

Dr inż. KRZYSZTOF FRĄCZEK  
Katedra Mikrobiologii  
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

## AUTOREFERAT

### DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWO-BADAWCZA

Urodziłem się 22 lutego 1972r. w Tarnogrodzie. Po ukończeniu w 1991r. Liceum Ekonomicznego im. Marii Konopnickiej w Jarosławiu, o profilu rachunkowości rolnej, rozpocząłem studia na Wydziale Rolniczym Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie (aktualnie Uniwersytet Rolniczy), w systemie stacjonarnym na kierunku Rolnictwo, specjalizacja-kształtowanie i ochrona środowiska rolniczego. Studia ukończyłem w 1996r. broniąc pracę magisterską pt. „Występowanie promieniowców antybiotycznych w środowiskach glebowych wybranych górskich ekosystemów trawiastych” uzyskując tytuł magistra inżyniera. 1 października 1996r. rozpocząłem pracę w Katedrze Mikrobiologii na Wydziale Rolniczym (aktualnie Rolniczo-Ekonomicznym) Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego, gdzie pracuję do dzisiaj zajmując od 2009r. stanowisko adiunkta. W lutym 2003r. Rada Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego (uchwała z dnia 26.02.2003r.) na podstawie przedstawionej rozprawy doktorskiej pt. „Badania nad wpływem składowiska odpadów komunalnych w Krzyżu k/Tarnowa na mikroflorę powietrza atmosferycznego i gleb w strefie jego oddziaływania”, której promotorem był prof. dr hab. Wiesław Barabasz oraz po złożeniu przepisanych egzaminów nadała mi stopień naukowy doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii. Na realizację badań dotyczących mojej pracy doktorskiej został przyznany przez Komitet Badań Naukowych grant promotorski – 6 P04G04620. Projekt przy rozliczeniu został oceniony jako „znakomity”. W 2004r. zostałem laureatem konkursu ogłoszonego przez Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego na najlepszą pracę licencjacką, magisterską oraz doktorską „PRAESIGNIS” i wyróżniony przez Kapitułę nagrodą.

**Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego 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 ze zm.):**

a) Tytuł osiągnięcia naukowego:

„OCENA NARAŻENIA NA DROBNOUSTROJE W STREFIE ODDZIAŁYWANIA SKŁADOWISKA  
ODPADÓW KOMUNALNYCH”

b) Autor, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa:

**Frączek K., Ocena narażenia na drobnoustroje w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych. 2013, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie nr 504, rozprawy, zeszyt 381, 160.**

c) Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Przygotowana przeze mnie praca pt. „Ocena narażenia na drobnoustroje w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych”, zrealizowana w Katedrze Mikrobiologii na Wydziale Rolniczo-Ekonomicznym Uniwersytetu Rolniczego im H. Kołłątaja w Krakowie, jest moim najważniejszym osiągnięciem naukowym będącym podstawą do ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego. Opisany w rozprawie problem jest wciąż mało poznany i nie był dotychczas w proponowanym przeze mnie zakresie badany. W niektórych krajach Europy Zachodniej zagadnienie to jest uznawane za podstawowy problem w zakresie zdrowia środowiskowego. Jak się wydaje, jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest wciąż brak w skali światowej powszechnie akceptowanych kryteriów oceny narażenia na aerozole biologiczne występujące na składowiskach, jak również brak ogólnie uznanych wartości normatywnych (referencyjnych) i zaleceń metodycznych. Ponadto trudności związane z wyjątkowo dużą zmiennością poziomu emisji czynników szkodliwych, wywołaną różnorodnością składowanego materiału i warunkami meteorologicznymi sprawiają, że uzyskanie miarodajnego obrazu narażenia na drobnoustroje rozprzestrzeniające się w postaci bioaerozoli jest niezmiernie trudne. Co więcej, wiedza na temat związku pomiędzy wystąpieniem narażenia na bioaerozole a niekorzystnym dla człowieka efektem zdrowotnym jest wciąż niezadowolająca. Jak się wydaje, przyczyną takiego stanu rzeczy jest przede wszystkim nieadekwatność powszechnie dostępnych metod analitycznych

stosowanych tradycyjnie w ocenie ryzyka narażenia na bioaerozole. Badanie standardowymi metodami aerozoli bakteryjnych i grzybowych na składowisku komunalnym, polegające na ocenie ilościowej i jakościowej, często nie wystarcza, by określić związek pomiędzy stopniem zanieczyszczenia środowiska a skutkami zdrowotnymi przezeń indukowanymi. Wynika to w części z tego, że pobieranie bioaerozolu jest ograniczone w czasie i bywa niekiedy zlokalizowane w miejscu znacznie oddalonym od źródła emisji, co nie pozwala wyznaczyć najwyższego stężenia danego czynnika biologicznego w środowisku i poprawnie zidentyfikować jego źródła.

Uwzględniając ten stan rzeczy, w mojej pracy, zaproponowałem wykorzystanie w ocenie narażenia na drobnoustroje występujące w powietrzu atmosferycznym w zasięgu oddziaływania składowiska odpadów komunalnych nowoczesnych technik badawczych (metod analiz genetycznych opartych na amplifikacji PCR wyizolowanego genomowego DNA i metod spektrofotometrycznych – test cytotoksyczności MTT), jako narzędzi analitycznych uzupełniających standardowe, tradycyjne metody badań, które aktualnie są powszechnie stosowane w ocenie ryzyka narażenia na bioaerozole. W moim przekonaniu jedynie połączenie metod klasycznych z możliwościami, jakie niesie ze sobą analiza genetyczna i spektrofotometryczna, daje szansę uzyskania pełnej oceny narażenia na mikroorganizmy występujące w mikrobiologicznie zanieczyszczonym powietrzu.

W ramach pracy postawiłem trzy hipotezy badawcze, których wyjaśnienie stało się celem przeprowadzonych badań:

- I. Proces gromadzenia odpadów komunalnych na składowiskach powoduje zwiększenie zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego, a przez to ma szkodliwy wpływ na ludzkie zdrowie spowodowany działaniem drobnoustrojów rozprzestrzeniających się w postaci bioaerozoli.
- II. Uwalniane na składowisku komunalnym cząstki bioaerozolu zawierają toksyczne składniki i mogą być przyczyną inicjacji niekorzystnych reakcji zdrowotnych będących wynikiem inhalacyjnego oddziaływania bioaerozoli na organizm człowieka.
- III. Składowisko odpadów komunalnych jest miejscem stałego lub czasowego przebywania wielu organizmów (ptaki, owady, gryzonie), co powoduje, że stają się one środowiskowymi wektorami patogennych bakterii i grzybów, umożliwiając im kolonizację środowiska na okolicznych obszarach.

Podjęte badania miały na celu:

1. Uzyskanie danych o rozkładzie ziarnowym mikroorganizmów wchodzących w skład mikroflory powietrza występującego zarówno na terenie badanego składowiska odpadów, jak i w jego otoczeniu; określenie na tej podstawie potencjalnej głębokości penetracji układu oddechowego przez poszczególne frakcje cząstek aerozolu bakteryjnego lub grzybowego (tj. do jakiego piętra układu oddechowego mogą dotrzeć) i prognozy ewentualnych skutków zdrowotnych wynikających z inhalacyjnego narażenia na tego rodzaju bioaerozole.
2. Oszacowanie zasięgu przemieszczania się bioaerozolu w wyniku ruchów powietrza na obszarach wokół składowiska wraz z określeniem dynamiki zmian sezonowych tego procesu.
3. Dokonanie oceny cytotoksyczności szczepów grzybów z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*, izolowanych z powietrza w środowisku składowiska odpadów komunalnych i aplikacja testu cytotoksyczności MTT, jako narzędzia analitycznego uzupełniającego tradycyjne metody badań mikologicznych.
4. Precyzyjne określenie źródła pochodzenia drobnoustrojów emitowanych ze składowiska oraz śledzenie dróg ich rozprzestrzeniania się na obszarze wokół niego, jako elementów umożliwiających prognozowanie wielkości narażenia zdrowia człowieka. Szczególną uwagę w tym kontekście zwrócono na wytypowanie markerów bakteryjnej i grzybowej kolonizacji zarówno środowiska wokół składowiska odpadów komunalnych, jak i pracowników zatrudnionych przy jego obsłudze. W realizacji tego zadania wykorzystano dwie metody molekularne oparte na amplifikacji PCR wyizolowanego genomowego DNA: losową amplifikację polimorficznego DNA (ang. RAPD) oraz profilowanie termicznie denaturowanych fragmentów restrykcyjnych DNA (ang. PCR-MP). Metody te pozwoliły na zbadanie pokrewieństwa między wytypowanymi do badań szczepami bakterii z rodzaju *Staphylococcus* oraz grzybów z rodzaju *Aspergillus*, sprawdziły powstawanie w ich obrębie struktury klonalnej i pozwoliły poznać preferencje w zasiedlaniu środowiska.

Zastosowanie w badaniach bioaerozolu w ramach pracy 6-stopniowego impaktora Andersena pozwoliło na precyzyjną ilościową i jakościową analizę aerozolu bakteryjnego i grzybowego występującego zarówno na terenie badanego składowiska odpadów, jak i w jego otoczeniu oraz uzyskanie danych o rozkładzie ziarnowym mikroorganizmów wchodzących w skład mikroflory badanego powietrza. Rozkłady te, przy jednoczesnym uwzględnieniu naturalnych rozmiarów dominujących w powietrzu cząstek bakterii i grzybów, pozwoliły również na

określenie form występowania badanych bioaerozoli i na opisanie ich potencjalnej głębokości penetracji w układzie oddechowym człowieka.

Z analizy przebiegu krzywych rozkładów ziarnowych bioaerozoli wynika, że na badanym składowisku komunalnym bakterie występowały głównie w postaci pojedynczych komórek oraz tworzyły agregaty bakteryjne lub bakteryjno-pyłowe, podczas gdy grzyby były obecne zarówno w postaci pojedynczych spor, jak i różnej wielkości agregatów grzybowych lub grzybowo-pyłowych. Fakt ten może mieć znaczący wpływ na wielkość rzeczywistego narażenia oraz na wielkość dawki zainhalowanych cząstek. Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych danych o rozkładach ziarnowych cząstek wykazałem również, że w przypadku bioaerozolu złożonego z bakterii i grzybów największy „ładunek” mikroorganizmów może dotrzeć w układzie oddechowym człowieka:

- a. wiosną, w obrębie i wokół czynnego sektora oraz poza obrębem składowiska: w przypadku bakterii – odpowiednio do rejonu gardła, jamy nosowej i ustnej, tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych oraz rejonu jamy nosowej i ustnej; w przypadku grzybów – odpowiednio do oskrzeli drugorzędowych, jamy nosowej, ustnej i oskrzeli drugorzędowych oraz rejonu gardła, jamy nosowej i ustnej;
- b. latem przy czynnym składowisku, w obrębie i wokół czynnego sektora oraz poza obrębem składowiska: w przypadku bakterii – odpowiednio do rejonu tchawicy po oskrzela końcowe; tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych, a także jamy nosowej, ustnej i pęcherzyków płucnych; w przypadku grzybów – do jamy ustnej, nosowej, gardła, oskrzeli końcowych i pęcherzyków płucnych, rejonu oskrzeli drugorzędowych oraz rejonu oskrzeli drugorzędowych i końcowych;
- c. latem przy nieczynnym składowisku, w obrębie i wokół czynnego sektora oraz poza obrębem składowiska: w przypadku bakterii – odpowiednio do rejonu tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych, do rejonów powyżej tchawicy w górnych drogach oddechowych, oraz gardła, jamy nosowej i ustnej; w przypadku grzybów – odpowiednio rejonu oskrzeli pierwszorzędowych i jamy nosowej oraz gardła, tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych w pięciu pozostałych punktach pomiarowych;
- d. jesienią, w obrębie i wokół czynnego sektora oraz poza obrębem składowiska: w przypadku bakterii – odpowiednio do jamy nosowej i ustnej w obrębie składowiska oraz rejonu oskrzeli końcowych i jamy ustnej oraz nosowej; w przypadku grzybów – odpowiednio do jamy ustnej i



nosowej, tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych oraz oskrzeli końcowych oraz jamy ustnej i nosowej;

- e. zimą, w obrębie oraz wokół czynnego sektora: w przypadku bakterii – odpowiednio do regionu pęcherzyków płucnych, jamy nosowej, ustnej i regionu pęcherzyków płucnych oraz tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych, pęcherzyków płucnych i jamy nosowej oraz ustnej; w przypadku grzybów – odpowiednio tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych oraz oskrzeli końcowych i pęcherzyków płucnych; poza obrębem składowiska grzybów w powietrzu w tej porze roku nie stwierdzono.

