III Kongres Zootechniki Polskiej

Quo vadis zootechniko?

MONOGRAFIA

Polskie Towarzystwo
Zootechniczne

Warszawa, 2022

Zespół autorów:

dr Maciej Bąkowski
dr inż. Agnieszka Chełmińska
dr hab. Przemysław Cwynar
dr hab. Katarzyna Czyż
prof. dr hab. Krystyna Demska-Zakęś
prof. dr hab. Zbigniew Dobrzański
dr hab. inż. Bogdan Dróżdż
prof. dr hab. Eugeniusz R. Grela
prof. dr hab. Jan Jankowski
prof. dr hab. Józefa H. Krawczyk
dr Robert Krusiński
dr Anna Mazurkiewicz
dr hab. inż. Artur Rybarczyk
prof. dr hab. Axel Schwerk
mgr inż. Krzysztof Skotak
prof. dr hab. Iwona Skrzecz
mgr inż. Kajetan Paweł Specjalski
dr inż. Witold Strużyński
dr inż. Krystian Szczepański
prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski
dr hab. Dorota Tumialis
dr hab. Anna Winiarska-Mieczan
prof. dr hab. inż. Janusz Wojdalski
prof. dr hab. Anna Wójcik
prof. dr hab. Zdzisław Zakęś
prof. dr hab. Zenon Zduńczyk

Recenzenci:
dr hab. Wioletta Biel, prof. ZUT
dr hab. Marcin Pszczoła

Opracowanie redakcyjne:
dr inż. Dorota Bugnacka
dr inż. Joanna Płużańska

Projekt okładki:
Maciej Gryko
Fot. na okładce:
prof. dr hab. Bronisław Borys

ISBN 978-83-953168-3-8

Copyright © by Polskie Towarzystwo Zootechniczne

Polskie Towarzystwo Zootechniczne im. Michała Oczapowskiego
Adres: ul. Kaliska 9 m. 4, 02-316 Warszawa
tel./faks 22-822-17-23, tel. 22-668-96-71
e-mail: ptz@ptz.icm.edu.pl, http://ptz.icm.edu.pl

Spis treści

I. Wprowadzenie

1. A. Wójcik – 100 lat działalności Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego w zakresie produkcji zwierzęcej i paszowej oraz ekologii i środowiska **7**

2. T. Szwaczkowski – 65-lecie Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk **23**

3. Z. Zduńczyk, J. Jankowski – Społeczne i środowiskowe wyzwania w produkcji żywności **31**

4. E.R. Grela, M. Bąkowski, A. Winiarska-Mieczan, R. Krusiński – Błędy żywieniowe w chowie zwierząt – przyczyny i zapobieganie . . . **49**

5. K. Skotak, K. Szczepański – Zmiany klimatu, a pojawienie się nowych patogenów niebezpiecznych dla ludzi i zwierząt **67**

6. A. Schwerk – Strategie na rzecz zachowania chronionych gatunków rodzimych **87**

II. Ekologia a rozwój zrównoważony w produkcji zwierzęcej

7. Z. Dobrzański, P. Cwynar, K. Czyż – Ekologiczna produkcja zwierzęca – zagrożenia i szanse **99**

8. Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś – Akwakultura zachowawcza jako narzędzie ochrony ichtiofauny **113**

9. J.H. Krawczyk, A. Chełmińska – Bioróżnorodność zwierząt gospodarskich w Polsce **131**

10. W. Strużyński – Zagrożenie rodzimych raków przez gatunki amerykańskie – zagadnienie wciąż aktualne **149**

III. Nowoczesne technologie w produkcji zwierzęcej

11. D. Tumialis, A. Mazurkiewicz, I. Skrzecz – Nicienie owadobójcze alternatywą dla chemicznych środków ochrony roślin **165**

12. A. Rybarczyk – Systemy utylizacji i zagospodarowania biomasy z produkcji zwierzęcej **181**

13. J. Wojdalski, K.P. Specjalski, B. Dróżdż – Praktyczne zastosowanie urządzeń do eliminacji związków odorowych **197**

IV. Wnioski **221**

I. WPROWADZENIE

100 lat działalności Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego w zakresie produkcji zwierzęcej i paszowej oraz ekologii i środowiska

prof. dr hab. Anna Wójcik

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
Wydział Bioinżynierii Zwierząt, Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska,
ul. M. Oczapowskiego 5/107, 10-719 Olsztyn,
e-mail: awojcik@uwm.edu.pl

Polskie Towarzystwo Zootechniczne im. Michała Oczapowskiego (PTZ) zostało założone w 1922 roku, krótko po odzyskaniu przez Polskę niepodległości jako jedno z pierwszych, zootechnicznych towarzystw na świecie. Towarzystwo powstało z inicjatywy wybitnych ówczesnych zootechników polskich, profesorów akademickich, wybitnych hodowców, pracowników administracji i samorządu rolniczego [2, 9].

Głównym inicjatorem był Karol Malsburg – nestor polskich zootechników, nauczyciel hodowli w szkole rolniczej w Czernichowie, profesor hodowli w Dublanach, czołowy uczony lwowskiej szkoły fizjologicznej. Do grona założycieli należeli: Zygmunt Moczarski – lekarz i zootechnik, profesor Wydziału Rolnego Uniwersytetu Poznańskiego, twórca szkoły zootechnicznej; Henryk Malarski, profesor, kierownik działu biochemicznego Państwowego Instytutu Naukowego Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach (PINGW); Roman Prawocheński, profesor, kierownik Wydziału Hodowli Zwierząt PINGW w Puławach, wykładowca hodowli ogólnej SGGW, a później profesor hodowli szczegółowej zwierząt na Uniwersytecie Jagiellońskim; Jan Rostafiński, profesor hodowli i żywienia zwierząt SGGW, organizator hodowli zarodowej; Karol Różycki, profesor hodowli zwierząt

w Dublanach, główny inspirator doświadczalnictwa prowadzonego przez Polskie Towarzystwo Zootechniczne; Zygmunt Ihnatowicz, naczelnik Wydziału Produkcji Zwierzęcej w Ministerstwie Rolnictwa i Reform Rolnych organizator spółdzielczości mleczarskiej i przetwórstwa mlecznego; Maurycy Trybulski, wykładowca hodowli drobnego inwentarza, drobiu i zwierząt futerkowych SGGW.

Do prac w Towarzystwie włączyli się wkrótce wybitni uczeni, byli to między innymi: Mieczysław Czaja, późniejszy profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego, a następnie SGGW, a także twórca Komitetu Nauk Zootechnicznych PAN; Zygmunt Markowski (rektor Akademii Medycyny Weterynaryjnej we Lwowie), Tadeusz Olbrycht (prof. AM Wet. we Lwowie), Jan Sosnowski (prof. SGGW), Franciszek Staff (prof. SGGW), Tadeusz Vetulani (prof. Uniw. Pozn.), Zdzisław Zabielski, profesor z PINGW, a także późniejsi profesorowie, wówczas wybitni hodowcy i inspektorzy hodowli: St. Jełowicki, T. Konopiński, W. Szczekin-Krotow, W. Krautforst oraz znani hodowcy: A. Budny z Bychawy, F. Błądowski z Pomorza, J. Czarnowski z Łęk, A. Danilczuk ze Skrzydlewa, S. Kiersnowski z Szepietowa, Z. Romer z Jodłownika, W. Alkiewicz – inspektor hodowli owiec w Wielkopolsce, W. Dusoge – inspektor hodowli trzody chlewnej w Warszawie, A. Glazer – inspektor hodowli polskiego bydła czerwonego w Białymstoku, M. Kwasieborski – inspektor hodowli bydła w Warszawie, J. Mieczkowski – inspektor hodowli bydła w Krakowie, S. Schuch – inspektor hodowli koni w Warszawie, J. Turowa – inspektor hodowli drobiu, T. Twardzicki – inspektor hodowli polskiego bydła czerwonego w Małopolsce, S. Wiśniewski – inspektor hodowli bydła w Warszawie, późniejszy wieloletni (34 lata) dyrektor Towarzystwa, a także M. Markijanowicz, ówczesny inspektor Ministerstwa Rolnictwa, późniejszy wieloletni wiceprezes Towarzystwa.

Polskie Towarzystwo Zootechniczne od początku swojego istnienia było towarzystwem naukowym, co wyrażał statut uchwalony w 1922 roku. Zgodnie z §2, „celem Towarzystwa było podnoszenie hodowli w Polsce przez:

a) prowadzenie i wspieranie naukowych badań biologicznych w zastosowaniu do hodowli zwierząt domowych ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień mogących służyć za podstawę do rozwiązania pytań praktyki hodowlanej;

b) naukowe badania ras zwierząt domowych, szczególnie rodzimych, pod względem ich pochodzenia, rozszerzenia geograficznego, własności morfologicznych i fizjologicznych;
c) gromadzenie i naukowe opracowanie wyników praktyki hodowlanej".

Natomiast dla osiągnięcia swych zamierzeń Towarzystwo miało prawo (§ 3):
a) organizować posiedzenia, wykłady, zjazdy naukowe;
b) ogłaszać drukiem prace i wydawnictwa periodyczne;
c) założyć bibliotekę, gromadzić zbiory zootechniczne i prowadzić pracownie;
d) dawać opinie o zagadnieniach zootechnicznych;
e) reprezentować polską naukę hodowli zwierząt domowych na międzynarodowych zjazdach.

Zgodnie z aktualnie obowiązującym od 2017 roku Statutem, celem Towarzystwa jest rozwijanie działalności naukowej, edukacyjnej i popularyzatorskiej w dziedzinie nauk zootechnicznych i nauk pokrewnych oraz inicjowanie, wspieranie, propagowanie i pomoc w przedsięwzięciach naukowo-edukacyjno-popularyzatorskich. Towarzystwo realizuje swoje cele głównie poprzez upowszechnianie wiedzy w czasie organizowanych różnych form spotkań naukowych – zjazdów, sesji, warsztatów i zebrań referatowo-dyskusyjnych, a także poprzez popularyzację wiedzy w zakresie nauk zootechnicznych i zawodu zootechnika oraz wspieranie studenckiego ruchu naukowego. Towarzystwo współpracuje z pokrewnymi instytucjami i towarzystwami krajowymi i zagranicznymi oraz z praktyką zootechniczną i rolniczą, przyczyniając się do integracji środowiska zootechnicznego [2, 9].

Po okresie zaborów i po dwóch wojnach światowych PTZ przyczyniło się do ustabilizowania państwowości polskiej, wnosząc istotny wkład w odbudowę i organizację hodowli i chowu zwierząt po zniszczeniach wojennych, a także do upowszechnienia wyników badań zootechnicznych. Jednak rola Towarzystwa i zakresy działania w ciągu tych lat były różne.

W pierwszym okresie (do 1927 r.) działalność Towarzystwa ograniczała się do organizowania zebrań, na których omawiano zagadnienia dotyczące naukowych podstaw hodowli, jej technikę oraz pracę nad rasami rodzimymi. Jak podaje Maria Nowicka [12] wiele zebrań i dyskusji poświęcano doborowi tematów badawczych i metod rozstrzygania ważnych dla praktyki zagadnień z zakresu hodowli zwierząt, zwłaszcza możliwości podniesie-

nia wydajności rodzimych ras zwierząt gospodarskich, poprawy żywienia zwierząt oraz efektywności ekonomicznej gospodarki rolnej. W celu rozwiązywania tych problemów powoływano sukcesywnie komitety i komisje oraz powołano zakłady doświadczalne. Najwcześniej, bo w 1927 roku utworzono Komisję Doświadczalnictwa pod kierownictwem prof. Karola Różyckiego. W następnych latach powołano: Komitet do Spraw Owczarstwa, Komisję ds. Selekcji Kur Użytkowych i Sekcję Rybacką (w 1929 r.); Komisję Racjonalizacji Żywienia (w 1930 r.), Komitet ds. Hodowli Trzody Chlewnej (w 1931 r.), Komisję ds. Hodowli Karakułów (w 1938 r.). Komisja Doświadczalnictwa uzyskała w 1930 r. od Ministerstwa Rolnictwa i Reform Rolnych uprawnienia do kierowania pracami zootechnicznymi zakładów doświadczalnych. Były to następujące placówki [2, 16]:

- Zootechniczny Zakład Doświadczalny w Mużyłowie, niedaleko Podhajec (położonych między Brzeżanami a Buczaczem), w województwie tarnopolskim;
- Zakład Doświadczalny Uprawy Torfowisk pod Sarnami, w północno-wschodniej części województwa wołyńskiego;
- Zootechniczny Zakład Doświadczalny w Stanisłówce, koło Żółkwi, w województwie lwowskim;
- Zakłady Doświadczalne Rolnicze Sejmiku Włocławskiego Stary Brześć, koło Brześcia Kujawskiego;
- Zootechniczny Zakład w Swisłoczy, koło Wołkowyska, we wschodniej części województwa białostockiego;
- Zakład w Boguchwale k. Rzeszowa.

W Zakładach doświadczalnych w Mużyłowie, w Sarnach i Swisłoczy, prowadzono m.in. prace nad bydłem czerwonym polskim, odpowiednim jego żywieniem oraz poprawieniem użytkowości, a także badania nad wartością pokarmową pastwiska [16]. W wyniku poprawy użytkowości krów tej rasy, w ciągu pięciu lat, od 1927 do 1932 roku, produkcja mleka wzrosła z ok. 1820 kg do ok. 3000 kg, przede wszystkim w wyniku racjonalnego żywienia. Przedmiotem zainteresowań był też rozwój cieląt i młodzieży tej rasy, m.in. prowadzono badania nad żywieniem cieląt chudym mlekiem z dodatkiem tranu, czy nad „wpływem spasania śruty odtłuszczonej lnianej i rzepakowej przy żywieniu krów mlecznych". Mówiąc o badaniach pastwiskowych, trzeba wspomnieć o pracach Chramca oraz Różyckiego,

w których m.in. szczegółowo omówiono „metodę Różyckiego", dotyczącą oznaczania ilości spożytego porostu pastwiskowego przez krowy [2, 16].

Prace nad kontrolą użytkowości trzody chlewnej rozpoczęto w pierwszej, zorganizowanej w 1931 roku, Stacji Kontroli Użytkowości Trzody Chlewnej Bekonowej w Starym Brześciu. Metodykę (liczba sztuk w grupie, żywienie, ocena poubojowa, prowadzenie ksiąg itp.) przyjęto prawie bez zmian ze stacji szwedzkich i duńskich, a do warunków polskich przystosowana została przez prof. Różyckiego i inż. Ciemnołońskiego. Obok oceny świń bekonowych w Zakładzie w Swisłoczy, prowadzono również kontrolę użytkowości trzody chlewnej słoninowej, produkowanej na kresach północno-wschodnich dawnej Rzeczpospolitej, uwzględniając tamtejsze warunki glebowe (ziemniaczano-żytnie) oraz klimatyczne. Opracowano metodykę, różniącą się od stacji kontroli trzody bekonowej, dostosowaną do właściwości świni słoninowej. Doświadczenia i obserwacje nad tym typem trzody chlewnej prowadzone były nad świnią „swisłocką", świnią poleską, ich wartością hodowlaną, zdolnością do opasu, zapotrzebowaniem na białko, wyzyskaniem paszy, a także jakością uzyskiwanego produktu [2, 16].

W Swisłoczy prowadzono również prace hodowlane nad owcą wrzosówką. Opracowano wzorzec dla tej rasy. Trudnym problemem dla hodowców było pojawianie się w stadzie osobników o niepożądanym ubarwieniu – „zbyt czarnych, brudno-czarnych lub zbyt jasnych, odbiegających od pięknej stalowo-szarej okrywy" [6]. Do Swisłoczy sprowadzono też małe stadko owiec romanowskich, z myślą o ewentualnym ich wykorzystaniu do uszlachetniania „wartości kożuchowej" wrzosówki.

Należy także wspomnieć o pracach nad drobiem – nad kurami rasy zielononóżka, a dotyczącymi zarówno zagadnień hodowlanych, jak i badań fizjologicznych, a także zasad żywienia.

Z zagadnień paszoznawczych i żywienia zwierząt, jakimi się zajmowano w początkowych latach działalności zakładów doświadczalnych Towarzystwa, można wymienić m.in. ocenę wartości pokarmowej łubinu, bobiku, badania nad „dobrocią" i wartością pokarmową kiszonek, sposobami zakiszania, a także normami dla krów, świń i drobiu [2, 16].

Komisja Doświadczalnictwa PTZ konsultowała i zatwierdzała plany badawcze poszczególnych zakładów doświadczalnych, czuwała nad poprawnością metodologiczną i ujednoliceniem metodyki badań, aby wyniki były

porównywalne. Dwa razy w roku kontrolowała przebieg badań oraz opracowywała i publikowała sprawozdania z wyników badań. Z Polskim Towarzystwem Zootechnicznym i z zakładami doświadczalnymi współpracowały ściśle również placówki naukowe, np. Zakład Politechniki Lwowskiej w Dublanach oraz Zakłady w Starej Wsi (k/Warszawy), Woli Sławińskiej (k/Lublina) oraz należący do Państwowego Instytutu Naukowego Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach – Zakład w Borowinie. W 1930 r. istniały już koła PTZ w ośrodkach akademickich w Warszawie, Krakowie, Lwowie i Poznaniu.

Ogromne doświadczenie, wiedza i autorytet najwybitniejszych ówczesnych profesorów i inspektorów hodowli, założycieli Towarzystwa i osób liczących się w nauce i praktyce hodowlanej, którzy licznie zasilali szeregi Towarzystwa i ich konkretne działania spowodowały, że w latach następnych Towarzystwo stało się dla Ministerstwa Rolnictwa i Reform Rolnych jedynym i wyłącznym partnerem w dziedzinie zootechniki i produkcji zwierzęcej. Do roku 1939 i bezpośrednio w pierwszych latach po zakończeniu II wojny światowej Polskie Towarzystwo Zootechniczne skupiało w swoich rękach całość zagadnień związanych z badaniami naukowymi, doświadczalnictwem zootechnicznym, upowszechnianiem wiedzy i doradztwem praktycznym, hodowlą zarodową, kontrolą użytkowości, inseminacją, stacjami oceny użytkowości zwierząt, rejonowymi zakładami doświadczalnymi jako ogniwem postępu, opracowaniem druków dokumentacji hodowlanej i ustawodawstwa, a nawet produkcją sprzętu zootechnicznego [2, 9].

Wybuch II wojny światowej sparaliżował działalność badawczo-doświadczalną Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, ale nie zniszczył i nie przerwał całkowicie działalności skierowanej na ratowanie polskiej hodowli. Władze okupacyjne przekształciły Towarzystwo w Naczelny Związek Hodowli Zwierząt z siedzibą w Krakowie tworząc z niego organ doradczy dla branżowych wojewódzkich związków hodowców zwierząt. Miał on za zadanie opracowanie i wydawanie odpowiednich zarządzeń dla stworzenia właściwej organizacji hodowli zwierząt na terenach okupowanych. Jednak Naczelny Związek Hodowli Zwierząt pod pretekstem branżowych związków hodowców zwierząt, sprowadzał na tereny polskie wartościowy materiał hodowlany z Niemiec oraz jednocześnie łagodził wymagania zapisu zwierząt do ksiąg hodowlanych, by tą drogą uchronić cenny materiał

zarodowy przed wywozem do Niemiec i rekwizycją zwierząt na ubój. Ponadto prowadzono szkolenia kadry zootechnicznej oraz opracowano zasady organizacji hodowli zwierząt, by przydały się po wyzwoleniu. Starano się ocalić również dokumentację hodowlaną, mienie i cenne dokumenty archiwalne oraz biblioteki nie tylko Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, ale również Towarzystwa Zachęty do Hodowli Koni w Polsce.

Jeszcze w czasie działań wojennych w lutym 1945 roku przedłożono Ministerstwu Rolnictwa memoriał sygnowany przez profesora Franciszka Staffa i inż. Stefana Wiśniewskiego, w którym Towarzystwo zgłosiło gotowość udziału w odbudowie hodowli w Polsce i zaproponowało formy współpracy z Ministerstwem oraz innymi organizacjami i instytucjami. W latach 1947-1951 PTZ stał się ponownie organem doradczym i opiniodawczym Ministerstwa Rolnictwa w zakresie szeroko rozumianej hodowli zwierząt. Powołano na nowo komisje specjalistyczne, które zbierały materiały o stanie i potrzebach poszczególnych działów produkcji zwierzęcej, a także opracowywały wytyczne dotyczące ich rozwoju. Opracowywano zasady rejonizacji zwierząt gospodarskich, wzorców ras i typów zwierząt, zasady zapisywania zwierząt do ksiąg stadnych i znakowania, dokumentacji pochodzenia zwierząt, przepisów nadzoru nad rozrodem. Zajęto się również sprawami wydawnictw fachowych i szkoleniem pracowników różnych specjalności zootechnicznych, a także zorganizowaniem i wznowieniem prac w zakresie doświadczalnictwa zootechnicznego.

W omawianym okresie powołano na wzór przedwojenny komitety, komisje i sekcje pod kierownictwem najlepszych specjalistów. Powstał kierowany przez F. Staffa Komitet Naukowy, który był organem doradczym i opiniodawczym w zakresie nauczania uniwersyteckiego i badań naukowych w zootechnice. W skład Komitetu weszli wszyscy profesorowie i docenci hodowli i żywienia zwierząt. Powołano również Komisje: Doświadczalnictwa, Hodowlaną Produkcji Zwierząt Większych, (obejmującą podkomisje Hodowli: Koni, Bydła Nizinnego, Bydła Czerwonego, Owiec, Trzody Chlewnej, Kóz, Królików, Drobiu, Pszczół oraz Jedwabników), Weterynarii i Higieny Zwierząt, Szkolenia Fachowego, Budownictwa Wiejskiego oraz Komisję Inseminacji. W okresie tym, także w ramach PTZ, powołano Spółdzielnię Wytwórczości Sprzętu Zootechnicznego w Krakowie (1946). Jej produkcja obejmowała blisko 50 artykułów dla potrzeb praktyki zootechnicznej [2, 9].

W miarę normalizacji gospodarki w powojennej Polsce, pole działania Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego ulegało stopniowemu ograniczaniu, aż do całkowitego przejęcia wszystkich zagadnień z zakresu hodowli i produkcji zwierzęcej oraz nauki, przez nowo powstające instytucje i organizacje rolnicze, instytuty resortowe i placówki Polskiej Akademii Nauk. Powstały instytuty naukowe: Instytut Zootechniki w Krakowie, który przejął część zakładów doświadczalnych, Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonnie, Zakład Hodowli Doświadczalnej Zwierząt PAN, obecnie Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu. Przy V. Wydziale Nauk Rolniczych PAN powstał Komitet Nauk Zootechnicznych (obecnie Komitet Nauk Zootechnicznych i Akwakultury), któremu powierzono rolę koordynatora i inicjatora badań, a także wydawcy opracowań naukowych. Zlikwidowano Izby Rolnicze, a w konsekwencji przekazano innym instytucjom lub zlikwidowano zakłady doświadczalne, nad którymi nadzór sprawowało Towarzystwo. Przy uczelniach rolniczych powstały zakłady doświadczalne, a rejonowe zakłady doświadczalne przeszły pod pełny nadzór Ministerstwa Rolnictwa, które przejęło również szkolenia i dokształcanie fachowe. Pawłowice, które były ośrodkiem szkolenia PTZ, zostały przejęte przez Państwowy Instytut Gospodarstwa Wiejskiego, a następnie przez Instytut Zootechniki. Tak więc, do roku 1950 Towarzystwo przekazało z konieczności całą dotychczasową działalność. Przez następne dwadzieścia lat badania naukowe w Polsce systematycznie się rozwijały, a dotyczyły żywienia i paszoznawstwa, pracy hodowlanej i genetyki, poprawy użytkowości ras zwierząt gospodarskich oraz poprawy warunków utrzymania zwierząt [2].

Na początku lat siedemdziesiątych, zgodnie z potrzebami ówczesnej produkcji zwierzęcej, głównymi kierunkami badawczymi w zootechnice były prace poświęcone doskonaleniu metod hodowlanych, żywieniu, wielkotowarowym technologiom produkcji, a także fizjologii rozrodu ze szczególnym uwzględnieniem sztucznego unasieniania i konserwacji nasienia [3]. Częstsze kontakty z przodującymi na świecie zootechnicznymi ośrodkami badawczymi oraz szerszy dostęp do światowej literatury naukowej przyczyniły się do przesunięcia ciężaru badań w innym kierunku, zgodnym z trendami światowymi, a w następnych latach zaczęła się rozwijać cytogenetyka, immunogenetyka i biotechnologia. Nurt ten podjęło kilka krajowych

zespołów badawczych. Zidentyfikowano wiele zmian w aparacie chromosomowym zwierząt gospodarskich oraz bardzo aktywnie włączono się do tworzenia międzynarodowych wzorców kariotypów. Do oceny genotypu zwierząt wprowadzono na szeroką skalę analizę opartą na polimorfizmie markerów genetycznych (grupy i białka krwi itp.), polegającą na bezpośrednim badaniu DNA. Podjęto badania związane z mapowaniem genomu zwierząt. Prace te, realizowane były głównie w ramach współpracy międzynarodowej, a także bezpośrednio w kraju, obejmowały genomy świni, konia, kury i lisa. W kilku placówkach naukowych obiektem badań stały się nowoczesne biotechnologie. Wiele prac poświęcono konserwacji gamet i zarodków w niskich temperaturach, zapłodnieniu *in vitro,* klonowaniu, czy wreszcie wytwarzaniu zwierząt transgenicznych oraz ryb o zmienionym poziomie poliploidalności.

W dziedzinie doskonalenia pogłowia zwierząt gospodarskich, opierając się na metodach genetyki populacji, opracowano skuteczne programy selekcji bydła mlecznego, trzody chlewnej, owiec i różnych gatunków drobiu. Do szacowania wartości hodowlanej zwierząt zaczęto wykorzystywać nowe, efektywne modele, zwiększające dokładność oceny. Działaniom tym sprzyjał gwałtowny rozwój i wdrażanie technik komputerowego przetwarzania informacji hodowlanych. Światowy poziom osiągnęły metody stacyjnej oceny świń i drobiu opracowane w polskich placówkach badawczych i wdrożone do praktyki. Wieloletnie badania prowadzone wspólnie z agendami FAO dotyczyły określenia wpływu buhajów dziesięciu odmian rasy holsztyńsko-fryzyjskiej na krajowe pogłowie bydła mlecznego, a także prowadzono uwieńczone sukcesem prace hodowlane zmierzające do uzyskania nowych linii świń, owiec, gęsi, kaczek, kur nieśnych i indyków.

W badaniach z zakresu żywienia zwierząt coraz częściej uwzględniano fizjologię i endokrynologię, z kolei prace badawcze nad nowymi technologiami utrzymania zwierząt gospodarskich wzbogacono metodycznie obserwacjami z dziedziny zoopsychologii i etologii. Zaspakajany w coraz większym stopniu popyt na produkty żywnościowe pochodzenia zwierzęcego stymulował podjęcie badań nad metodami poprawy ich jakości pod względem odżywczym, zdrowotnym i higienicznym. Coraz szerszy dostęp do nowoczesnej aparatury analitycznej sprzyjał pogłębieniu badań nad rodzimymi surowcami paszowymi i ułatwiał doskonalenie mieszanek paszowych [3].

Lata dziewięćdziesiąte to okres transformacji ustrojowej, który umożliwił szersze możliwości śledzenia trendów światowych w badaniach zootechnicznych, a wstąpienie Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku jeszcze ten potencjał zwiększyło. Omawiając kompleksowo krajowe osiągnięcia naukowo-badawcze z zakresu hodowli podstawowych gatunków zwierząt gospodarskich w okresie ostatnich 25 lat, podkreślić trzeba, że wpisywały się one w wyzwania współczesnego świata związane ze wzrostem zapotrzebowania na żywność pochodzenia zwierzęcego, dostosowaniem hodowli zwierząt do zmian klimatycznych, poprawą dobrostanu zwierząt z uwzględnieniem zagadnień etologicznych, jakością żywności i poprawą właściwości funkcjonalnych produktów pochodzenia zwierzęcego, zachowaniem bioróżnorodności, jak również wykorzystaniem potencjału genetycznego rodzimych ras zwierząt [8]. Ważne miejsce w programach badawczych zajmowała ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich, m.in.: bydła białogrzbietego, świni puławskiej, owiec uhruskiej i świniarki, kozy sandomierskiej, kuca felińskiego, drobiu oraz monitorowanie zmienności genetycznej dla celów programów restytucji tych gatunków [10].

W ostatnim ćwierćwieczu nastąpił bardzo intensywny rozwój naukowy w szeroko rozumianej genetyce. Znaczące osiągnięcia w zakresie cytogenetyki i genetyki molekularnej oraz rozkwit metod numerycznych, wsparty postępem możliwości obliczeniowych nowoczesnych komputerów, dały cenne narzędzia dla genetyków populacji i osób zajmujących się metodami hodowlanymi [14]. Do grupy podstawowych metod powszechnie stosowanych, takich jak metoda analizy wariancji wieloczynnikowej czy regresje i korelacje liniowe, dołączono wcześniej niestosowane metody: REML (z odmianami), Gibbsa, BLUP, BLUP-AM, regresje wielokrotne czy też funkcje dyskryminacyjne. Badania populacyjne w omawianym okresie najczęściej dotyczyły bydła, ale obejmowały też konie, owce, drób, króliki i szynszyle. Stosunkowo niedawno pojawiły się też badania populacyjne prowadzone na psach i różnych gatunkach zwierząt utrzymywanych w ogrodach zoologicznych, czy też rezerwatach, na przykład na żubrach.

