskopijnymi**

W badaniach oceniałem potencjał antagonistyczny *Epicoccum nigrum* głównie wobec wybranych gatunków z rodzaju *Fusarium*. Wykazałem, że niektóre badane izolaty *E. nigrum* okazały się skutecznym antagonistą *in vitro* wobec *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* i *F. reticulatum*. Jednakże praktyczne wykorzystanie *E. nigrum* jako antagonisty wobec *Fusarium* (np. w biologicznej ochronie roślin) wymagało dalszych szczegółowych badań w warunkach *in vitro* i *in vivo*, co częściowo uczyniłem w pracy doktorskiej. Niemniej jednak moje badania były pierwszymi doniesieniami pokazującymi potencjał antagonistyczny *E. nigrum* wobec grzybów z rodzaju *Fusarium*.

- **Ogórek R.**, Lejman A. 2014. Oddziaływania biotyczne między wybranymi izolatami *Epicoccum nigrum* a grzybami z rodzaju *Fusarium*. *Episteme*, III(22): 281–289.
- **Ogórek R.**, Płaskowska E. 2011. *Epicoccum nigrum* for biocontrol agents *in vitro* of plant fungal pathogens. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 76(4): 691–697.

### **Badania zależności między grzybami i roślinami oraz/lub uprawą roli**

W badaniach wykazałem, że plonowanie jak i porażenie pszenżyta ozimego przez rdzę brunatną w dużej mierze zależały od następstwa roślin. Metody poprawy właściwości gleby poprzez oprysk ścierniska odpowiednimi preparatami oraz zastosowanie międzyplonu ścierniskowego na przyoranie obniżyły występowanie rdzy brunatnej pszenżyta. Udowodniłem także, że mechaniczna regulacja zachwaszczenia w mieszance zbożowo-strączkowej przy użyciu brony z odpowiednią intensywnością nie powoduje zwiększenia kolonizacji ziaren jęczmienia jarego i nasion grochu siewnego przez grzyby, w porównaniu do standardowego zabiegu z użyciem herbicydu, a może zmniejszyć zachwaszczenie uprawy. Zatem włączenie do agrotechniki odpowiednich zabiegów proekologicznych pozwala ograniczyć negatywne skutki uprawy roślin w monokulturze oraz zmniejszyć chemizację rolnictwa. Zauważyłem również, że odporność różnych odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów (FHB, ang. *Fusarium head blight*) nie przyczynia się do zmniejszenia zasiedlenia ich ziarniaków przez grzyby mikroskopijne, szczególnie tych z rodzaju *Fusarium*. Ponadto wykazałem na przykładzie rzeżuchy, że metabolity wtórne wydzielane przez niektóre gatunki *Fusarium* znacznie zmniejszały odsetek kiełkujących nasion, ograniczały wzrost kielków i siewek oraz powodowały destabilizację błon komórkowych siewek tej rośliny. Jednakże, nie odnotowałem dodatniej korelacji między wydzielaniem głównych grup enzymów przez badane grzyby, a wpływem ich metabolitów na rzeżuchę.

- Pusz W., Mascher F., Czembor E., Czembor J.H., **Ogórek R.** 2016. Characterization of the relationships between wheat cultivars, *Fusarium* Head Blight, and mycoflora grains. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(3): 1373–1380.
- **Ogórek R.** 2016. Enzymatic activity of potential fungal plant pathogens and the effect of their culture filtrates on the seed germination and seedling growth rate of garden cress (*Lepidium sativum* L.). *European Journal of Plant Pathology*, 145(2):469–481.
- Lejman A., **Ogórek R.**, Sobkowicz P. 2015. Effect of mechanical weed control in barley–pea mixture on colonization of pea seeds by fungi, Part 2. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(6): 2485–2492.
- Lejman A., **Ogórek R.**, Sobkowicz P. 2015. Effect of mechanical weed control in barley–pea mixture on colonization of barley grain by fungi, Part 1. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1): 141–149.
- Paluch M., Parylak D., **Ogórek R.**, Tendziągolska E. 2012. Ograniczanie porażenia rdzą brunatną (*Puccinia recondita*) pszenżyta ozimego uprawianego w monokulturze. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo, CII(588)*: 137–144.