Przedstawione wyżej rozważania potwierdziły, że zastosowanie metod pobierania aerozoli bakteryjnych i grzybowych, w których są one frakcjonowane w oparciu o średnicę aerodynamiczną cząstek, pozwala nie tylko ocenić ilościowo i jakościowo skład bioaerozolu, ale również uzyskać informacje o rozkładzie ziarnowym mikroflory powietrza i na ich podstawie prognozować potencjalny niekorzystny efekt zdrowotny wywołany tego typu narażeniem. Przeprowadzona w pracy analiza składu jakościowego mikroflory powietrza w sektorze czynnym, wokół sektora czynnego oraz poza obrębem składowiska wykazała że:

- a) wiosną w składzie mikroflory powietrza dominowały ziarenkowce Gram-dodatnie, grzyby pleśniowe oraz laseczki Gram-dodatnie,
- b) latem, gdy składowisko było czynne, w składzie mikroflory powietrza przeważały ilościowo ziarenkowce Gram-dodatnie, ponownie ziarenkowce Gram-dodatnie oraz grzyby pleśniowe,
- c) latem, gdy składowisko było nieczynne, w składzie mikroflory powietrza większość stanowiły laseczki Gram-dodatnie, mezofilne promieniowce oraz grzyby pleśniowe,
- d) jesienią w składzie mikroflory powietrza dominowały ziarenkowce Gram-dodatnie, laseczki Gram-dodatnie oraz grzyby pleśniowe,
- e) zimą najczęściej identyfikowano grzyby pleśniowe, ziarenkowce i laseczki Gram-dodatnie.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów nie stwierdziłem mikroorganizmów zaliczanych do grupy 3. zagrożenia wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. Wyizolowano natomiast mikroorganizmy zaliczane do grupy 2. zagrożenia oraz takie rodzaje drobnoustrojów, wśród których określone szczepy są zakwalifikowane do grupy 2. zagrożenia.

W pracy oceniałem również zmienność sezonową stężeń bioaerozoli. Wykazałem, że stężenia wszystkich badanych grup mikroorganizmów w poszczególnych porach roku, różniły się znacząco (ANOVA: dla bakterii ogółem  $p < 0,05$ , dla bakterii Gram-ujemnych i promieniowców  $p < 0,01$  i dla grzybów  $p < 0,0001$ ). Dla bakterii ogółem największe istotne różnice w stężeniach odnotowano pomiędzy sezonem letnim i zimowym (test Scheffego:  $p < 0,05$ ); dla bakterii Gram-ujemnych pomiędzy sezonami wiosennym a jesiennym i zimowym (test Scheffego: w obu przypadkach  $p < 0,05$ ); dla promieniowców pomiędzy sezonami letnim a jesiennym i zimowym (test Scheffego: w obu przypadkach  $p < 0,05$ ) i dla grzybów pomiędzy sezonami letnim a jesiennym i zimowym (test Scheffego: w obu przypadkach  $p < 0,001$ ) oraz wiosennym i zimowym (test Scheffego:  $p < 0,05$ ). Oceny wpływu parametrów mikroklimatycznych (temperatury, wilgotności względnej powietrza i prędkości wiatru) na obserwowane na składowisku stężenia aerozoli bakteryjnego i grzybowego dokonałem z wykorzystaniem współczynnika korelacji Pearsona. Jak wykazały analizy, niezależnie od pory roku, temperatura powietrza nie miała znaczącego wpływu na odnotowane stężenia bioaerozoli. Wilgotność względna powietrza miała natomiast istotny wpływ jedynie na stężenia bakterii ogółem wiosną ( $r = -0,82$ ,  $p < 0,05$ ) oraz dla stężeń bakterii Gram-ujemnych i grzybów zimą (odpowiednio  $r = 0,90$ ,  $p < 0,05$  i  $r = 0,87$ ,  $p < 0,05$ ). Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy stwierdziłem również, że prędkość wiatru nie determinowała w sposób istotny odnotowywanych stężeń aerozolu bakteryjnego i grzybowego.

W pracy sprawdziłem także, czy rutynowo wykonywane zabiegi eksploatacyjne na badanym składowisku komunalnym miały znaczący wpływ na stężenia bioaerozoli. W tym celu w sezonie letnim porównałem stężenia badanych mikroorganizmów odnotowywane w czasie, gdy składowisko było czynne (tj. gdy były na nim wykonywane standardowe czynności techniczne), ze stężeniami występującymi, gdy było ono zamknięte (w okresie przestoju weekendowego). Posługując się testem t-Studenta, wykazałem, że liczebności zarówno bakterii ogółem, jak i grzybów były znacznie wyższe wówczas, gdy na składowisku były wykonywane normalne czynności eksploatacyjne niż podczas przestoju eksploatacyjnego (dla obu grup badanych mikroorganizmów:  $p < 0,05$ ). Okoliczność, czy na badanym składowisku wykonywano standardowe czynności, nie wpływała natomiast znacząco na stężenia bakterii Gram-ujemnych i promieniowców (test t:  $p > 0,05$ ).

Zastosowanie do oceny zagrożeń mikotoksycznych w środowisku składowiska komunalnego testu cytotoksyczności MTT, pozwoliło na analizę cytotoksyczności szczepów

grzybów z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium* izolowanych z próbek powietrza i odpadów pobranych na terenie składowiska. Na podstawie wyników badań stwierdziłem, że najbardziej cytotoksyczne spośród badanych szczepów były grzyby z gatunku *A. fumigatus*, których cytotoksyczność IC 50 (inhibitory concentration) wahała się od 0,488 do 3,906 cm<sup>2</sup> · cm<sup>-3</sup>. Analiza wariancji Kruskala-Wallisa wykazała, że mediana rang cytotoksyczności *A. fumigatus* była statystycznie istotnie wyższa od odpowiednich median dla pozostałych badanych gatunków grzybów.

Zważywszy, że do tej pory w piśmiennictwie przedmiotu brakowało badań dotyczących różnicowania genetycznego szczepów mikroorganizmów izolowanych ze środowiska składowiska odpadów komunalnych (powietrza, gleby, wody, odcieków odpadów i pracowników), źródeł ich pochodzenia i środowiskowej transmisji na badanym obszarze, a także roli potencjalnych wektorów umożliwiających im kolonizację środowiska, jest zatem wielce prawdopodobne, że badania genetyczne zainicjowane w niniejszej pracy mają charakter nowatorski, a uzyskane wyniki pozwalają na wypełnienie istniejącej w tym względzie luki. Warto również podkreślić, że rezerwuuar drobnoustrojów występujących na składowisku odpadów stanowi aktywne środowisko, które nie jest etapem końcowym „wędrowki” mikroorganizmów, ale fragmentem transmisji z określonego źródła, do kolejnego celu kolonizacji. Dlatego też bardzo ważnym elementem przeprowadzonych badań genetycznych było określenie pokrewieństwa szczepów wytypowanych gatunków mikroorganizmów występujących na terenie składowiska: bakterii z rodzaju *Staphylococcus* (*S. aureus*, *S. lentus*, *S. xylosus*) oraz grzybów należących do rodzaju *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. fumigatus* i *A. niger*), ich struktury klonalnej i preferencji w występowaniu w środowisku. Na tej podstawie wytypowałem w pracy marker bakteryjnej i grzybowej kolonizacji środowiska (*S. xylosus* i *A. flavus*), który ze względu na swe właściwości adaptacyjne, zdolność transferu w ekosystemach, a także relatywną łatwość i stosunkowo niskie koszty badań, może być użyty jako wskaźnik kolonizacji środowiska w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych oraz pracowników zatrudnionych przy jego obsłudze.

W niniejszej pracy do oceny typowania genetycznego wyodrębnionej kolekcji szczepów bakteryjnych wykorzystałem metodę RAPD, natomiast w typowaniu genetycznym kolekcji szczepów grzybowych oprócz techniki RAPD wykorzystałem dodatkowo metodę różnicowania genetycznego PCR-MP. W przeprowadzonych badaniach, analiza różnicowania wytypowanej kolekcji szczepów trzech gatunków bakterii *Staphylococcus* (*S. aureus*, *S. lentus*,



*S. xylosum*) metodą RAPD pozwoliła oprócz grup klonalnych wyróżnić jeszcze skupianie się poszczególnych szczepów bakterii w kilka grup o różnym stopniu pokrewieństwa. Wyniki analiz genetycznych wskazały, że w odpadzie występują charakterystyczne szczepy *S. lentus*, *S. xylosum* i *S. aureus*, które (z wyjątkiem *S. aureus*) kolonizują także owady oraz ptaki mające kontakt z odpadem. Ponadto, *S. lentus* i *S. xylosum* występowały w odpadzie w formie dwóch różnych genetycznie szczepów, przy czym u *S. lentus* tylko jeden z nich mógł być roznoszony przez owady lub ptaki, które są jednocześnie nosicielami wspólnych dla nich szczepów *S. lentus*, *S. xylosum* i *S. aureus*. Dowodzi to, iż owady i ptaki żerujące w sektorze czynnym składowiska stały się wektorami bakterii i grzybów występujących w zgromadzonych odpadach, umożliwiając im kolonizację środowiska na obszarach położonych wokół składowiska. W przypadku *S. lentus* wyróżniono dodatkowo jeszcze drugi typ wspólnych szczepów izolowanych poza składowiskiem w rejonie zachodnim, co wskazuje na znaczenie miejsca względem sektora czynnego w różnicowaniu genetycznym tych szczepów. Okazało się również, że w obrębie poszczególnych gatunków bakterii cechą charakterystyczną było wysokie zróżnicowanie genetyczne szczepów izolowanych z różnych rejonów składowiska, z widocznym trendem większego pokrewieństwa, uzależnionym od bliskości sektora czynnego i odpadu. Przeprowadzone badania wykazały, że składowisko odpadów było również siedliskiem znacząco stymulującym zmienność bakterii. Wyniki analizy genetycznej pozwoliły również stwierdzić, że szczepy *S. lentus* oraz *S. xylosum* występujące w powietrzu w rejonie składowiska są ze sobą bliżej spokrewnione niż ze *S. aureus*. Przeprowadzone badania ujawniły, że pracownicy składowiska zasiedleni są przez różne genetycznie szczepy *S. aureus* w zależności od miejsca pracy na składowisku i stopnia kontaktu z owadami i ptakami występującymi na tym obiekcie. Wykazałem również, iż odpad nie jest źródłem tej bakterii dla pracowników, ponieważ stanowi siedlisko dla specyficznego genetycznie saprofitycznego szczepu. Szczepy izolowane ze środowiska okazały się znacząco odmienne od tych, które występowały u ludzi, co świadczyło o braku kolonizacji środowiska przez te ostatnie szczepy. W wyniku przeprowadzonych analiz genetycznych stwierdziłem, że *S. xylosum* wydaje się być dobrym markerem bakteryjnej kolonizacji środowiska wokół składowiska, z uwagi na wyraźne zróżnicowanie genetyczne szczepów tego gatunku w zależności od rejonu składowiska, dróg przenoszenia, rozróżnienia szczepów rodzimych od występujących w odpadzie i mających z nim kontakt owadów. Gatunek ten jest zaliczany do tzw. mikroflory oportunistycznej lub względnie komensalnej, co umożliwia również ocenę ryzyka zanieczyszczenia środowiska

oportunistycznymi patogenami i ewentualne wskazanie składowiska odpadów jako niebezpiecznego ich rezerwuaru.