Za największe osiągnięcie genetyki zwierząt w minionym ćwierćwieczu uznać należy wdrożenie nowej metody oceny wartości hodowlanej opartej na badaniu markerów genetycznych, zwanej genomową wartością hodow-

laną, w skrócie GBV (Genomic Breeding Value). Jest to zwieńczenie idei oparcia selekcji o markery genetyczne, wylansowanej w latach 80. jako MAS i nazywanej obecnie selekcją genomową [5]. Nowa metodyka oceny pozwala na dużo wcześniejszą ocenę wartości zwierząt hodowlanych, a przez to wydatnie skraca odstępy międzypokoleniowe. W konsekwencji prowadzi to do znacznie szybszego postępu hodowlanego.

Badania z zakresu genetyki często krzyżują się z tzw. biotechnologią zwierząt, obejmującą głównie biotechniki rozrodu, takie jak seksowanie plemników, transfer zarodków, transgenezę, klonowanie i ksenotransplantację. Badania z zakresu sterowania procesami rozrodczymi oraz wykorzystania potencjału rozrodczego samic i samców zwierząt gospodarskich, koncentrowały się m.in. na: neurohormonalnych uwarunkowaniach funkcji rozrodczych samic, biochemii i fizjologii nasienia, poprawie efektywności kriokonserwacji czy doboru odpowiedniego rozcieńczalnika do konserwacji nasienia zwierząt [15].

Tematyka badawcza dotycząca żywienia zwierząt [7] koncentrowała się w zakresie:

- poznania przemian składników pokarmowych, a także mechanizmów ich oddziaływania na organizm zwierząt;
- konieczności pokrycia zapotrzebowania zwierząt o wysokim potencjale genetycznym, który podlega systematycznemu zwiększaniu w wyniku stosowania nowoczesnych metod oceny zwierząt (np. ocena genomowa), selekcji oraz rozrodu;
- konieczności zwiększenia efektywności ekonomicznej żywienia wobec z jednej strony wzrastających kosztów produkcji żywności, a z drugiej strony – konkurencji krajowej i międzynarodowej na rynku produktów zwierzęcych;
- zabezpieczenia bazy paszowej wobec zmian klimatycznych (np. susza), zmniejszającej się powierzchni użytków rolnych, wysokich cen pasz importowanych;
- sprostania wymaganiom konsumentów odnośnie do produkcji zdrowej i bezpiecznej żywności, uzyskiwanej od zdrowych zwierząt (żywienie bez antybiotykowych stymulatorów wzrostu; żywienie bez udziału pasz produkowanych z roślin genetycznie modyfikowanych);

- sprostania wymaganiom dotyczącym zrównoważonego rozwoju, z uwzględnieniem wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko naturalne, w tym na zmiany klimatu;
- poszukiwania nowych źródeł pasz (białko z owadów) i dodatków paszowych.

Za ważne osiągnięcia badawcze w zakresie hodowli bydła należy uznać prace nad rozwojem metod szacowania wartości hodowlanej bydła, m.in. włączeniem cech funkcjonalnych bydła mlecznego do krajowego systemu oceny, doskonaleniem cech użytkowości mięsnej i mlecznej oraz prace nad genetycznie regulowaną opornością na wybrane choroby, ocenę związków pomiędzy występowaniem określonych genów dla poziomu cech produkcyjnych i jakościowych, poprawę użytkowości rozpłodowej bydła [11]. Wiele badań dotyczyło oceny wartości odżywczej i przydatności technologicznej mleka różnych ras użytkowanych w odmiennych technologiach chowu oraz uwarunkowań produkcji żywca wołowego i jakości mięsa wołowego w zależności od różnych czynników [1].

Badania dotyczące trzody chlewnej koncentrowały się na ocenie porównawczej przydatności wybranych genotypów świń do produkcji wysokiej jakości mięsa, z zachowaniem ochrony bioróżnorodności w obrębie rodzimej populacji świń, i zapobieganiu wśród nich chowu wsobnego, jak również analizy polimorfizmu genów, których produkty białkowe wpływają na wartość prozdrowotną oraz odżywczą mięsa. Ponadto prowadzono badania dotyczące diagnozowania jakości mięsa wieprzowego. W zakresie żywienia trzody chlewnej badania dotyczyły zwiększania wykorzystania krajowego białka paszowego w produkcji wieprzowiny w warunkach zrównoważonego rozwoju oraz wpływu dodatków paszowych na efektywność produkcji wieprzowiny, zdrowie i użytkowość rozpłodową świń [11].

W ostatnich 25 latach nastąpił w Polsce intensywny rozwój produkcji drobiarskiej. Tematyka badawcza związana była z żywieniem i fizjologicznymi podstawami żywienia różnych gatunków drobiu, analizą czynników genetycznych i środowiskowych wpływających na jakość jaj i surowca rzeźnego, badaniami dotyczącymi szerokich aspektów reprodukcji i wylęgu drobiu. Ponadto prowadzono badania mające na celu poprawę technologii utrzymania ptaków, nie tylko w kontekście optymalizacji warunków utrzymania, żywienia, poprawy zdrowotności, długości użytkowania repro-

dukcyjnego, ale również w kontekście ochrony środowiska i zapobiegania jego zanieczyszczeniu. W zdecydowanej większości badania naukowe prowadzone były na brojlerach kurzych i kurach nioskach oraz na indykach, w mniejszym zaś stopniu na innych gatunkach, w tym wcześniej nie utrzymywanych w Polsce, takich jak strusie i emu. Dużo uwagi poświęcono również utrzymaniu drobiu w chowie ekologicznym oraz ochronie zasobów genetycznych drobiu i monitorowaniu zmienności genetycznej dla celów programu restytucji zagrożonych ras [11].

W ostatnich latach, pomimo że zmalała znacznie populacja owiec i kóz oraz użytkowanych w rolnictwie koni, to należy podkreślić, że w przypadku tych gatunków wykorzystywany jest ich potencjał związany z ochroną bioróżnorodności i kształtowaniem krajobrazu rolniczego. Na znaczeniu zyskały również badania dotyczące prozdrowotnych właściwości mleka i mięsa owiec i kóz. Badania nad wykorzystaniem owiec w pielęgnacji obszarów wyłączonych z użytkowania rolniczego oraz z zakresu pielęgnacji krajobrazu były tematem prac badawczych realizowanych w kilku ośrodkach naukowych. Wypracowano w nich systemy zagospodarowania takich terenów z wykorzystaniem głównie ras rodzimych. Określano w nich jakość pokarmową rosnących na tych terenach roślin, ich składy botaniczne, chemiczne oraz poziomy strawności składników pokarmowych i założenia systemowego wykorzystania takich terenów. Dodatkowo, opracowano systemy alternatywnej produkcji owczarskiej i koziarskiej, przystosowane do różnych warunków przyrodniczych, środowiskowych i terenowych, przede wszystkim w ramach produkcji zrównoważonej.

W ciągu ostatnich 25 lat prowadzono w różnym zakresie także badania nad dobrostanem zwierząt gospodarskich, najczęściej w powiązaniu z parametrami fizjologiczno-behawioralnymi, markerami genetycznymi, cechami użytkowymi (produkcyjność, rozrodczość, jakość surowców pochodzenia zwierzęcego) oraz wpływem czynników środowiskowych na zdrowotność i produkcyjność zwierząt gospodarskich [13]. Badania z tego zakresu dotyczyły analizy występujących na fermach zwierząt mikrobiologicznych, chemicznych i pyłowych czynników ryzyka, oddziaływania środowiska, w tym także oddziaływania przemysłu, na zdrowotność i produkcyjność zwierząt, jakość surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego. Biorąc pod uwagę, że produkcja zwierzęca w dużym stopniu wpływa na stopień zanieczyszcze-

nia środowiska naturalnego, prowadzono bardzo intensywne badania naukowe z tego zakresu. Dotyczyły one nie tylko metod neutralizacji i redukcji biologicznych i chemicznych zanieczyszczeń, powstających w chowie i hodowli zwierząt, ale również bezpiecznego przetwarzania odpadów pochodzenia zwierzęcego w zakładach utylizacyjnych. Ważnym aspektem bezpieczeństwa żywności i ochrony środowiska była ocena potencjalnego i rzeczywistego ryzyka skażenia bakteriologicznego i wirusologicznego środowiska glebowego, w następstwie rolniczego wykorzystania gnojowicy i ścieków komunalnych oraz monitoring zawartości metali ciężkich (np. rtęci, ołowiu, cynku, miedzi, kadmu) w środowisku, w paszach, i w produktach pochodzenia zwierzęcego.

Badania dotyczące użytkowania poszczególnych grup zwierząt (gospodarskie, towarzyszące, zwierzęta w zoo, dziko żyjące i laboratoryjne), wskazywały często na ścisły związek zachowania się zwierząt z zapewnieniem im dobrostanu (*animal welfare*). Dlatego też, w ostatnich latach odnotowano również wzrost zainteresowania etologią stosowaną i prowadzonymi w tym zakresie badaniami [4].

Rosnąca w ostatnim 25-leciu świadomość konsumentów i większa ich dbałość o zdrowy tryb życia spowodowały intensywny rozwój badań w zakresie kształtowania jakości produktów pochodzenia zwierzęcego [1]. Badania z tego zakresu dotyczyły produktów uzyskiwanych praktycznie od wszystkich gatunków zwierząt gospodarskich, ryb oraz zwierząt wolno żyjących.

W jednym artykule nie sposób opisać stu lat działalności Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, ani też opisać wszystkich osiągnięć polskiej zootechniki, dlatego zachęcam do zapoznania się z historią działalności Towarzystwa i prowadzonych badań z zakresu zootechniki, które zostały opisane w trzech tomach „Kart z dziejów Zootechniki Polskiej" wydanych z okazji 50-lecia (1973 r.), 75-lecia (1997 r.) i 100-lecia (2022 r.) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego.

Wyzwaniem współczesnej zootechniki jest opłacalna produkcja żywności wysokiej jakości, upowszechnianie metod prowadzenia chowu i hodowli zwierząt gospodarskich zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, wymaganiami dobrostanu zwierząt i z wymogami ochrony środowiska, a także dbałość o właściwy społeczny wizerunek hodowcy.

PIŚMIENNICTWO

1. BARŁOWSKA J., 2022 – Kształtowanie jakości produktów zwierzęcych. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997--2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
2. CZARNOWSKA Z., NOWICKA M., PRUSKI W., SKULMOWSKI J., WITCZAK F. (red.), 1973 – Karty z dziejów Zootechniki Polskiej na 50-lecie (1922-1972) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część I, lata 1922-1972. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
3. FILISTOWICZ A., JUSZCZAK J., WĘŻYK S. (red.), 1997 – Karty z dziejów Zootechniki Polskiej na 75-lecie (1922-1972) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część II, lata 1972-1997. Polskie Towarzystwo Zootechniczne, Warszawa.
4. KALETA T., 2022 – Zachowanie się zwierząt – etologia. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
5. KAMIŃSKI S., 2022 – Genetyka i genomika zwierząt gospodarskich. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997--2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
6. KIELANOWSKI J., 1949 – Świsłockie czasy. Maszynopis.
7. KOWALSKI Z., 2022 – Żywienie zwierząt i paszoznawstwo. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
8. LITWIŃCZUK Z., REKLEWSKI Z., PŁUŻAŃSKA J. (red.), 2022 – Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022. Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
9. LUCHOWIEC J., 2002 – Polskie Towarzystwo Zootechniczne im. Michała Oczapowskiego. ***Heureka – Problemy Społecznego Ruchu Naukowego***, 8 (3-4): 95-108.

10. MARTYNIUK E., 2022 – Ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
11. NIŻNIKOWSKI R., GULIŃSKI P., 2022 – Hodowla szczegółowa i technologie produkcji zwierzęcej. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
12. NOWICKA M., 1973 – Z dziejów Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na pięćdziesięciolecie (1922-1972) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego, Czarnowska Z., Nowicka M., Pruski W., Skulmowski J., Witczak F. (red.). Wyd.: PWRiL Warszawa.
13. PILARCZYK B., WÓJCIK A., 2022 – Higiena, środowisko i dobrostan zwierząt. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
14. SOBEK Z., 2022 – Genetyka populacji i metody hodowlane. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
15. UDAŁA J., 2022 – Biologia rozrodu zwierząt. [w]: Karty z dziejów zootechniki polskiej na 100-lecie (1922-2022) Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego. Część III, lata 1997-2022, Litwińczuk Z., Reklewski Z., Płużańska J. (red.). Wyd.: Wydawnictwo Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
16. ZIOŁECKA A., 2002 – Najważniejsze wydarzenia w Polskim Towarzystwie Zootechnicznym w czasie 80-letniej działalności. ***Przegląd Hodowlany***, 9: 5-9.

65-lecie Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk

prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach,
Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt,
ul. Wołyńska 33, 60-637 Poznań,
Komitet Nauk Zootechnicznych i Akwakultury PAN,
tomasz.szwaczkowski@up.poznan.pl

Wprowadzenie

Akademie nauk funkcjonują w wielu krajach, będąc elitarnym konsorcjum uczonych, reprezentujących różne dziedziny i dyscypliny naukowe. Organizacje te mają zróżnicowane struktury, zakres działania i historię. Polska Akademia Nauk powstała w 1951 roku, w miejsce zlikwidowanej Polskiej Akademii Umiejętności oraz Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, wpisując się w systemowe zmiany wprowadzane przez komunistyczny rząd po II wojnie światowej. Jednak do 1960 roku PAN, na wzór swoich poprzedniczek, była korporacją uczonych, a następnie przekształcona została w rządową instytucję centralną. Stan ten trwał do czasu zmiany ustroju. W 1990 roku Akademia ponownie stała się korporacją uczonych. Obecnie Polska Akademia Nauk składa się z pięciu wydziałów: I – Nauk Humanistycznych i Społecznych, II – Nauk Biologicznych i Rolniczych, III – Nauk Ścisłych i Nauk o Ziemi, IV – Nauk Technicznych oraz V – Nauk Medycznych. W ramach wydziałów funkcjonuje 77 komitetów naukowych, będących samorządnymi reprezentacjami dyscyplin naukowych.

W strukturach II Wydziału Nauk Biologicznych i Rolniczych jest obecnie dziewięć komitetów, w tym Komitet Nauk Zootechnicznych i Akwa-

kultury (KNZiA). Oprócz komitetów naukowych działają także komitety problemowe i komitety narodowe. Istotnymi elementami struktury organizacyjnej korporacji są: Akademia Młodych Uczonych, osiem oddziałów, pięć stacji naukowych za granicą oraz 69 instytutów. Wśród nich są jednostki, w których uprawiana jest dyscyplina naukowa zootechnika i rybactwo: Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN w Jabłonnie, Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu oraz Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie.

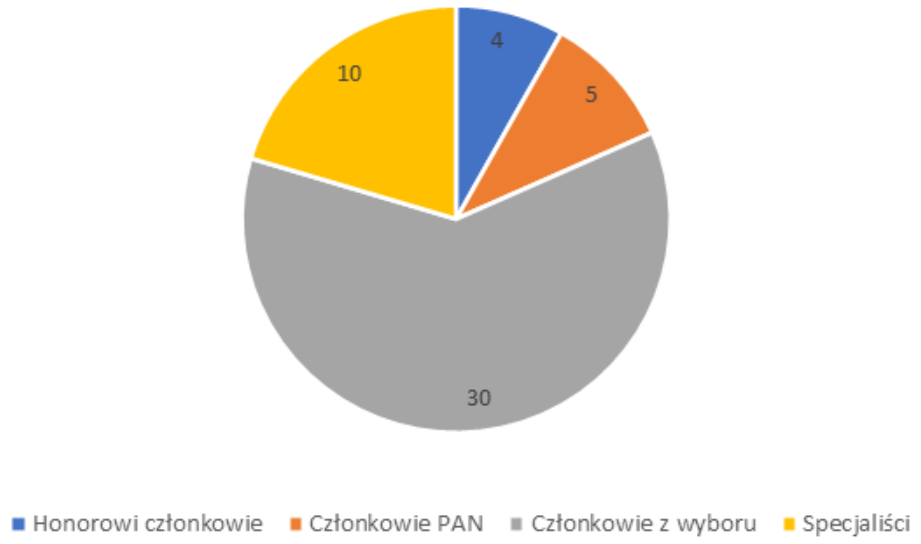
Władze i członkowie Komitetu

W 2016 roku w wyniku reorganizacji struktur PAN, utworzony został Komitet Nauk Zootechnicznych i Akwakultury. Jednakże jest on sukcesorem powstałego w 1957 roku Komitetu Nauk Zootechnicznych. Gremium to zostało utworzone z Komisji Hodowli Zwierząt oraz Komisji Gospodarki Paszowej i Żywienia Zwierząt, wchodzących w skład ówczesnego Centralnego Instytutu Rolniczego w Warszawie. Nie sposób tu nie wspomnieć o dużych zasługach w tej transformacji uznanych profesorów – zootechników, a szczególnie prof. dr. hab. czł. koresp. PAN Mieczysława Czai (Uniwersytet Jagielloński, SGGW), prof. dr. hab. czł. rzecz. PAN Jana Kielanowskiego (IFiŻZ PAN w Jabłonnie), prof. dr. hab. Franciszka Abgarowicza (SGGW, IZ w Krakowie), prof. dr. dr. h.c. Kazimierza Gawęckiego (AR w Poznaniu), prof. dr. hab. czł. rzecz. PAN Franciszka Witczaka (SGGW) i prof. dr. hab. czł. rzecz. PAN Władysława Bielańskiego (IZ w Krakowie). W ówczesnej złożonej sytuacji społecznej ci wybitni uczeni byli nie tylko gwarantami standardów naukowych, lecz również ambasadorami wartości etycznych.

W ciągu 65 lat, zaszczytną funkcję przewodniczącego Komitetu pełnili: prof. dr hab. czł. koresp. PAN Mieczysław Czaja (1957-1958), prof. dr hab. czł. rzecz. PAN Jan Kielanowski (1959-1962), prof. dr hab. Franciszek Abgarowicz (1963-1968), prof. dr dr h.c. Kazimierz Gawęcki (1969--1971), prof. dr hab. Władysław Bielański (1972-1974), prof. dr hab. Ewald Sasimowski (1975-1977) z AR w Lublinie, prof. dr hab. Marian Duniec (1978-1980) z IZ w Krakowie, prof. dr hab. Janusz Maciejowski

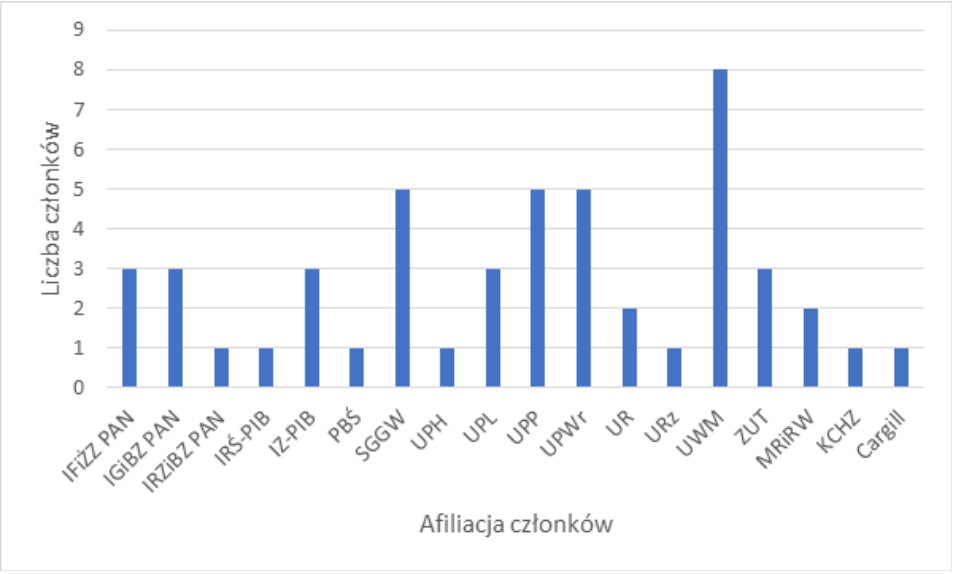
(1981-1983) z AR w Lublinie, prof. dr hab. Zbigniew Staliński (1984--1989), prof. dr hab. Marian Budzyński (1990-2002) z AR w Lublinie, prof. dr hab. Dorota Jamroz (2003-2011) z AR/UP we Wrocławiu, prof. dr hab. Jan Jankowski (2012-2015) z UWM w Olsztynie, prof. dr hab. Roman Niżnikowski (2016-2019) z SGGW, i – od 2020 roku do chwili obecnej – prof. dr hab. Tomasz Szwaczkowski (UP w Poznaniu).

Obecnie Komitet jest 49-osobową, samorządną reprezentacją dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo, w skład której wchodzą: honorowa przewodnicząca i członkowie honorowi KNZiA, członkowie rzeczywiści i członkowie korespondenci PAN oraz członkowie z wyborów, a także specjaliści (wybrani przez Komitet). Godność honorowej przewodniczącej piastuje prof. dr hab. dr h.c. multi Dorota Jamroz (UP we Wrocławiu), a członkami honorowymi są: prof. dr hab. dr h.c. Marian Budzyński, prof. dr hab. Julian Kamiński (UR w Krakowie), i prof. dr hab. Aleksandra Ziołecka (IFiŻZ PAN w Jabłonnie). Strukturę Komitetu przedstawiono na rysunku 1.



Rys 1. Struktura Komitetu Nauk Zootechnicznych i Rybactwa w 2022 roku

Członkowie Komitetu afiliowani są w 15 jednostkach naukowych. Ponadto, na wniosek KNZiA, dwoje przedstawicieli delegowanych zostało przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, jedna osoba z Krajowego Centrum Hodowli Zwierząt, i jedna z CARGILL Poland sp. z o.o., będącego częścią koncernu światowego produkującego pasze dla zwierząt. Dystrybucję afiliacji członków Komitetu przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Afiliacje członków Komitetu Nauk Zootechnicznych i Rybactwa: IFiŻZ PAN – Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN im. Jana Kielanowskiego w Jabłonnie, IGiBZ PAN – Instytut Genetyki i Biotechnologii Zwierząt PAN w Jastrzębcu, IRZiBŻ PAN – Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie, IRŚ-PIB – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy w Olsztynie, IZ-PIB – Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie, PBŚ – Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, SGGW – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, UPH – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, UPL – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, UPP – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, UPWr – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, UR – Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, URz – Uniwersytet Rzeszowski, UWM – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ZUT – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, MRiRW – Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, KCHZ – Krajowe Centrum Hodowli Zwierząt w Warszawie, CARGILL Poland Sp. z o.o.

Zadania i struktura

W pierwszym dziesięcioleciu funkcjonowania, aktywność Komitetu koncentrowała się na określaniu kierunków badawczych w zakresie zootechniki, wynikających z aktualnych potrzeb sektora produkcji zwierzęcej. Zainicjowano prace nad metodami oceny wartości pokarmowej pasz i optymalizacji żywienia zwierząt gospodarskich, rejonizacją hodowli, wdrażaniem inseminacji zwierząt oraz podejmowaniem badań nad metodami oceny potencjału genetycznego zwierząt. Znaczącym osiągnięciem Komitetu w tym okresie było wydawanie dwóch renomowanych czasopism, których początki datują się na pierwsze lata XX wieku: „Roczniki Nauk Rolniczych – seria Zootechnika" oraz „Roczniki Nauk Rolniczych – seria Rybactwo". W 1991 roku, pierwsze z czasopism, przekazane zostało do Instytutu Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN im. Jana Kielanowskiego w Jabłonnie, i ukazuje się tylko w wersji angielskiej, pod nową nazwą – „Journal of Animal and Feed Sciences". Natomiast drugi z periodyków jest obecnie afiliowany przez Instytut Rybactwa Śródlądowego – PIB im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie, jest wydawany w języku angielskim, jako „Fisheries & Aquatic Life", a w latach 1991-2018 funkcjonował jako „Polskie Archiwum Rybackie". Obecnie publikowany jest także, w wersji elektronicznej, Biuletyn Informacyjny KNZiA, kwartalnik ukierunkowany na integrację środowiska zootechniczno-rybackiego.

W XX wieku w kompetencjach Komitetu była również ocena instytutów (zarówno będących w strukturach PAN, jak i podległych Ministerstwu Rolnictwa), prowadzących badania z zakresu nauk o zwierzętach gospodarskich. Ówczesny KNZ odgrywał także bardzo dużą rolę w kreowaniu polityki naukowej, delegując swych przedstawicieli do funkcjonującego po transformacji ustrojowej Komitetu Badań Naukowych. Istotną formą aktywności jest też organizacja corocznych Konferencji Sekcji/Komisji Żywienia Zwierząt KNZiA oraz wydanie publikacji: „Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Normy żywienia świń" i „Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla drobiu. Normy żywienia drobiu".

Niezmiennie w gestii Komitetu pozostaje opiniowanie kandydatów na członków PAN i wniosków zgłaszanych do nagród PAN. Niezwykle ważną

pozostaje rola ekspercka i opiniodawcza, realizowana na zlecenie administracji rządowej lub władz PAN, bądź też z własnej inicjatywy. Najważniejszymi przedsięwzięciami w ostatnich dekadach były:

- opracowanie standardów nauczania i jakości kształcenia dla kierunku zootechnika;
- ocena dyscyplin naukowych z zakresu nauk rolniczych;
- stanowisko w sprawie kategoryzacji jednostek naukowych;
- udział w kategoryzacji czasopism naukowych;
- ekspertyza dotycząca problemu „Rybactwo, a kwestie wyżywienia i ochrony środowiska";
- stanowisko w sprawie nowelizacji ustawy o ochronie zwierząt, a szczególnie uboju rytualnego.

Komitet bierze aktywny udział w kreowaniu modeli nowoczesnej edukacji. W ten nurt wpisuje się, przyjęty w roku bieżącym, raport o stanie edukacji zootechnicznej i rybackiej, obejmujący wszystkie stopnie szkolnictwa wyższego i średniego zawodowego. W kontekście toczącej się debaty społecznej dotyczącej dobrostanu zwierząt Komisja Dobrostanu Zwierząt i Jakości Produktów KNZiA, opracowała rekomendacje dotyczącej edukacji z tego zakresu, na kierunku zootechnika i kierunkach pokrewnych.

Ważnymi przedsięwzięciami, zainaugurowanymi w 2022 roku są: organizacja cyklicznych, tematycznych webinariów oraz specjalistycznych seminariów, we współpracy z Komitetem Nauk Weterynaryjnych i Biologii Rozrodu PAN oraz Komitetem Nauk Agronomicznych PAN. Należy podkreślić także przygotowanie, w bieżącej kadencji, raportu o stanie dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo w kontekście globalnych wyzwań. Od dwóch lat Komitet przyznaje nagrodę za wybitne osiągnięcia naukowe o dużym potencjale wdrożeniowym lub za podręcznik akademicki, z zakresu dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo.

Na przestrzeni lat zmieniała się struktura Komitetu. Wynikało to zarówno z regulacji prawnych, jak i bieżących potrzeb reprezentowanej dyscypliny naukowej. Prezydium Komitetu składa się z sześciu osób: przewodniczącego, dwóch zastępców w osobach: prof. dr hab. Krystyny Demskiej-Zakęś (UWM w Olsztynie) i prof. dr. hab. Sylwestra Świątkiewicza (IZ-PIB w Krakowie), sekretarza naukowego: prof. dr hab. Anny Wójcik (UWM w Olsztynie) oraz dwóch członków: prof. dr. hab. Eugeniusza

Greli (UP w Lublinie), i prof. dr. hab. Wiesława Skrzypczaka (ZUT w Szczecinie).

Obecnie w ramach KNZiA funkcjonuje sześć stałych komisji:

- Komisja Akwakultury (przewodniczący: prof. dr hab. Wojciech Dobicki – UP we Wrocławiu);
- Komisja Dobrostanu Zwierząt i Jakości Produktów (przewodnicząca: prof. dr hab. Bogumiła Pilarczyk – ZUT w Szczecinie);
- Komisja Genetyki i Hodowli (przewodnicząca: prof. dr hab. Emilia Bagnicka – IGiBZ PAN w Jastrzębcu);
- Komisja Fizjologii i Żywienia (przewodnicząca: prof. dr hab. czł. koresp. PAN Małgorzata Szumacher – UP w Poznaniu);
- Komisja ds. Nagrody KNZiA (przewodniczący: prof. dr hab. czł. koresp. PAN dr h.c. mult. Jan Jankowski – UWM w Olsztynie);
- Komisja Promocji Zootechniki i Rybactwa (przewodnicząca: prof. dr hab. Monika Michalczuk – SGGW);

oraz dwa zespoły doraźne:

- Zespół ds. przygotowania raportu o stanie dyscypliny naukowej zootechnika i rybactwo w kontekście globalnych wyzwań (przewodnicząca: prof. dr hab. Krystyna Koziec – UR Krakowie);
- Zespół ds. przygotowania raportu o edukacji zootechnicznej i rybackiej (przewodniczący: prof. dr hab. Stanisław Kondracki – UPH w Siedlcach).