### Ocena zróżnicowania genetycznego patogennych izolatów *Candida albicans*

W ciągu ostatnich lat obserwuje się wzrost zakażeń grzybiczych powierzchniowych i głębokich u ludzi oraz zwierząt. Bardzo często czynnikiem etiologicznym grzybic są gatunki z rodzaju *Candida*, a szczególnie *C. albicans*. Do oceny zróżnicowania genetycznego izolatów właśnie z tego gatunku, uzyskanych od pacjentów z chorobowo zmienionych miejsc (paznokcie rąk i stóp, przestrzenie międzypalcowe stóp, pachwiny, jama ustna, żołądź, pochwa, krew i od osób z grzybicą oskrzeli) wykorzystałem technikę PCR-RFLP (*Polymerase Chain Reaction – Restriction Fragment Length Polymorphism*) z użyciem różnych starterów ITS (*Internal Transcribed Spacer*) oraz różnych enzymów restrykcyjnych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdziłem, że technika RFLP-PCR jest skuteczną metodą oceny zróżnicowania genetycznego grzybów w obrębie badanego gatunku. Dzięki niej uzyskałem kilka polimorficznych markerów. Najslabiej zróżnicowane pod względem genetycznym były izolaty uzyskane z infekcji powierzchniowych.

- **Ogórek R.**, Kozak B., Kalinowska K. 2012. Zróżnicowanie genetyczne izolatów *Candida albicans* za pomocą markerów ITS. *Episteme*, 14: 365–372.
- **Ogórek R.**, Kozak B., Lejman A., Kalinowska K., Dyląg M. 2012. Analiza genetyczna szczepów *Candida albicans* za pomocą techniki RFLP-PCR. *Mikologia Lekarska*, 19(3): 109–114.

### Badania speleomykologiczne wybranych obiektów na terenie Polski

Termin „speleomykologia” został po raz pierwszy użyty przez polski zespół badawczy, którego byłem członkiem w pracy pt. „*Speleomycological research in underground Osówka complex in Sowie Mountains (Lower Silesia, Poland)*” opublikowanej na łamach międzynarodowego czasopisma *International Journal of Speleology*. Wszystkie badania, które wykonałem w ekosystemach podziemnych na terenie Polski były pierwszymi doniesieniami speleomykologicznymi z tych obiektów: jaskinie Niedźwiedzia i Jarkowicka, sztolnie kompleksu „Riese”, sztolnie „Marcinków” i „Hermannloch” oraz podziemia obszaru Natura 2000 „Nietoperek”.

W badaniach wykazałem, że liczebność i skład gatunkowy hodowlanych grzybów mikroskopijnych występujących w powietrzu oraz na powierzchniach skalnych w naturalnych i sztucznych ekosystemach podziemnych jest podobny. W okresie lata powietrze wewnątrz tych obiektów jest lepszej jakości mykologicznej niż na zewnątrz nich, a w trakcie zimy sytuacja jest odwrotna. Gatunki z rodzaju *Cladosporium* dominują w obiektach podziemnych w okresie letnim, a grzyby z rodzaju *Penicillium* w okresie zimy. Udowodniłem również, że do najważniejszych czynników warunkujących skład gatunkowy i liczebność grzybów w podziemnych ekosystemach zalicza się porę roku, otoczenie zewnętrzne obiektu, występowanie prądów powietrza i kominów wentylacyjnych oraz czynniki antropogeniczne. Co więcej, po raz pierwszy na świecie dokonałem oceny mykologicznej powietrza wewnątrz zimowiska podziemnego nietoperzy wraz z określeniem zmian zachodzących podczas wlotu, hibernacji i wylotu tych małych ssaków z zimowiska. Stwierdziłem, że nietoperze zwiększają liczebność grzybów mikroskopowych w podziemiach, a *Pseudogymnoascus destructans* może być przenoszony drogą powietrzną. Wykonałem również, jako pierwszy na świecie badania speleomykologiczne w nowo odkrytej jaskini (Jaskinia Jarkowicka w Karkonoszach).