Z kolei analiza różnicowania szczepów trzech gatunków grzybów z rodzaju *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. fumigatus* i *A. niger*) pozwoliła stwierdzić, że jest możliwe rozróżnienie siedliskowe szczepów należących do różnych grup genotypowych. W każdym z siedlisk szczepy grzybów podlegały różnicowaniu. Zastosowane w pracy obie metody genotypowe PCR-MP i RAPD rozróżniały genotypy szczepów trzech badanych gatunków należących do rodzimej mikroflory rejonu, w którym jest zlokalizowane składowisko od genotypów szczepów charakterystycznych dla odpadu lub z niego pochodzących. Odpady zgromadzone na składowisku zawierały szczepy grzybów wyraźnie odmiennych genetycznie od szczepów rodzimych. W odpadzie dało się wyróżnić za pomocą metod genotypowania dwa odmienne typy szczepów (zwłaszcza w odniesieniu do *A. niger* i *A. fumigatus*), z których jeden może być źródłem dla różnicowania się w genotypy spotykane w powietrzu, a drugi dla różnicowania się szczepów o genotypach izolowanych z siedlisk wodnych lub gleby. Okazało się również, że w odniesieniu do każdego z grzybów owady mogą pełnić funkcję wektora transportującego szczepy występujące w odpadzie do otoczenia. W trakcie tego procesu szczepy podlegają różnicowaniu w zależności od miejsca w stosunku do sektora centralnego i odpadu. Obydwie metody genotypowania wykazały, że najbardziej zróżnicowane były szczepy *A. niger*, które przynależą do czterech różnych grup. Jednocześnie metoda PCR-MP pozwoliła stwierdzić, że w przypadku tego gatunku grzyba najwyraźniej daje się zauważyć odmienną genetyczną szczepów związanych z odpadem (występujące w nim oraz w odcieku wodnym) w porównaniu z innymi szczepami. Widać było ponadto, że różnicowanie prowadzi do wyróżnienia odrębnych grup szczepów w powietrzu bezpośrednio kolonizowanym z odpadu także przy udziale owadów oraz w powietrzu składowiska już zasiedlonym przez dostające się do niego mikroorganizmy. Wraz z upływem czasu powstał genotyp charakterystyczny dla powietrza sektora centralnego różniący się wyraźnie od genotypu szczepu występującego w odpadzie. Warto zwrócić uwagę, że w odniesieniu do *A. fumigatus* analizowane metody rozróżniały szczepy, które są naturalnym składnikiem występującym w otoczeniu składowiska od tych, które występują w odpadzie lub występują w siedliskach będących pod bezpośrednim wpływem odpadów. Otrzymane wyniki wskazują, że w rejonie składowiska dochodzi do różnicowania genetycznego szczepów tego gatunku grzyba, w związku z czym można tu spotkać typ odpadowy, podtypy zależne występujące w siedlisku wodnym, powietrzu i zerujących na

odpadzie owadach i wreszcie typy pochodzące z otoczenia składowiska i adaptujące się do niego. Ponadto stwierdzono znaczną różnorodność genetyczną szczepów *A. flavus*. Wykorzystana w pracy metoda PCR-RAPD pozwoliła na wyodrębnienie w przypadku *A. flavus* różnych grup genotypowych: rodzime szczepy występujące w powietrzu rejonu, gdzie zlokalizowane jest składowisko, szczepy powietrzne sektora centralnego (rodzime szczepy podlegające adaptacji do warunków składowiska), szczepy odpadowe i roznoszone przez owady, rodzime szczepy glebowe (obecne także w siedliskach wodnych), szczepy glebowe występujące w odpadzie i podlegające w nim zmianom genetycznym – wtórnie dostające się do otaczającej gleby i wody. Jednocześnie metoda PCR-MP uwidoczniła, jeszcze wyraźniej niż RAPD, znaczne zróżnicowanie genetyczne szczepów *A. flavus* oraz rozdział szczepów rodzimych występujących w rejonie, gdzie zlokalizowano składowisko od szczepów wyraźnie związanych z odpadem. Przeprowadzone analizy genetyczne wydają się potwierdzać, że *Aspergillus flavus* jest również dobrym markerem mikroflory grzybowej występującej w rejonie składowiska odpadów, z uwagi na opisane powyżej zróżnicowanie szczepów w zależności od siedliska, dróg przenoszenia, rozróżnienia szczepów rodzimych (glebowe, powietrzne) od tych związanych z odpadem. Biorąc pod uwagę rozprzestrzenienie i prawidłowość różnicowania, gatunek ten odzwierciedla cechy dwóch pozostałych gatunków saprofitycznych. Jest on groźnym patogenem, którego potencjalne rozprzestrzenianie ze składowiska odpadów powinno być kontrolowane, do czego dobrze nadają się zastosowane w niniejszej pracy metody genotypowania.

Uzyskane w pracy wyniki potwierdziły również, że techniki biologii molekularnej są dobrym narzędziem do oceny środowiskowej transmisji mikroorganizmów rozprzestrzeniających się w postaci bioaerozoli na obszarach wokół składowiska odpadów komunalnych, co ma znaczenie zarówno dla właściwego określenia narażenia zdrowia człowieka, jak i oceny ryzyka związanego z ich oddziaływaniem.

W ramach niniejszej pracy sformułowano następujące wnioski:

1. Wyniki badań przeprowadzonych na składowisku odpadów komunalnych jednoznacznie wskazują, że jest ono istotnym źródłem emisji aerozolu bakteryjnego i grzybowego do otaczającego środowiska, co prowadzi do wzrostu zarówno kontaminacji w strefie bezpośredniego oddziaływania składowiska, jak i zagrożenia dla zdrowia człowieka.
2. Zmienność sezonowa jest ważnym czynnikiem wpływającym na poziomy stężenie bioaerozoli występujących na składowisku komunalnym. Oznacza to, że w prognozowaniu skutków

zdrowotnych wynikających z narażenia na bioaerozole na składowisku odpadów należy opierać się na wynikach pomiarów gromadzonych w różnych porach roku.

3. Kontrola podstawowych parametrów mikroklimatycznych, tj. temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz prędkości wiatru, jest warunkiem koniecznym prawidłowego przeprowadzenia badań terenowych oddziaływania składowisk komunalnych, a ich wartości są niezbędne do właściwego interpretowania wyników badań mikrobiologicznych.
4. Czynności wykonywane rutynowo na składowisku odpadów miały znaczący wpływ na obserwowane stężenia bioaerozoli. Wykazano, że największy poziom narażenia na aerozol bakteryjny i grzybowy występuje na obszarze czynnego sektora składowiska.
5. Analiza jakościowa mikroorganizmów izolowanych z powietrza na obszarze i wokół składowiska wykazała dominację ziarenkowców Gram-dodatnich z rodzajów *Staphylococcus*, *Micrococcus* i *Kocuria*, przetrwalnikujących laseczek z rodzaju *Bacillus* oraz grzybów z rodzajów *Alternaria*, *Aspergillus* i *Cladosporium*. Wśród nich bezpośrednio na terenie i wokół składowiska stwierdzono obecność bakterii i grzybów zaliczanych do grupy 2. zagrożenia, co wskazuje, że pracownicy mogą być narażeni na bezpośredni kontakt ze szkodliwymi czynnikami biologicznymi. Narażenie to dotyczy przede wszystkim użytkowanego czynnego sektora składowiska podczas prac związanych z rozładowywaniem, rozprowadzaniem i kompaktowaniem odpadów.
6. Wyznaczenie rozkładów ziarnowych bioaerozoli pozwala stworzyć dokładny obraz kontaminacji powietrza na składowisku odpadów i umożliwia prognozę co do stopnia narażenia ludzkiego zdrowia, uwzględniającą oddziaływanie drobnoustrojów rozprzestrzeniających się w postaci aerozoli biologicznych. Jak wykazały badania przeprowadzone w niniejszej pracy, w przypadku aerozolu bakteryjnego największy „ładunek” tego rodzaju cząstek może w układzie oddechowym człowieka dotrzeć do rejonu gardła, jamy nosowej i ustnej, tchawicy, oskrzeli pierwszorzędowych po oskrzela końcowe oraz okresowo (zimą) do regionu pęcherzyków płucnych, a w przypadku grzybów – do rejonu jamy ustnej, nosowej, gardła, oskrzeli pierwszo- i drugorzędowych i końcowych oraz pęcherzyków płucnych. Skutkować to może dolegliwościami zdrowotnymi w postaci reakcji typu astmatycznego lub alergicznego zapalenia.
7. Badania potwierdziły praktyczną i naukową przydatność testu cytotoksyczności do oceny zagrożeń mikotoksycznych w środowisku składowiska komunalnego. Zastosowany w

badaniach test MTT okazał się szybką i skuteczną metodą służącą do wykrywania szczepów grzybów zdolnych do syntezy mikotoksyn.

8. Największe zagrożenie mikotoksyczne na badanym składowisku odpadów stanowi często kolonizujący odpady komunalne gatunek *A. fumigatus*. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że izolowane szczepy tego gatunku są bardziej cytotoksyczne w porównaniu z innymi gatunkami grzybów.
9. Analiza różnicowania szczepów gatunków bakterii z rodzaju *Staphylococcus* wykazała, że składowisko odpadów komunalnych jest siedliskiem istotnie stymulującym zmienność bakterii. W obrębie poszczególnych badanych ich gatunków, charakterystyczne jest wysokie zróżnicowanie genetyczne szczepów izolowanych z różnych miejsc składowiska, w stosunku do sektora centralnego i odpadu.
10. Analiza genotypowania pozwoliła potwierdzić, że odpad nie jest źródłem *S. aureus* dla pracowników składowiska, ponieważ stanowi siedlisko dla specyficznego genetycznie saprofitycznego szczepu. Szczepy izolowane ze środowiska są znacząco odmienne od tych, które występują u ludzi.
11. Wyniki przeprowadzonych analiz molekularnych wskazują, że obie metody genotypowania rozróżniają genotypy szczepów trzech badanych gatunków grzybów *Aspergillus* należących do rodzimej mikroflory rejonu, gdzie zlokalizowane jest składowisko, od genotypów szczepów charakterystycznych dla odpadu lub z niego pochodzących. Zgromadzone na składowisku odpady zawierają szczepy grzybów wyraźnie odmiennych genetycznie od szczepów rodzimych.
12. Analiza genotypowania szczepów wyraźnie wskazuje, że owady i ptaki pełnią funkcję wektora transportującego szczepy badanych gatunków bakterii *Staphylococcus* i grzybów *Aspergillus* występujące w odpadzie do otoczenia.
13. Wyniki analiz molekularnych świadczą o tym, że zastosowane w pracy metody oparte na analizie materiału genetycznego mogą być wykorzystywane do badania zasięgu kolonizacji środowiska i człowieka drobnoustrojami w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych. Ustalono, że pozwalają one nie tylko na wytypowanie markera bakteryjnej i grzybowej kolonizacji środowiska wokół składowiska, ale dają również możliwość określenia źródła pochodzenia danego drobnoustroju i śledzenia dróg rozprzestrzeniania się ich na obszarze wokół składowiska, a także prognozowania wielkości narażenia zdrowia człowieka.