Współpraca z towarzystwami naukowymi

Od ponad sześciu dekad Komitet owocnie współpracuje z najważniejszymi towarzystwami naukowymi, których działalność koresponduje z naukami o zwierzętach. Niewątpliwie najbardziej ugruntowana i ścisła jest współpraca z Polskim Towarzystwem Zootechnicznym im. Michała Oczapowskiego (PTZ). Potwierdzeniem tej tezy są ważne funkcje pełnione przez te same osoby w obydwu tych gremiach. Nade wszystko jednak, w historię tych dobrych interakcji wpisuje się wspólna organizacja trzech wielkich Kongresów Europejskiej Federacji Zootechnicznej (EAAP): w 1975, 1998 i 2015 roku. Sztandarowym wspólnym przedsięwzięciem ostatnich kadencji jest organizacja trzech edycji Kongresu Zootechniki Polskiej, odbywających się

pod Honorowym Patronatem Prezydenta Rzeczpospolitej Polskiej. Z kolei Komitet sprawuje patronat nad Warszawskimi Warsztatami Zootechnicznymi i niektórymi innymi konferencjami organizowanymi przez PTZ.

Komitet Nauk Zootechnicznych angażował się w powstanie w 1966 roku Polskiego Oddziału Światowego Towarzystwa Wiedzy Drobiarskiej (WPSA), będąc następnie współorganizatorem lub patronem honorowym konferencji i sympozjów WPSA, także o zasięgu międzynarodowym.

Po restrukturyzacji komitetów i związanej z tym zmianie nazwy na Komitet Nauk Zootechnicznych i Akwakultury, nawiązana została owocna współpraca z Polskim Towarzystwem Rybackim oraz Polskim Towarzystwem Hydrobiologicznym. Skutkiem tego są wspólne przedsięwzięcia związane z organizacją konferencji, w których istotną rolę odgrywają członkowie Komitetu. Należy odnotować również współpracę z Polskim Towarzystwem Genetycznym, Polskim Towarzystwem Parazytologicznym oraz Polskim Towarzystwem Entomologicznym.

Podsumowanie

Komitet Nauk Zootechnicznych i Akwakultury pozostaje od wielu dekad jednym z najważniejszych uczestników dyskursu społecznego, dotyczącego nauk o zwierzętach, edukacji zootechnicznej i rybackiej, a nade wszystko szeroko rozumianej hodowli i chowu zwierząt. Komitet jest inicjatorem i sygnatariuszem wielu inicjatyw dobrze wpisujących się w aktualne wyzwania produkcji zwierzęcej, nie tylko w Polsce.

Społeczne i środowiskowe wyzwania w produkcji żywności

prof. dr hab. Zenon Zduńczyk[1], prof. dr hab. Jan Jankowski[2]

[1]Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN (profesor emerytowany),
ul. Tuwima 10, 10-748 Olsztyn, z.zdunczyk@pan.olsztyn.pl
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
[2]Katedra Drobiarstwa i Pszczelnictwa,
ul. Michała Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn, janj@uwm.edu.pl

Wstęp

Jednym ze skutków procesów globalizacji jest postępująca unifikacja cen surowców paszowych oraz cen i możliwości zakupu lub zbytu produktów pochodzenia zwierzęcego. Z tego też względu, szanse i ograniczenia w zakresie globalnej produkcji żywności, są ważne dla perspektyw rozwoju rolnictwa w Polsce. Zarówno globalne, jak i lokalne, zapotrzebowanie na żywność, jest kształtowane przez dwa czynniki: wielkość populacji konsumentów oraz ich aspiracje konsumpcyjne. Oczekiwany rozwój gospodarczy krajów uboższych, zgodnie z powszechnie notowaną zależnością pomiędzy wielkością PKB, i spożyciem produktów pochodzenia zwierzęcego, w niedalekiej przyszłości spowoduje wzrost zapotrzebowania na mięso, mleko i jaja, do których produkcji potrzebne są duże powierzchnie upraw roślin przeznaczonych na paszę. Nasila to problemy wynikające z ograniczonych zasobów ziemi uprawnej oraz środowiskowych skutków rozwoju intensywnego rolnictwa. Niniejsze opracowanie prezentuje potrzeby i ograniczenia dalszego wzrostu produkcji żywności, w zestawieniu z aktualnymi wyzwaniami populacyjnymi, zasobami ziemi oraz zagrożeniami środowiska, w tym klimatu. Ze względu na złożoność omawianych zjawisk i ograniczony zakres publikacji, wiele zagadnień jest prezentowanych w skrótowej formie, jako wprowadzenie do dyskusji.

Skala i struktura globalnego wzrostu produkcji żywności w ostatnim półwieczu

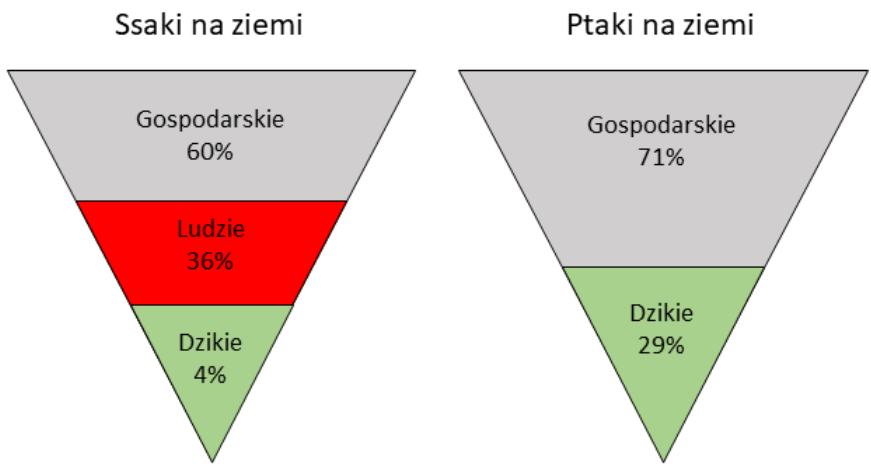
W latach 1961-2000, tj. w okresie upowszechniania nowych technologii upraw, w tym w ramach programu Zielonej Rewolucji FAO, globalna produkcja zbóż wzrosła trzykrotnie, z 640 mln do blisko 1,8 mld ton [12]. Przy mniejszym, około dwukrotnym, wzroście liczby ludności świata w tym okresie, produkcja zbóż na 1 mieszkańca wrosła o 50%. W ciągu ostatnich 30 lat XX wieku zmniejszyła się liczba osób niedożywionych w krajach rozwijających się, z ponad 30% do 18% populacji. W efektywnej produkcji żywności ważną rolę odegrał fakt, że intensywną produkcję roślinną ograniczono do najbardziej wydajnych gatunków i odmian roślin. Spośród 30 tysięcy znanych ludzkości roślin jadalnych, do upraw polowych wykorzystywano wcześniej 7-8 tysięcy, a obecnie ta liczba zmalała do zaledwie 170, przy czym plony tylko 30 najpopularniejszych w uprawie roślin wystarczają do pokrycia zapotrzebowania ludzi na białko i energię w diecie [16]. W skali globalnej, plony trzech gatunków roślin: ryżu, pszenicy i kukurydzy, pokrywają w ponad 40% zapotrzebowania populacji świata na energię. W efekcie sygnalizowanych zmian, już przed kilkoma dekadami, produkcja roślinna w krajach rozwiniętych osiągnęła poziom znacznie przewyższający bezpośrednie potrzeby konsumpcyjne ludzi, co było impulsem do szybkiego wzrostu intensywnej produkcji zwierzęcej. Obecnie 60% zbiorów ziarna pszenicy i kukurydzy oraz aż 90% nasion soi wykorzystuje się do produkcji pasz dla zwierząt.

Według danych za rok 2020 światowa produkcja mięsa wynosiła 337,2 mln ton, a największy, blisko pięciokrotny wzrost, odnotowano w latach 1961-2018, z produkcji początkowej szacowanej na 71 mln ton [32]. W Azji był to wzrost 15-krotny, znacznie wyższy niż w Europie i Ameryce Północnej (odpowiednio 2- i 2,5-krotny). W tym okresie udział Europy i Ameryki Północnej w globalnej produkcji mięsa zmalał, odpowiednio z 42% do 19,4% oraz z 25% do 15,9%, jednakże spożycie mięsa na 1 mieszkańca w tych rejonach, a również w Australii, jest nadal największe na świecie. W Ameryce Północnej i Europie zwiększenie skali produkcji mięsa i mleka było efektem upowszechnienia wielkotowarowych ferm bydła, trzody chlewnej i drobiu. Z takich obiektów pochodzi ponad 50% światowej produkcji mięsa i ponad 70% produkcji jaj. W relatywnie krótkim czasie światową produkcję mięsa zdominowały zaledwie 3 gatunki zwierząt, trzoda chlewna, drób (głównie

kurczęta) i bydło, dostarczające ok. 90% globalnej produkcji. W ostatnich dekadach wielkofermowa produkcja drobiu zwiększyła się głównie w krajach rozwijających się, zwłaszcza w Chinach i Brazylii. W stosunku do danych z 1961 roku światowa produkcja mięsa drobiowego wzrosła ponad 12-krotnie, osiągając poziom 35% globalnej produkcji mięsa, przy jednoczesnym zmniejszeniu się udziału mięsa wołowego i bawolego oraz stabilnej produkcji wieprzowiny [32].

Środowiskowe konsekwencje wzrostu liczby ludności na świecie

Dynamiczny rozwój rolnictwa spowodował, że w użytkowaniu rolniczym jest już 37% globalnej powierzchni ziemi, co odpowiada połowie powierzchni ziemi nadającej się do zamieszkania [17, 18, 19]. Utrzymaniu zwierząt służą trwałe użytki zielone, jak też uprawy zbóż, soi i innych roślin paszowych, co powoduje, że produkcja zwierzęca angażuje 77% ziemi użytkowanej rolniczo. Relatywnie niewielka liczba dziko żyjących ssaków i ptaków dowodzi zdominowania flory i fauny świata przez potrzeby jednego gatunku, człowieka, utrzymującego wzrastającą liczbę zwierząt gospodarskich (rys. 1). Łączna masa zwierząt utrzymywanych na potrzeby ludzi stanowi już 94% masy wszystkich ssaków, poza ludźmi, a masa inwentarza żywego przewyższa masę dzikich ssaków w stosunku 15:1 [32].



Rys. 1. Masa ludzi oraz zwierząt gospodarskich i dzikich (za [2])

Rolnictwo, w tym przede wszystkim produkcja i przetwórstwo mięsa, zużywa 70% globalnych zasobów wody słodkiej [12]. W porównaniu z produkcją białka roślinnego, do produkcji 1 g białka pochodzenia zwierzęcego zużywa się sto razy więcej wody [28]. Ocenia się, że rolnictwo w 78% odpowiada za eutrofizację oceanów i wód słodkich, do których trafiają składniki nawozów sztucznych oraz składniki zawarte w odchodach zwierząt, głównie związki azotu i fosforu [32]. Nawożenie mineralne gleb w ostatnim półwieczu wzrosło pięciokrotnie, w tym azotowe ośmiokrotnie [21].

Obciążenie środowiska na skutek chowu zwierząt zależy od kierunku produkcji (tab. 1). Najkorzystniej analizowane wskaźniki kształtują się w przypadku produkcji jaj. W porównaniu z produkcją jaj, do uzyskania 1 kg mięsa drobiowego, użytkuje się większą powierzchnię ziemi (18 vs. 6,3 m^2), i zwiększa się także zagrożenie eutrofizacją wód (49 vs. 22 mg PO_4/kg).

Tabela 1
Obciążenie środowiska w zależności od rodzaju produktu pochodzenia zwierzęcego (za [32])

Wyszczególnienie	Jaja	Mięso drobiowe	Wieprzowina	Mleko	Sery	Wołowina
Powierzchnia gruntów/ 1 kg produktu (m^2)	6,3	18	17	9	88	326
Powierzchnia gruntów/ 100 g białka (m^2)	5,7	7	11	27	40	164
Zużycie wody/ 1 kg produktu (l)	18	14	67	20	180	35
Eutrofizacja wód, g PO_4eq/100 g białka	22	49	76	3	98	365
Produkcja CO_2, kg/kg produktu	4,5	6	7	3	21	60

Przy produkcji wieprzowiny, w porównaniu do mięsa drobiowego, zużywa się znacznie więcej wody (67 vs. 14 l/kg), jak też zwiększa się skażenie wód i produkcja CO_2. Z kolei powierzchnia ziemi potrzebnej do produkcji 1 litra nieprzetworzonego mleka jest niska (9 m^2), jednakże w przeliczeniu na 100 g białka jest to już wartość trzykrotnie wyższa, w porównaniu do wieprzowiny, a jeszcze większa, jeśli mleko wykorzystuje się do produkcji serów. W produkcji serów szczególnie wysokie jest zużycie wody (>180 l/kg),

znacznie wyższe, niż w produkcji mięsa, nawet w produkcji wołowiny pozyskiwanej od bydła ras mięsnych. W przypadku tego rodzaju wołowiny, poza niskim zużyciem wody, pozostałe wskaźniki kosztów środowiskowych są zdecydowanie wyższe, w porównaniu do innych kierunków produkcji. Z kolei w produkcji mięsa wołowego pochodzącego od ras mlecznych, wskaźniki obciążenia środowiska, takie jak użytkowana powierzchnia ziemi (43 m^2) i produkcja gazów cieplarnianych (21 kg CO_2/kg) są mniejsze, a większe jest zużycie wody (22 l/kg). Wynika to z innej technologii utrzymania tego bydła oraz krótszego i intensywniejszego okresu opasu buhajków przeznaczanych na rzeź, w porównaniu z pastwiskowym utrzymaniem bydła mięsnego, typowym dla wielu regionów świata (poza Europą), w których łąki i pastwiska stanowią 60-80% powierzchni ziemi użytkowanej rolniczo [17, 18, 19].

Ograniczenia dalszego wzrostu produkcji zwierzęcej

Do czynników ograniczających dalszy wzrost produkcji żywności, przede wszystkim pochodzenia zwierzęcego, należą: (*1*) niewielkie możliwości zwiększenia powierzchni ziemi użytkowanej rolniczo, (*2*) niższe plony roślin uprawianych poza strefą optymalnego klimatu, (*3*) zagrożenia bioróżnorodności przyrody, (*4*) postępujące skażenie środowiska, (*5*) zagrożenia stabilności klimatu ziemi, (*6*) groźba stagnacji w biotechnologii roślin i zwierząt, (*7*) wzrastające oczekiwania co do dobrostanu zwierząt gospodarskich, jak też (*8*) wzrastająca liczba osób ograniczających lub wykluczających mięso w diecie.

Na początku bieżącego wieku na potrzeby rolnictwa wykorzystywano 37% powierzchni ziemi, w tym 1,53 mld ha jako ziemię uprawną, a 3,38 mld ha jako pastwiska [13]. W okresie ostatnich 50 lat dwukrotnie zmalała powierzchnia ziemi użytkowanej rolniczo w przeliczeniu na 1 mieszkańca, zbliżając się do 0,2 ha na osobę. Dalszy wzrost populacji może znacząco zmniejszyć ten wskaźnik. W tym okresie ujemne skutki ubytku ziemi uprawnej były ograniczane poprzez wzrost plonów, szczególnie w krajach rozwiniętych, w których zbiory zbóż wzrosły dwukrotnie, a powierzchnia upraw wzrosła zaledwie o 10%. W dłuższym okresie odnotowano jednak malejące tempo wzrostu plonów, o ile w latach 1965-1985 plony 174 roślin wzrosły o 56%, to w następnym dwudziestoleciu (1985-2005) już tylko o 20%. W krajach rozwijających się powierzchnia upraw wzrosła

o 21%, a wzrost plonów był niezadowalający, w stosunku do potrzeb społecznych. Z tego względu, uzasadniona jest obawa, że w krajach rozwijających się nastąpi dalsza aneksja na potrzeby rolnictwa obszarów decydujących o stanie klimatu i bioróżnorodności na ziemi. Ocenia się, że w latach 1980-2000, na potrzeby wypasu bydła wykarczowano 42 mln ha lasów tropikalnych Ameryki Łacińskiej, a w celu produkcji oleju palmowego zlikwidowano 6 mln ha lasów deszczowych w południowo-wschodniej Azji [5]. Przy takiej tendencji, do 2050 r., na potrzeby produkcji rolniczej może zniknąć nawet miliard ha lasów, powodując wzrost emisji dwutlenku węgla do atmosfery i azotu do środowiska [37].

Zwiększenie plonów roślin uprawnych uznaje się za jeden z warunków oczekiwanego wzrostu produkcji żywności, bez naruszania integralności systemów środowiskowych ziemi [22, 27, 37]. Z analiz plonowania 27 najważniejszych roślin uprawnych w różnych regionach świata, w tym ryżu, pszenicy, kukurydzy, soi, rzepaku i innych roślin oleistych wynika, że poza strefą klimatu umiarkowanego ich plony są znacznie niższe, od potencjału potwierdzanego w dobrych warunkach uprawy [27]. Tak wyrażona luka plonów jest najwyższa w przypadku Afryki, gdzie plony zbóż, korzeni i bulw ogółem oraz nasion roślin strączkowych, malały od 1970 r., i w początkach XXI wieku pozostawały na poziomie notowanym w 1961 roku [11]. Jednym z czynników obniżających plony są niedobory wody w wielu regionach świata, przede wszystkim w krajach afrykańskich. W wielu regionach Afryki Północnej, Bliskiego Wschodu, Azji Środkowej i Południowej obniża się poziom warstw wodonośnych i maleje wydobycie nieodnawialnych wód podziemnych, co jest zagrożeniem dla przyszłej produkcji żywności [17, 18, 19, 20].

Na podstawie analizy 2,5 mln danych statystycznych z 13,5 tys. farm produkcyjnych, funkcjonujących w latach 1961-2008 w różnych regionach świata stwierdzono, że plony najważniejszych upraw, czyli pszenicy, ryżu, kukurydzy i soi rosną znacznie wolniej (od 0,9% do 1,6% rocznie), niż 2,4%, czyli wartość konieczną do uzyskania prognozowanej produkcji żywności do 2050 r. [30, 31]. Nowym zjawiskiem wpływającym na plonowanie roślin są postępujące zmiany klimatu. W północnej i południowej strefie klimatu umiarkowanego wydłuża się wprawdzie okres wegetacji roślin, jednakże mogą temu towarzyszyć inne zmiany pogarszające

warunki wegetacji, i obniżające plony [24]. Taką możliwość stwierdzono w symulacji skutków ocieplenia klimatu rejonu środkowo-zachodniego USA, w którym zbiory nasion soi i kukurydzy wynoszą, odpowiednio, ⅓ i ¼ światowych zbiorów. Spadek plonów oszacowano tu na 1,6-2,7% na dekadę, odpowiednio dla prognozowanego minimalnego i maksymalnego wzrostu temperatury [3].

Jedną z ważnych konsekwencji wzrostu produkcji żywności jest radykalne ograniczenie bioróżnorodności flory i fauny świata, głównie będące skutkiem zwiększania powierzchni upraw i pastwisk, kosztem powierzchni dotychczasowych siedlisk zwierząt dzikich, w tym lasów. Według raportu Chatham House [5], od 1970 r. liczebność populacji ssaków, ptaków, ryb, płazów i gadów zmniejszyła się o 68%. Zgłaszane przez gremia ekspertów apele o kompromis pomiędzy potrzebami produkcji żywności i ochroną bioróżnorodności, będą niezwykle trudne do zrealizowania bez radykalnej zmiany składu diety znakomitej większości mieszkańców ziemi, jak też bez skutecznego ograniczenia marnotrawstwa płodów rolnych oraz ich wykorzystywania jako odnawialnego źródła energii. Skalę problemu ilustruje fakt, że do przywrócenia naturalnych ekosystemów globu niezbędne byłoby ograniczenie powierzchni użytkowanej rolniczo do 13% ziemi nadającej się do zamieszkania. To oznaczałoby, że wszyscy mieszkańcy globu musieliby obniżyć poziom konsumpcji do diety charakterystycznej obecnie dla Liberii lub Mozambiku, tj. krajów, z grupy tych państw, które charakteryzują się najwyższymi wartościami Indeksu Ukrytego Głodu u dzieci w wieku przedszkolnym [1]. Ze względu na skalę zaistniałych zmian, realne wydają się jedynie starania o ochronę stanu obecnego, w tym populacji zwierząt dziko żyjących.

Produkcja żywności odpowiada za poważną część (ocenianą na 26-35%) globalnego efektu cieplarnianego [17, 18, 19, 21, 29, 32]. Produkcji zwierzęcej przypisuje się 15% globalnej produkcji gazów cieplarnianych [14, 15], tj. więcej niż produkuje transport lądowy, wodny i powietrzny łącznie [41]. Na powagę tego problemu wskazują wyniki blisko 50 lat badań zmian klimatycznych, streszczonych w szóstym raporcie międzyrządowej platformy ds. klimatu [24]. W podsumowaniu tego raportu stwierdzono, że od 1750 roku stężenie dwutlenku węgla i metanu wzrosły odpowiednio o 47% i 156%, znacznie przekraczając zakres naturalnych zmian w okresie wielu

tysięcy lat, i jest to ważna przyczyna, dla której każda z ostatnich czterech dekad była coraz cieplejsza.

Od ostatniej dekady ubiegłego wieku, kiedy to wprowadzono do uprawy soję o zwiększonej odporności na działanie glifosatu oraz kukurydzę odporną na ataki owadów błonkoskrzydłych, nie skomercjalizowano upraw roślin transgenicznych o bardziej znaczących zmianach genomu, wykraczających poza ochronę plonu. Z tego powodu, oczekiwanie szybkich zastosowań nowych produktów zaawansowanej biotechnologii roślin, jest mało realne. W chowie zwierząt biotechnologia znajduje szerokie zastosowanie we wspomaganiu rozrodu, zarówno zwierząt gospodarskich, jak i dzikich, których populacja jest zagrożona [26]. Nie znalazły natomiast praktycznego zastosowania próby modyfikacji genomu zwierząt służące przyspieszeniu ich wzrostu, zwiększeniu wykorzystania składników pokarmowych diety lub poprawie zdrowia. Mało prawdopodobny jest szybki postęp w biotechnologicznych metodach zwiększania plonów roślin paszowych, ponieważ w ostatnich dziesięcioleciach obserwuje się ogólny spadek inwestycji w innowacje technologiczne w produkcji żywności oraz przejście z finansowania biotechnologii ze źródeł publicznych, na prywatne. Postępująca „prywatyzacja biotechnologii" może nasilić przekonanie konsumentów, że służy to interesom komercyjnych firm, bez dostatecznego uwzględniania długoterminowego dobra publicznego [22]. Tego typu podejrzenia, upowszechniane przez oponentów rozwoju biotechnologii, mogą ożywić niechęć pewnej części społeczeństw do produktów transgenezy roślin, a tym bardziej zwierząt, jak to miało miejsce w Polsce, i wielu innych krajach na przełomie wieków.

W wielu krajach straty produktów spożywczych wynoszą 30-40% pierwotnej produkcji [22]. W krajach uboższych jest to skutek braku infrastruktury chłodniczej, ale ten deficyt może być ograniczany w miarę rozwoju gospodarczego tych krajów. W krajach bogatych przyczyny są z kolei bardziej złożone, a wśród ważnych czynników należy wymienić nadwyżkę produkcji nad popytem, zakupy przewyższające potrzeby, preferencję produktów najwyższej jakości (w tym świeżości). Zagadnienie to jest ważnym aspektem Agendy 2030 FAO na rzecz zrównoważonego rozwoju, w której przyjmuje się, że ograniczenie strat i marnowania surowców i produktów spożywczych jest niezbędne do poprawy bezpieczeństwa żywnościowe-

go na świecie, obniżenia kosztów produkcji żywności i skutecznej realizacji wymogów zrównoważonego rolnictwa, minimalizującego negatywne konsekwencje dla środowiska i klimatu [19]. Starania podejmowane w celu ograniczenia skali marnotrawstwa są zasadne, jednakże skuteczny efekt ograniczenia obciążenia środowiska może być trudny do osiągnięcia, szczególnie w krajach rozwiniętych, w których istnieje silna konkurencja sieci handlowych, jak też rygory bezpieczeństwa żywności, ograniczające wtórny obrót produktów wycofanych z sieci.

Prognozy wzrostu populacji i potrzeb w zakresie produkcji żywności

Według powszechnie znanych prognoz FAO, w latach 2030-2050 liczba ludności świata przekroczy 9 miliardów. Na postawie najnowszych analiz śmiertelności i rozrodczości *Homo sapiens* przewiduje się, że wzrost liczebności populacji będzie następował do 2064 roku (do ok. 10 mld), po czym nastąpi spadek do 8,79 mld w roku 2100 [40]. Autorzy opracowania wskazują na radykalne różnice pomiędzy krajami bogatymi, z malejącą populacją, a krajami najbardziej ubogimi, w których populacja ludzi będzie znacząco wzrastała. Wśród 25 krajów z najwyższym PKB w 2017 r., niewielki (średnio o 3,77%) wzrost liczby ludności do 2100 r., jest prognozowany tylko w nielicznych z nich (USA, Francji i Wielkiej Brytanii), natomiast w pozostałych krajach (Chinach, Japonii, Niemczech Indiach, Brazylii, Włoszech, Rosji i Polsce – wymienionych tu według wielkości PKB), liczba ludności zmniejszy się o ponad ⅓, w tym w niektórych krajach (Chinach, Japonii, Włoszech i Polsce) zmaleje co najmniej dwukrotnie. W tym samym okresie w wielu krajach o niskim PKB, przede wszystkim w krajach subsaharyjskich, prawdopodobny jest znaczący wzrost liczby ludności, średnio 3-krotny, w tym w 4 krajach (Angola, Kongo, Niger i Nigeria) nawet 4-krotny.

W ocenie 21 reprezentantów z 13 ośrodków naukowych USA, Kanady, Szwecji i Niemiec [21], aby sprostać potrzebom konsumpcyjnym wzrastającej liczby ludności i oczekiwaniom w zakresie konsumpcji produktów pochodzenia zwierzęcego, trzeba nie tylko podwoić produkcję i poprawić dystrybucję żywności w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat, ale też ograniczyć emisję gazów cieplarnianych w procesie użytkowania gruntów i produkcji zwierzęcej, zmniejszyć straty w bioróżnorodności i siedliskach gatunków dziko żyjących, zmniejszyć niezrównoważony pobór wody w rol-

nictwie oraz stopniowo zmniejszyć zanieczyszczenie wody chemikaliami rolniczymi. Wyniki cytowanej metaanalizy, opublikowanej w czasopiśmie *Nature* wskazują, że trendy odnotowane w produkcji żywności w ostatnim półwieczu nie mogą być kontynuowane w kolejnych dekadach. Jednakże, w tym opracowaniu nie uwzględniono kluczowego zagadnienia, czyli zróżnicowania potrzeb i szans produkcji żywności w różnych regionach świata. W kontekście wskazanego wcześniej regionalnego zróżnicowania liczby ludności, rozważanie globalnych potrzeb w zakresie produkcji żywności nie ma uzasadnienia. Problem ten winien być rozpatrywany w dwóch aspektach: (1) w jakim zakresie państwa (regiony) z wysokim wzrostem liczby mieszkańców poradzą sobie z deficytem żywności i na jaką pomoc mogą liczyć ze strony państw najbogatszych, zagrożonych wzrastającą liczbą emigrantów oraz (2) w jaki sposób i/lub w jakim zakresie państwa wysokorozwinięte, z intensywną produkcją roślinną i zwierzęcą, jak też ze stabilną lub malejącą populacją, ograniczą negatywny wpływ rolnictwa na środowisko, w tym na klimat.

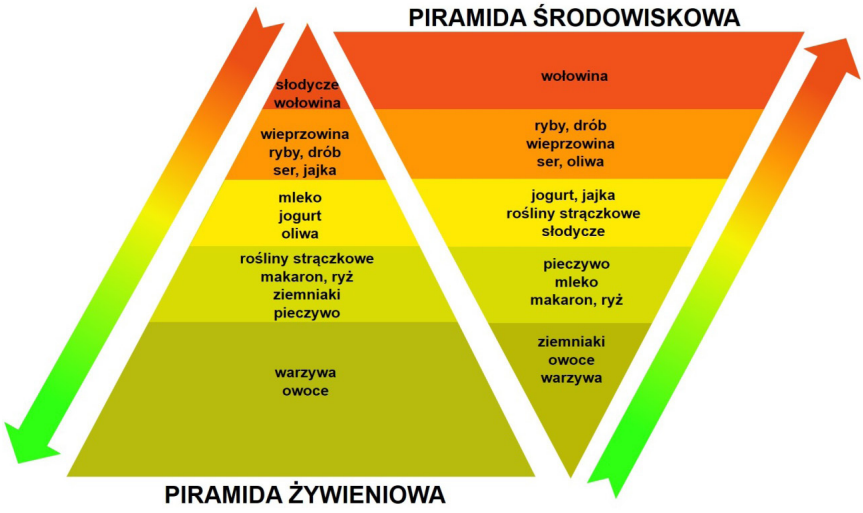
Ograniczenie produkcji i spożycia mięsa: wybór czy konieczność?