- **Ogórek R.**, Pusz W., Zagożdżon P.P., Kozak B., Bujak H. 2017. Abundance and diversity of psychrotolerant cultivable mycobiota in winter of a former aluminous shale mine. *Geomicrobiology Journal*, 34(10): 823–833.
- Pusz W., Batur-Cieśniewska A., Zagożdżon P.P., **Ogórek R.** 2017. Mycobiota of the disused ore mine of Marcinków in Śnieżnik Massif (western Poland). *Journal of Mountain Science*, 14(12): 2448–2457.
- Kokurewicz T., **Ogórek R.**, Pusz W., Matkowski K. 2016. Bats increase the number of cultivable airborne fungi in the “Nietoperek” bat reserve in Western Poland. *Microbial Ecology*, 72(1): 36–48.
- **Ogórek R.**, Lejman A. 2015. Badania speleomikologiczne w wybranych obiektach podziemnego kompleksu Riese (Góry Sowie, Dolny Śląsk, Polska). *Postępy Mikrobiologii*, 54(4): 344–353.
- Pusz W., **Ogórek R.**, Knapik R., Kozak B., Bujak H. 2015. The occurrence of fungi in the recently discovered Jarkowicka cave in the Karkonosze Mts. (Poland). *Geomicrobiology Journal*, 32(1): 59–67.
- **Ogórek R.**, Pusz W., Matkowski K., Płaskowska E. 2014. Assessment of abundance and species composition of filamentous fungi in the underground Rzecznica complex in Sowie Mountains (Lower Silesia, Poland). *Geomicrobiology Journal*, 31(10): 900–906.
- **Ogórek R.**, Pusz W., Lejman A., Ukłańska-Pusz C. 2014. Microclimate effects on number and distribution of fungi in the Włodarz underground complex in the Owl Mountains (Góry Sowie), Poland. *Journal of Cave and Karst Studies*, 76(2): 146–153.
- **Ogórek R.**, Lejman A., Matkowski K. 2014. Influence of the external environment on airborne fungi isolated from a cave. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(2): 435–440.
- Pusz W., **Ogórek R.**, Ukłańska-Pusz C., Zagożdżon P. 2014. Speleomycological research in underground Osówka Complex in Sowie Mountains (Lower Silesia, Poland). *International Journal of Speleology*, 43(1): 27–34.
- **Ogórek R.**, Lejman A., Matkowski K. 2013. The fungi isolated from the Niedźwiedzia Cave in Kletno (Lower Silesia, Poland). *International Journal of Speleology*, 42(2): 161–166.

## 6. Opis osiągnięć dydaktycznych, popularyzatorskich i organizacyjnych

W trakcie studiów doktoranckich, jak i w okresie po uzyskaniu stopnia doktora, aktywnie angażowałem się w działalność dydaktyczną, popularyzatorską oraz organizacyjną w środowisku akademickim. W ramach działalności dydaktycznej prowadziłem zajęcia