## POZOSTAŁE OSIĄGNIĘCIA W PRACY NAUKOWO-BADAWCZEJ

Na łączną liczbę 77 opublikowanych prac przedstawionych w załączonym wykazie (załącznik 3), 7 prac wykonałem przed uzyskaniem stopnia doktora, pozostałe 70 po jego uzyskaniu, w tym 6 prac opublikowałem w czasopismach posiadających Impact Factor (IF). W moim dorobku naukowym znajduje się 62 oryginalnych prac twórczych, w 25 z nich jestem pierwszym autorem, w kolejnych 27 drugim. Łączna liczba punktów za opublikowane przeze mnie publikacje ujęte na liście czasopism punktowanych MNiSW wynosi 402 (wg aktualnej listy MNiSW oraz ostatniej zarejestrowanej punktacji czasopisma). Orginalne prace twórcze, których byłem autorem bądź współautorem, ukazały się w różnych uznanych, recenzowanych czasopismach krajowych i zagranicznych takich jak:

- ✓ *Acta Agraria et Silvestria, ser. Agraria*
- ✓ *Aerobiologia*
- ✓ *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*
- ✓ *Chemia i Inżynieria Ekologiczna/Ecological Chemistry and Engineering A*
- ✓ *Ecological Chemistry and Engineering S*
- ✓ *Ekologia i Technika*
- ✓ *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*
- ✓ *International Journal of Environmental Health Research*
- ✓ *Nauka Przyroda Technologie*
- ✓ *Polish Journal of Natural Sciences*
- ✓ *Postępy w Ochronie Roślin/Progress in Plant Protection*
- ✓ *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Biologicznych*
- ✓ *Proceedings of Ecopole*
- ✓ *Scientific Messenger of Lviv State Academy of Veterinary Medicine*
- ✓ *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*
- ✓ *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*
- ✓ *Journal of Ecological Engineering/Inżynieria Ekologiczna*
- ✓ *Zeszyty Naukowe UR w Krakowie, Rozprawy.*

Wyniki moich prac naukowo-badawczych są także regularnie prezentowane na międzynarodowych oraz krajowych konferencjach i sympozjach naukowych. W moim przedstawionym w załączniku 3 dorobku naukowym znajduje się 10 artykułów opublikowanych w

wydawnictwach konferencyjnych i 60 doniesień lub komunikatów (abstraktów) zamieszczonych w materiałach konferencyjnych. Jestem również współautorem pracy zbiorowej (monografii) na temat „Badania mikrobiologiczne wycieków CO<sub>2</sub> w rejonie Muszyny w celu opracowania metod biomonitoringu” oraz rozdziału w monografii pod redakcją M.J. Kotarby pt. ”Przemiany środowiska naturalnego a rozwój zrównoważony”.

Od początku swojej pracy zawodowej włączyłem się aktywnie do wielu badań naukowych i projektów badawczych prowadzonych w Katedrze Mikrobiologii, dotyczących w szczególności mikrobiologii środowiska, a dokładniej – jego kształtowania i ochrony. W ramach tej tematyki badawczej wiele uwagi poświęciłem zagadnieniom związanym z rozpoznaniem emisji drobnoustrojów ze składowisk odpadów komunalnych i ich wpływu na stan higieniczny środowiska. Ponadto, brałem czynny udział w realizacji 11 projektów badawczych, z czego w 1 byłem kierownikiem, a także uczestniczyłem w wykonaniu badań do projektu w ramach 6 Programu Ramowego UE - (IP) 6 PR UE – CO<sub>2</sub>SINK - In-situ R&D Laboratory for Geological Storage of CO<sub>2</sub>, kontrakt nr SES6-CT-2004-502599, GeoForschungsZentrum Potsdam - Niemcy (koordynator), IGSMiE PAN partner oraz w wielu tematach badawczych realizowanych w ramach działalności statutowej Katedry Mikrobiologii Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Choć od momentu podjęcia pracy naukowo-badawczej profil moich zainteresowań badawczych ewoluował to główna uwaga moich zainteresowań naukowych była zwrócona na zagadnienia związane ze wzrostem zagrożenia środowiskowego związanego z gromadzeniem odpadów komunalnych na składowiskach.

Główne kierunki mojej dotychczasowej działalności naukowej można ująć w następujące obszary tematyczne:

1. Wpływ nawożenia mineralnego, głównie NPK i NPK + Ca oraz stosowania dodatku dolomitu na zmiany składu mikrobiocenotycznego zespołów drobnoustrojów glebowych oraz występowanie nitrozoamin w środowiskach glebowych wybranych górskich ekosystemów trawiastych.
2. Badania nad poszukiwaniem mikroorganizmów wskaźnikowych w celu opracowania metod biomonitoringu dla podziemnego składowania CO<sub>2</sub>.
3. Ocena jakości mikrobiologicznej powietrza środowiska wewnątrz podziemnych i nadziemnych ośrodków sanatoryjnych oraz środowiska obszarów miejskich.

4. Badania dotyczące oceny zagrożeń biologicznych związanych z funkcjonowaniem składowisk odpadów komunalnych:
  - a) Badania wpływu składowiska odpadów komunalnych na zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza atmosferycznego,
  - b) Badania wpływu składowiska odpadów komunalnych na mikrobiologiczną jakość wód powierzchniowych i podziemnych,
  - c) Badania wpływu składowiska odpadów komunalnych na mikrobiologiczną jakość gleby,
  - d) Badania wpływu składowiska odpadów komunalnych na mikroflorę epifityczną oraz występowanie i patogeniczność owadobójczych nicieni i grzybów,
  - e) Badania wpływu składowiska odpadów komunalnych na występowanie chorób i szkodników roślin uprawnych.
5. Badania oceny narażenia na drobnoustroje w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych.

**Ad. 1.**

W ramach tej tematyki badawczej brałem czynny udział w badaniach, których celem było poznanie wpływu wieloletniego nawożenia mineralnego, głównie NPK i NPK + Ca w różnych dawkach na kształtowanie się liczebności wybranych grup fizjologicznych drobnoustrojów glebowych. Szczególną uwagę zwrócono na mikroorganizmy czynne w przemianach azotu mineralnego. Doświadczenia polowe zlokalizowano w Czarnym Potoku k/Krynicy, na łące górskiej ze zbiorowiskiem roślinnym należącym do zespołu roślinnego *Hieracio Nardetum Strictae*. Na podstawie uzyskanych wyników z przeprowadzonych doświadczeń terenowych stwierdzono, że zastosowane nawożenie mineralne w dawkach  $90-180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  i NPK w dawkach  $90-180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1} + 90 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  i  $90 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  oraz powyższe nawożenie połączone z wapnowaniem badanych gleb górskiego ekosystemu trawiastego spowodowało, po 30 latach nawożenia, wyraźne zmiany ilościowe w składzie mikrobiocenotycznym badanych grup fizjologicznych drobnoustrojów glebowych, jak również spowodowało zwiększenie aktywności biologicznej gleb. Wykazano, że w istniejących warunkach ekologicznych nawożenie NPK w połączeniu z Ca powodowało zwiększenie liczby badanych drobnoustrojów we wszystkich kombinacjach nawozowych [1.1]. Ponadto, w ramach tego kierunku badawczego uczestniczyłem w badaniach nad wpływem nawożenia mineralnego NPK i stosowania dodatku dolomitu na zmiany mikrobiocenotyczne zespołów drobnoustrojów glebowych oraz występowania nitrozoamin

w środowiskach glebowych górskiego ekosystemu trawiastego należącego do zespołu *Arrhenatheretum elatioris* na terenie Górskiej Stacji Doświadczalnej IMUZ w Jaworkach k/ Szczawnicy. Doświadczenie obejmowało 15 kombinacji nawozowych w trzech powtórzeniach: 1 - kontrola, bez nawożenia; 2 – dolomit 1 t/ha; 3 – dolomit 5 t/ha; 4 – PK (P<sub>80</sub> kg/ha, K<sub>60</sub> kg/ha); 5 – PK + dolomit 1 t/ha; 6 – PK + dolomit 5 t/ha; 7 – PK + N<sub>120</sub>; 8 – PK + N<sub>240</sub>; 9 – PK + N<sub>360</sub>; 10 – PK + N<sub>120</sub> + dolomit 1 t/ha; 11 – PK + N<sub>240</sub> + dolomit 1 t/ha; 12 – PK + N<sub>360</sub> + dolomit 1 t/ha; 13 – PK + N<sub>120</sub> + dolomit 5 t/ha; 14 – PK + N<sub>240</sub> + dolomit 5 t/ha; 15 – K + N<sub>360</sub> + dolomit 5 t/ha. W ramach tych badań zaobserwowano, że zastosowane nawożenie mineralne w badanych kombinacjach wywierało korzystny wpływ na podniesienie aktywności mikrobiologicznej gleb i ogólny wzrost produktywności biologicznej ekosystemów trawiastych. W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano również, że nawożenie mineralne NPK oraz dodatek dolomitu wpływa korzystnie na wzrost liczebności badanych grup drobnoustrojów glebowych oraz, że azot jest istotnym czynnikiem ekologicznym wpływającym selekcyjnie na redukcję niektórych gatunków bakterii, promieniowców i grzybów (dawki azotu w ilości N<sub>240</sub> i N<sub>360</sub> kg/ha/rok powodowały największe zmiany jakościowe). Z kolei badania gleb dotyczące występowania nitrozoamin w poszczególnych kombinacjach nawozowych wykazały, że wysokie dawki mineralnego azotu począwszy od N<sub>240</sub> i N<sub>360</sub> kg/ha/rok są istotną przyczyną ich występowania. Poza tym, otrzymane wyniki badań wskazywały, że w istniejących warunkach środowiskowych zastosowanie dodatku do gleb dolomitu w dawce 1 t/ha, a tym bardziej 5 t/ha wpływa wyraźnie na zmniejszenie się ilości tworzonych nitrozoamin w badanych glebach. Stwierdzono, że dolomit jako dodatek do nawozów mineralnych okazał się być ważnym składnikiem, który wpływał korzystnie na wiele badanych parametrów [2.2].