Uważa się, że utrzymanie globalnego ocieplenia poniżej niebezpiecznego poziomu może być możliwe, jeśli ludzkość nie tylko przestanie spalać paliwa kopalne, lecz również ograniczy ilość spożywanych produktów pochodzenia zwierzęcego [23, 41]. Taki postulat uzasadnia fakt, że ilość gazów cieplarnianych wytwarzanych w procesie produkcji komponentów diet wegetariańskich może być o połowę mniejsza, niż efekt wytwarzania komponentów diety bogatej w produkty pochodzenia zwierzęcego [35, 39]. Wyliczono, że zmniejszenie spożycia produktów pochodzenia zwierzęcego w krajach bogatych o 50%, skutkowałoby ograniczeniem emisji gazów cieplarniach w produkcji żywności o 35%, powierzchni użytkowanych gruntów o 51%, zakwaszenia gleb o 32%, i eutrofizacji wód o 27% [32].

Za ograniczeniem spożycia produktów pochodzenia zwierzęcego w krajach bogatych przemawiają względy zdrowotne, gdyż zwiększenie udziału produktów pochodzenia zwierzęcego w diecie, wraz z rosnącymi dochodami i urbanizacją, jest jedną z przyczyn zwiększającej się zapadalności na choroby niezakaźne, które skracają oczekiwaną długość życia [22, 35, 38]. Dowodzą tego wyniki badań z dostosowaniem globalnego modelu zdrowia

do danego regionu świata i uwzględnieniem czynników ryzyka związanych z dietą i masą ciała, jak też kosztami produkcji i ochrony zdrowia oraz skutkami środowiskowymi. Z badań tych wynika, że ograniczenie spożycia mięsa o 20% obniży liczbę przedwczesnych zgonów, spowodowanych m.in. chorobami serca i otyłością, zmniejszy wydatki w opiece zdrowotnej, jak też zmniejszy negatywne skutki intensywnego rolnictwa [36]. Wyniki podobnych badań, prowadzonych od wielu dziesięcioleci, są podstawą krajowych, jak też unijnych wytycznych dotyczących prozdrowotnego odżywiania. W ostatniej dekadzie, w wielu krajach, postuluje się wdrażanie rozwiązań żywieniowych w trójczłonowym powiązaniu „dieta – środowisko – zdrowie", jako szansy o wielkim znaczeniu dla środowiska i zdrowia publicznego w krajach bogatych [7].

Przykładem takiego rozwiązania jest modyfikacja modelu diety śródziemnomorskiej zaproponowana przez Barilla Centre for Food & Nutrition, włoską instytucję non-profit, zainteresowaną ograniczeniem środowiskowych i klimatycznych skutków produkcji żywności. Jak przedstawiono to na rysunku 2, równoległe zestawienie obu piramid (żywieniowej i środowiskowej) przejrzyście ilustruje zależność, że produkty spożywcze zalecane do spożycia w większej ilości, ze względu na ich odżywczą i prozdrowotną rolę, cechują się również mniejszym obciążaniem środowiska.



Rys. 2. Rekomendowane spożycie produktów z uwzględnieniem zasad profilaktyki zdrowotnej i potrzeb środowiska (za [4])

Europejski Zielony Ład nowym wyzwaniem w produkcji żywności

Europa, z ludnością liczącą 5,7% populacji globu, zajmująca 2,1% całkowitej powierzchni ziemi, odpowiada za 9% globalnej emisji gazów cieplarnianych. Jest to relatywnie niska wartość w zestawieniu z USA, z mniejszą populacją, ale odpowiedzialną za 15% emisji globalnej. Na Chiny przypada 30% globalnej emisji, przy czym populacja tego kraju jest ponad 4 razy większa, niż w USA, i ponad 3 razy liczniejsza niż w Unii Europejskiej. Często upowszechniana opinia, że Chiny są największym globalnym „trucicielem", jest dużym uproszczeniem, które może utrudniać porozumienie w zakresie ochrony klimatu ziemi.

Wyliczono, że głównym źródłem produkcji CO_2 na potrzeby wyżywienia mieszkańców Europy jest produkcja nabiału, mięsa i jaj, odpowiadająca za 83% globalnej emisji gazów cieplarnianych w produkcji żywności, z czego 56% jest konsekwencją produkcji mięsa i jaj, kolejne 27% jest skutkiem produkcji mleka, a tylko 17% powstaje w trakcie produkcji żywności pochodzenia roślinnego [34]. Średnia emisja gazów cieplarnianych w Europie, będąca efektem produkcji komponentów przeciętnej diety wynosi 1070 kg CO_2-eq/osobę rocznie, z wartościami skrajnymi od 610 kg w przypadku Bułgarii do 1460 kg w przypadku Portugalii. Pod względem efektu cieplarnianego produktów składających się na przeciętną dietę mieszkańca, Polska plasuje się na 4 miejscu wśród krajów o najmniejszym efekcie, po Bułgarii, Słowacji i Rumunii.

W raporcie Komisji Europejskiej „*Perspektywy rolnictwa w Unii Europejskiej na lata 2018-2030"*[10], przewidziano spadek całkowitej powierzchni gruntów rolnych z 178 do 176 mln ha. Prognozowano również niższe tempo zmniejszania powierzchni gruntów ornych, niż w ostatniej dekadzie, z równoczesnym zmniejszeniem produkcji zbóż konsumpcyjnych i powierzchni trwałych użytków zielonych, natomiast z nieznacznym wzrostem powierzchni gruntów służących produkcji pasz. Znacznie większy zakres oddziaływania mogą mieć regulacje przewidziane Europejskim Zielonym Ładem (EZŁ). W pierwszej połowie 2022 roku EZŁ jest jeszcze katalogiem celów oraz projektowanych narzędzi ich urzeczywistniania, które mają być wdrażane poprzez politykę finansową i działania organizacyjne.

W odniesieniu do produkcji roślinnej, jako kluczowe przyjęto dwa kierunki działania: (*1*) szybki rozwój rolnictwa ekologicznego (do 2030 r. planuje się, zwiększenie skali rolnictwa ekologicznego z obecnych 7,2% do co najmniej 25% gruntów rolnych) oraz (*2*) uczynienie rolnictwa konwencjonalnego bardziej przyjaznym środowisku, głównie poprzez zmniejszenie strat składników pokarmowych bez pogorszania żyzności gleby, ograniczenie stosowania nawozów mineralnych o co najmniej 20% oraz zmniejszenie stosowania chemicznych środków ochrony roślin (ŚOR) o 50%, szczególnie z grupy bardziej niebezpiecznych. Możliwe efekty realizacji tych celów EZŁ były przedmiotem studiów podsumowanych w raporcie *Wpływ Europejskiego Zielonego Ładu na polskie rolnictwo* [25]. Autorzy opracowania, reprezentujący Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB i Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, w podsumowaniu raportu stwierdzili, m.in. że: (*1*) pełne wdrożenie EZŁ zmniejszy wydajność produkcji i obniży jej łączną wartość o 13%, przy czym najwyżej w uprawie żyta (28%), pszenżyta (24%) i pszenicy ozimej (19%), a w mniejszym zakresie w przypadku prawie wszystkich pozostałych upraw, co spowoduje (*2*) spadek dochodów rolników, nie mniejszy niż o 11%, a ponadto (*3*) wzrosną dodatkowe koszty działalności rolniczej wskutek zwiększenia zakresu rolnictwa precyzyjnego (ukierunkowanego na utrzymanie wydajności rolnictwa konwencjonalnego, przy zmniejszeniu obciążeń środowiska), jak też wzrosną ceny energii, paliw oraz kosztów robocizny, a (*4*) finalną konsekwencją będzie wzrost cen żywności, szczególnie chleba i wyrobów mącznych, jak też (poprzez zwiększone koszty produkcji pasz) wzrost cen mięsa, mleka i jaj.

W odniesieniu do produkcji zwierzęcej kluczowe są dwa cele EZŁ, przewidziane na okres do 2030 r.: (*1*) zmniejszenie, całkowitej sprzedaży środków przeciwdrobnoustrojowych przeznaczonych dla zwierząt utrzymywanych w warunkach fermowych i akwakultury o 50% oraz (*2*) poprawa dobrostanu zwierząt służąca ochronie zdrowia zwierząt i jakości żywności pochodzenia zwierzęcego. Osiągnięciu pierwszego celu będą służyć nowe rozporządzenia w sprawie weterynaryjnych produktów leczniczych i pasz leczniczych. Ten obszar wdrażania EZŁ będzie kluczowy w odniesieniu do produkcji zwierzęcej w Polsce, głównie w odniesieniu do odchowu prosiąt i produkcji

drobiarskiej. W ostatnim dziesięcioleciu sukcesywnie wzrastała w Polsce sprzedaż antybiotyków, z 475 ton w roku 2011 do 856,7 ton rocznie w roku 2020. Z tak wysoką sprzedażą Polska plasuje się na drugim miejscu wśród 31 krajów Europy, objętych raportem Europejskiej Agencji Leków [9], za Hiszpanią, a przed Włochami i Niemcami. Przy uwzględnieniu masy ciała zwierząt, zużycie środków antymikrobiologicznych w rolnictwie polskim w roku 2020 wyniosło 187,9 mg/pcu przy średniej europejskiej 91,6 mg/pcu. Co gorsza, w ostatnim dziesięcioleciu odnotowano znaczący wzrost zastosowania antybiotyków w produkcji zwierzęcej w Polsce, przy czym w tym samym czasie średnia europejska zmalała o 43%. Szybkie ograniczenie sprzedaży i stosowania antybiotyków w chowie zwierząt w Polsce może być trudnym zadaniem dla praktyki zootechnicznej i weterynaryjnej, w tym branży drobiarskiej.

Drugim kierunkiem regulacji, przewidzianych w EZŁ, jest poprawa dobrostanu zwierząt, przede wszystkim utrzymywanych w systemie wielkofermowym. Ze względu na dużą koncentrację zwierząt, łatwo tu dostrzec wszystkie problemy i paradoksy współczesnej produkcji zwierzęcej, a w ich konfrontacji łatwo pomylić przyczynę ze skutkiem. Niektórzy etycy, jak autorzy kompleksowej krytyki przemysłowej produkcji zwierzęcej [33] przyznają, że ta forma produkcji pogorszyła dobrostan zwierząt, zwiększyła obciążenie środowiska i ryzyko chorób odzwierzęcych. Cytowani autorzy, na przykładzie USA, zaznaczają równocześnie, że wielkotowarowa produkcja zwierzęca zapewniła dużą podaż tanich produktów: mięsa, jaj i produktów mlecznych. Ten argument, w najnowszym raporcie *Chatham House* [5] określono jako paradygmat „taniego jedzenia", prowadzący do niszczenia gleby i całych ekosystemów, aby nadążyć za popytem. Problem środowiskowych skutków produkcji zwierzęcej dotyczy nie tylko produkcji wielkotowarowej, a zagadnienie to było dotąd przedmiotem nielicznych badań porównawczych. W podsumowaniu wcześniejszych analiz środowiskowych obciążeń w produkcji mleka stwierdzono, że zalety produkcji ekologicznej, jak mniejszy potencjał eutrofizacji wód (wskutek zmniejszonego nawożenia), są niwelowane przez zwiększoną powierzchnię gruntów koniecznych do wyprodukowania tony finalnego produktu [8]. Do podobnego wniosku prowadzi jedyna tak rozległa metaanaliza 742 systemów wytwarzania 90 produktów spożywczych wskazująca, że technologie or-

ganiczne wymagają więcej ziemi, zwiększają potencjał eutrofizacji wód, emitują podobne ilości gazów cieplarnianych, a zmniejszają zużycie energii, w porównaniu do technologii wysokonakładowych [6]. W tym kontekście rodzi się pytanie, czy autorzy raportu *Chatham House*, w dobrej wierze, nie stawiają skutku przed przyczyną. Przyczyną ekspansji wielkotowarowych ferm zwierzęcych jest utrzymujący się, a nawet rosnący wraz ze zwiększaniem się populacji ludzi, popyt na mięso i nabiał. Możliwość zaspokojenia tego popytu, w programach UE jest określana jako „bezpieczeństwo żywnościowe", zależy od relacji dochodów konsumentów i ceny produktów. Z tego względu postulaty ograniczania produkcji wielkotowarowej winny być konfrontowane z potrzebami wyżywienia wzrastającej populacji lokalnej i globalnej. Uzasadnia to dwukierunkowe działanie: dbałość o dobrostan zwierząt, zgodnie z przyjętymi standardami w Unii Europejskiej, a jednocześnie ograniczanie obciążenia środowiska, zarówno w fermowym, jak i konwencjonalnym systemie utrzymania zwierząt.

Podsumowanie

W perspektywie drugiej połowy XXI wieku o pokryciu globalnego zapotrzebowania na żywność, oprócz zwiększenia produkcji roślinnej i zwierzęcej, decydować będzie także racjonalne wykorzystanie surowców i produktów spożywczych. Zwiększenie produkcji roślinnej, możliwe głównie dzięki wzrostowi plonów, będzie ograniczone koniecznością ochrony środowiska oraz ryzykiem zmian klimatycznych. Wzrost produkcji zwierzęcej będzie ograniczony głównie przez presję społeczną ukierunkowaną na poprawę dobrostanu zwierząt i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i odorów. W krajach rozwiniętych należy też oczekiwać zmiany sposobów odżywiania, uzasadnionego potrzebą zmniejszenia ryzyka chorób dietozależnych, poprzez ograniczenie spożycia produktów pochodzenia zwierzęcego, głównie mięsa. Rezerwy żywności w krajach rozwiniętych mogą być niezbędne do ograniczenia deficytu produktów spożywczych w krajach o największym wzroście liczby ludności, zlokalizowanych głównie w rejonie subsaharyjskim, w których dostateczne zwiększenie rodzimej produkcji żywności będzie ograniczane niedoborem odpowiednich gruntów i wody oraz warunkami klimatycznymi.

PIŚMIENNICTWO

1. ALEXANDER P., BROWN C., ARNETH A., FINNIGAN J., ROUNSEVELL M.D., 2016 – Human appropriation of land for food: the role of diet. ***Global Environmental Change*** 41, 88-98.
2. BAR-ON Y.M., PHILLIPS R., MILO R., 2018 – The biomass distribution on Earth. ***Proceedings of the National Academy of Sciences*** 115, 6506-6511.
3. BASCHE ARCHONTOULIS S.V., KASPAR T.C., JAYNES D.B., PARKIN T.B., MIGUEZ F.E., 2016 – Simulating long-term impacts of cover crops and climate change on crop production and environmental outcomes in the Midwestern United States. ***Agriculture, Ecosystems & Environment*** 218, 95-106.
4. BCFN, 2015 – Barilla Centre for Food & Nutrition: The double pyramid evolution. https://www.barillacfn.com/m/publications/dp-2015-en.pdf
5. BENTON T.G., BIEG C., HARWATT H., PUDASAINI R., WELLESLEY L., 2021 – Food system impacts on biodiversity loss. Three levers for food system transformation in support of nature. ***Research Paper***, ISBN 978 1 78413 433 4, 1-70.
6. CLARK M., TILMAN D., 2017 – Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. ***Environmental Research Letters*** 12(6), 064016.
7. CLARK M., HILL J., TILMAN D., 2018 – The Diet, Health, and Environment Trilemma. ***Annual Review of Environment and Resources*** 43, 109-134.
8. DE BOER I.J.M., 2003 – Environmental impact assessment of conventional and organic milk. Review. ***Livestock Production Science*** 80, 69-77.
9. EMA, 2021 – European Medicines Agency, 2021 – Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2019 and 2020. Trends from 2010 to 2020. Eleventh ESVAC report. https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-31-european-countries-2019-2020-trends-2010-2020-eleventh_en.pdf
10. EU, 2018 – EU agricultural outlook for markets and income 2018-2030. https://euagenda.eu/publications/eu-agricultural-outlook-for-markets-and-income-2018-2030
11. EVENSON R.E., GOLLIN D., 2003 – Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. ***Science*** 300, 758-762.
12. FAO, 2011a – The Green Revolution in Asia: Lessons for Africa.
13. FAO, 2011b – http://faostat.fao.org/ site/567/default.aspx#ancor.
14. FAO, 2013a – World Population Prospects: The 2012 Revision.
15. FAO, 2013b – Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities.
16. FAO, 2018 – Transforming food and agriculture to achieve the SDGs. 20 interconnected action to guide decision-makers.
17. FAO, 2019a – World Food and Agriculture – Statistical pocketbook 2019.

18. FAO, 2019b – The state of food security and nutrition in the World. Safeguarding against economic slowdowns and downturns).
19. FAO, 2019c – The state of food and agriculture. Moving forward on food loss and waste reduction.
20. FAO, 2020 – The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture.
21. FOLEY J.A., RAMANKUTTY N., BRAUMAN K.A., CASSIDY E.S., GERBER J.S., JOHNSTON M., MUELLER N.D., O'CONNELL C., RAY D.K., WEST P.C., BALZER C., BENNETT E.M, CARPENTER S.R., HILL J., MONFREDA C., POLASKY S., ROCKSTRÖM J., SHEEHAN J., SIEBERT S., TILMAN D., ZAKS D.P.M., 2011 – Solutions for a cultivated planet. ***Nature*** 478, 337-342.
22. GODFRAY H.C.J., BEDDINGTON J.R., CRUTE I.R., HADDAD L., LAWRENCE D., MUIR J.F., PRETTY J., ROBINSON S., THOMAS S.M., TOULMIN C., 2010 – Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. ***Science*** 327, 5967: 812-818.
23. HEDENUS F., WIRSENIUS S., JOHANSSON D., 2014 – The importance of reducing meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. ***Climate Change*** 124, 79-91.
24. IPCC, 2021 – Podstawy fizyczne. Podsumowanie dla Decydentów. Zmiana Klimatu 2021. Wkład I Grupy Roboczej do Szóstego Raportu Oceny Międzyrządowego Zespołu ds. Zmiany Klimatu. Klimatu. https://informacje.pan.pl/images/2021/Raport_IPCC_2021_11_04_T%C5%81TŁUMACZENIE_ FINAL.pdf
25. IRWiR, 2022 – Wpływ Europejskiego Zielonego Ładu na polskie rolnictwo. Polityka Insight. Warszawa 2022 (Raport Konsorcjum Instytutu Rozwoju Wsi i Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy oraz Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu).
26. MAX A., 2017 – Biotechnologia w ratowaniu zagrożonych gatunków. ***Życie Weterynaryjne*** 92, 105-108.
27. MUELLER N.D., GERBER J.S., JOHNSTON M., RAY D.K., RAMANKUTTY N., FOLEY J.A., 2012 – Closing yield gaps through nutrient and water management. ***Nature*** 490, 254-257.
28. PIMENTEL D., PIMENTEL M., 2003 – Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. ***American Journal of Clinical Nutrition*** 78 (Suppl.) 660-663.
29. POORE J., NEMECEK T., 2018 – Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. ***Science*** 360(6392), 987-992.
30. RAY D.K., RAMANKUTTY N., MUELLER N.D., WEST P.C., FOLEY J.A., 2012 – Recent patterns of crop yield growth and stagnation. ***Nature Communications*** 3, 1293.

31. RAY D.K., MUELLER N.D., WEST P.C., FOLEY J. A., 2013 – Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. ***PLoS ONE*** 8, e66428.
32. RITCHIE H., ROSER M., 2021 – Environmental Impacts of Food Production. https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food.
33. ROSSI J., GARNER S.A., 2014 – Industrial farm animal production: A comprehensive moral critique. ***Journal of Agricultural Environmental Ethics*** 27, 479-522.
34. SANDSTRÖM V., VALIN H., KRISZTIN T., HAVLÍK P., HERRERO M., KASTNER T., 2018 – The role of trade in the greenhouse gas footprints of EU diets. ***Global Food Security*** 19, 48-55.
35. SCARBOROUGH P., ALLENDER S., CLARKE D., WICKRAMASINGHE K., RAYNER M., 2012 – Modelling the health impact of environmentally sustainable dietary scenarios in the UK. ***European Journal of Clinical Nutrition*** 66, 710-15.
36. SPRINGMANN M., GODFRAY C., RAYNER M., SCARBOROUGH P., 2016 – Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. ***Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*** 113, 4146-4151.
37. TILMAN D., BALZER C., HILL J., BEFORT B.L., 2011 – Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. ***Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*** 108, 1-5.
38. TILMAN D., CLARK M., 2014 – Global diets link environmental sustainability and human health. ***Nature*** 515(7528), 518-522.
39. VAN DE KAMP M.E., SEVE S.M., TEMME E.H.M., 2018 – Reducing GHG emissions while improving diet quality: exploring the potential of reduced meat, cheese and alcoholic and soft drinks consumption at specific moments during the day. ***BMC Public Health*** 18(1), 264.
40. VOLLSET S.E, GOREN E., YUAN C.W., CAO J., SMITH A.E., HSIAO T., BISIGNANO C., AZHAR G.S., CASTRO E., CHALEK J., DOLGERT A.J., FRANK T., FUKUTAKI K., HAY S.I., LOZANO R., MOKDAD A.H., NANDAKUMAR V., PIERCE M., PLETCHER M., ROBALIK T., STEUBEN K.M., WUNROW H.Y., ZLAVOG B.S., MURRAY C., 2020 – Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. ***The Lancet*** 396, 1285-1306.
41. WELLESLEY L., HAPPER C., FROGGATT A., 2015 – Changing Climate, Changing Diets Pathways to Lower Meat Consumption. The Royal Institute of International Affairs, Chatham House Report, Nov. 2015, ISBN 978 1 78413 055 8.

Błędy żywieniowe w chowie zwierząt – przyczyny i zapobieganie

prof. dr hab. Eugeniusz R. Grela, dr Maciej Bąkowski, dr hab. Anna Winiarska-Mieczan, dr Robert Krusiński

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin,
eugeniusz.grela@up.lublin.pl

Wprowadzenie do tematyki

Żywienie jest jednym z podstawowych czynników środowiskowych w produkcji zwierzęcej, istotnie wpływającym na zdrowie i wydajność zwierząt. Racjonalne żywienie polega na dostarczeniu zwierzętom wszystkich niezbędnych składników pokarmowych, w ilościach odpowiadających ich zapotrzebowaniu (bytowemu i produkcyjnemu), we właściwych proporcjach oraz odpowiednio przyrządzonych i udostępnionych. W żywieniu zwierząt należy dążyć do optymalizacji poziomu i dostępności energii, białka i aminokwasów, tłuszczu i kwasów tłuszczowych, włókna pokarmowego, składników mineralnych i witamin, w zależności od grupy produkcyjnej. Do tego celu służą, m.in. stosowne zalecenia żywienia zwierząt, często określane jako normy żywieniowe.

Niestety, producenci popełniają wiele uchybień i błędów w żywieniu zwierząt, które skutkują słabszą efektywnością produkcyjną, pogorszeniem zdrowia, zaburzeniami behawioralnymi oraz nadmiernym obciążeniem środowiska wydalanymi z kałem i moczem lub kałomoczem biogenami [15]. Popełniane błędy dotyczą zarówno problemów wspólnych dla wszystkich gatunków i grup produkcyjnych, jak i specyfiki gatunkowej, fizjologicznej i intensywności produkcji.

Błędy ogólne

Do najczęściej popełnianych błędów należy zaliczyć:

- niezbilansowanie dawki lub mieszanki pokarmowej (niedobór lub nadmiar białka, aminokwasów, energii, włókna, składników mineralnych, witamin, zaburzona relacja energii do innych składników pokarmowych, nieodpowiedni bilans elektrolitów – Na, K, Cl);
- nieznajomość składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz objętościowych i treściwych stosowanych w żywieniu, zwłaszcza przeżuwaczy i koni;
- nagłe zmiany składu komponentowego mieszanki lub dawki;
- żywienie na jednakowym (zbliżonym) poziomie w różnych fazach fizjologiczno-produkcyjnych (rozród, laktacja, odchów, tucz i opas);
- skarmianie pasz porażonych mikotoksynami, nadpsutych lub zanieczyszczonych, jak też zawierających czynniki antyżywieniowe (ANFs);
- nieodpowiednia organizacja i technologia żywienia oraz dostępu do wody i karmideł;
- nieodpowiednia forma i rozdrobnienie paszy, niedostosowana do możliwości jej pobrania i trawienia oraz funkcjonowania mikrobioty przewodu pokarmowego;
- nieprawidłowy dobór dodatków paszowych, nadmierne wykorzystywanie matryc enzymatycznych, szczególnie fitazowej lub węglowodanów nieskrobiowych (NSP), nadużywanie pasz leczniczych.

Wymienione błędy mogą się kształtować w różnym zakresie dla poszczególnych gatunków i grup produkcyjnych, i wymagają specyficznego, często też indywidualnego traktowania zwierząt.

Błędy szczegółowe

1. Błędy popełniane w żywieniu przeżuwaczy

Żywienie krów mlecznych jest niewątpliwie jednym z najtrudniejszych wyzwań w chowie i hodowli bydła. Każdy błąd popełniony w tej kwestii odbija się zarówno na zdrowiu zwierząt, jak i na efektach ekonomicznych producenta [34]. Najczęściej obserwowaną konsekwencją nieprawidłowego żywienia krów mlecznych są choroby metaboliczne, kosztowne dla pro-

ducenta, i niebezpieczne dla zwierząt. Warto wymienić, chociażby ketozę metaboliczną i żwaczową, kwasicę, porażenie poporodowe, przemieszczenie trawieńca i wiele innych.

Spośród błędów popełnianych w żywieniu przeżuwaczy można wyodrębnić te o oddziaływaniu okresowym, które można szybko skorygować, oraz błędy o działaniu długofalowym, których nie da się naprawić w krótkim czasie, a niekiedy mogą być one nieodwracalne. Do najczęściej popełnianych błędów należy zaliczyć:

- dawkę pokarmową nieprawidłowo zbilansowaną pod względem energii i białka oraz włókna pokarmowego lub detergentowego (NDF); szczególnie szkodliwy jest nadmiar białka w paszy oraz nadmierny deficyt energii, powodujący wzmożone uruchamianie rezerw energetycznych, mogący w konsekwencji doprowadzić do wystąpienia ketozy;
- nieodpowiednią strukturę paszy, często nadmierne rozdrobnienie pasz objętościowych; niewłaściwa strukturalność dawki może być jedną z przyczyn przemieszczenia trawieńca po porodzie [30];
- niedostosowanie żywienia do stanu fizjologicznego, czego efektem jest nieodpowiednia kondycja krów (brak podziału na grupy żywieniowe), zwłaszcza przy systemie TMR;
- niezbyt precyzyjnie zbilansowane składniki mineralne, mieszanki mineralne dobrane nieodpowiednio do aktualnego stanu fizjologicznego, pomijanie bilansu anionowo-kationowego; dostosowanie żywienia mineralno-witaminowego i odpowiednie przygotowanie zarówno organizmu krowy, jak i mikroorganizmów żwacza przed wycieleniem do intensywnego żywienia po wycieleniu, ma decydujący wpływ na występowanie chorób metabolicznych, i utrzymanie dobrej zdrowotności krów w pierwszych tygodniach laktacji [24];
- skarmianie pasz (kiszonek) zepsutych, zmarzniętych, po wtórnej fermentacji, lub zanieczyszczonych mikotoksynami; mikotoksyny przedostając się również do siary, zmniejszają jej właściwości odpornościowe; ich obecność odnotowano również w mleku krów żywionych zepsutymi paszami; aflatoksyna B1, która nie jest neutralizowana w żwaczu, jest przekształcana w wątrobie w aflatoksynę M1, i pod taką postacią przedostaje się do mleka; w organizmie człowieka przyczynia

się do powstawania zmian nowotworowych, a zatem problem dotyka również ludzi konsumujących mleko i produkty mleczne [4];
- brak swobodnego dostępu do wody, zwłaszcza przy wypasie pastwiskowym; jej niedobór może prowadzić do negatywnych skutków zdrowotnych, w skrajnych przypadkach może przyczynić się do śmierci zwierzęcia [35];
- nadmierną konkurencję przy stole paszowym; skutkiem nasilania się takiej konkurencji w stadach bydła mlecznego jest spadek spożycia paszy przez krowy pozostające najniżej w hierarchii stada;
- raptowne zmiany w składzie dawki pokarmowej lub postępowaniu żywieniowym;
- błędy popełniane podczas sporządzania kiszonek lub sianokiszonek, jak też przy produkcji siana (często nieprawidłowy termin zbioru).

2. Błędy popełniane w żywieniu trzody chlewnej

Świnie to zwierzęta monogastryczne, a więc istotne jest dostarczenie im wartościowej, dobrze zbilansowanej paszy, którą przetworzą na mięso i tłuszcz (tuczniki), siarę i mleko (lochy karmiące), czy też na liczne i zdrowe mioty (zwierzęta reprodukcyjne). W żywieniu świń należy wykorzystywać aktualne zalecenia żywieniowe [16], stosować bezpieczne, wolne od zanieczyszczeń pasze oraz przestrzegać higieny żywienia i dostępu świń do wody. Do najczęściej popełnianych błędów w żywieniu świń należy zaliczyć:
- stosowanie niedokładnie zbilansowanych mieszanek lub dawek pokarmowych (niedobór lub nadmiar białka, aminokwasów, energii, włókna i innych składników pokarmowych);
- mieszanki (dawki pokarmowe) niezbilansowane pod względem zawartości składników mineralnych, zwłaszcza niektórych mikroelementów oraz wapnia i fosforu, połączone z nadmiernym wykorzystywaniem matryc enzymatycznych;
- pomijanie *flushingu* u loch jałowych oraz problemy w okresie karmienia prosiąt siarą;
- niedocenianie profilaktyczno-żywieniowego postępowania z prosiętami w okresie okołoodsadzeniowym;
- żywienie na jednakowym poziomie loch w okresie ciąży i laktacji, warchlaków i tuczników w różnych fazach wzrostu;

- niewłaściwą organizację i technologię żywienia;
- nadużywanie pasz leczniczych.