w formie wykładów autorskich z przedmiotów Mykologia Lekarska i Genetyka mikroorganizmów oraz ćwiczeń przede wszystkim z zakresu mykologii ogólnej i lekarskiej, fitopatologii oraz genetyki mikroorganizmów i genetyki molekularnej. W ramach działalności dydaktycznej koordynowałem przebieg kilku przedmiotów. Do szczególnych osiągnięć zaliczam wprowadzenie dwóch nowych przedmiotów autorskich (Wprowadzenie do fitopatologii, Choroby grzybowe roślin) dla studentów kierunku mikrobiologia Wydziału Nauk Biologicznych UWr, które są zaakceptowane przez radę programową i będą realizowane od roku akademickiego 2017/2018 i 2018/2019. W celu podniesienia umiejętności dydaktycznych brałem udział w licznych zajęciach doszkalających, np. odbyłem praktyki pedagogiczne w Zespole Szkół Gastronomicznych we Wrocławiu, podczas realizacji studiów podyplomowych pt. „Nauczyciel przedmiotów zawodowych w zakresie organizacji usług gastronomicznych i hotelarstwa oraz architektury krajobrazu”.

W okresie od uzyskania stopnia doktora i zatrudnieniu na stanowisku adiunkta w Zakładzie Genetyki Instytutu Genetyki i Mikrobiologii UWr (roku akademicki 2015/2016) byłem promotorem zrealizowanych 4 prac licencjackich, 1 pracy magisterskiej oraz opiekunem 4 osób realizujących praktyki. Obecnie jestem promotorem 3 prac licencjackich i 3 prac magisterskich, których terminy obrony są planowane na 2018 i 2019 r. Wszystkie zrealizowane i obecnie prowadzone przeze mnie prace dyplomowe mają charakter doświadczalny. Pełniłem także funkcje współopiekuna SKN Fitopatologów „Skosik” działającego przy Zakładzie Fitopatologii i Mikologii UP we Wrocławiu, a obecnie jestem współopiekun SKN Mykologów „Mykobiota” działającego przy Zakładzie Genetyki UWr. Za osiągnięcia w pracy dydaktycznej zostałem nagrodzony w 2011 r. przez JM Rektora UP we Wrocławiu, nagrodą zespołową II stopnia. Otrzymałem także, jako współopiekun SKN Fitopatologów „Skosik”, dwukrotnie dodatkowe godziny do pensum za osiągnięcia koła.

W ramach działalności popularyzatorskiej opublikowałem 8 artykułów popularnonaukowych z zakresu mikologii, speleomykologii i ochrony roślin w czasopismach hobbystycznych i fachowych: Hasło Ogrodnicze, Jaskinie, TASOMIX nasze pasze. Prowadziłem zajęcia w postaci referatów, pokazów i warsztatów podczas Dolnośląskiego Festiwalu Nauki, Nocy Biologów, Krotoszyńskiej Nocy z Przyrodą, Pikniku Edukacyjnego na UP we Wrocławiu oraz zrealizowałem warsztaty i wygłosiłem wykład inauguracyjny w ramach projektu „Mój Pierwszy Uniwersytet”. Promowałem trzykrotnie ofertę edukacyjną UP we Wrocławiu podczas targów edukacyjnych, za co otrzymałem listy z podziękowaniami od JM Rektora.