#### **Ad. 2.**

Kolejnym zagadnieniem naukowym, realizowanym przeze mnie we współpracy z Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, były badania dotyczące opracowania metod biomonitoringu wycieków CO<sub>2</sub> dla obszaru wytypowanego dla podziemnego jego zatłaczania. W zakresie tych zagadnień została opublikowana wspólna praca monograficzna [3.1]. Zagadnienie to jest szczególnie ważne, gdyż bezpieczne przeprowadzenie podziemnego składowania CO<sub>2</sub> wymaga kontroli, poczynając od momentu wyboru miejsca lokalizacji składowania CO<sub>2</sub>, a kończąc na monitoringu jego wycieków po zakończeniu procesu składowania i zamknięciu składowiska. W związku z czym, postanowiono w ramach tego kierunku badawczego przeprowadzić badania mające na celu

izolację drobnoustrojów zasiedlających specyficzne środowiska glebowe o zwiększonej zawartości CO<sub>2</sub> oraz znalezienia mikroorganizmów wskaźnikowych lub procesów mikrobiologicznych, które reagując na zmiany CO<sub>2</sub> w składzie atmosfery glebowej, mogłyby być wykorzystywane jako wskaźnikowe w biomonitoringu podziemnego składowania CO<sub>2</sub>. Badania w tym zakresie przeprowadzono w okolicach Muszyny, gdzie istnieją naturalne wycieki CO<sub>2</sub>, którego stężenie w powietrzu glebowym miejscami przekracza kilkadziesiąt procent. Uzyskane wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że *Clostridium kluyveri* i proces nitryfikacji mogą być wykorzystywane jako wskaźniki do oceny zawartości CO<sub>2</sub> w środowisku glebowym. W wyniku przeprowadzonych badań wskazano również, że należy dalsze badania w tym kierunku koncentrować na dokładnym ustaleniu optymalnych stężeń CO<sub>2</sub> dla wzrostu *Clostridium kluyveri* i *Thiobacillus thiooxidans* w zmiennych granicach CO<sub>2</sub> zarówno w warunkach terenowych, jak i laboratoryjnych.

### Ad. 3.

Jakość powietrza jest podstawowym kryterium rozważania funkcji leczniczych i profilaktycznych regionu lub uzdrowiska, dlatego kolejną podjętą przez mnie problematyką badawczą, była ilościowa i jakościowa charakterystyka mikrobiologiczna powietrza w sanatorium w Szczawnicy, położonym w jednym z najpopularniejszych uzdrowisk w południowej Polsce oraz komór subterraneoterapii Uzdrowiska Kopalni Soli w Bochni (najstarszego przedsiębiorstwa solnego w Polsce) oraz Kopalni Soli w Wieliczce. Wyniki tych badań były prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych oraz opublikowane w pracach naukowych [1.2, 1.5, 1.6, 1.10, 1.11, 1.18, 1.19, 1.31, 1.32, 1.39, 1.40, 1.47, 1.48, 2.1]. Należy podkreślić, że leczenie sanatoryjne przeżywa ostatnio odrodzenie i staje się popularne nie tylko w Polsce, lecz także w innych krajach na świecie. W ramach tej problematyki w latach 2001-2002 uczestniczyłem w projekcie badawczym pt. „Badania nad mikroflorą powietrza komór sanatoryjnych w kopalniach soli w Bochni i Wieliczce”, nr 6 P04G00121, a w latach 2007-2009 byłem kierownikiem projektu badawczego nr N 305255233, pt. „Badania aerozolu biologicznego w komorach subterraneoterapii w Kopalni Soli w Bochni oraz w pomieszczeniach sanatorium naziemnego w Szczawnicy”. W ramach tego kierunku badawczego stwierdzono, że w sanatorium naziemnym w Szczawnicy stężenia aerozolu grzybowego wewnątrz i na zewnątrz zawsze były niższe niż 1600 jtk/m<sup>3</sup>. W przypadku zanieczyszczenia bakteryjnego zaobserwowano, że najwyższe stężenia (nawet 6223 jtk/m<sup>3</sup>) zazwyczaj występują w pomieszczeniach sanatorium w obecności pacjentów. Takie stężenia przekraczały nawet wartości graniczne, co sugeruje, że naturalna wentylacja w takim typie pomieszczeń nie zapewnia właściwej jakości powietrza oraz,



że powinno się wprowadzić w tego typu środowisku wysokowydajną wentylację i klimatyzację, w celu zapewnienia „czystego” powietrza w pomieszczeniach sanatoryjnych. Przeprowadzona ocena jakościowa bioaerozolu wykazała, że w badanych pomieszczeniach sanatorium najczęściej występowały Gram-dodatnie ziarniaki, mezofilne promieniowce i grzyby strzępkowe. Analiza parametrów mikroklimatu potwierdziła natomiast, że jedynie wilgotność względna powietrza znacząco wpływa na poziom i skład aerozoli biologicznych.

W innym doświadczeniu przeprowadzono badania jakości mikrobiologicznej powietrza w komorach subterraneoterapii sanatoriów podziemnych w Kopalni Soli w Bochni i Wieliczce. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że stężenie aerozolu bakteryjnego dla powietrza wewnętrznego w komorach sanatoryjnych wynosiło nawet 11688 cfu/m<sup>3</sup>. Należy uznać to za bardzo wysokie stężenia bakterii jak na miejsce, gdzie prowadzona jest terapia ludzi z chorobami dróg oddechowych. Najczęściej w badanych komorach subterraneoterapii odnotowywano najwyższe stężenia bioaerozoli w obecności kuracjuszy, w trakcie wykonywania ćwiczeń fizycznych. Otrzymane wyniki potwierdziły więc fakt, że człowiek, jego czynności fizjologiczne (kichanie, kaszel, mówienie itp.), a także aktywność fizyczna (np. ćwiczenia lecznicze) są głównym źródłem aerozolu bakteryjnego w omawianych podziemnych pomieszczeniach. Stwierdzono również, że liczba osób przebywających równocześnie w tego rodzaju podziemnych pomieszczeniach sanatoryjnych powinna być w pewien sposób limitowana/ograniczana, gdyż może to powodować zachwianie równowagi w tym środowisku i utratę jego leczniczych właściwości. Ponadto, otrzymane wyniki jasno wskazały, że należy zwrócić większą uwagę na jakość powietrza dostarczanego do komór subteranoterapii poprzez sieć szybów i korytarzy. W powietrzu podziemnych komór sanatoryjnych kopalni dominowały Gram-dodatnie ziarniaki (*Micrococcus*, *Staphylococcus*), mezofilne promieniowce (głównie *Streptomyces*) i grzyby pleśniowe (*Cladosporium* i *Penicillium*). Analiza parametrów mikroklimatu wykazała, że temperatura i wilgotność względna powietrza miały znaczący wpływ na wielkość stężeń aerozolu bakteryjnego, dlatego wskazano na konieczność skrupulatnej kontroli tych parametrów w podziemnych komorach sanatoryjnych. Ponadto, w tym zakresie przeprowadzono również badania dotyczące występowania promieniowców w powietrzu pomieszczeń sanatoryjnych dwóch typów sanatoriów (podziemnego w Kopalni Soli w Bochni oraz naziemnego w Szczawnicy). Określano w nich zarówno stężenie przenoszonych drogą powietrzną promieniowców, jak i ich rozmieszczenie w różnych frakcjach bioaerozolu. Wyniki tych badań wykazały, że przeciętne

stężenia promieniowców w ciągu roku w przypadku sanatorium w Bochni mieściły się w zakresie od 0 do 40 jtk/m<sup>3</sup>, a przypadku sanatorium w Szczawnicy między 7 a 125 jtk/m<sup>3</sup>. Zaobserwowano, że w pomieszczeniach podziemnego sanatorium w Bochni stężenie frakcji respirabilnej bioaerozolu wahało się między 25% a 51%, a w przypadku sanatorium w Szczawnicy wartość ta mieściła się między 78% a 81%. Poza tym wykazano, że w obu typach sanatoriów wśród izolowanych promieniowców dominowały gatunki należące do *Rhodococcus*, *Streptomyces* oraz *Nocardia*. Otrzymane wyniki wskazywały, że w porównywanych sanatoriach pacjenci mogą być w różnym stopniu narażeni na unoszące się w powietrzu promieniowce, przy czym powietrze w podziemnym sanatorium okazało się jednak być „lepszej jakości” pod względem przeprowadzonej charakterystyki mikrobiologicznej.

W ramach opisywanego szerzej tego obszaru badawczego brałem również udział w badaniach dotyczących rozprzestrzeniania się aerozolu bakteryjnego i grzybowego na obszarze Krakowa [1.55, 1.56, 1.59]. Badania z tego zakresu realizowane były w ramach projektu badawczego pt. „Miejska wyspa ciepła jako czynnik determinujący rozmieszczenie aerozolu biologicznego w Krakowie” - projekt badawczy nr N N304152937. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano istnienie istotnych statystycznie korelacji ( $p < 0,05$ ) pomiędzy liczbą bakterii a całkowitym stężeniem pyłu i wszystkimi zmierzonymi jego frakcjami (PM<sub>10</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>). Analiza parametrów mikroklimatu nie wykazała natomiast istotnych zależności pomiędzy uzyskaną liczebnością bakterii a średnią temperaturą powietrza występującą w konkretnych miejscach Krakowa. Stwierdzono również, że powietrze zanieczyszczone pod względem bakteriologicznym było bardziej poza obszarem Krakowa niż w jego granicach.

#### **Ad. 4.**

Od początku pracy naukowo-badawczej moje zainteresowania naukowe ukierunkowane były głównie na zagadnienia związane z oceną zagrożeń biologicznych związanych z funkcjonowaniem składowisk odpadów komunalnych. Badania w tym zakresie podjąłem wkrótce po rozpoczęciu pracy w Katedrze Mikrobiologii i kontynuuję do chwili obecnej. Należy podkreślić, iż oddziaływanie składowisk na środowisko jest w tak znacznym stopniu zróżnicowane co do rodzaju i natężenia, że ocena zagrożeń związanych z funkcjonowaniem tego typu obiektów jest możliwa tylko wtedy, gdy wszystkie elementy, które mogą prowadzić do zagrożenia, zostaną ustalone i opisane. Co więcej, obserwuje się trwałą tendencję wzrostową zarówno ilości odpadów komunalnych, jak i liczby eksploatowanych składowisk, co pociąga za sobą trudności z ich lokalizacją, gdyż nie zawsze mogą się one znajdować w terenie, który nie jest użytkowany lub

zamieszkały. W takiej sytuacji konieczne staje się więc dokładne rozpoznanie wielkości emisji drobnoustrojów z tego typu obiektów komunalnych i ich wpływu na stan higieniczny środowiska, a przez to na zdrowie człowieka. Wyniki tych badań były często prezentowane na konferencjach i sympozjach naukowych oraz opublikowane w wydawnictwach konferencyjnych i czasopismach naukowych.