Najbardziej istotnym problemem w żywieniu świń są kwestie związane z ilością i jakością białka, a w konsekwencji tego – produkcją szkodliwych gazów oraz, co bardziej istotne, z opłacalnością produkcji. Obecnie bilansuje się nie tylko białko w paszy, ale przede wszystkim aminokwasy, zwłaszcza egzogenne i trawione do końca jelita cienkiego oraz ustala się proporcje pomiędzy poziomem białka i aminokwasów a energią metaboliczną lub netto. Niewłaściwe zbilansowanie białka, a co za tym idzie nieprawidłowy profil aminokwasowy, jest jednym z podstawowych błędów popełnianych w żywieniu świń. Także niedobory białka w diecie niekorzystnie wpływają na jakość przyrostów dziennych tuczników, gdyż skutkuje to zwiększonym odkładaniem tkanki tłuszczowej, kosztem mniejszego odłożenia tkanki mięśniowej. W przypadku loch żywionych niedoborowo pod względem zawartości i jakości białka obserwuje się problemy okołoporodowe w okresie laktacji, a także wydłużenie okresu jałowienia. Warto też pamiętać, że nadmiar każdego aminokwasu, w stosunku do potrzeb i wzajemnych relacji w tzw. profilu białka idealnego, powoduje zwiększenie ilości azotu wydalanego z moczem [17].

Istotne błędy dotyczą żywienia na jednakowym poziomie (zbyt niskim lub też zbyt wysokim) loch jałowych i prośnych, a także tuczników w różnych fazach wzrostu. Nie zaleca się stosować jednej mieszanki przez cały okres odchowu i tuczu świń. Zalecenia żywieniowe wskazują też jasno na wyraźne zróżnicowanie potrzeb pokarmowych loch w okresie jałowienia, w niskiej i wysokiej ciąży oraz w trakcie laktacji.

Niedobory energetyczne w paszy przekładają się bezpośrednio na niższe przyrosty dzienne masy ciała zwierząt oraz osłabienie ich kondycji i zdrowia. To z kolei prowadzi do zwiększonej zapadalności na choroby i mniejszej wydajności w produkcji, bezpośrednio korelującej z przychodami gospodarstwa. Za mało energii w mieszance to wyższe pobranie paszy i niższe przyrosty dzienne [17].

Do błędów żywieniowych popełnianych w żywieniu trzody chlewnej należy też zaliczyć podawanie zwierzętom komponentów paszowych o nieodpowiedniej jakości, tj. przechowywanych w niewłaściwych warunkach magazynowych, zanieczyszczonych różnymi szkodnikami, jak larwy mącz-

nika, roztocza czy wołki zbożowe. Niedocenianym zagadnieniem jest także stosowanie pasz zawierających czynniki antyżywieniowe (ANFs). Ich znaczące ilości występują w nasionach roślin bobowatych (dawniej strączkowych) i w niektórych zbożach [14]. Należy zwracać więc uwagę nie tylko na skład chemiczny mieszanek paszowych (m.in. udział białka i aminokwasów, energii metabolicznej czy składników mineralnych i witamin), ale też na udział i jakość komponentów paszowych zawierających związki antyżywieniowe [15].

Do najczęściej popełnianych w praktyce błędów w organizacji i technologii żywienia świń należą: zbyt późne rozpoczęcie dokarmiania prosiąt ssących, nagłe zmiany paszy, zwłaszcza podstawowych komponentów diety, niewłaściwe rozdrobnienie poszczególnych komponentów mieszanki, brak stałego dostępu do wody pitnej, jak też nieodpowiednie umiejscowienie poideł, i niezadowalająca higiena koryt i poideł oraz rurociągu w systemie żywienia na mokro. Do błędów żywieniowych typu technologicznego należy także nieodpowiednie rozdrobnienie paszy. Grubo ześrutowane komponenty paszowe są znacznie słabiej wykorzystywane przez trzodę chlewną. Wyniki wielu badań wykazały, że strawność paszy rośnie wraz ze zwiększeniem stopnia jej rozdrobnienia. Jednakże zbyt duże rozdrobnienie komponentów paszowych (mąka) może powodować owrzodzenia przewodu pokarmowego świń. Optymalna wielkość cząsteczek paszy, według wielu źródeł, powinna się mieścić w przedziale 0,5-0,7 mm. Dobrym sposobem rozdrobnienia ziarna i nasion jest ich płatkowanie.

Stosując racjonalne i zbilansowane żywienie, zgodne z wytycznymi zawartymi w *Zaleceniach żywienia świń* [16], jednocześnie unikając wymienionych błędów żywieniowych i kontrolując zużycie paszy, można uzyskiwać zadowalające efekty produkcyjne i ekonomiczne [17].

3. Błędy popełniane w żywieniu drobiu

W produkcji drobiu szczególną uwagę należy skierować na optymalne warunki mikroklimatyczne i ogólny dobrostan ptaków, czyli czynniki takie jak zagęszczenie, program świetlny i jakość stosowanej ściółki. Istotne jest także terminowe wykonywanie niezbędnych zabiegów weterynaryjnych, takich jak szczepienia profilaktyczne i leczenie. Poza wspomnianymi czynnikami to żywienie ma decydujący wpływ na funkcjonowanie mikrobioty

przewodu pokarmowego, wykorzystanie paszy oraz efekty produkcyjne, takie jak przyrosty masy ciała czy produkcja jaj. Racjonalne żywienie zapobiega wszelkim niedoborom, anomaliom, i przejawom niewłaściwego behawioru [13].

Jednym z najczęściej popełnianych przez producentów drobiu błędów jest nieodpowiednie zbilansowanie mieszanek [27]. Dotyczy to odpowiedniego poziomu energii (metabolicznej lub netto), aminokwasów oraz witamin i składników mineralnych. Należy przede wszystkim korzystać z *Zaleceń żywienia drobiu* [29]. Uwagę zwraca więc niewłaściwe zbilansowanie białka (aminokwasów) mieszanki i stosowanie alternatywnych pasz białkowych bez uwzględnienia często obniżonej strawności aminokwasów. Częstym błędem w tym zakresie jest stosowanie tańszych źródeł składników pokarmowych (białka), bez sprawdzenia ich jakości mikrobiologicznej, a przede wszystkim zawartości mikotoksyn (np. DDGS, śruta arachidowa). Kolejnym błędem jest niewłaściwa fizyczna postać paszy. Dobrze jest stosować pasze płatkowane lub granulowane.

Składniki mineralne odgrywają bardzo ważną rolę w procesie wzrostu, przemianach metabolicznych, jak również utrzymaniu homeostazy organizmu. Zapotrzebowanie na te substancje zależne jest od fazy wzrostu oraz kierunku produkcji. Zwiększone zapotrzebowanie na wapń i fosfor obserwowane jest w okresie intensywnego rozwoju układu kostnego u młodych ptaków. Należy również brać pod uwagę wprowadzenie do mieszanek większej ilości wapnia w przypadku samic w okresie nieśności. To ten pierwiastek decyduje o prawidłowym wykształceniu skorupki jaja. Ważnym makroelementem jest sód (Na), gdyż jego niedobór przyczynia się do zaburzeń w syntezie białka, przez co zwiększa się ilość azotu wydalanego z kałomoczem, a ponadto obniża się wykorzystanie energii, w konsekwencji czego zwiększa się wykorzystanie paszy na 1 kg przyrostu masy ciała ptaków lub, w przeliczeniu, na jajo u niosek. Przy nadmiarze sodu następuje wzrost pobrania wody przez ptaki, a przy jej niedoborze, i jednoczesnym wysokim poziomie sodu, może dochodzić do zatruć. Bacznej uwagi wymaga także stosowanie mikroelementów, szczególnie żelaza, cynku i selenu [27]. Należy unikać nieprawidłowego doboru dodatków paszowych do składu mieszanek, np. stosowania enzymów paszowych niedobranych do konkretnych zbóż, i zawartych w nich cukrów nieskrobiowych (NSP).

4. Błędy popełniane w żywieniu kotów

Koty są obligatoryjnymi mięsożercami i dieta skomponowana w dużej mierze z surowców roślinnych nie pokrywa ich zapotrzebowania na składniki pokarmowe. Należy jednak zaznaczyć, że przekonanie o tym, że kot powinien jeść tylko mięso, jest także popularnym błędem żywieniowym. Prawidłowe żywienie kota opiera się na zbilansowaniu posiłku tak, aby zaspokajał on wszystkie potrzeby żywieniowe, w postaci takich składników odżywczych jak: tłuszcze, kwasy tłuszczowe, witaminy i minerały [10]. Skutkiem karmienia kota wyłącznie mięsem jest nieprawidłowy stosunek pierwiastków (wapnia i fosforu), możliwość wystąpienia chorób spowodowanych niedoborem minerałów (jodu, sodu, wapnia i żelaza) oraz problemy z perystaltyką jelit (brak włókna pokarmowego). Do składników pokarmowych niezbędnych w diecie kota należą witamina A, tauryna i kwas arachidonowy [23]. Substancje te dostępne są w postaci przyswajalnej dla kota jedynie w mięsie.

W przeciwieństwie do zwierząt wszystkożernych (w tym psów i świń), koty nie są w stanie syntetyzować tych składników z pokarmu roślinnego. Koty mają ograniczoną aktywność enzymów katabolicznych, niezbędnych do przemian aminokwasów. Specyficznym aminokwasem, niezbędnym w kociej diecie, jest tauryna. Jest to aminokwas egzogenny, potrzebny do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Niedobór tego składnika w diecie prowadzi do zaburzeń rozrodu, niedoborów wzrostu u kociąt, kardiomiopatii rozstrzeniowej, i zmian zwyrodnieniowych gałki ocznej [22]. Istotnym elementem w diecie kotów są tłuszcze, a w szczególności niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), takie jak kwas linolowy, alfa-linolenowy i arachidonowy. U kotów zmysł smaku pojawia się już na 5 dni przed urodzeniem i rozwija się w ciągu życia. Koty są wyjątkowo wrażliwe na smak gorzki, co pozwala im na unikanie wielu substancji trujących (np. strychnina). Jednym z najpoważniejszych błędów, jakie popełniają właściciele, jest podawanie kotom słodyczy. Wszelkiego rodzaju słodkości powodują próchnicę i choroby dziąseł.

Potrzeby żywieniowe kotów zależne są od etapu życia zwierzęcia. Kocięta przez okres pierwszych dwóch tygodni życia żywią się wyłącznie mlekiem matki. Karmione przez matkę kocięta należy regularnie ważyć,

w celu kontroli przyrostów masy ciała. Młode koty powinny przybierać około 15 g w ciągu doby [12]. Przy zbyt małej ilości pokarmu lub w przypadku licznych miotów często, konieczne jest dokarmianie młodych preparatami mlekozastępczymi, zbliżonymi składem do mleka matki. Od 4. tygodnia życia kocięta zaczynają pobierać stałe pokarmy, na przykład w postaci papki przygotowanej z rozmoczonej suchej karmy lub mokrą karmę typu starter. Od 6-8. miesiąca życia kota można stopniowo wprowadzać do diety pokarm dla osobników dorosłych. W przypadku kotów niewychodzących i sterylizowanych, zapotrzebowanie na energię szacuje się w okolicach 75 kcal/kg mc., a w okresie ciąży 140 kcal/kg mc. Udowodniono, że koty po zabiegu sterylizacji są predysponowane do występowania otyłości [7].

Aby nasz kot mógł prawidłowo rozwijać się, potrzebuje odpowiednio zbilansowanego pożywienia. Karmy, które w swoim składzie posiadają tylko śladowe ilości mięsa (często są to zaledwie produkty odzwierzęce, takie jak uszy, skóry czy ścięgna), za to dużo konserwantów i niepotrzebnych dodatków, nie są najlepszym wyborem. Nie wspominamy już o podawaniu karmy nieświeżej czy przeterminowanej, która może spowodować poważne zatrucie, i pojawienie się nieprzyjemnych dolegliwości ze strony układu pokarmowego. Wielu początkujących właścicieli kotów zastanawia się nad liczbą posiłków w ciągu dnia dla swojego pupila. Częste jest serwowanie kotu dwóch obfitych posiłków dziennie, tak jak to się dzieje w przypadku psów. Koty są jednak przystosowane do spożywanie małych porcji, nawet kilka razy dziennie. Jednorazowo kot może zjeść porcję odpowiadającą wielkości małego ptaka lub upolowanej myszy. Dlatego warto swojemu kotu podawać przynajmniej 5-6 posiłków w ciągu dnia [9]. Wielu właścicieli uważa, że koty nie przejadają się, dlatego pełna miska jedzenia może być w zasięgu kota przez cały dzień. Powszechnie uważa się, że koty same potrafią regulować swoje zapotrzebowanie na jedzenie, i jedzą wtedy, gdy faktycznie tego potrzebują. Rzeczywiście, tak się dzieje w przypadku kotów wolnożyjących, jednak koty domowe są zupełnie inne. Pozostawienie kotu nieograniczonego dostępu do pożywienia skłania go po prostu do jedzenia ponad miarę. To poważny błąd, który może doprowadzić do nadwagi, a nawet do otyłości zwierzęcia [9].

Dla kota naturalnym jest spożywanie wielu małych posiłków w ciągu dnia. W naturze kotowate polują, gdy zobaczą ofiarę, bez względu na to, czy

są głodne, czy nie. Wynika to z silnego instynktu łowieckiego, a nie każde polowanie kończy się sukcesem. Bezdomne koty pobierają nawet 20 niewielkich posiłków dziennie. Przekarmienie wpływa również na behawior kota, który staje się niereaktywny, przeciążony psychicznie oraz znudzony. Warto jednak uważać, aby nie popaść ze skrajności w skrajność, i nie podawać zwierzęciu pożywienia w niewystarczającej do zaspokojenia jego potrzeb energetycznych ilości. Głodny pupil będzie aktywny i gwałtowny oraz będzie bronił swojego pożywienia [6].

Niepokojącym objawem ze strony zwierzęcia jest również brak apetytu. Odmawianie przyjmowania pokarmu może wynikać z wielu przyczyn. Aby ustalić przyczynę takiego stanu rzeczy, kota powinien zbadać lekarz weterynarii. Należy wykonać badania krwi i moczu, ważna jest również kontrola stanu jamy ustnej. Gdy jest to wymagane, należy poszerzyć badania o USG i RTG [2]. Odmawianie przyjmowania przez zwierzę pożywienia może wiązać się również z awersją, spowodowaną negatywnym doświadczeniem związanym z konkretnym rodzajem pokarmu. Negatywnym wspomnieniem z punktu widzenia kota może być nieprzyjemny zapach, stres związany ze spożyciem posiłku, zatrucie pokarmowe lub dolegliwości bólowe.

Sporo dyskusji budzić może problematyka stosowania mleka przeżuwaczy w diecie kota. Zwolennicy podawania mleka uważają, że kot, będąc ssakiem, może pić mleko, i często w gospodarstwach wiejskich można spotkać taką sytuację. Należy jednak pamiętać o specyfice trawienia mleka u kota, a właściwie trawienia laktozy, czyli cukru mleka. Substancja ta wraz z wiekiem kota jest coraz gorzej trawiona, a związane jest to z obniżającą się aktywnością enzymu laktazy, lub nawet brakiem jej aktywności. Jeśli kot spożywa karmę suchą, to nie zaleca się podawania mleka [18].

5. Błędy popełniane w żywieniu psów

Pies, jako względny mięsożerca, w swojej diecie może pobierać zarówno pokarmy mięsne, jak i roślinne, ale odpowiednio przetworzone, najczęściej poddane obróbce termicznej. Psy korzystają zarówno z posiłków domowych, jak i gotowej karmy: suchej lub mokrej [12]. W przypadku diety domowej dochodzi często do jej niezbilansowania pod względem energetyczno-białkowym, jak też nie zawsze uwzględniane są dodatki mineralno-

-witaminowe [1]. Spośród błędów w żywieniu psów uwagę zwraca nieregularne karmienie lub zmiana karmy, przekarmienie, podkarmianie lub niewłaściwe przekąski. Istnieje mylne przekonanie właścicieli zwierząt, że samo mięso jest w stanie zaspokoić wszystkie potrzeby żywieniowe psa. I to też może być istotnym błędem w żywieniu psa. Za wskazane uważa się także kontrolę karm z zakupu, zwłaszcza porównanie wartości deklarowanej z etykiety, z ich faktyczną zawartością w karmie. Niedocenianym błędem jest spacer po karmieniu. Psy jedzą mało posiłków o większej objętości, dlatego po posiłku najlepiej, by odpoczęły w spokoju. To bardzo ważne dla psów ras szczególnie narażonych na rozszerzenie i skręt żołądka [18]. Są na niego narażone w szczególności psy duże, jak berneńczyki, bernardyny, owczarki i retrievery, jednak w grupie ryzyka są także psy niedożywione i zestresowane. Dlatego najpierw spacer, potem posiłek. Częsty nadmiar naszej czułości prowadzić może do istotnych zaburzeń w chowie i hodowli psów, dotyczy to podawania różnych słodkości, zwłaszcza czekolady. Zawarta w niej teobromina jest dość szkodliwa, a w nadmiarze nawet trująca dla psów [3].

Zalecenia żywieniowe w prawidłowym chowie i hodowli psów to:

- należy zaspokajać ilościowe i jakościowe potrzeby pokarmowe zwierząt;
- należy stosować suplementy i/lub dodatki paszowe dostosowane do potrzeb fizjologicznych, produkcyjnych i estetycznych zwierząt;
- zmiany karmy należy dokonywać stopniowo, aby nie spowodować zaburzeń mikrobioty przewodu pokarmowego;
- nie należy stosować lub stosować z ograniczeniami mleko w żywieniu dorosłych psów, gdyż niestrawiona laktoza może być przyczyną biegunek;
- należy unikać podawania psu zbyt dużej ilości kości, ponieważ może to prowadzić do zaparć, natomiast kości drobiowe mogą być przyczyną zadławień [18].

6. Najczęstsze błędy w żywieniu gadów i innych zwierząt utrzymywanych w warunkach amatorskich

Żywienie zwierząt egzotycznych może sprawiać wiele problemów. Zwierzęta te mają specyficzne potrzeby pokarmowe, często trudne do precyzyj-

nego określenia i zrealizowania. Niekiedy właściciele takich zwierząt nie posiadają wystarczającej wiedzy na temat zasad ich żywienia, co prowadzi do występowania chorób metabolicznych, często kończących się śmiercią zwierzęcia. Należy zdawać sobie sprawę, że wymagania pokarmowe zwierząt są warunkowane przez ich środowisko bytowania, np. zwierzęta zamieszkujące w naturze tereny suche, mają inne potrzeby, niż zwierzęta zamieszkujące tereny wilgotne [20]. W trakcie ich wzrostu i rozwoju mogą też zmieniać się ich preferencje pokarmowe, co również należy uwzględnić, ponieważ mogą one wynikać z fizjologicznych zmian w potrzebach pokarmowych. Szczególnie istotne jest zapewnienie różnorodnego pożywienia, co zmniejsza ryzyko wystąpienia zarówno niedoborów, jak i nadmiarów składników pokarmowych. Jest to problematyczne przede wszystkim u gadów roślinożernych, ponieważ produkty roślinne, a zwłaszcza niektóre zioła kupione w sklepie, są często niskiej jakości [19].

Zwierzęta utrzymywane w pomieszczeniach zamkniętych nie mają stałego dostępu do promieni słonecznych, co może spowodować u nich niedobory witaminy D_3, a więc również problem z przyswajaniem wapnia oraz mineralizacją kośćca i zębów. Gady powinny być trzymane w terrarium, w którym promienie UVB są dostarczane za pomocą specjalistycznej lampy, zalecana jest w ich przypadku również ekspozycja na światło słoneczne. Ważną rolę odgrywają źródła pokarmowe witaminy D_3, natomiast nieodpowiednia suplementacja diety może być przyczyną przyjmowania przez gady nadmiernej ilości tej witaminy, a jej wysokie dawki mogą być nawet toksyczne.

Gady utrzymywane w warunkach domowych muszą otrzymywać pokarm dostarczający także odpowiedniej ilości wapnia (Ca), ale w odpowiedniej proporcji do fosforu (P), która powinna wynosić 2:1 [20, 26]. Zachwianie równowagi na niekorzyść Ca powoduje odzyskiwanie wapnia z krwi i kości, w celu ustabilizowania jego poziomu w organizmie. Jest także przyczyną deformacji kości, a u żółwi prowadzi do demineralizacji i deformacji skorupy. Z kolei tworzące się nierozpuszczalne sole wapniowo-fosforowe utrudniają wchłanianie wapnia w jelitach [20]. Spadek poziomu Ca we krwi prowokuje syntezę parathormonu w przytarczycach, który to hormon stymuluje resorpcję wapnia z kości oraz jego zwrotne wchłanianie w nerkach, powoduje także zwiększone wydalanie fosforu z moczem, i jest przyczyną

wtórnej żywieniowej nadczynności przytarczyc oraz metabolicznej choroby kości [21]. Schorzenie to dotyczy najczęściej jaszczurek i żółwi [20]. Częstą przyczyną zaburzeń we wchłanianiu wapnia jest podawanie zwierzętom pokarmów zawierających kwas szczawiowy, który tworzy ze składnikami mineralnymi trudno rozpuszczalne sole [21]. Do takich pokarmów należą: szczaw, szpinak i brokuły. Nadmiar wapnia w diecie zaburza z kolei wchłanianie cynku i miedzi oraz wychwyt jodu przez tarczycę.

Niebezpieczny dla zwierząt jest zarówno nadmiar, jak i niedobór witaminy A. Nadmiar może wystąpić na skutek zbyt dużej suplementacji diety, i powoduje obniżone wchłanianie witaminy D. Skutkiem niedoboru witaminy A jest obrzęk powiek spowodowany zapaleniem gruczołów, mogący prowadzić nawet do martwicy tkanek oraz obrzęk pachwinowy i pachowy [28]. Witamina A może być syntetyzowana przez żółwie z β-karotenu, a także z luteiny i kantaksantyny [26], dlatego też dieta bogata w karotenoidy jest szczególnie ważna u gadów roślinożernych.

Zapotrzebowanie gadów na białko jest zależne przede wszystkim od ich sposobu odżywiania: mięsożerne potrzebują białka w ilości pokrywającej zapotrzebowanie energetyczne w około 30-60%, natomiast u roślinożernych jest to ok. 25%. W warunkach amatorskiego utrzymywania gadów problemem jest najczęściej nadmiar białka w diecie. Jest to szczególnie niebezpieczne dla tych zwierząt, których naturalnym środowiskiem są tereny ubogie w żywność, pustynne lub półpustynne. U takich gadów z uwagi na specyficzny metabolizm, wraz ze wzrostem podaży białka wzrasta również zapotrzebowanie na wodę, potrzebną do wydalenia produktów przemiany białek. Nadmiar białka, któremu często towarzyszy ograniczenie możliwości ruchu w terrarium oraz dieta niskowłóknista, może być przyczyną trudnego do zdiagnozowania tłuszczowego zwyrodnienia wątroby, wynikającego z nadmiernej akumulacji lipidów w hepatocytach [20]. Żółwie wodne są zwierzętami, w których diecie powinno przeważać mięso (owady, ryby), jednak kiedy zwierzęta osiągają dojrzałość płciową, i ich tempo wzrostu spada, to podaż białka zwierzęcego należy ograniczyć i zapewnić większą ilość produktów roślinnych [26]. U gadów roślinożernych może jednak również dochodzić do niedoborów białka w diecie. Z uwagi na to, że niedobór białka jest spowodowany źle skomponowaną, monotonną i nieurozmaiconą dietą, może mu towarzyszyć niedobór innych składników pokarmowych [25].

Ze względu na trudności w utrzymaniu dodatniego bilansu wodnego u gadów żyjących w niewoli, często występuje u nich odwodnienie. Jednakże spożywanie pokarmów zawierających duże ilości wody (np. owoce), może doprowadzić do rozregulowania pracy przewodu pokarmowego i przewlekłych biegunek, co prowadzi do zaburzeń we wchłanianiu składników pokarmowych [25].

Włókno pokarmowe jest nie tylko materiałem balastowym, ale również wpływa na perystaltykę jelit. Powstające w wyniku bakteryjnej fermentacji polisacharydów nieskrobiowych krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, są dla zwierząt źródłem energii (w przypadku żółwi mogą pokrywać nawet 15% zapotrzebowania), ale także wpływają bezpośrednio na funkcjonowanie ich układu odpornościowego [20, 8]. Niedostateczna podaż włókna powoduje zbyt wysoką strawność składników pokarmowych, co może doprowadzić do przekarmienia zwierzęcia, i związanych z tym komplikacji, w tym otyłości [26]. Otyłe gady magazynują tkankę tłuszczową w jamie brzusznej i narządach wewnętrznych, i może to poważnie upośledzać ich funkcjonowanie.

Gady są zwierzętami ektotermicznymi, co oznacza, że temperatura otoczenia wpływa na ich aktywność, w tym pobieranie pokarmu i zapotrzebowanie na energię. Na potrzeby żywieniowe gadów wpływa wiele czynników: gatunek, warunki środowiskowe, płeć, wiek i stan zdrowia, ale skład diety powinien być specyficzny dla danego gatunku [26]. Zróżnicowana dieta i upodobnienie jej do naturalnych składników pożywienia są kluczowe dla osiągnięcia zrównoważonego wzrostu i dobrej kondycji zwierząt. Bardzo dobrym uzupełnieniem diety są zioła świeże lub suszone [19]. W żywieniu żółwi drapieżnych dobrym rozwiązaniem może być pasza komercyjna, jednak pod warunkiem, że jest ona dobrej jakości, a zwierzę nie jest przekarmiane [26]. Powolny metabolizm u gadów może tłumaczyć ich wysoką tolerancję na niezrównoważoną dietę i niedobory lub nadmiary składników pokarmowych [26], ale skutki, które pojawią się w pewnym momencie, mogą być nieodwracalne.

Kawia domowa (*Cavia porcellus*, dawniej świnka morska) jest gryzoniem pochodzącym z Ameryki Południowej. Obecnie kawia jest wykorzystywana jako zwierzę laboratoryjne, ponieważ jest łatwa w obsłudze, i potrzebuje niewiele miejsca. Jest także popularnym zwierzęciem domowym

na całym świecie. Pasze przeznaczone dla zwierząt laboratoryjnych są odpowiednio zbilansowane, jednak w przypadku zwierząt utrzymywanych w domu, często popełniane są błędy w ich żywieniu. Podstawowym jest brak suplementacji diety witaminą C, której niedobór prowadzi do gnilca, a w skrajnych przypadkach obserwuje się osteoporozę [32]. Kawia nie produkuje oksydazy L-gulonolaktonowej, nie jest więc w stanie syntetyzować kwasu askorbinowego [31]. Dlatego też podstawowym źródłem witaminy C w jej diecie muszą być świeże zioła, owoce i warzywa, a także suplementy diety [32]. Należy jednak mieć świadomość, że witamina C jest mało stabilna, i w wodzie ulega rozkładowi w ciągu 24 godzin. W związku z tym, suplementy rozpuszczalne w wodzie, wykazują małą skuteczność [33]. Nie należy też podawać suplementów zawierających węglowodany, ponieważ ich nadmiar prowadzi do otyłości i chorób z tym związanych, a adipogeneza u kawi jest bardzo aktywna [5].

Kolejnym błędem jest ograniczanie dostępu do pożywienia. Kawia spożywa dużą liczbę małych objętościowo posiłków w ciągu dnia, co zapobiega rozciąganiu mięśni gładkich żołądka [31]. Mięśnie te są odpowiedzialne za aktywację receptorów indukujących wytwarzanie cholecystokininy w jelicie cienkim i hamowanie pobierania pokarmu. Kawia doskonale wykorzystuje włókno pokarmowe, ponieważ wykazuje zdolność do fermentacji w kątnicy i jelicie grubym, efektywniejszą, niż u królików, chomików i szczurów [11]. W przypadku niewystarczającej ilości włókna w diecie zęby gryzoni nie ścierają się odpowiednio (a rosną przez całe życie), na skutek czego mogą wystąpić poważne wady zgryzu, prowadzące do trudności w pobieraniu karmy. Może to nawet skutkować śmiercią głodową. Przewód pokarmowy kawi jest zdominowany przez duże jelito ślepe, w którym dochodzi do rozkładu celulozy zawartej w pożywieniu [33]. U gryzoni i królików występuje zjawisko cekotrofii, polegające na wytwarzaniu dwóch rodzajów kału, z których jeden (cekotrof) jest zjadany. Ma to na celu zapewnienie maksymalnego wchłaniania składników odżywczych z treści pokarmowej jelita ślepego, w szczególności witamin K i B_{12}, produkowanych przez florę bakteryjną jelit [33]. Dlatego nie wolno ograniczać tym zwierzętom tego typu zachowań. Kawia jest ziarnojadem, dlatego większość karm komercyjnych nie jest dla niej odpowiednia, a na pewno nie może stanowić podstawy diety.