Od początku studiów doktoranckich aktywnie angażowałem się w działalność organizacyjną w środowisku akademickim. Byłem członkiem komitetu organizacyjnego 4 konferencji naukowych, w tym jednej międzynarodowej, która odbyła się w Chinach. Współorganizowałem także Zarząd Krajowej Reprezentacji Doktorantów we Wrocławiu, sprawozdawczo-wyborczy XIV Krajowy Zjazd Doktorantów oraz pomagałem w organizacji jubileuszu 60-lecie UP we Wrocławiu, za co otrzymałem list z podziękowaniem od JM Rektora. Pełniłem różne funkcje we wrocławskim środowisku akademickim, jak i ogólnopolskim, m.in. wiceprzewodniczącego i przewodniczącego Samorządu Doktorantów UP we Wrocławiu, wiceprzewodniczącego i przewodniczącego Porozumienia Doktorantów Uczelni Wrocławskich, członka zarządu i pełnomocnika ds. szkoleń Krajowej Reprezentacji Doktorantów, elektora podczas wyborów dziekańskich Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego UP we Wrocławiu, członka Rektorskiej Komisji Zapewnienia Jakości Kształcenia UP we Wrocławiu oraz sekretarza i egzaminatora Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej UWr dla kierunku mikrobiologia. Obecnie jestem wybrany na stanowisko egzaminatora Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej UWr na staże realizowane w ramach projektu "DOBRE STAŻE – podniesienie kompetencji zawodowych studentów i studentek UWr poprzez udział w wysokiej jakości programów stażowych" współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój. Należę także do trzech towarzystw naukowych (Polskie Towarzystwo Mykologiczne, Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne, Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika) oraz od 2017 r. jestem członkiem redakcji czasopisma *Novel Research in Microbiology* (ISSN: 2537-0286), w której pełnię funkcję Senior Editor. W sumie wykonałem recenzje 52 prac dla czasopism naukowych głównie zagranicznych (2 recenzje dla polskich), między innymi dla tych posiadających współczynnik wpływu (*Impact Factor*): *Aerobiologia*, *Archives of Microbiology*, *Chemosphere*, *Energie*, *Environmental Earth Science*, *Environmental Monitoring and Assessment*, *Folia Microbiologica*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *Journal of Microbiology* oraz *Materials*. Opiniowałem także 1 monografię oraz 8 prac dyplomowych, w tym 7 licencjackich i 1 pracę magisterską. W celu podniesienia swoich umiejętności organizacyjnych brałem udział w licznych szkoleniach, np. w Szkole Liderów Samorządu i Organizacji Doktorantów, która była organizowana przez Fundację Rektorów Polskich. Szczegółowy wykaz działalności dydaktycznej, organizacyjnej oraz popularyzatorskiej został przedstawiony w załącznikach 3 i 4.



## 7. Aktualne badania i perspektywy

Swoje dotychczasowe badania z zakresu speleomykologii naturalnych i sztucznych ekosystemów podziemnych zlokalizowanych na terenie Polski i Słowacji kontynuuję oraz rozszerzam o nowe aspekty.

W podziemiach obszaru Natura 2000 „Nietoperek” badam grzyby i bakterie tworzące bioaerazol wokół skupisk zimujących nietoperzy oraz grzyby zasiedlające błony lotne nietoperzy wylatujących po przezimowaniu z tego obiektu. Celem tej serii badań jest ustalenie gatunków grzybów i bakterii ściśle związanych z obecnością nietoperzy w podziemiach oraz monitoring występowania *Pseudogymnoascus destructans*, w tym największym zimowisku nietoperzy w Polsce.

Jaskinie słowackie badam obecnie pod kątem występowania w nich dermatofitów, grzybów psychrofilnych i zasiedlających owady. Należy podkreślić, że bardzo mało jest obecnie doniesień naukowych dotyczących tej tematyki. Planuje również scharakteryzować szczepy grzybów z kolekcji jaką stworzyłem podczas realizacji badań stanowiących podstawę mojego osiągnięcia habilitacyjnego, pod względem wykorzystania ich metabolitów w przemyśle. Niektóre z nich są gatunkami psychrofilnymi, więc mogą posiadać enzymy o unikalnych właściwościach, które mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle biotechnologicznym.

Nowym kierunkiem moich badań są grzyby zasiedlające tereny arktyczne. Obecnie oceniam pod względem liczebności oraz zmienności fenotypowej i genotypowej grzyby mikroskopowe zasiedlające krokonity na terenie Spitsbergenu. Mam nadzieję, że wyniki tych badań wzbogacą znikome doniesienia na ten temat. Ponadto, mam w planach realizację pionierskich badań polegających na jakościowej ocenie mykologicznej odchodów alcyków (Spitsbergen), które będą pobrane od osobników różniących się pod względem wieku i płci. Celem tych badań będzie znalezienie ewentualnej korelacji między składem gatunkowym grzybów zasiedlających odchody, a wiekiem i płcią alcyków oraz identyfikacja gatunków patogennych.