**4a)** W ramach tego kierunku badawczego brałem udział w wieloletnich badaniach dotyczących wpływu składowiska odpadów komunalnych w Krakowie i Tarnowie na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego [1.8, 1.9, 1.12, 1.13, 1.14, 1.33, 1.34, 1.35, 1.36, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.9, 2.11]. W tym okresie uczestniczyłem w kilku projektach związanych z tym obszarem badawczym (6P04G04620/ 6P04G00221/ NN305227237/ NN304308540). Wyniki otrzymane z przeprowadzonych badań wykazały, że bez względu na okres eksploatacji składowisko komunalne jest znaczącym źródłem emisji bioaerozoli do otaczającego środowiska, co często prowadzi do wzrostu zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza w strefie oddziaływania składowiska, jak i zagrożenia dla zdrowia człowieka. Ponadto, pozwoliły one stwierdzić, że stężenia bioaerozoli w powietrzu w otoczeniu składowisk komunalnych były zróżnicowane w zależności od wielkości i typu składowiska, prawidłowej eksploatacji, miejsca pobrania próbek (odległości od czynnego sektora) i serii pomiarowej (pory roku), kierunku wiejących wiatrów, parametrów mikroklimatycznych oraz aktualnie wykonywanych czynności na składowisku. Ogólnie stwierdzono, że najgorsza sytuacja pod względem mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza jest zazwyczaj w najbliższej strefie składowania odpadów oraz że w miarę oddalania się od części aktualnie użytkowanej składowiska odpadów, następuje znaczne zmniejszanie się liczby drobnoustrojów w powietrzu. Poza tym, badania dotyczące składu mikroflory powietrza wykazały, że składowisko komunalne nie jest jedynym ich źródłem emisji w ich otoczeniu. Większość wyizolowanych mikroorganizmów z powietrza na składowisku odpadów komunalnych Barycz w Krakowie stanowiły gatunki powszechnie występujące w środowisku (*Bacillus*, *Micrococcus*) oraz pochodzenia ludzkiego i zwierzęcego, naturalnie zasiedlające ich układ pokarmowy lub skórę na zasadach komensalizmu (*Staphylococcus*, *Enterococcus*). Ponadto na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że w powietrzu na terenie tego typu obiektów mogą występować również patogeny i potencjalnie toksynotwórcze gatunki grzybów, które ze względu na właściwości infekcyjne lub alergizujące stanowią zagrożenie dla zdrowia zarówno osób zatrudnionych, jak i okolicznych mieszkańców.

**4b)** Kolejne zagadnienie badawcze realizowane przeze mnie z tego zakresu dotyczyło mikrobiologicznego zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych na terenie oraz w okolicy składowisk odpadów komunalnych. Ta problematyka badawcza została przedstawiona w pracach naukowych [1.3, 1.15, 1.27, 1.41]. W ramach przeprowadzonych badań do analiz pobierano między innymi próbki wód odciekowych, powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odpadów komunalnych Barycz w Krakowie. Na ich podstawie stwierdzono, że składowane odpady, a przede wszystkim ocieki, są zasadniczym źródłem emisji do wód powierzchniowych różnych grup mikroorganizmów, w tym bakterii wskaźnikowych stanu sanitarnego wody. Otrzymane wyniki wykazały wyraźny wzrost zanieczyszczenia bakteriologicznego wód powierzchniowych na wysokości eksploatowanego sektora. Zaobserwowano również, że w miarę oddalania się spływu wód powierzchniowych od sektorów składowiska następuje wyraźny spadek ilościowy badanych mikroorganizmów w wodzie, czyli ulegają one bardzo powolnemu, stopniowemu procesowi samooczyszczania. W badanych wodach podziemnych (pobieranych z piezometrów) stwierdzono także występowanie bakterii, będących wskaźnikami ich złego stanu sanitarnego. Obecność bakterii coli typu kałowego wskazywała na antropogenne pochodzenie zanieczyszczeń wód podziemnych. Zaobserwowano, podobnie jak w przypadku wód powierzchniowych, że liczba bakterii coli typu fekalnego w wodach pobieranych z piezometrów zmniejszała się wraz ze wzrostem odległości od granic strefy czynnej składowiska. Badania dotyczące wpływu składowiska odpadów komunalnych w Krakowie na kształtowanie się liczebności grzybów mikroskopowych występujących w wodach powierzchniowych w jego obrębie i obszarze z nim sąsiadującym, wykazały na wyznaczonych stanowiskach badawczych duże zróżnicowanie grzybów pod względem ilościowym lecz niewielkie pod względem gatunkowym. Odległość lokalizacji stanowisk badawczych od czynnego sektora okazała się istotnym czynnikiem wpływającym na występowanie grzybów w badanych wodach. Zaobserwowano, że w wodach powierzchniowych potoku Malinówka najwyższe liczebności grzybów odnotowano w okresie jesiennym i letnim, a najniższe w zimie. Natomiast w wodach odciekowych najwyższą liczebność grzybów stwierdzano w okresie jesienno-zimowym, a najniższą wiosną i latem. Świadczy to o konieczności prowadzenia regularnego mikrobiologicznego monitoringu wód znajdujących się zarówno na terenie składowiska, jak i na obszarze z nim sąsiadującym.

**4c)** Celem kolejnych badań, w których uczestniczyłem była ocena wpływu składowiska odpadów komunalnych na mikrobiologiczną jakość gleby. Wyniki badań opublikowano w pracach naukowych [1.30, 1.37, 1.42, 1.52]. W ramach tej tematyki badawczej wykazano między innymi, że na terenie i w pobliżu składowiska odpadów komunalnych występuje duże zróżnicowane mikroorganizmów w glebie oraz wskazano różny stopień jej sanitarnego skażenia. Stwierdzono, że stan sanitarny gleby na obszarze i w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych Barycz w Krakowie zależał przede wszystkim od odległości od strefy czynnej składowiska. Jej właściwy stan sanitarny odnotowano dopiero w miejscu odległym o więcej niż 1000m na północ od składowiska. Okresowe skażenie sanitarne gleby stwierdzono również w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych w Ujkowie Starym. W moim dorobku naukowym znajdują się również prace dotyczące wpływu składowiska odpadów komunalnych na mikroflorę gleby występującej pod uprawą różnych roślin rolniczych [1.16, 1.22, 1.26, 1.51, 1.54]. Badania w tym zakresie przeprowadzono w doświadczeniu polowym, na poletkach z roślinami pszenicy jarej, bobiku oraz ziemniaków zlokalizowanych w strefie oddziaływania odpadów komunalnych w Tarnowie. Znajdowały się one z każdej strony składowiska, w wyznaczonych dwóch strefach od jego granic – I strefa od 50m do 250m, natomiast II strefa między 250m a 500m. Dodatkowe poletko wyznaczono również w części zreultywowanej składowiska. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono, że skład mikrobiocenotyczny różnych badanych grup drobnoustrojów (m.in. biorących udział w procesach przemian azotu) w glebie pod uprawą różnych roślin rolniczych, zależał głównie od miejsca położenia poletka doświadczalnego względem składowiska oraz rodzaju i okresu wzrostu uprawianej rośliny. Aktywność mikroorganizmów glebowych była na ogół najniższa w glebie na poletkach położonych w pobliżu czynnego sektora składowiska.

**4d)** Kolejnym ważnym elementem mojej pracy naukowej był udział w badaniach mających na celu ocenę zależności między ilością i składem mikoflory fyllosfery roślin rolniczych uprawianych w pobliżu składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie, a emisją aerozolu grzybowego z jego obszaru. Próbkę roślin pobierano z upraw bobiku, pszenicy jarej i ziemniaków z poletek doświadczalnych położonych z każdej strony składowiska. W ramach przeprowadzonych badań, porównując skażenie mikologiczne powietrza i występowanie mikroorganizmów epifitycznych wykazano, że najliczniejsza i najbardziej zróżnicowana mikoflora występowała w bezpośrednim sąsiedztwie składowiska. Stwierdzono również, że stężenie aerozolu grzybowego nie miało bezpośredniego wpływu na stopień kolonizacji roślin uprawnych przez patogeny grzybowe, a



także nie odnotowano zależności między składem ilościowym mikoflory epifitycznej zasiedlającej nadziemne części roślin, a występowaniem patogenów roślin uprawnych. Stwierdzono natomiast, że czynnikiem istotnie różnicującym skład ilościowy mikoflory epifitycznej niezależnie od stanowiska badawczego był wiek rośliny. Mikoflora badanych roślin ilościowo zdominowana była przez grzyby drożdżoidalne, natomiast duże zróżnicowanie wśród grzybów pleśniowych obserwowano w przypadku roślin uprawianych na polach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie składowiska. Stąd też przy ocenie oddziaływania składowiska odpadów na mikroflore epifityczną grzyby drożdżoidalne wydają się być bardziej przydatne jako typowe drobnoustroje pochodzące z odpadów. Grzyby pleśniowe natomiast należy traktować jako typową mikroflore środowiskową. Ponadto, zaobserwowano, że badane składowisko komunalne nie było źródłem porażenia roślin grzybami fitopatogennymi [1.4].

W ramach mojej działalności naukowej prowadziłem również badania dotyczące występowania grzybów toksynotwórczych i patogennych na powierzchni nasion oraz bulw roślin rolniczych (nasion pszenicy i bobiku oraz bulw ziemniaka) uprawianych w sąsiedztwie składowiska odpadów komunalnych. W warunkach założonego doświadczenia polowego zaobserwowano najbardziej zróżnicowany skład gatunkowy mikoflory na powierzchni bulw ziemniaka, a najmniej zróżnicowany na nasionach bobiku. Wśród wyizolowanych grzybów pleśniowych stwierdzono również szczepy gatunków potencjalnie toksynotwórczych takich jak: *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium graminearum*, *Penicillium rugulosum* czy *Trichoderma viride*. Najsilniejszym działaniem fitotoksycznym odznaczały się szczepy: *Alternaria alternata*, *Penicillium rubum* i *Penicillium lanosum* wyizolowane z bulw ziemniaków, a najslabszym działaniem szczepy *Alternaria alternata* i *Fusarium oxysporum* wyizolowane z ziaren pszenicy. Wykazano również, że choroby grzybowe atakujące nasiona i bulwy w największym nasileniu występowały na roślinach uprawianych na obszarze zrehabilitowanego sektora składowiska oraz w sąsiedztwie czynnego sektora [1.61].

Celem kolejnych badań, w których uczestniczyłem była ocena wpływu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na występowanie i patogeniczność owadobójczych nicieni i grzybów w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych [1.7, 1.45]. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że skażenie gleby metalami ciężkimi spowodowało zmniejszenie liczby izolowanych z gleby larw inwazyjnych nicieni. Owadobójcze nicienie z rodziny *Steinernematidae* izolowano z gleby na wszystkich stanowiskach badawczych

zlokalizowanych w otoczeniu składowiska, jednakże jedynie w próbce gleby pobranej z pobliza zbiornika na odcieki, gdzie gleba była silnie skażona ołowiem stwierdzono małą liczebność larw inwazyjnych nicieni owadobójczych. Także występowanie owadobójczych grzybów było uzależnione od stopnia skażenia metalami ciężkimi. Zaobserwowano, że pomimo, iż we wszystkich próbkach glebowych występowały owadobójcze grzyby to jednak najmniej zróżnicowane pod względem gatunkowym było stanowisko umiejscowione w pobliżu zbiornika na odcieki. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono natomiast, że od stopnia skażenia gleby metalami ciężkimi nie zależała patogeniczność nicieni i grzybów. W ramach wspomnianych badań analizowano również występowanie owadobójczych grzybów w glebach na poletkach położonych w sąsiedztwie składowiska, na których uprawiano bobik. Wykazano, że aktywność owadobójczych grzybów była podobna na wszystkich stanowiskach doświadczalnych. Stwierdzono wyraźne sezonowe różnice w aktywności grzybów owadobójczych w infekowaniu owadów pułapkowych. Największą aktywność tych mikroorganizmów zaobserwowano w maju i czerwcu. Podczas wykonywania odkrywek glebowych nie znaleziono owadów z objawami zainfekowania przez grzyby lub nicienie owadobójcze. *Metarhizium anisopliae* był dominującym gatunkiem grzyba owadobójczego w badanych glebach.