Podsumowanie

Stosując racjonalne i zbilansowane żywienie, zgodne z wytycznymi zawartymi w zaleceniach (Normach żywienia) oraz weryfikując swoje postępowanie w tym zakresie (kontrola spożycia paszy lub karmy, jej wykorzystania, przyrostów dziennych, wyników rozrodu, stanu zdrowia zwierząt), będzie możliwe unikanie błędów żywieniowych, co w efekcie pozwoli na uzyskanie zadowalających efektów produkcyjnych, zdrowotnych i estetyczno-hobbistycznych.

PIŚMIENNICTWO

1. BARSZCZEWSKA B., CEREGRZYN M., LECHOWSKI R., 2013 – Podstawy żywienia psów i kotów. Podręcznik dla lekarzy i studentów weterynarii. ***Edra Urban & Partner***, 40-159, 193-217, 241-257.
2. BIEGAŃSKA- HENDRYK M., 2021 – Behawioralne aspekty jedzenia u kota. ***Animal Expert*** 24, 12-14.
3. BLANDA N., PIÓREK A., 2012 – Zatrucie czekoladą u psów. ***Magazyn Weterynaryjny*** 21(10), 1142-1144.
4. BLÜTHGEN A., HAMMER P., TEUFEL P., 2004 – Mycotoxins in milk production. Occurrence, relevance and possible minimization in the production chain feeds milk. ***Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*** 56(4), 219-263.
5. CASTAÑEDA-GUTIÉRREZ E., POUTEAU E., PESCIA G., MOULIN J., APRIKIAN O., MACÉ K., 2011 – The guinea pig as a model for metabolic programming of adiposity. ***The American Journal of Clinical Nutrition*** 94(suppl. 6), 1838-1845.
6. CHOLEWIAK-GÓRALCZYK A., 2020 – Behawioralne aspekty żywienia. ***Animal Expert*** 18, 32-36.
7. CORBEE R.J., 2014 – Obesity in show cats. ***Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*** 98, 1075-1080.
8. CZAJKOWSKA A., SZPONAR B., 2018 – Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA) jako produkty metabolizmu bakterii jelitowych oraz ich znaczenie dla organizmu gospodarza. ***Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*** 72, 131-142.
9. DELGADO M., DANTAS L., 2020 – Feeding Cats for Optimal Mental and Behavioral Well-Being. ***Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*** 50(5), 939-953.

10. FEDIAF, 2019 – Wytyczne żywieniowe dotyczące pełnoporcjowych i uzupełniających karm dla kotów i psów. FEDIAF Nutrition Guideline, PL.pdf.
11. FRANZ R., KREUZER M., HUMMEL J., HATT J.M., CLAUSS M., 2011 – Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*), on a hay only diet. ***Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*** 95(5), 564-570.
12. GŁOGOWSKI R., HOŁDA K., PROCHOCKA A., 2021 – Żywienie zwierząt na różnych etapach ich życia – od szczenięcia/kocięcia do seniora. ***Weterynaria w Praktyce***, 1-2, 94-98.
13. GRELA E.R., 2016a – Behawioralne następstwa nieprawidłowego żywienia zwierząt, Życie Weterynaryjne, 91(2), 93-96.
14. GRELA E.R., 2016b – Schweine. In: ***Körnerleguminosen als Futter und Nahrungsmittel.*** Jeroch H., Lipiec A., Abel H., Zentek J., Grela E.R., Bellof G. (Eds). DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 118-133.
15. GRELA E.R., 2019 – Praktyczne wskazania w żywieniu świń. ***Trzoda chlewna,*** 5, 39-41.
16. GRELA E.R., SKOMIAŁ J., 2020 – Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Wydanie III uzupełnione z oprogramowaniem. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna.
17. GRELA E.R., 2022 – Błędy żywieniowe w chowie świń. ***Hodowca Trzody Chlewnej*** 2-3, 23-25.
18. GULDI D., 2021 – Żywienie i dietetyka psów i kotów. Przewodnik dla lekarza weterynarii. ***Edra Urban & Partner***, 27-44, 53-57, 71-72, 98-104.
19. KONKOL D., 2018 – Perspektywa wykorzystania ziół w żywieniu gadów. Życie Weterynaryjne 93(4), 258-260.
20. KONKOL D., CHOLEWIŃSKA P., 2018 – Błędy żywieniowe i wynikające z nich choroby metaboliczne gadów. ***Życie Weterynaryjne*** 93(8), 570-574.
21. KONKOL D., 2019 – Choroby gadów wynikające z nieprawidłowych warunków utrzymania. ***Życie Weterynaryjne*** 94 (7), 503-506.
22. KULASEK G., LECHOWSKI R., SAWOSZ E., JANK M., 2005 – Tauryna w dietoprofilaktyce oraz dietoterapii kotów i psów. ***Życie Weterynaryjne,*** 80(2) 103-110.
23. MIROWSKI A., 2014 – Witamina A w żywieniu psów i kotów. ***Życie Weterynaryjne***, 89(6), 497-499.
24. NOWAK W., JAŚKOWSKI, J. M., WYLEGAŁA S., 2006 – Wpływ żywienia w okresie przejściowym na rozród krów mlecznych. ***Medycyna Weterynaryjna*** 62, 632-636.

25. PASTERNY J., 2017 – Preferencje żywieniowe żółwi lądowych najczęściej utrzymywanych w warunkach domowych. ***Życie Weterynaryjne*** 92(9), 678-680.
26. RAWSKI M., MANS C., KIEROŃCZYK B., ŚWIĄTKIEWICZ S., BARC A., JÓZEFIAK D., 2018 – Freshwater turtle nutrition – a review of scientific and practical knowledge. ***Annals of Animal Science*** 18(1), 17-37.
27. RUTKOWSKI A., 2012. Białko i aminokwasy; Najczęściej popełniane błędy w żywieniu drobiu W: ***Hodowla i użytkowanie drobiu,*** Jankowski J., (red.) 104-105; 136-138.
28. SHARUN K., PANIKKASSERY S., SIDHIQUE S.A., 2019 – Medical management of conjunctivitis and shell rot in a red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*). ***Comparative Clinical Pathology*** 28, 575-577.
29. SMULIKOWSKA S., RUTKOWSKI A., 2019 – Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla drobiu. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna.
30. STEFAŃSKA B., 2014 – Metody oceny statusu metabolicznego wysoko wydajnych krów mlecznych. ***Wiadomości Zootechniczne***, 52(2), 50-56.
31. TREJO-SÁNCHEZ F., MENDOZA-MARTÍNEZ G.D., PLATA PEREZ F.X., MARTÍNEZ-GARCÍA J.A., VILLARREAL-ESPINO-BARROS O.A., 2019 – Crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con alimento para conejos y suplementación de vitamina C. ***Revista MVZ Córdoba*** 24(3), 7286-7290.
32. WARCHULSKA K., SOBCZAK-FILIPIAK M., GODLEWSKA A., BIELECKI W., ŁUKASZ D., 2014 – Niedobór witaminy C u świnek morskich (*Cavia aperea f. porcellus*) – patogeneza, rozpoznawanie i leczenie. ***Życie Weterynaryjne*** 89(6), 494-496.
33. WITKOWSKA A., PRICE J., HUGHES C., SMITH D., WHITE K., ALIBHAI A., RUTLAND C.S., 2017 – The effects of diet on anatomy, physiology and health in the guinea pig. ***Journal of Animal Health and Behavioural Science*** 1(1), 1-6.
34. WŁODARCZYK R., BUDVYTIS M., 2011 – Właściwe żywienie krów wysoko wydajnych – jak w pełni wykorzystać ich potencjał produkcyjny. ***Życie Weterynaryjne***, 86(10), 771-776.
35. WÓJCIK P., KARPOWICZ A., 2021 – Znaczenie wody w chowie bydła. ***Wiadomości Zootechniczne*** 59(1-2), 85-98.

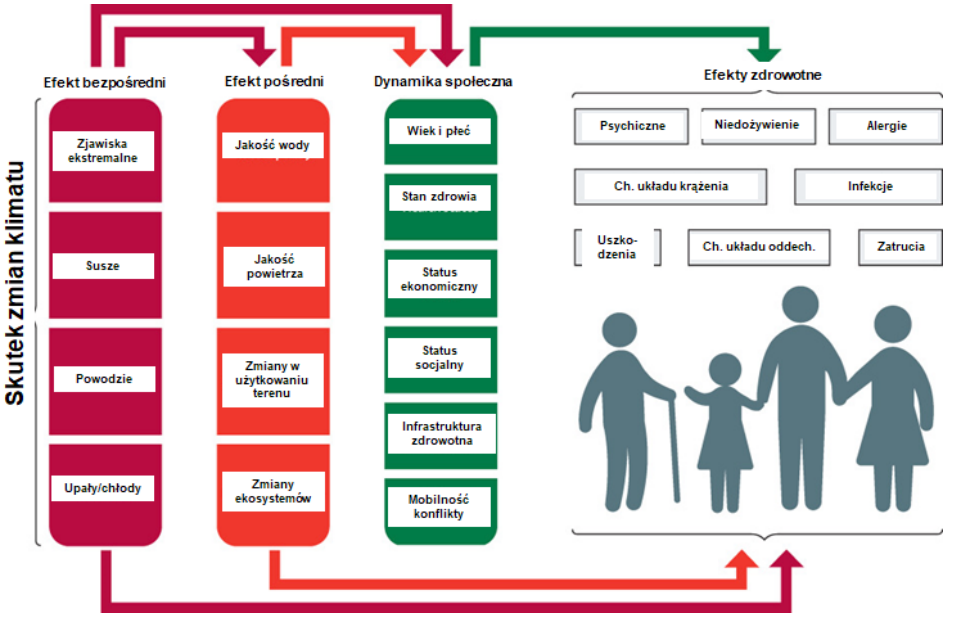
Zmiany klimatu, a pojawienie się nowych patogenów niebezpiecznych dla ludzi i zwierząt

mgr inż. Krzysztof Skotak, dr inż. Krystian Szczepański – Dyrektor IOŚ – PIB

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Krucza 5/11D, 00-548 Warszawa,
krzysztof.skotak@ios.edu.pl

Wprowadzenie

Zmiany klimatu mogą mieć złożone skutki, wpływające również na zdrowie ludzi i zwierząt. Szacowany przez Światową Organizację Zdrowia wpływ klimatu na zdrowie człowieka w okresie 2030-2050 każdego roku przyniesie ponad 250 000 przedwczesnych zgonów [37]. Liczba ta może być jednak zaniżona, gdyż szacunki nie uwzględniły szkód gospodarczych związanych z upałami, powodziami oraz z niedoborem wody. Istotną rolę w ocenie ryzyka zdrowotnego odgrywają interakcje pomiędzy zmianą klimatu a innymi trendami mającymi wpływ na zdrowie publiczne, takimi jak poziom ubóstwa, migracje, gęstości zaludnienia i zmiany demograficzne. Pomimo tego, iż mechanizm zdrowotnego wpływu zmian klimatu nie jest w pełni poznany, wyniki badań naukowych wskazują na coraz większy zbiór interakcji i powiązań pomiędzy definiowanymi zagrożeniami klimatycznymi i potencjalnymi skutkami zdrowotnymi (rys. 1). Nie ma wątpliwości, że wpływ zmian klimatu na zdrowie człowieka ma charakter zarówno bezpośredni, jak i pośredni [34].



Rys. 1. Ogólne schematy powiązań wpływu zmian klimatu na zdrowie [34]

W przypadku oddziaływań bezpośrednich przeważnie mowa jest o skutkach wywołanych przez pojedyncze zagrożenia klimatyczne związane z występowaniem i intensywnością zjawisk pogodowych, często klasyfikowanych jako ekstremalne, tj. odbiegające intensywnością i częstością występowania od obserwowanych przeciętnie w ostatnich kilkudziesięciu latach [4]. Występowanie tych zagrożeń jest mocno zróżnicowane w skali globu. W przypadku kontynentu europejskiego do zjawisk ekstremalnych zaliczane są silne wiatry, tornada i huragany oraz intensywne opady gradu i krótkotrwałe deszcze nawalne. W wyniku tych zjawisk co roku obserwuje się około 1000 potwierdzonych przypadków uszkodzeń ciała i blisko 300 ofiar śmiertelnych [14]. Często przytacza się jako zagrożenie zdrowotne występowanie burz z wyładowaniami, niemniej jednak, skutki dla zdrowia są przypadkowe i incydentalne. Nie ma jednak wątpliwości, że kluczowym i bezpośrednim zagrożeniem dla zdrowia populacji generalnej wielu krajów, związanym ze zmianami klimatu jest występowanie fal upałów i chłodów [21].

Rozwój człowieka prowadzący do degradacji środowiska naturalnego oraz zmian klimatu w ogromnym stopniu przyczynił się do zmian w rozmieszczeniu wektorów i zaburzenia relacji między ludźmi, zwierzętami i środowiskiem [28]. Należy podkreślić, że spośród wszystkich znanych ludzkich patogenów, w tym wirusów, bakterii, grzybów i pasożytów, około 61% uważa się za pochodzenia odzwierzęcego, natomiast około 73% pojawiających się i powracających infekcji, uważa się za odzwierzęce [23]. Szacuje się, że na całym świecie odnotowuje się rocznie ok. 2,5 miliarda przypadków związanych z zakażeniami odzwierzęcymi, co prowadzi do 2,7 milionów zgonów [1]. Według Amerykańskiego Centrum Kontroli i Zapobiegania Chorób, prawie sześć na dziesięć chorób zakaźnych może być przenoszonych przez zwierzęta, a trzy na cztery pojawiające się choroby zakaźne pochodzą od zwierząt. Ich rozprzestrzenianie się ułatwia środowisko (kontakt ze skażonymi obszarami, w których żyją i wędrują zwierzęta), woda i żywność (jedzenie lub picie produktów zwierzęcych oraz warzyw i owoców skażonych przez zwierzęta), bezpośredni i pośredni kontakt (kontakt z płynami ustrojowymi zakażonego zwierzęcia oraz głaskanie i dotykanie), czy wektory (ugryzienie przez kleszcza lub owada, takiego jak komar lub pchła). Każdy człowiek może zachorować na chorobę odzwierzęcą. Wyróżnia się jednak grupy wrażliwe i najbardziej zagrożone poważnymi chorobami, a nawet zgonem z powodu infekcji niektórymi chorobami odzwierzęcymi. Należą do nich dzieci poniżej 5. roku życia, dorośli w wieku powyżej 65 lat, osoby z osłabionym układem odpornościowym oraz kobiety w ciąży [9]. W związku z powyższym zdecydowana większość skutków zdrowotnych dotyczy pośredniego oddziaływania zmian klimatu, obserwowanego w wyniku występowania złożonych procesów środowiskowych, gospodarczych i społecznych. Do najczęściej diagnozowanych skutków pośrednich zalicza się choroby wektorowe i wodozależne, co wynika z istotnego wpływu zmian klimatu na zmianę warunków rozwoju patogenów i wektorów chorób odzwierzęcych. Oznakami tego jest pojawienie się w Europie i innych częściach świata nowych gatunków wektorów, takich jak określone gatunki komarów i kleszczy [16]. Ponadto dużym problemem stają się konsekwencje zdrowotne i ekonomiczne oraz psychiczne związane z utratą mienia, oraz poczucia bezpieczeństwa, czy z ograniczonym dostępem do żywności oraz wody przeznaczonej do spożycia.

Obecnie w Europie zidentyfikowano cztery główne zdrowotne zagrożenia klimatyczne, najczęściej analizowane odrębnie [13]. Są to upały, choroby przenoszone przez wektory, choroby przenoszone przez wodę i żywność oraz choroby będące skutkiem występowania powodzi.

Istnieje udowodniony naukowo ścisły związek między wysokimi i niskimi temperaturami (niekoniecznie ekstremalnymi) a wzrostem zachorowań i zgonów. Kluczowe znaczenie ma przy tym, nie tylko temperatura, ale również czas trwania upałów i chłodów oraz znaczne wahania temperatury [18]. Ponadto, w przypadku upałów istotną rolę zdrowotną odgrywa również duże natężenie promieniowania słonecznego, wysoka wilgotność powietrza oraz wysokie temperatury nocą. Udar cieplny w upalne dni i hipotermia w zimie stanowią jedynie niewielki odsetek nadwyżek umieralności oraz przypadków hospitalizacji. Wysokie i niskie temperatury wiążą się z istotnym wzrostem zwiększonego ryzyka występowania bądź nasilenia się objawów chorób sercowo-naczyniowych i układu oddechowego. Ocenia się, że ryzyko zdrowotne związane z upałami jest większe w okresie wiosennym, gdy upały pojawiają się, zanim populacja zaaklimatyzuje się do temperatur letnich.

Szacowana liczba zgonów każdego roku w skali globu z powodu chorób wektorowych wynosi 600 000 [35]. Czynnikiem wpływającym na wzrost ryzyka związanego z chorobami wektorowymi są klimatyczne zmiany reżimu termiczno-wilgotnościowego wpływające na rozwój oraz zasięg występowania wektorów, czyli gatunków przenoszących wirusy i bakterie. Głównym czynnikiem sprzyjającym wektorom jest wydłużanie się okresu wegetacyjnego oraz wzrost temperatur minimalnych, co ma bezpośredni wpływ na warunki przeżywalności i rozwoju wektorów. Wzrost ryzyka zachorowań na choroby przenoszone przez kleszcze potwierdzony jest m.in. wzrostem zapadalności na boreliozę, babeszjozę oraz pojawieniem się przypadków gorączki plamistej. Co więcej, kleszcze są wektorem zakażenia wirusowego, jakim jest odkleszczowe zapalenie mózgu. Niemniej jednak, za dominującą większość czynników wirusowych wywołujących zakażenia u ludzi w Europie odpowiedzialne są komary. Ponadto, wzrost temperatury globalnej oraz występowanie upałów sprzyja zakwitom wody w zbiornikach bogatych w składniki biogenne i tym samym rozwojem sinic wytwarzających toksyny. Bezpośredni kontakt człowieka z kwitnącą wodą prowadzić może do licznych powikłań zdrowotnych. Niebezpieczne

dla zdrowia może być również spożywanie ryb i bezkręgowców wodnych (krewetki, małże, ślimaki) odżywiających się fitoplanktonem i poławianych w ekosystemach podatnych na zakwity sinic.

Czynnikiem ryzyka zdrowotnego jest zanieczyszczenie zasobów wody przeznaczonej do spożycia oraz wzrost temperatury akwenów zapewniającym dogodne warunki do rozwoju bakterii. Przykładem są pałeczki *Legionella,* powszechnie występujące w ciepłych wodach stojących zbiorników słodkowodnych, gdzie dochodzi do przejściowego podwyższenia temperatury [15, 33]. Bakterie te są główną przyczyną choroby legionistów (legionelozy), która może być śmiertelna dla osób starszych i z obniżoną odpornością. Coraz częściej zauważalnym problemem staje się występowanie bakterii występujących w ciepłych wodach przybrzeżnych akwenów o niskim i średnim zasoleniu takich jak przecinkowce z rodzaju *Vibrio* [8, 36]. Mogą one wywoływać cholerę, nieżyt żołądkowo-jelitowy lub prowadzić do poważnych infekcji ran.

Zmiany klimatu poprzez niedobory wody i susze mogą mieć istotne implikacje dla bezpieczeństwa żywnościowego, powodując problemy z zapewnieniem wody do spożycia i do produkcji żywności [32]. Może to wpłynąć na poziom ubóstwa, a także na zdolności rządów i systemów opieki zdrowotnej do radzenia sobie z pojawiającymi się zagrożeniami dla zdrowia, w tym zmianami w diecie. Zmiany klimatu wskazują, że należy liczyć się ze wzrostem cen żywności i w konsekwencji, ze zmniejszeniem się jej dostępności. W szczególności dotknie to osoby ubogie będące jedną z najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu grup społecznych [25].

Nagłe zjawiska pogodowe o dużej sile i wywoływane przez nie lokalne powodzie wywierają znaczny wpływ na stan zdrowia dotkniętych tymi zjawiskami populacji. Diagnozowane skutki w pierwszej fazie mają charakter bezpośredni – zgony, urazy, problemy oddechowe, czy kardiologiczne w momencie katastrofy. Drugą fazę negatywnego oddziaływania stanowią skutki pośrednie obserwowane po jakimś czasie i związane są m.in. z pogorszeniem warunków życia (np. w wyniku zniszczenia domu, uszkodzenia infrastruktury, stratami materialnymi w mieniu czy koniecznej ewakuacji) oraz chorobami zakaźnymi i zatruciami. Niedocenianymi skutkami są również diagnozowane choroby występujące po wielu latach po zdarzeniu, często związane z długotrwałym stresem i dolegliwościami psychicznymi (np. w wyniku utraty poczucia bezpieczeństwa).

Zmiany klimatu a zagrożenia patogenami dla zwierząt i ludzi

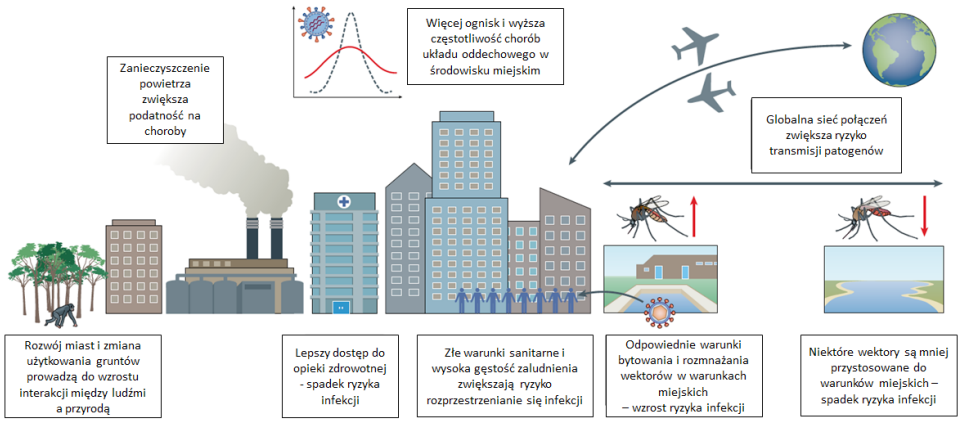
Dzika przyroda, ludzie i ich zwierzęta domowe i hodowlane oraz stan środowiska są ściśle powiązane ze sobą w ujęciu występowania i rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych. Przez długi czas uważano, że to przyroda jest źródłem chorób odzwierzęcych wśród ludzi [26, 29]. Badania naukowe z dziedziny środowiska, medycyny, weterynarii i przyrody potwierdzają, że wzajemne powiązania transmisji patogenów (organizmów wywołujących chorobę u swojego gospodarza) nie są jednoznaczne, ani też proste. Patogeny są bardzo zróżnicowane taksonomicznie i obejmują wirusy i bakterie, a także jednokomórkowe i wielokomórkowe eukarionty. Każdy żywy organizm ma kontakt z patogenami, w tym bakteriami, które są atakowane przez wyspecjalizowane wirusy zwane fagami [3].

Istnieje wiele innych czynników związanych z pojawieniem się chorób odzwierzęcych, takich jak globalizacja, handel międzynarodowy, zmiany w użytkowaniu gruntów, czy też, w coraz większym stopniu, zmiany klimatu i związane z nimi choroby przenoszone przez wektory. Rozwojowi chorób przenoszonych wektorowo sprzyja ogólny wzrost populacji ludzi, powodujący rosnące zapotrzebowanie na żywność, co skutkuje intensyfikacją praktyk rolniczych, w tym wzrostem liczby i gatunków zwierząt hodowlanych. Ponadto postępująca globalizacja, w której ludzie, zwierzęta i ich produkty przemieszczają się po całym świecie, umożliwia bardzo szybkie i niekontrolowane rozprzestrzenianie się infekcji, zaburzając stosowane najbardziej rygorystyczne mechanizmy kontroli. Co więcej, wzrost urbanizacji i turystyka, zwiększa znacznie ryzyko przeniesienia patogenów wywołujących choroby odzwierzęce [12]. Do chwili obecnej rozpoznano ponad 200 rodzajów chorób odzwierzęcych, które odpowiadają za znaczną część nowych i aktualnych chorób człowieka. Stanowią one poważny problem zdrowia publicznego na całym świecie ze względu na bliskie relacje ludzi ze zwierzętami domowymi, w rolnictwie i w środowisku naturalnym. Ocenia się, że choroby odzwierzęce stanowią duży procent wszystkich nowo rozpoznanych chorób zakaźnych, a także wielu już istniejących [38].

W ostatnich dziesięcioleciach zaobserwowano powtarzające się pojawianie się patogenów z rezerwuarów zwierząt dzikich lub domowych do populacji ludzkich, od HIV-1 i HIV-2, poprzez wirusa grypy w 1918 roku, przez koronawirusa z zespołem oddechowym Bliskiego Wschodu, po

SARS-CoV-2. Aby nowy patogen stał się zagrożeniem dla populacji ludzkich, najpierw musi nastąpić kontakt pomiędzy ludźmi a rezerwuarem zwierzęcym, patogen musi mieć lub wytworzyć zdolność do przenoszenia się z człowieka na człowieka, a także transmisja z człowieka na człowieka musi umożliwiać rozszerzenie zasięgu geograficznego patogenu poza strefę pierwotną rozprzestrzeniania się. Zauważalne są zmiany we wzorcach kontaktu między rezerwuarami ludzi i dzikich zwierząt, poprzez zasiedlanie przez ludzi wcześniej niezamieszkałych regionów. Wzrost populacji i ekspansja rolnictwa, w połączeniu z rosnącą konsumpcją i urbanizacją, są czynnikami intensyfikującymi te interakcje (rys. 2). Ryzyko wystąpienia chorób odzwierzęcych wzrasta wraz ze zmianami zachowania, które zwiększają ryzyko rozprzestrzeniania się patogenów. Należą do nich m.in. spożywanie mięsa dzikich zwierząt oraz intensyfikacja kontaktu między żywicielami zwierząt dzikich i domowych [2].

Szacuje się, że do 2050 roku na świecie podwoi się popyt na produkty zwierzęce. Będą miały na to wpływ zarówno wzrost liczby ludności, jak i oczekiwany wzrost standardu życia. Zmiany klimatu nie są obojętne dla produkcji zwierzęcej, głównie ze względu na wpływ na jakość roślin paszowych i paszy, dostępność wody, zagrożenie nowymi i intensyfikację już istniejących chorób zwierząt gospodarskich, reprodukcję zwierząt oraz proces produkcyjny mięsa i produktów mlecznych [26].