W moim dorobku naukowym są także prace których celem było zbadanie wpływu składowiska odpadów komunalnych na stan zdrowotny roślin uprawnych [1.20, 1.21, 1.23, 1.38, 1.50]. W ramach badań oceniono stopień porażenia pszenicy jarej przez patogeny grzybowe w strefie bezpośrednio przylegającej do składowiska [1.20]. Obserwacje dotyczące występowania objawów chorobowych powodowanych przez patogeny grzybowe prowadzono w okresie wegetacji. Stopień porażenia roślin oceniano w skali 9°. Stwierdzono, że uprawiana na poletkach pszenica jara w pobliżu czynnego sektora składowiska silniej była atakowana przez mączniaka i septoriozę. Natomiast stopień porażenia liści przez rdzę brunatną był niewielki.

Kontynuacją tej problematyki były również podjęte badania nad wpływem składowiska odpadów na zdrowotność roślin bobu [1.38]. Wykazano w nich, że wpływ składowiska uzależniony był m.in. od gatunku agrofaga. Stwierdzono, że chrząszcze oprzędzików (*Sitona* sp.) w największym nasileniu wystąpiły na roślinach bobu uprawianych z dala od składowiska, co wskazywało na istnienie niekorzystnych warunków w otoczeniu składowiska dla żerowania tego szkodnika. Natomiast mszyca *Aphis fabae* najsilniej atakowała rośliny bobu rosnące w bezpośrednim sąsiedztwie składowiska. Sąsiedztwo składowiska odpadów wyraźnie sprzyjało

silniejszemu opanowaniu roślin bobu przez tego szkodnika. Podobnie porażenie roślin bobu przez choroby grzybowe było największe na poletkach, w bezpośrednim sąsiedztwie badanego obiektu. Na poletkach oddzielonych od składowiska pasem zieleni (drzewa i krzewy) występowanie tych szkodników było mniejsze. Świadczy to, że zadrzewienia śródpolne skutecznie mogą ograniczać negatywny wpływ składowiska na agrocenozy.

Kolejne zagadnienie badawcze realizowane z moim udziałem związane było z występowaniem szkodników glebowych w uprawie ziemniaka [1.50]. Stwierdzono, że liczebność szkodników glebowych na poszczególnych stanowiskach badawczych wyraźnie się różniła. Zaobserwowano, że szkodniki, takie jak pędraki i drutowce występowały istotnie liczniej w uprawie ziemniaka prowadzonej na glinie lekkiej w porównaniu do stanowisk założonych na lżejszych utworach glebowych. Uprawa ziemniaka po ugorze znacznie zwiększała zagrożenie ze strony tych szkodników. Wykazano również, że w zapobieganiu szkodom powodowanym przez szkodniki glebowe ważny jest wybór odpowiedniego stanowiska. Większą liczebność omawianych szkodników stwierdzono w pobliżu czynnego sektora składowiska komunalnego.

W ramach mojej działalności naukowej uczestniczyłem również w badaniach dotyczących obserwacji nad występowaniem pożytecznej entomofauny na roślinach bobiku, w zależności od lokalizacji poletek względem składowiska. Na podstawie uzyskanych danych wykazano, że na poletkach doświadczalnych położonych najbliżej czynnego sektora składowiska występuje większy udział szkodliwej entomofauny. Natomiast udział owadów pożytecznych w tych lokalizacjach był zdecydowanie mniejszy. Stwierdzono również, że struktura dominacji entomofauny naziemnej różniła się znacząco w zależności od lokalizacji poletek względem czynnego sektora składowiska. Największą bioróżnorodność biegaczowatych stwierdzono na obiektach badawczych położonych w większej odległości od składowiska. Wykazano także, że korzystnie na występowanie drapieżnych chrząszczy wpływała bliska lokalizacja terenów leśnych [1.21, 1.23].

W swojej dotychczasowej pracy naukowej interesowałam się również problematyką, dotyczącą występowania i szkodliwości ptaków w uprawach pszenicy i bobiku zlokalizowanych w sąsiedztwie składowiska odpadów komunalnych [1.17, 1.49]. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że uprawa roślin, które są atrakcyjnym pokarmem dla ptaków, w pobliżu tego typu obiektów komunalnych, jest obarczona dużym ryzykiem. Zaobserwowano, że ptaki ze składowiska licznie przelatwały na poletka ze wschodzącymi roślinami uprawnymi, powodując

częściowe uszkodzenie rośliny lub całkowite jej zniszczenie. Podczas przeprowadzonych obserwacji stwierdzono na poletkach obecność następujących gatunków ptaków: kawka *Corvus monedula*, gawron *Corvus frugilegus*, mewa białogłowa *Larus cachinnans*, szpak *Sturnus vulgaris*, rybitwa rzeczna *Sterna hirundo*, mewa pospolita *Larus canus*, wróbel *Passer domesticus*, sroka *Pica pica*, wrona siwa *Corvus corone cornix* i bocian biały *Ciconia ciconia*. Szkody powodowane przez ptaki polegały na wydziobywaniu kiełkujących nasion i ich zjadaniu. Niektóre kiełkujące nasiona po wygrzebaniu pozostawały na powierzchni gleby i zasychały. W największym stopniu uszkadzane były rośliny uprawiane na poletkach znajdujących się w pobliżu czynnego sektora składowiska, gdzie licznie gromadziły się ptaki. Zaobserwowano również, że aktywność ptaków na poletkach pszenicy zależała od pory dnia. Najwięcej ptaków żerowało rano i wieczorem. Wykazano ponadto, że wiele organizmów (ptaki, owady), które przebywają na stałe lub czasowo na składowisku odpadów komunalnych może stać się środowiskowymi wektorami różnych mikroorganizmów, umożliwiając im kolonizację środowiska na okolicznych obszarach [1.58].

#### **Ad. 5.**

Opisywany obszar badawczy przedstawiono w omówieniu celu naukowego i wyników wskazanego przeze mnie osiągnięcia naukowego.

## **KIEROWANIE MIĘDZYNARODOWYMI LUB KRAJOWYMI PROJEKTAMI BADAWCZYMI LUB UDZIAŁ W TAKICH PROJEKTACH**

Dotychczas uczestniczyłem w jedenastu projektach badawczych, jako wykonawca lub kierownik, których pełna lista została przedstawiona poniżej.

- 2001-2002 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: „Badania nad oddziaływaniem składowiska odpadów komunalnych w Krzyżu k/Tarnowa na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego i gleby w strefie jego oddziaływania”, Projekt badawczy (Grant promotorski) nr 6 P04G04620, Główny wykonawca: mgr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2001-2002 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: „Badania nad mikroflorą powietrza komór sanatoryjnych w kopalniach soli w Bochni i Wieliczce”, Projekt badawczy nr 6 P04G00121, Wykonawca: mgr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2001-2003 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: „Wpływ składowisk odpadów komunalnych o różnym okresie eksploatacji w Baryczy, Krzyżu i Bolesławiu na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza”, Projekt badawczy nr 6 P04G00221, Wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2003-2006 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: „Badania nad wykorzystaniem osadów ściekowych jako nawozu oraz ich mikrobiologiczne i chemiczne przemiany w uprawie wierzby energetycznej”, Projekt badawczy nr 3 P04G02225, Wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2004-2005 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: „Badania mikrobiologiczne gleby, odcieków oraz wód powierzchniowych i podziemnych w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych aglomeracji krakowskiej”, Projekt badawczy nr 2 P04G06526, Wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2004-2005 Współuczestnictwo w badaniach wykonanych do projektu w ramach 6 Programu Ramowego UE - (IP) 6 PR UE – CO2SINK - In-situ R&D Laboratory for Geological Storage of CO<sub>2</sub>, kontrakt nr SES6-CT-2004-502599, GeoForschungsZentrum Potsdam - Niemcy (koordynator), IGSMiE PAN partner, (zakończony)



- 2006-2008 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego, Kraków, Polska: "Zróżnicowanie czynników wpływających na występowanie chorób i szkodników roślin uprawnych oraz mikroflorę epifityczną w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie-Krzyżu", Projekt badawczy nr 2 P06R 01830, Główny wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2007-2009 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Kraków, Polska: "Rola zadrzewień robinni akacyjowej (*Robinia pseudoaccacia* L.) w kształtowaniu właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych gleb uprawnych Płaskowyżu Proszowickiego", Projekt badawczy nr N N310435233, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2007-2009 Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: "Badania aerozolu biologicznego w komorach subterraneoterapii w Kopalni Soli w Bochni oraz w pomieszczeniach sanatorium naziemnego w Szczawnicy", Projekt badawczy nr N305255233, Kierownik: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2009-2011 Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: "Miejska wyspa ciepła jako czynnik determinujący rozmieszczenie aerozolu biologicznego w Krakowie", Projekt badawczy nr N N304152937, Wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2009-2012 Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego, Kraków, Polska: „Badania zasięgu kolonizacji środowiska i człowieka drobnoustrojami oportunistycznymi w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych w celu ograniczenia zagrożenia zdrowotnego”, Projekt badawczy nr N N305 227237, Wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)
- 2011-2013 Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii, Kraków, Polska: „Ocena zagrożeń mikrobiologicznych powodowanych przez drobnoustroje i ich toksyczne metabolity w środowisku przyrodniczym składowiska odpadów komunalnych”, Projekt badawczy nr N N304308540, Wykonawca: dr inż. K. Frączek (zakończony)

## **Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych**

Posiadam doświadczenie w kierowaniu zespołem naukowym. Byłem kierownikiem projektu badawczego nr N305255233, który realizowałem we współpracy z Instytutem Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu (dr hab. n. med. R.L. Górny).

## **UDZIAŁ W MIĘDZYNARODOWYCH LUB KRAJOWYCH KONFERENCJACH NAUKOWYCH LUB UDZIAŁ W KOMITETACH ORGANIZACYJNYCH TYCH KONFERENCJI**

Podczas pracy naukowej swoje prace i badania regularnie prezentowałem na międzynarodowych oraz krajowych konferencjach i sympozjach naukowych.

- 1997 Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne, „Drobnoustroje a życie gleby”, Kraków-Muszyna
- 1997 Ogólnopolskie Sympozjum, „Wyznaczanie stref oddziaływania składowisk odpadów na podstawie monitoringu”, Kraków
- 1999 Kongres Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, Międzynarodowa Konferencja Naukowa, „Rola gleby w funkcjonowaniu ekosystemów”, Lublin
- 2001 36 Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne, „Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach”, Kraków
- 2002 37 Sympozjum Mikrobiologiczne, „Rola drobnoustrojów w kształtowaniu środowiska”, Olsztyn-Waplewo
- 2003 38 Sympozjum Mikrobiologiczne, „Efektywne Mikroorganizmy (EM) w rolnictwie zrównoważonym i ochronie środowiska”, Warszawa – Rogów
- 2004 II Ogólnopolska Konferencja, „Biologiczne Metody Oceny Stanu Środowiska Przyrodniczego”, Paradyż
- 2004 VIII Krajowy Kongres Ekologiczny EKOMED, „Postępy w ochronie środowiska a zdrowie człowieka”, Tarnów
- 2006 40 Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne, „Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach”, Kraków-Arłamów
- 2007 41 Sympozjum Mikrobiologiczne, „Nowoczesne metody badania mikroorganizmów gleby i innych środowisk”, Toruń – Ciechocinek
- 2007 Konferencja Naukowo - Techniczna, „Składowiska odpadów komunalnych źródłem gazu”, „Czarna” w Czarnej k. Ustrzyk Dolnych

- 2008 Międzynarodowa Konferencja, „Metal ions and other Abiotic Factors in the Environment”, Kraków
- 2008 Konferencja Naukowa, „Przemiany środowiska naturalnego a rozwój zrównoważony”, Kraków
- 2008 Central European Conference ECOpole'08, „Chemical substances in environment”, Piechowice
- 2008 The 8th International Conference Risk Factors of Food Chain, Kraków
- 2008 42 Międzynarodowa Konferencja Naukowa, „Postępy w mikrobiologii i higienie środowiska”, Bydgoszcz
- 2009 Międzynarodowa Konferencja, „Metal ions and other Abiotic Factors in the Environment”, Kraków
- 2009 XLIII Międzynarodowe Sympozjum Mikrobiologiczne, „Wkład mikrobiologii w rozwój rolnictwa i ochrony środowiska - 90 – lecie mikrobiologii w Polsce”, Warszawa-Falenty
- 2009 Central European Conference ECOpole'09, „Chemical substances in environment”, Piechowice
- 2010 44 Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Dydaktyczna, „Rola mikroorganizmów w ochronie środowiska glebowego”, Poznań-Rydzyna
- 2010 Central European Conference ECOpole'10, „Chemical substances in environment”, Piechowice
- 2010 VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa, „Toksyczne substancje w środowisku”, Kraków
- 2011 Central European Conference ECOpole'11, „Chemical substances in environment”, Zakopane
- 2012 46 Międzynarodowa Konferencja Naukowa, „Mikrobiologia w ochronie zdrowia człowieka i środowiska”, Bydgoszcz
- 2012 Central European Conference ECOpole'12, „Chemical substances in environment”, Zakopane
- 2012 5th European Symposium on Aerobiology, Kraków
- 2013 47 Ogólnopolska Konferencja Naukowa, „Mikroorganizmy – roślina – środowisko w warunkach zmieniającego się klimatu”, Puławy – Lublin

- ✓ Członek Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiego Sympozjum Mikrobiologicznego, Drobnoustroje a życie gleby, Kraków-Muszyna (1997)
- ✓ Członek Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiego Sympozjum Mikrobiologicznego, Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach, Kraków (2001)
- ✓ Członek Komitetu Organizacyjnego 40 Ogólnopolskiego Sympozjum Mikrobiologicznego, Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach, Kraków – Arłamów (2006)

## **KURSY ZAWODOWE I STAŻE NAUKOWE W ZAGRANICZNYCH LUB KRAJOWYCH OŚRODKACH NAUKOWYCH LUB AKADEMICKICH**

W trakcie mojej pracy naukowo-badawczej doskonalilem również swe umiejętności praktyczne i poszerzałem swą wiedzę teoretyczną poprzez udział w licznych szkoleniach, kursach zawodowych oraz stażach naukowych. Ukończyłem:

październik 1996 - czerwiec 1997	Cykl szkoleń z zakresu mikrobiologii klinicznej, Szkoła Zdrowia Publicznego w Krakowie, Kraków
07-14 luty 1997	Kurs - „Wykorzystanie Internetu w środowiskach MS Windows i UNIX”, Studium Kształcenia Podyplomowego Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Kraków
maj/czerwiec 1998	Kurs - „Wykorzystanie arkusza kalkulacyjnego Excel do obliczeń statystycznych”, Zakład Biocybernetyki Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Kraków
1998-2000	Kurs językowy (j. angielski), Studium Doskonalenia Językowego Nauczycieli Akademickich Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków
11-16 grudnia 2000	Wizyta studyjna - Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii Czeskiego Uniwersytetu Rolniczego w Pradze, Praga
15-17 wrzesień 2005	Kurs praktyczny - „Biologia Molekularna – Techniki PCR”, Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biotechnologii, Zakład Mikrobiologii
12 styczeń 2007	Szkolenie - „Ocena narażenia zawodowego na czynniki biologiczne”, Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie, Rzeszów
22-26 styczeń 2007	Kurs - „Bioaerozole w środowisku pracy i pozazawodowym środowisku wewnątrz”, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu, Sosnowiec

- 12-24 lipiec 2010      Staż naukowy- Department of Microbiology, Nutrition and Dietetics of Czech University of Life Science, Praga, dotyczył zagadnień związanych z mikrobiologicznym zanieczyszczeniem środowiska na terenach obiektów komunalnych i miejskich, jak i nowoczesnych metod i technik molekularnych stosowanych w identyfikacji mikroorganizmów,
- 7-8 maj 2013            Kurs - „STATISTICA kurs podstawowy”, StatSoft Polska, Kraków
- 08-21 lipiec 2013      Staż naukowy - Department of Microbiology, Nutrition and Dietetics of Czech University of Life Science, Praga, dotyczył zagadnień związanych z mikrobiologią gleby (nowoczesnych metod badawczych)

Poza tym, poszerzam także swoją wiedzę zawodową poprzez uczestniczenie w posiedzeniach naukowych Oddziału Krakowskiego Polskiego Towarzystwa Mikrobiologów.

## **WSPÓŁPRACA Z INNYMI OŚRODKAMI NAUKOWYMI**

W ramach prowadzonych przeze mnie badań naukowych, w trakcie mojej pracy naukowo-badawczej współpracowałem lub nadal współpracuję z różnymi innymi ośrodkami naukowymi w kraju:

- Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie (współuczestnictwo w wykonanych badaniach do projektu badawczego (IP) 6 PR UE – CO2SINK - dr hab. inż. R. Tarkowski),
- Instytutem Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu (współpraca w ramach projektu badawczego nr N305 2552 33 - dr hab. n. med. R.L. Górny),
- Zakładem Fizjologii i Toksykologii Instytutu Biologii Eksperymentalnej UKW w Bydgoszczy (w ramach wykonywanych badań - prof. dr hab. inż. Jan Grajewski)
- Centralnym Instytutem Ochrony Pracy - Państwowym Instytutem Badawczym w Warszawie (współpraca w ramach projektu badawczego nr N N304308540 - dr hab. n. med. R.L. Górny, prof. CIOP-PIB)
- Katedrą Geografii Regionalnej i Turyzmu na Wydziale Nauk o Ziemi UŚ (współpraca w ramach wykonywanych badań - prof. dr hab. W. Andrejczuk).
- Department of Microbiology, Nutrition and Dietetics of Czech University of Life Science, Praga - (w ramach długoletniej współpracy Katedr - prof. Karel Voříšek).



## Współpraca z przedsiębiorstwami i innymi jednostkami

- Zakład Składowania Odpadów Komunalnych w Tarnowie
- Miejskie Przedsiębiorstwo Oczyszczania Spółka z o.o. w Krakowie

## DOROBEK DYDAKTYCZNY I POPULARYZATORSKI

Swą działalność naukową od chwili zatrudnienia w Katedrze Mikrobiologii staram się aktywnie łączyć z działalnością dydaktyczną, która została przedstawiona w poniższej tabeli. Działalność dydaktyczna obejmowała prowadzenie przeze mnie zajęć dydaktycznych (od 1996 - do chwili obecnej) z wielu przedmiotów, zarówno na studiach stacjonarnych, jak i zaocznych na Wydziale: Rolniczym (obecnie Rolniczo-Ekonomicznym), Ogrodniczym, Technologii Żywności, Hodowli i Biologii Zwierząt oraz na Studiach Międzywydziałowych – Biotechnologia.

PRZEDMIOT	WYDZIAŁ	KIERUNEK	SPECJALNOŚCI
Mikrobiologia rolnicza Mikrobiologia Mikrobiologia żywności i pasz Biologia gleby	Rolniczo- Ekonomiczny	Rolnictwo Ochrona Środowiska	Agroturystyka Agrobiologia Agronomia Agroekonomia Ochrona Środowiska
Mikrobiologia	Ogrodniczy	Ogrodnictwo	Ogrodnictwo z marketingiem Agroekologia i ochrona roślin Bioinżynieria Sztuka ogrodowa Agroekologia i Ochrona Roślin
Mikrobiologia zootechniczna Mikrobiologia Mikrobiologia surowców i produktów zwierzęcych	Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt	Zootechnika Rybacktwo	Hodowla zwierząt Hodowla ekologiczna i Ochrona zwierząt Rybacktwo i ochrona wód
Mikrobiologia ogólna	Studia Międzywydziałowe- Biotechnologia	Biotechnologia	Biotechnologia stosowana
Mikrobiologia żywności	Technologii Żywności		

Uczestniczyłem także wielokrotnie jako członek w Komisjach egzaminu inżynierskiego i magisterskiego na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych.

## **Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki**

- ✓ Przygotowanie prezentacji oraz udział w „Festiwalu Nauki w Krakowie” (2006-2007).
- ✓ Opracowanie materiałów pomocniczych (prezentacje multimedialne) oraz zestawu pokazowego preparatów mikroskopowych wykorzystywanych na zajęciach dydaktycznych.
- ✓ Udział w opracowywaniu nowych programów zajęć.

## **Opieka naukowa nad studentami**

Dotychczas pod moim kierunkiem zostało wykonanych:

- 21 prac magisterskich
- 19 prac inżynierskich.

Byłem także recenzentem:

- 10 prac magisterskich
- 8 prac inżynierskich.

## **RECENZOWANIE PROJEKTÓW MIĘDZYNARODOWYCH LUB KRAJOWYCH ORAZ PUBLIKACJI W CZASOPISMACH MIĘDZYNARODOWYCH I KRAJOWYCH**

Recenzowałem publikacje dla czasopism naukowych:

- dwóch anglojęzycznych publikacji dla *International Journal of Environmental Health Research*
- jednej anglojęzycznej publikacji dla *Polish Journal of Environmental Studies*,
- sześciu prac dla czasopisma *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*,
- dwóch prac dla czasopisma naukowo-kulturalnego *EPISTEME*,
- jednej pracy w ramach IV Ogólnopolskiej Konferencji Doktorantów nt. „Wielokierunkowość badań w rolnictwie i lesnictwie”.

## **CZŁONKOSTWO W MIĘDZYNARODOWYCH LUB KRAJOWYCH ORGANIZACJACH I TOWARZYSTWACH NAUKOWYCH;**

- Członek Polskiego Towarzystwa Mikrobiologów
- Członek Małopolskiego Stowarzyszenia Doradztwa Rolniczego
- Członek Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Rolnictwa (SITR)

### **Inne**

- Członek Rady Zarządzającej BioCert Małopolska Sp. z o.o. – zostałem wytypowany (2009r.) przez Dziekana Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie, prof. dr hab. T.Ł. Łabzę na członka Rady Zarządzającej jako przedstawiciela nauki.

## **DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA**

- ✓ Udział w pracach organizacyjnych na rzecz Katedry – obsługa zamówień, zakupów itp.
- ✓ Udział w Komisji przetargowej Uniwersytetu Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie (jako członek)
- ✓ Udział w ankietyzacji oceny jakości zajęć dydaktycznych (2007/2008) (wydziałowy system kontroli jakości kształcenia WR-E)
- ✓ Udział w koordynowaniu harmonogramu zajęć w ramach wydziału (WR-E)

## **MIĘDZYNARODOWE LUB KRAJOWE NAGRODY ZA DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWĄ**

- 2004: Wyróżnienie i nagroda w konkursie ogłoszonym przez Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego na najlepszą pracę licencjacką, magisterską i doktorską „PRAESIGNIS”
- 2011: Nagroda indywidualna III<sup>o</sup> Rektora Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie za wybitne osiągnięcia w dziedzinie naukowej
- 2012: Nagroda indywidualna III<sup>o</sup> Rektora Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie za wybitne osiągnięcia w dziedzinie naukowej

### **Inne otrzymane nagrody i wyróżnienia**

- 2007: Nagroda zespołowa II<sup>o</sup> Rektora Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie za wybitne osiągnięcia w dziedzinie organizacyjnej

*Krzysztof Fuciel*