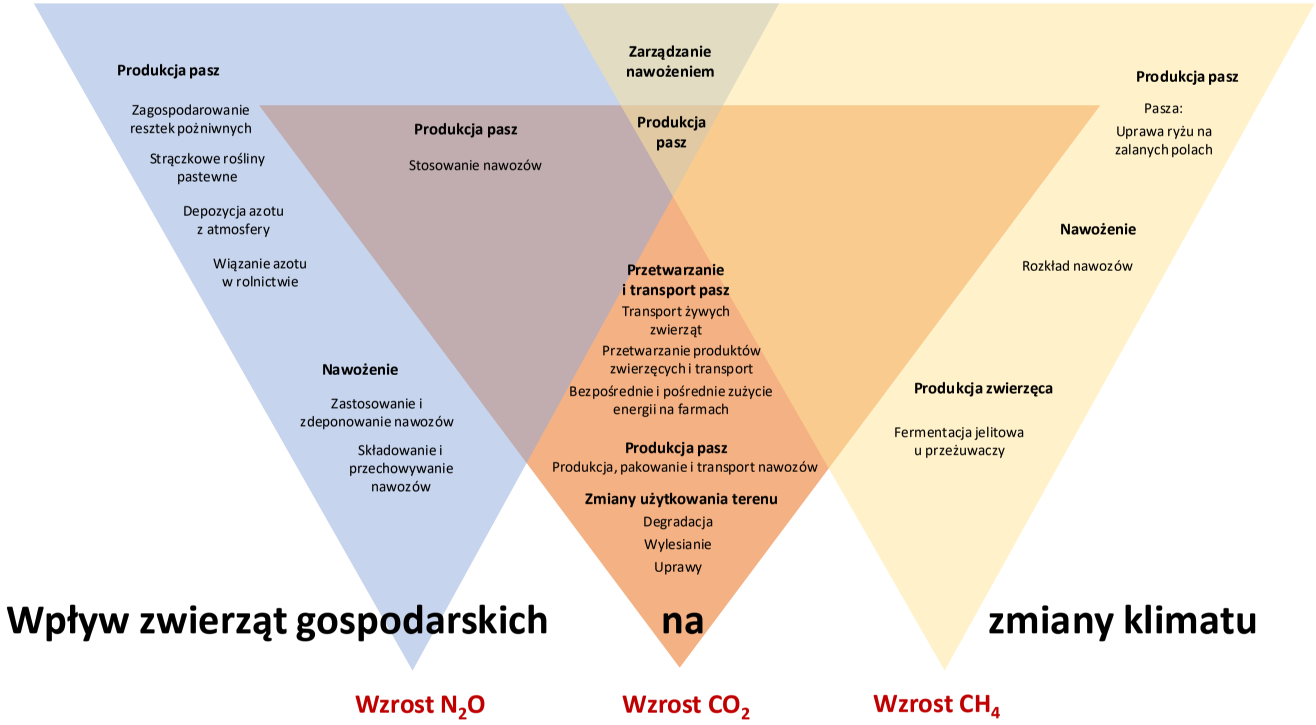


Rys. 2. Schemat wpływu urbanizacji na występowanie chorób zakaźnych [2]

a)

Rys. 3a. Schemat wpływu zmian klimatu na zwierzęta gospodarskie [26]

b)



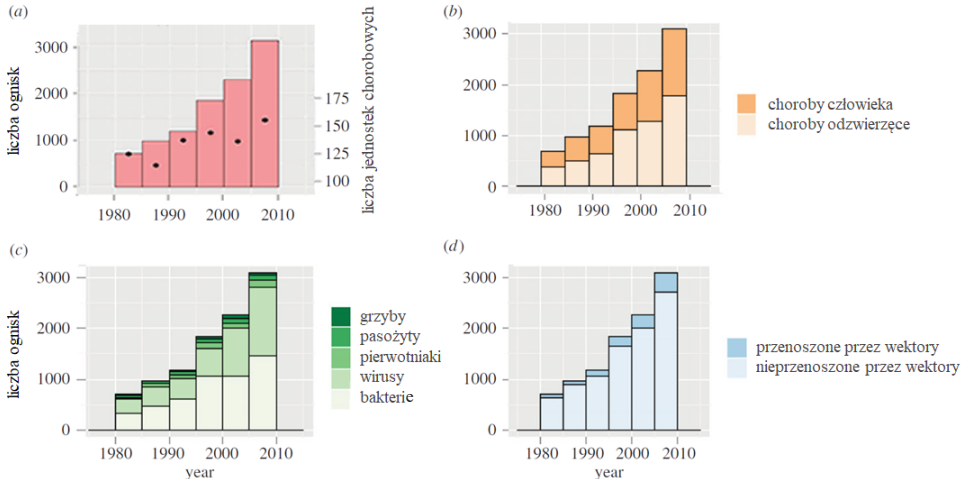
Rys. 3b. Schemat wpływu zwierząt gospodarskich na zmiany klimatu [26]

Wpływ na to mają przede wszystkim wzrost temperatury i stężenia dwutlenku węgla (CO_2) w atmosferze oraz zmienności opadów atmosferycznych. Należy podkreślić, że temperatura wpływa na większość czynników krytycznych dla produkcji zwierzęcej, takich jak dostępność wody, produkcję i reprodukcję zwierząt oraz ich zdrowie. Kombinacja wzrostu temperatury i stężenia gazów cieplarnianych (GHG) oraz obserwowane zmiany opadów decydują o ilości i jakości pasz, oraz występowaniu chorób zwierząt gospodarskich (rys. 3).

Należy zaznaczyć, że sektor hodowlany odpowiada za 14,5% światowych emisji GHG, wpływając na intensyfikację zmian klimatu. W konsekwencji sektor hodowlany staje się kluczowym sektorem w zakresie działań mitygacyjnych (ograniczenie emisji GHG) oraz globalnych działań w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego [26]. Wpływ zmian klimatu na choroby zwierząt gospodarskich zależy od regionu geograficznego, rodzaju użytkowania gruntów, charakterystyki choroby i podatności zwierząt na klimat. Pośrednie skutki są związane przede wszystkim z wpływem zmian klimatu na rozwój drobnoustrojów (patogeny lub pasożyty), rozprzestrzenianiem się chorób przenoszonych przez wektory, choroby przenoszone przez żywność [30, 31].

Przeprowadzone analizy w zakresie dynamiki zmian częstotliwości występowania ognisk chorób zakaźnych w czasie na całym świecie (przeanalizowano ponad 12 tysięcy ognisk dla 215 chorób zakaźnych u ludzi obejmujących ponad 44 miliony przypadków występujących w 219 krajach) wykazały, że bakterie, wirusy i choroby odzwierzęce wywołane przez patogeny przenoszone przez wektory są odpowiedzialne za większość epidemii na świecie, przy czym rosnące trendy różnią się w zależności od taksonomii patogenu, wymagań gospodarza i sposobu przenoszenia – rys. 4 [27].

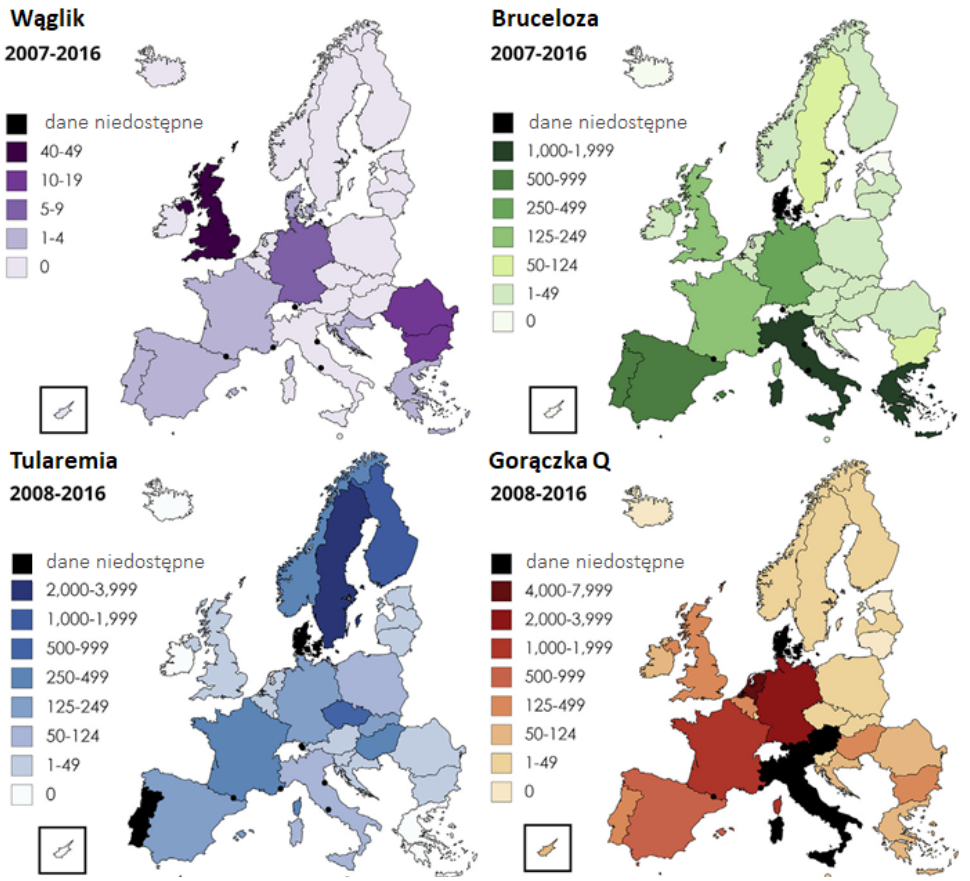
Wszędzie tam, gdzie żyją ludzie, zarówno na obszarach miejskich, jak i wiejskich, może dojść do przenoszenia chorób od zwierząt [11]. W ostatnich latach choroby odzwierzęce nasiliły się, szczególnie zauważalne jest to w przypadku wystąpienia zagrożeń dla zdrowia ludzi, mogących przekształcić się w pandemię i powodować wysoką śmiertelność. Taka sytuacja miała miejsce w przypadku epidemii „ptasiej grypy" H5/N1 w 2005 r., pandemii „świńskiej grypy" H1/N1 w 2009 r. W przypadku Europy kluczowymi zagrożeniami, mającymi naturalne rezerwuary lub obszary endemiczne w całej Europie, są bakteryjne choroby odzwierzęce, takie jak wąglik,



Rys. 4. Trendy ognisk chorób zakaźnych u ludzi (a), typu żywiciela (b), taksonomii patogenów (c) i trybu transmisji patogenów (d) [27]

bruceloza, tularemia i gorączka Q (rys. 5). Pomimo tego, że powodują one chorobę dość rzadko (odpowiednio około 2, 105, 155 i 230 przypadków na 100 milionów ludzi rocznie w Unii Europejskiej), to jednak ich sporadyczne epidemie mają ogromny i negatywny wpływ na zdrowie publiczne, produkcję zwierzęcą oraz dzikie zwierzęta [11, 24].

Epidemiologia chorób zakaźnych stale się zmienia w odpowiedzi na zmiany środowiskowe i zmieniające się interakcje pomiędzy żywicielami, rezerwuarami, wektorami i patogenami. Dotyczy to w szczególności chorób odzwierzęcych, które zagrażają ludziom i zwierzętom hodowlanym. W podgrupie chorób odzwierzęcych patogeny przenoszone przez wektory zmieniają się szybciej, wraz ze zmianami klimatu i mają potencjalnie bardziej złożoną epidemiologię. Przykładem są komary, silnie uzależnione od środowiska, i ściśle z nim związane. Na każdy aspekt życia komara duży wpływ mają nawet najmniejsze zmiany w środowisku przy czym, mogą one przybrać nieprzewidywalny i nieoczekiwany obrót. Przykładowo susze mogą zwiększyć siedlisko komarów poprzez zwiększenie ilości wody stojącej w strumieniach. W ten sposób zwiększa się populacja komarów, a rozszerzenie zasięgu ich występowania, może być spowodowane także cieplejszymi zimami na północnych szerokościach geograficznych [7].



Rys. 5. Zgłoszona liczba przypadków wąglika (anthrax), brucelozy, tularemii i gorączki Q w UE/EOG w latach 2008-2016 [11]

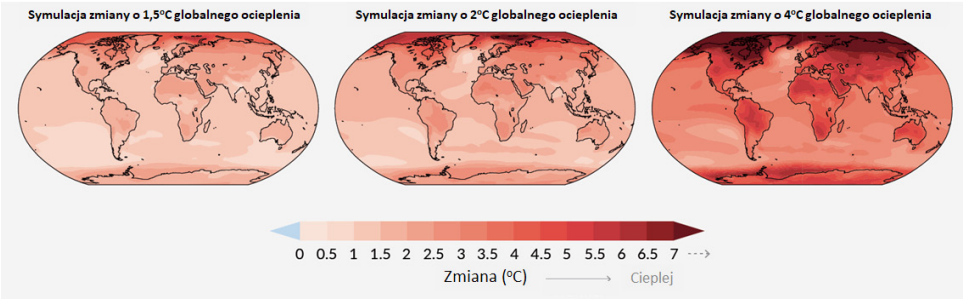
W związku z powyższym, zmiany klimatu mogą istotnie wpływać na geograficzne rozmieszczenie chorób rozprzestrzenianych przez owady. Istotne znaczenie mają w tym przypadku obserwowane zmiany temperatury w różnych regionach geograficznych, co wskazuje, że obszary wcześniej wolne od niektórych chorób odzwierzęcych teraz odnotowują wzrost częstości występowania infekcji. Największy wpływ zmian klimatu na przenoszenie patogenów odzwierzęcych można zaobserwować w skrajnych zakresach temperatur, w których zachodzi transmisja. W przypadku wielu chorób

odzwierzęcych mieszczą się one w zakresie temperatur od 14 do 40 °C, a przy temperaturze 14-18°C, mają istotny wpływ na okres inkubacji patogenów i w konsekwencji, na przenoszenie choroby. W wyższych temperaturach przenoszenie to się zmniejsza. Jednak w temperaturze około 30-32°C wzrasta znacznie liczba patogenów w organizmach nosicieli. Wiele gatunków komarów jest wrażliwych na zmiany temperatury zarówno w niedojrzałym stadium rozwoju w środowisku wodnym, jak i później, jako osobniki dorosłe. Wzrost temperatury wody znacznie skraca czas dojrzewania komarów i tym samym prowadzi do wzrostu populacji. Badania wykazują, że w cieplejszym klimacie dorosłe samice komarów szybciej trawią krew i żywią się częściej, zwiększając w ten sposób intensywność przenoszenia patogenów. Należy podkreślić, że temperatura powyżej 34°C ma ogólnie negatywny wpływ na przeżycie wektorów i pasożytów. Poza temperaturą, na biologię wektorów i pasożytów, wpływ mają również opady. Mogą one powodować krótko- i długoterminowy wpływ na siedliska nosicieli. Zwiększone opady mogą potencjalnie zwiększyć liczbę i jakość miejsc lęgowych dla wektorów (tzw. rezerwy chorób), takich jak komary, kleszcze i ślimaki [19].

Wspomniane powyżej zagrożenia termiczno-opadowe związane ze zmianami klimatu potwierdzają wyniki badań oraz analizy scenariuszy klimatycznych opublikowane w najnowszym Szóstym Raporcie Oceny Międzyrządowego Zespołu ds. Zmiany [22].

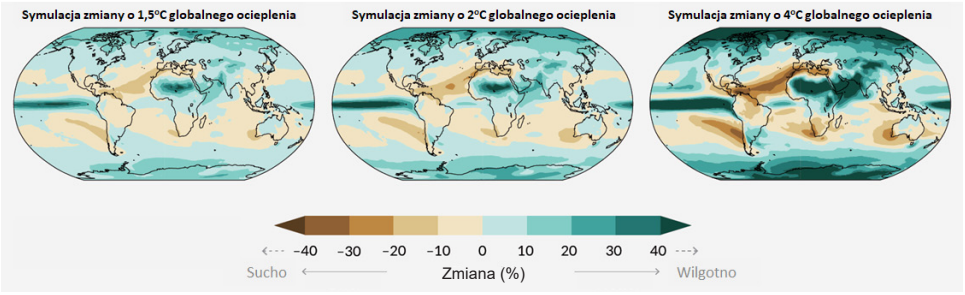
Analizy te wskazują, że w porównaniu z okresem 1850-1900, średnia globalna temperatura powierzchni ziemi w latach 2081-2100 z dużym prawdopodobieństwem będzie wyższa co najmniej o 1,0-1,8°C (scenariusz najbardziej optymistyczny), ale w przypadku braku podjęcia odpowiednich działań, ten wzrost może sięgnąć nawet 3,3-5,7°C (scenariusz pesymistyczny). Oznacza to, że we wszystkich rozważanych scenariuszach globalna temperatura powierzchni będzie nadal rosnąć, i jeśli nie zredukuje się znacznie emisji gazów cieplarnianych, globalne ocieplenie przekroczy kolejno progi 1,5°C i 2°C jeszcze w XXI wieku – rys. 6 [22].

Zaburzenia w systemie klimatycznym prowadzą do wzrostu częstotliwości i intensywności ekstremów ciepła, morskich fal gorąca i silnych opadów, susz rolniczych i środowiskowych w niektórych regionach oraz odsetka najsilniejszych cyklonów tropikalnych, a także spadku zlodzenia mórz Arktyki, pokrywy śnieżnej i wieloletniej zmarzliny. Takie zmiany prowadzą



Rys. 6. Prognozowane zmiany średniej rocznej temperatury powierzchni Ziemi [22]

również do intensyfikacji globalnego cyklu hydrologicznego, przyczyniają się do jego zmienności i tym samym do wzrostu opadów monsunowych oraz, w konsekwencji, do wzrostu dotkliwości zjawisk związanych z nadmiarem lub niedoborem wody. Ocenia się, że w cieplejszym klimacie zjawiska pogodowe i klimatyczne związane z nadmiarem lub niedoborem wody ulegną wzmocnieniu – wyraźniej zarysują się okresy mokrych i suchych pór roku – rys. 7 [22].



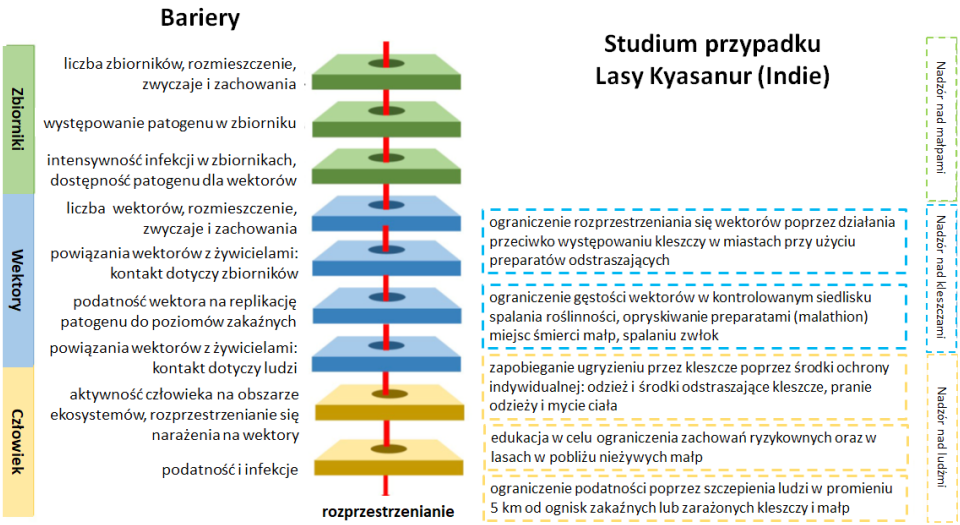
Rys. 7. Prognozowane zmiany średnich rocznych opadów [22]

Badania wskazują, że zmiany klimatu ponadto wpływają na wzrost podatności ludzi na choroby przenoszone wektorowo i tym samym ułatwiają rozprzestrzenianie się infekcji odzwierzęcych [17]. Co więcej, na obszarach słabiej rozwiniętych wzrost zagrożenia spowodowanego przez susze i powodzie zmniejsza dostępność słodkiej wody, co powoduje, że ludzie spożywają wodę skażoną patogenami powodującymi choroby odzwierzęce

przenoszone przez wodę, takimi jak schistosomatoza [10]. Zmiana klimatu może wpływać na choroby przenoszone przez żywność i wodę w sposób bezpośredni (występowanie ekstremalnych zjawisk, jak powodzie i podnoszenie się poziomu morza, gdzie woda może zostać skażona z powodu obecności w środowisku patogenów fekalnych oraz pośrednio (wpływ temperatury i wilgotności na procesy namnażania i przetrwania patogenów) – rys. 8 [10].

Rys. 8. Wpływ zmian klimatu na zdrowie człowieka ze szczególnym uwzględnieniem chorób zakaźnych przenoszonych przez wodę, żywność i wektory [10]

Wyniki badań wskazują, że społeczeństwa zamieszkujące regiony tropikalne i subtropikalne są nieproporcjonalnie dotknięte chorobami odzwierzęcymi. Skuteczne zarządzanie środowiskiem ukierunkowane na pierwotną przyczynę zagrożenia zdrowotnego i dogłębne poznanie i zrozumienie transmisji chorób odzwierzęcych może zapobiec rozprzestrzenianiu się wielu infekcji na ludzi, zwłaszcza stanów związanych z wektorami, takimi jak kleszcze [6]. Interwencje (działania) ukierunkowane na wektory i przenoszenie patogenów za pośrednictwem dziko żyjących żywicieli, mogą być skuteczniejsze niż tradycyjne strategie interwencyjne, takie jak szczepienia, zwłaszcza w przypadku zaniedbanych chorób tropikalnych, w zakresie których złożoność ekologiczna rozprzestrzeniania się choroby, jest ignorowana (rys. 9). Choroby, takie jak wścieklizna, trąd i leiszmanioza doty-



Rys. 9. Schemat hierarchicznych barier, które patogen musi pokonać w procesie rozprzestrzeniania się chorób odzwierzęcych przenoszonych przez wektory na ludzi, a które mogą być celem podejmowanych interwencji. Kolory: zielony – rezerwuary nosiciele patogenów, niebieski – środowisko i wektory, żółty – człowiek [6]

kają przede wszystkim populacje znajdujące się w niekorzystnej sytuacji środowiskowej i ekonomicznej. Wpływ chorób odzwierzęcych w krajach rozwiniętych i rozwijających się jest znacząco różny [5].

Podsumowanie

Ocena skutków zdrowotnych związanych ze zmianami klimatu jest niezmiernie trudna do oszacowania. Niemal pewne jest, że najbiedniejsze i najbardziej wrażliwe społeczności ucierpią w pierwszej kolejności, ale wzajemnie połączony charakter systemów klimatycznych, ekosystemów i demografii może zaburzyć warunki rozwoju całych populacji [20].

Ze względu na obserwowane tendencje demograficzne (głównie starzenie się społeczeństw i generalny wzrost liczby ludności na Ziemi) oraz urbanizacyjne (gromadzenie się ludności w miastach, znaczne ingerencje w ekosystemy) i coraz częściej zauważalne migracje ludności w obliczu zmieniającego się klimatu, liczba osób narażonych na zagrożenia klima-

tyczne stale rośnie. Taki stan rzeczy ma poważne konsekwencje w ujęciu planowania odpowiednich działań adaptacyjnych, w tym ukierunkowanych na ochronę zdrowia publicznego.

Podejmowane działania adaptacyjne w celu obniżenia ryzyka zdrowotnego człowieka nie są jednoznaczne i powinny być rozpatrywane wielowątkowo i wielowymiarowo. Przykładowo, zwiększenie obszarów zielonej i błękitnej infrastruktury (np. tworzenie małej retencji czy obszarów zieleni w miastach) z jednej strony zmniejsza ryzyko zdrowotne związane z upałami i występowaniem deszczy nawalnych powodujących lokalne podtopienia, z drugiej zaś znacznie podnosi ryzyko występowania wektorów i narażenia ludzi na przenoszone przez nie patogeny.

Ocenia się, że zmiany klimatu wpłyną na produkcję zwierzęcą, a w konsekwencji na bezpieczeństwo żywnościowe. Szacuje się, że do 2050 roku na świecie podwoi się popyt na produkty zwierzęce, głównie w wyniku wzrostu liczby ludności i oczekiwanego standardu życia. Z jednej strony zmiany klimatu stanowią istotne zagrożenie dla produkcji zwierzęcej, głównie ze względu na negatywny wpływ na jakość roślin paszowych i paszy, dostępność wody, choroby zwierząt, reprodukcję zwierząt i różnorodność biologiczną. Z drugiej zaś produkcja zwierzęca wpływa negatywnie na klimat, w tym poprzez ekspansję pastwisk i pól uprawnych do produkcji zwierzęcej (wylesianie) oraz emisje gazów cieplarnianych na etapie produkcji pasz i fermentacji jelitowej na etapie produkcji zwierzęcej. Wzrost produkcji zwierzęcej może stanowić również zagrożenie ze względu na wzrost ryzyka zachorowań na choroby odzwierzęce.

PIŚMIENNICTWO

1. ASANTE J., NOREDDIN A., EL ZOWALATY M., 2019 – Systematic Review of Important Bacterial Zoonoses in Africa in the Last Decade in Light of the “One Health” Concept. ***Pathogens*** 8, 50.
2. BAKER R.E., MAHMUD A.S., MILLER I.F., RAJEEV M., RASAMBAINARIVO F., RICE B.L., TAKAHASHI S., TATEM A.J., WAGNER C.E., WANG L.F, WESOLOWSKI A., METCALF C.J.E., 2021 – Infectious disease in an era of global change. ***Nature Reviews Microbiology*** 20, 193-205.
3. BALLOUX F., VAN DORP L., 2017 – Q&A: What are pathogens, and what have they done to and for us? ***BMC Biology*** 15, 91.

4. BŁAŻEJCZYK K., KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA T., 2008 – Klimat a zdrowie. [w:] Kundzewicz Z.W., Starkel L (red.) Globalne ocieplenie i jego skutki. ***Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych*** 57(3-4), 269-279.
5. BUENO-MARÍ R., ALMEIDA A.P.G, NAVARRO J.C., 2015 – Emerging zoonoses: Eco-epidemiology, involved mechanisms, and public health implications. Frontiers in Public Health 3, 157.
6. BURTH S.J., SCHÄFER S.M., ASAAGA F.A, BALAKRISHNAN N., CHANDA M.M., DARSHAN N., HOTI S.L., KIRAN S.K., SESHADRI T., SRINIVAS P.N., VANAK A.T., PURSE B.V., 2021 – Reviewing the ecological evidence base for management of emerging tropical zoonoses: Kyasanur Forest Disease in India as a case study. ***PLoS Neglected Tropical Diseases*** 15, https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009243.
7. CAMINADE C., MCINTYRE K.M., JONES A.E., 2019 – Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. ***Annales of New York Academy of Sciences*** 1436, 157-173.
8. CDC, 2010: ECDC Technical Document: Climate change and communicable diseases in the EU Member States.
9. CDC, 2022: N.C. Centers for Disease Control and Prevention. Zoonotic Diseases. Retrieved from cdc.gov https://www.cdc.gov/onehealth/basics/zoonotic-diseases.html (*dostęp, maj 2022*).
10. CISSÉ G., 2019 – Food-borne and waterborne diseases under climate change in low-and middle-income countries: Further efforts needed for reducing environmental health exposure risks. ***Acta Tropica*** 194, 181-188.
11. CROSS A.R. BALDWIN V.M., ROY S., ESSEX-LOPRESTI A.E., PRIOR J.L., HARMER N.J., 2019 – Zoonoses under our noses. ***Microbes and Infection*** 21(1), 10-19.
12. CUTLER S.J., FOOKS A.R., VAN DER POEL W.H.M., 2010 – Public Health Threat of New, Reemerging, and Neglected Zoonoses in the Industrialized World. ***Emerging Infectious Diseases***. 16(1), 1-7.
13. EEA, 2017 – Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report No 1/2017, European Environment Agency.
14. ESSL, 2018 – Annual Report 2017, European Severe Storms Laboratory (ESSL) e.V, Weßling.
15. FIELDS B.S., BENSON R.F., BESSER R.E., 2002 – Legionella and Legionnaires' disease: 25 years of investigation. ***Clinical Microbiol Reviews*** 15, 506-526.
16. FILHO W.L., TERNOVA L., PARASNIS S.A., KOVALEVA M., NAGY G.J., 2022 – Climate Change and Zoonoses: A Review of Concepts, Definitions, and Bibliometrics. ***International Journal of Environmental Research and Public Health*** 19(2), 893.

17. FOUQUE F., REEDER J.C., 2019 – Impact of past and on-going changes on climate and weather on vector-borne diseases transmission: A look at the evidence. ***Infectious Diseases of Poverty*** 8, 51.
18. GASPARRINI A., GUO Y., HASHIZUME M., LAVIGNE E., ZANOBETTI A., SCHWARTZ J., TOBIAS A., TONG S., ROCKLÖV J., FORSBERG B., LEONE M., DE SARIO M., BELL M.L., GUO Y-L.L., WU CH-F., KAN H., YI S-M., COELHO M., SALDIVA P.H.M., HONDA Y., KIM H., ARMSTRONG B., 2015 – Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. ***Lancet*** 386(9991), 369-375.
19. GITHEKO A.K., LINDSAY S.W., CONFALONIERI U.E., PATZ J.A., 2010 – Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. ***Bulletin of the World Health Organization***, 78(9), 1136-1147.
20. HAINES A., EBI K.L., SMITH K.R., WOODWARD A., 2014 – Health risks of climate change: act now or pay later. ***Lancet*** 384(9948), 1073-75.
21. HALES S., KOVATS S., LLOYD S., CAMPBELL-LENDRUM D., 2014 – Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva: World Health Organization.
22. IPCC, 2021 – Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Cambridge University Press.
23. JONES K.E., PATEL N.G., LEVY M.A., STOREYGARD A., BALK D., GITTLEMAN J.L., DASZAK P., 2008 – Global trends in emerging infectious diseases. ***Nature*** 451, 990-993.
24. MORAND S., MCINTYRE K.M., BAYLIS M., 2014 – Domesticated animals and human infectious diseases of zoonotic origins: Domestication time matters. ***Infection, Genetetics and Evolution*** 24, 76-81.
25. PORTER J.R., XIE L., CHALLINOR A.J., COCHRANE K., HOWDEN S.M., IQ M.M., 2014 – Food security and food production systems. In: Field CB. et al.,: Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
26. ROJAS-DOWNING M.M, POUYAN-NEJADHASEMI A., HARRIGAN T., WOZNICKI S.A., 2017 – Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. ***Climate Risk Management*** 16, 145-163.
27. SMITH K.F., GOLDBERG M., ROSENTHAL S., CARLSON L., CHEN J., CHEN C., RAMACHANDRAN S., 2014 – Global rise in human infectious disease outbreaks. ***Journal of the Royal Society Interface***, 11, https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0950.

28. THOMPSON R.C.A., 2013 – Parasite zoonoses and wildlife: one health, spillover and human activity. ***International Journal for Parasitology*** 43, 1079-1088.
29. THOMPSON A., KUTZ S., 2019 – Introduction to the Special Issue on 'Emerging Zoonoses and Wildlife.' Including Articles from the Special Issue "Emerging Zoonoses and Wildlife". ***International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*** 9, 322. doi: 10.1016/j.ijppaw.2019.07.002
30. THORNTON P.K., VAN DE STEEG, J., NOTENBAERT A., HERRERO M., 2009 –The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. ***Agricultural Systems*** 101(3), 113-127.
31. THORNTON P.K., GERBER P.J., 2010 – Climate change and the growth of the livestock sector in developing countries. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 15(2), 169-184.
32. WALKER B.H., GUNDERSON L., KINZIG A., FOLKE C., CARPENTER S., SCHULTZ L., 2006 – A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. ***Ecology & Society*** 11(1), 13.
33. WALKER J.T., 2018 – The influence of climate change on waterborne disease and Legionella: a review. Perspectives in Public Health 138(5), 282-286.
34. WATTS N., ADGER W.N., AGNOLUCCI P., BLACKSTOCK J., BYASS P., CAI W., CHAY-TOR S., COLBOURN T., COLLINS M., COOPER A., COX P.M., DEPLEDGE J., DRUM-MOND P., EKINS P., GALAZ V., GRACE D., GRAHAM H., GRUBB M., HAINES A., HAMILTON I., HUNTER A., JIANG X., LI M., KELMAN I., LIANG L., LOTT M., LOWE R., LUO Y., MACE G., MASLIN M., NILSSON M., ORESZCZYN T., PYE S., QUINN T., SVENSDOTTER M., VENEVSKY S., WARNER K., XU B., YANG Y., YIN Y., YU CH., ZHANG Q., GONG P., MONTGOMERY H., COSTELLO A., 2015 – Health and climate change: policy responses to protect public health. ***The Lancet*** 386(10006), 1861-1914.
35. WHO, 2012: World malaria report. Geneva: World Health Organization
36. WHO, 2017 – Protecting health in Europe from Climate Change: 2017 update
37. WHO, 2022a – Climate change and Health Key facts https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health (*dostęp, maj 2022*)
38. WHO, 2022b – World Health Organization. Zoonoses. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses (*dostęp, maj 2022*)

Strategie na rzecz zachowania chronionych gatunków rodzimych

prof. dr hab. Axel Schwerk

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
Instytut Inżynierii Środowiska, Katedra Sztuki Krajobrazu,
ul. Ciszewskiego 8, 02-776 Warszawa
axel_schwerk@sggw.edu.pl

Wprowadzenie

Pomimo wysiłków na rzecz ochrony gatunków w ostatnich dziesięcioleciach, wciąż obserwujemy postępujący ich zanik [23]. Zwłaszcza w przypadku fauny owadów odnotowano drastyczny spadek różnorodności gatunków na dużą skalę [14, 15, 17]. Niestety, przewiduje się, że w przyszłości tempo ich wymierania zwiększy się dziesięciokrotnie [19]. Wspomniane trendy wskazują, że potrzebne są nowe rozwiązania i strategie ochrony różnorodności biologicznej. Obecnie pojawiają się wyraźne wskazania do zwiększenia udziału obszarów ochrony przyrody do 30% w skali powierzchni ziemi [30]. Stwierdzenie to jest zgodne ze Strategią UE na rzecz różnorodności biologicznej, która ma być osiągnięta do roku 2030 [11], i przewiduje wyznaczenie na terenie państw członkowskich 30% terenów chronionych, w tym 10% terenów objętych ochroną ścisłą.

Jednakże istnieją wątpliwości co do efektywności działania obszarów chronionych, ponieważ sama ochrona polegająca na wyłączeniu działalności człowieka, i niekontrolowanego odtwarzania procesów naturalnych, nie gwarantuje dobrych wyników dla różnorodności biologicznej. Wydaje się wobec tego, że konieczne jest zarządzanie obszarami chronionymi, i wdrażanie strategii ochrony dedykowanych dla poszczególnych gatunków [31]. Scott i in. [24] podkreślają, że odbudowa populacji zagrożonych

gatunków niekoniecznie oznacza, że można zaprzestać zarządzania ich ochroną, i że w wielu przypadkach podtrzymywanie ochrony czynnej musi być częścią strategii odbudowy takiej populacji. W tym kontekście należy pamiętać, że poszczególne gatunki wykazują różne preferencje habitatowe, a wiele gatunków wymaga określonych stadiów sukcesji ekosystemów. Ponadto, istnieją gatunki, które wymagają kilku różnych typów siedlisk (stadiów sukcesyjnych). Takie gatunki integrują różne cechy krajobrazu, są więc dobrymi wskaźnikami jakości i wartości krajobrazu, zwłaszcza krajobrazu w dużej skali [25, 26]. Są to jednak gatunki, które mają wysokie wymagania co do struktury krajobrazu.

Każdy gatunek posiada swoje specyficzne cechy i wymagania. Fakt ten sugeruje, że wymagane są różne strategie ochrony, w zależności od gatunków będących przedmiotem zainteresowania. Celem tego opracowania jest przegląd wybranych aspektów zachowania gatunków chronionych, ze szczególnym uwzględnieniem strategii ochrony czynnej.

Aspekty prawne

Ochronę przyrody w Polsce określają zarówno polskie akty prawne, jak i międzynarodowe konwencje i dyrektywy. Do kluczowych można zaliczyć takie konwencje międzynarodowe jak Konwencja Berneńska [7] oraz Konwencja o Różnorodności Biologicznej [6]. Ochrona przyrody w Polsce regulowana jest różnymi aktami prawa rodzimego. Z punktu widzenia ochrony gatunkowej, szczególne znaczenie mają Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej grzybów, ponieważ zawierają wykazy gatunków chronionych. Zawierają je również Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (wersja ujednolicona) [9] oraz Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych, oraz dzikiej fauny i flory [8], które stanowią podstawę prawną dla sieci Natura 2000.

Według Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska [12] „Ochrona gatunkowa ma na celu zapewnienie przetrwania i zachowanie właściwego stanu

ochrony dziko występujących w Polsce i Unii Europejskiej, rzadkich, endemicznych, podatnych na zagrożenia i zagrożonych wyginięciem gatunków roślin, zwierząt i grzybów oraz ich siedlisk i ostoi. Celem tej ochrony jest także zachowanie różnorodności gatunkowej i genetycznej. Zadania polegające na ochronie ostoi i stanowisk roślin lub grzybów albo ostoi, miejsc rozrodu i regularnego przebywania zwierząt, mogą być realizowane przez tworzenie stref ochrony". Problemem jest jednak to, że z jednej strony na listach gatunków chronionych pojawiły się gatunki niezbyt rzadkie, a z drugiej strony, wiele gatunków rzadko występujących jest na tych listach pominiętych. Na przykład, gatunkiem prawnie chronionym, ale spotykanym w przyrodzie stosunkowo często jest *Carabus auronitens*. *Drypta dentata* natomiast jest gatunkiem nieobjętym ochroną prawną, ale występującym rzadko, na dodatek wymieniono go na Czerwonej Liście zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce [13]. Wydaje się zatem, że aby osiągnąć cel zachowania różnorodności gatunkowej, ochrona gatunkowa powinna dotyczyć przede wszystkim gatunków rzadkich.

Przyczyny, dla których gatunki stają się rzadkie

Aby opracować odpowiednie strategie, musimy zrozumieć przyczyny, dla których niektóre gatunki stają się rzadkie. Według Begon i in. [2] istnieje siedem różnych przyczyn takiego stanu rzeczy:

1. Tereny nadające się do zasiedlenia przez gatunek są rzadko dostępne.
2. Tereny nadające się do zasiedlenia dla gatunku są dostępne tylko przez krótki czas.
3. Konkurenci, drapieżniki czy pasożyty utrzymują gatunek na niskim poziomie liczebności.
4. Tereny nadające się do zasiedlenia przez gatunek mają małą powierzchnię.
5. Tereny nadające się do zasiedlenia przez gatunek są odizolowane.
6. Zasoby niezbędne dla gatunku są ograniczone.
7. Niska zmienność genetyczna ogranicza obszar nadający się do zasiedlenia przez gatunek.

Przyczyny tego, że gatunki stają się rzadkie, wynikają zatem ze zmian cech siedlisk i krajobrazu, takich jak wielkość i izolacja tych siedlisk, relacje z innymi organizmami, a także cechy samych gatunków rzadkich (np. cechy

genetyczne). Ważne jest, aby pamiętać, że wymagania dotyczące siedlisk i cech krajobrazu, relacje z innymi gatunkami, i własne cechy różnią się między poszczególnymi gatunkami. Tak więc, dla różnych gatunków rzadkich decydujące są różnorodne (lub różne kombinacje), wyżej wymienione przyczyny. Strategie zachowania gatunków powinny być ukierunkowane na przyczyny powodujące, że gatunek zaczyna występować rzadko.

Strategie ochrony gatunkowej, a inżynieria ekologiczna

Kluczowym pytaniem jest, czy stosować ochronę przyrody ścisłą (bierną), czy aktywną (czynną). Wciąż toczy się dyskusja, którą strategię zarządzania wybrać. Na przykład w przypadku lasów, warunki społeczne, gospodarcze i biogeograficzne są bardzo zróżnicowane, dlatego też koncepcje włączenia ochrony przyrody do gospodarki leśnej nie mogą być jednolite [4]. Jak wspomniano we wprowadzeniu, bez strategii gospodarowania, środki ochrony, takie jak tworzenie obszarów chronionych, często nie są skuteczne. Vimal i in. [29] twierdzą, że obszary chronione związane z zarządzaniem bardziej „przyjaznym człowiekowi", są potencjalnie równie ważne, jak obszary ściśle chronione. Dlatego też, w wielu przypadkach konieczna jest strategia mniej lub bardziej aktywnego zarządzania. Jednakże, czynna ochrona przyrody musi uwzględniać panujące zasady, i procesy naturalnie zachodzące w ekosystemach. Oznacza to, że musi być ukierunkowana na zasady inżynierii ekologicznej.

Inżynieria ekologiczna jest zdefiniowana jako projektowanie zrównoważonych ekosystemów, które integrują społeczeństwo ludzkie z jego naturalnym środowiskiem, dla korzyści obu stron [20]. Koncepcja inżynierii ekologicznej zbliża się do idei „rozwiązań opartych na przyrodzie" – Nature based Solutions (NbS), która dąży do zrównoważonego zarządzania ekosystemami, z wykorzystaniem naturalnych cech i procesów przyrodniczych, dla osiągnięcia celów społeczno-środowiskowych. Bazując na tradycyjnych strategiach ochrony i zarządzania różnorodnością biologiczną, i uzupełniając je, NbS integruje naukę, politykę i praktykę oraz tworzy korzyści związane z różnorodnością biologiczną pod względem zróżnicowanych, dobrze zarządzanych ekosystemów [10].

Przykładem inżynierii ekologicznej może być wykorzystanie wypasu zwierząt do ochrony przyrody. Wypas jest regularnie stosowany jako me-

toda ekologiczna, w celu ochrony lub odtwarzania specjalnych typów biotopów, które są ważne dla ochrony gatunków [18]; na przykład ochrona turzyc i mchów w Biebrzańskim Parku Narodowym w Polsce, z wykorzystaniem wypasu bydła i koni [28], czy też restytucja wrzosu (*Calluna* sp.) w Holandii [3]. Innym przykładem jest wypas zwierząt dla ochrony stawonogów na brytyjskich murawach [22].

Jako drugi przykład inżynierii ekologicznej może służyć zrównoważone leśnictwo. Trzeba pamiętać, że pożary lasów i wiatrołomy to zjawiska naturalne, które drastycznie zmieniają stan i stadium sukcesyjne lasów. Jednak wiele gatunków jest przystosowanych do określonych stadiów sukcesji. W ten sposób leśnictwo ukierunkowane na ochronę przyrody może przyczynić się do bezpośredniej ochrony gatunków, poprzez tworzenie określonych warunków i stadiów sukcesji, w tym odtwarzanie lasu przy użyciu technik inżynierii ekologicznej [21], a także ochronę pośrednią poprzez ograniczanie zakłóceń, erozji itp. [1].

Krajobrazy kulturowe

W kontekście ochrony zasobów przyrodniczych szczególna forma ochrony obszarów koncentruje się na krajobrazach kulturowych. Ta forma ochrony obejmuje krajobrazy, które są kształtowane poprzez interakcje człowieka i sił przyrody w długim czasie. Te krajobrazy tworzone są poprzez tradycyjne formy użytkowania terenu, które przyczyniają się do kształtowania różnorodności biologicznej i innych wartości przyrodniczych, dowodzą zrównoważonej gospodarki prowadzonej przez wieki, a także są żywym przykładem dziedzictwa kulturowego. Krajobrazy te są bogate w wartości przyrodnicze i kulturowe, nie pomimo obecności człowieka, ale na skutek tego, że człowiek jest tam obecny [5]. Poprzez ochronę takich obszarów można pośrednio realizować ochronę rzadkich i chronionych gatunków. W celu ochrony takich obszarów Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody (International Union for Conservation of Nature – IUCN) określiła kategorię zarządzania obszarami chronionymi V – Obszar chronionego krajobrazu/morza (Protected Landscape/Seascape): Obszary chronione utrzymywane dla ochrony krajobrazów/krajobrazów morskich i rekreacji – obszar z wybrzeżem i morzem, odpowiednio, gdzie współdziałanie ludzi i natury w czasie, tworzy swoisty charakter z wartościami estetycznymi, przyrodniczymi

i/lub kulturowymi; często z wysoką różnorodnością biologiczną. Zachowywanie integralności tych tradycyjnych interakcji jest ożywcze dla ochrony, utrzymywania i ewolucji takiego obszaru [16].

Odpowiadającą powyższemu formą ochrony przyrody w Polsce są parki krajobrazowe. Według Ustawy o ochronie przyrody art. 16.1 „park krajobrazowy obejmuje obszar chroniony ze względu na wartości przyrodnicze, historyczne i kulturowe oraz walory krajobrazowe w celu zachowania, popularyzacji tych wartości w warunkach zrównoważonego rozwoju" [27]. Inną formę ochrony krajobrazu z możliwością czynnej ochrony przyrody reprezentują obszary krajobrazu chronionego – „tereny chronione ze względu na wyróżniający się krajobraz o zróżnicowanych ekosystemach, wartościowe ze względu na możliwość zaspokajania potrzeb związanych z turystyką i wypoczynkiem lub pełnioną funkcją korytarzy ekologicznych" (Ustawa o ochronie przyrody, art. 23.1).

Uwagi końcowe

Musimy jednak pamiętać, że tylko jedna strategia nie może skutecznie realizować ochrony wszystkich zagrożonych gatunków. W związku z tym, ochrona gatunkowa nie może skupiać się na jednej metodzie, potrzebna jest strategia „mieszana". Chociażby z uwagi na to, że trudno wskazać, która strategia jest najlepsza, gdyż brakuje całej niezbędnej wiedzy ekologicznej. Dlatego, wymagany jest również monitoring gatunków rodzimych, i analizy stosowanych metod ochrony, w celu doboru odpowiednich strategii i oceny ich efektywności.

Wnioski:

1. Nieustanny spadek liczby gatunków wskazuje, że potrzebne są nowe pomysły i strategie odnośnie do zachowania gatunków.
2. Gatunki deklarowane jako chronione niekoniecznie są gatunkami, które są rzadkie. Ochrona gatunkowa powinna dotyczyć przede wszystkim gatunków rzadko występujących.
3. Istnieją różne przyczyny, dla których gatunki stają się rzadkie, w zależności od ich cech ekologicznych i wymagań. Strategie zachowania gatunków powinny być ukierunkowane na przyczyny zanikania tych gatunków.

4. W wielu przypadkach aktywne, ciągłe zarządzanie musi być częścią strategii ochrony; inżynieria ekologiczna i „rozwiązania oparte na przyrodzie" – Nature based Solutions (NbS) oraz idea krajobrazów kulturowych, to obiecujące podejścia.
5. Ochrona gatunkowa nie może skupiać się na jednej strategii, potrzebna jest strategia „mieszana". Wymagany jest również monitoring gatunków rodzimych w celu doboru odpowiednich strategii i oceny ich efektywności.

Podsumowanie

Pomimo wysiłków na rzecz ochrony gatunków w ostatnich dziesięcioleciach, obecnie obserwujemy utratę gatunków. Wobec tego, potrzebne są nowe rozwiązania i strategie służące ich zachowaniu.

W Polsce gatunki chronione są na podstawie różnych konwencji międzynarodowych i krajowych aktów prawnych. Problemem jest jednak to, że z jednej strony na listach gatunków chronionych pojawiły się gatunki niezbyt rzadkie, ale z drugiej strony wiele rzadkich gatunków nie jest na nich ujętych. Ochrona gatunkowa powinna dotyczyć przede wszystkim gatunków rzadkich.

Istnieją różne przyczyny, dla których gatunki stają się rzadkie, stąd strategie zachowania gatunków powinny być zróżnicowane i ukierunkowane na konkretne przyczyny. Kluczowym pytaniem jest, czy stosować ochronę przyrody ścisłą (bierną), czy też aktywną (czynną). Aktywna ochrona przyrody musi uwzględniać zasady i procesy ekologiczne. Takie metody ochrony gatunkowej powinny być ukierunkowane na zasady inżynierii ekologicznej. Przykłady mogą obejmować wprowadzanie wypasu zwierząt, czy też zrównoważone leśnictwo. Należy również pamiętać o dużej wartości tak zwanych obszarów chronionego krajobrazu/morza (IUCN Kategoria V), które to obszary w odniesieniu do prawa polskiego obejmują parki krajobrazowe oraz obszary chronionego krajobrazu.

Ochrona gatunkowa nie może skupiać się na jednej strategii, potrzebna jest strategia „mieszana". Wymagany jest również monitoring gatunków rodzimych w celu doboru odpowiednich strategii i oceny ich efektywności.

PIŚMIENNICTWO

1. AUCLAIR D., 2010 – LandMod 2010: Forest and natural ecosystem managers in the landscape – multiscale modelling, challenges and opportunities. International Conference on Integrative Landscape Modelling, Montpellier, FRA, 2010-02-03-2010-02-05, 1-12.
2. BEGON M., HARPER J.L., TOWNSEND C.R., 1991 – Ökologie. Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin.
3. BOKDAM J., GLEICHMAN J.M., 2000 – Effects of grazing by free-ranging cattle on vegetation dynamics in a continental north-west European heathland. ***Journal of Applied Ecology*** 37, 415-431 (DOI: 10.1046/j.1365-2664.2000.00507.x).
4. BONCINA A., 2011 – Conceptual approaches to integrate nature conservation into forest management: a Central European perspective. ***International Forestry Review*** 13, 13-22 (DOI:10.1505/ifor.13.1.13).
5. BROWN J., MITCHELL N., BERESFORD M., 2005 – Protected landscapes: a conservation approach that links nature, culture and community. [w]: BROWN J., MITCHELL N., BERESFORD M. (red.): The protected landscape approach. Linking nature, culture and community. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 3-18.
6. CBD, 1992 – Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro, 05.06.1992.
7. COUNCIL OF EUROPE, 1979 – Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Heritage. Bern, Switzerland.
8. COUNCIL OF EUROPE, 1992 – Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (consolidated text).
9. COUNCIL OF EUROPE, 2009 – Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on the conservation of wild birds (consolidated text).
10. EGGERMONT H., BALIAN E., AZEVEDO J.M.N., BEUMER V., BRODIN T., CLAUDET J., FADY B., GRUBE M., KEUNE H., LAMARQUE P., REUTER K., SMITH M., VAN HAM C., WEISSER W.W., LE ROUX X., 2015 – Nature-based Solutions: New influence for environmental management and research in Europe. ***GAIA*** 24(4), 243-248 (DOI: 10.14512/gaia.24.4.9).
11. EUROPEAN COMMISSION, 2020 – EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives. Brussels, 20.05.2020.

12. GDOŚ 2022 – https://www.gov.pl/web/gdos/ochrona-gatunkowa-roslin-zwierzat-i-grzybow. *(Dostęp 22.04.2022)*.
13. GŁOWACIŃSKI Z. (red.), 2002 – Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. Polska Akademia Nauk, Instytut Ochrony Przyrody, Kraków 155.
14. HALLMANN C.A., SORG M., JONGEJANS E., SIEPEL H., HOFLAND N., SCHWAN H., STENMANS W., MULLER A., SUMSER H., HORREN T., GOULSON D., DE KROON H., 2017 – More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. ***PLoS ONE*** 12, e0185809 (DOI: /10.1371/journal.pone.0185809).
15. HOMBURG K., DREES C., BOUTAUD E., NOLTE D., SCHUETT W., ZUMSTEIN P., VON RUSCHKOWSKI E., ASSMANN T., 2019 – Where have all the beetles gone? Long-term study reveals carabid species decline in a nature reserve in Northern Germany. ***Insect Conservation and Diversity*** 12, 268-277 (DOI:10.1111/icad.12348).
16. IUCN, 1994 – Guidelines for protected area management categories. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
17. KOTZE D.J., O'HARA R.B., 2003 – Species decline – But why? Explanations of carabid beetle (Coleoptera, Carabidae) declines in Europe. ***Oecologia*** 135, 138-148 (DOI: 10.1007/s00442-002-1174-3).
18. METERA E., SAKOWSKI T., SŁONIEWSKI K., ROMANOWICZ B., 2010 – Grazing as a tool to maintain biodiversity of grassland – A review. ***Animal Science Papers and Reports*** 28, 315-334.
19. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005 – Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
20. MITCH W.J., 2012 – What is ecological engineering? ***Ecological Engineering*** 45, 5-12 (DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.04.013).
21. MIYAWAKI A., GOLLEY F.B., 1993 – Forest reconstruction as ecological engineering. ***Ecological Engineering*** 2, 333-345 (DOI: 10.1016/0925-8574(93)90002-W).
22. MORRIS M.G., 2000 – The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. ***Biological Conservation,*** 129-142 (DOI: 10.1016/S0006-3207(00)00028-8).
23. PIMM S.L., JENKINS C.N., ABELL R., BROOKS T.M., GITTLEMAN J.L., JOPPA L.N., RAVEN P.H., ROBERTS C.M., SEXTON J.O., 2014 – The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. ***Science*** 344(6187) (DOI: 10.1126/science.1246752).

24. SCOTT J.M., GOBLE D.D., WIENS J.A., WILCOVE D.S., BEAN M., MALE T., 2005 – Recovery of imperiled species under the Endangered Species Act: the need for a new approach. ***Frontiers in Ecology and the Environment*** 3(7), 383-389.
25. SZYSZKO J., 2004 – Foundations of Poland's cultural landscape protection – conservation policy. [w]: DIETERICH M., VAN DER STRAATEN J. (red.): Cultural landscapes and land use. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 95-110.
26. SZYSZKO J., SZYSZKO-PODGÓRSKA K., 2015 – Zawartość węgla organicznego w krajobrazie i fauna – aspekty gospodarczy. [w]: SZYSZKO J., DYMITRYSZYN I., JOJCZYK A., SZYSZKO-PODGÓRSKA K. (red.): Europa wielkich szans – zrównoważony rozwój Polski szansą dla Europy. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 195-212.
27. USTAWA O OCHRONIE PRZYRODY, 2004 – Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody.
28. VAN BRAECKEL A., BOKDAM J., 2002 – Habitat selection of cattle and horses in the lower basin of the Biebrza National Park. In Grazing as a Conservation Management Tool in Peatland. [w]: BOKDAM J., VAN BRAECKEL A., WERPACHOWSKI C., ZNANIECKA M. (red.): WWF-Poland: Warsaw, Poland, 60-62.
29. VIMAL R., NAVARRO L., JONES Y., WOLF F., LE MOGUÉDEC G., RÉJOU-MÉCHAIND M., 2021 – The global distribution of protected areas management strategies and their complementarity for biodiversity conservation. ***Biological Conservation*** 256, 109014 (DOI: 10.1016/j.biocon.2021.109014).
30. WALDRON A., ADAMS V., ALLAN J., ARNELL A., ASNER G., ATKINSON S., BACCINI A., BAILLIE J., ET AL., 2020 – Protecting 30% of the planet for nature: costs, benefits and economic implications. Campaign for Nature. https://www.campaignfornature.org/protecting-30-of-the-planet-for-nature-economic-analysis.
31. WAUCHOPE H.S., JONES J.P.G., GELDMANN J., SIMMONS B.I., AMANO T., BLANCO D.E., FULLER R.A., JOHNSTON A., LANGENDOEN T., MUNDKUR T., NAGY S., SUTHERLAND W.J., 2022 – Protected areas have a mixed impact on waterbirds, but management helps. ***Nature*** (DOI: 10.1038/s41586-022-04617-0).

II. EKOLOGIA A ROZWÓJ ZRÓWNOWAŻONY W PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ

Ekologiczna produkcja zwierzęca – zagrożenia i szanse

prof. dr hab. Zbigniew Dobrzański[1], dr hab. Przemysław Cwynar[1], dr hab. Katarzyna Czyż[2]

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
[1]Katedra Higieny Środowiska i Dobrostanu Zwierząt,
[2]Instytut Hodowli Zwierząt,
ul. Chełmońskiego 38C, 51-630 Wrocław,
zbigniew.dobrzanski@upwr.edu.pl

Wprowadzenie

Rolnictwo ekologiczne (organiczne, biologiczne) to system gospodarowania, w którym wyklucza się stosowanie syntetycznych nawozów mineralnych, pestycydów, stymulatorów wzrostu, organizmów genetycznie modyfikowanych GMO, pasz przemysłowych i syntetycznych dodatków paszowych. Rolnictwo to charakteryzuje się produkcją w cyklu zamkniętym „gleba – roślina – zwierzę", przy zachowaniu dużej samowystarczalności. Traktowane jest jako sposób życia w symbiozie z przyrodą, a cele ekologiczne dominują tu nad ekonomicznymi.

W rolnictwie ekologicznym wolno stosować niektóre środki ochrony roślin, ale tylko zakwalifikowane do stosowania w rolnictwie ekologicznym w Polsce (wykaz środków można uzyskać w Instytucie Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu lub na stronie www.iop.poznan.pl/organizacja) oraz nawozy i środki poprawiające właściwości gleby (wykaz nawozów i środków można uzyskać w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach lub na stronie www.iung.pulawy.pl).

Rys historyczny

Rolnictwo ekologiczne w Polsce ma blisko stuletnią tradycję. Pierwsze w kraju gospodarstwo ekologiczne założył bowiem w 1930 r., w Szelejewie

k. Gostynia, hr. Stanisław Karłowski (senator II RP). Prowadził on produkcję rolniczą w stylu biodynamicznym, tym samym, który w Kobierzycach k. Wrocławia (Koberitz) promował austriacki botanik i filozof, prof. Rudolf Steiner (1861-1925). Uważa się go za ojca europejskiego rolnictwa ekologicznego. Warto dodać, że w Kobierzycach odbył się w 1924 r. I. zjazd rolników ekologicznych, co 75 lat później (1999 r.) zaowocowało organizacją w Akademii Rolniczej we Wrocławiu konferencji naukowej pt. „Współczesne rolnictwo ekologiczne – 75 lat rolnictwa biodynamicznego Rudolfa Steinera" [5, 23]. Wojna przerwała rozwój tej metody gospodarowania na ponad trzydzieści lat. Dopiero inż. Julian Osetek, na początku lat sześćdziesiątych, jako jedyny w kraju prowadził swoje gospodarstwo biodynamiczne w Nakle nad Notecią. Na bazie jego doświadczeń, i dzięki zaangażowaniu kadry naukowej SGGW w Warszawie, nastąpił rozwój tej formy rolnictwa. Prof. Mieczysław Górny opracował naukowe podstawy rolnictwa ekologicznego, a we wrześniu 1989 r. zarejestrowano w Polsce pierwsze Stowarzyszenie Producentów Metodami Ekologicznymi EKOLAND. Od tego czasu liczba gospodarstw ekologicznych stale wzrasta [2, 7].

W rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce można wyróżnić trzy etapy. Pierwszy obejmuje okres do roku 1999, kiedy to rolnictwo ekologiczne było pozbawione wsparcia finansowego z budżetu państwa (wówczas liczba gospodarstw ekologicznych wynosiła ok. 500, i prowadzili je głównie pasjonaci). Kolejny etap notuje się od 2000 roku, kiedy to rozpoczęto finansowanie atestacji gospodarstw z budżetu państwa. Od 2001 roku wprowadzono również niewielkie dopłaty do powierzchni gruntów użytkowanych ekologicznie. Ostatni z etapów rozwoju ekologicznego rozpoczął się w roku 2004, po przystąpieniu Polski do UE, i wprowadzeniu wspólnej polityki rolnej (WPR) oraz krajowego programu rolnośrodowiskowego. W 2004 roku kontrolą objętych było 3760 gospodarstw ekologicznych, o łącznej powierzchni 82 730 ha. W 2015 roku liczba gospodarstw ekologicznych wzrosła do 22 991, a ich łączna powierzchnia obejmowała 552 356 ha. W 2020 roku w naszym kraju prowadziły produkcję 20 274 gospodarstwa ekologiczne, tj. o 3,4% mniej, niż dwa lata wcześniej, i o 100 gospodarstw (+0,6%) więcej niż rok wcześniej. Najwięcej gospodarstw ekologicznych funkcjonowało w województwach: warmińsko-mazurskim (3241), podlaskim (2906), mazowieckim (2179) i zachodniopomorskim (2149).

Najmniej gospodarstw ekologicznych było z kolei w województwach: opolskim (62), śląskim (121), kujawsko-pomorskim (385) i pomorskim (519). W tym samym, 2020 roku, powierzchnia ekologicznych użytków rolnych wynosiła w Polsce 509 291 ha, co oznacza wzrost o ponad 5%, w porównaniu do roku 2018. W sumie zajmują one jednak tylko 3,5% gruntów rolnych w Polsce. Pod tym względem Polska znajduje się w dolnej części zestawienia 27 państw UE. Wyprzedzamy jedynie Rumunię, Bułgarię, Irlandię i Maltę [4, 10, 18, 25, 27].

W tworzeniu ram ustawodawczych w zakresie rolnictwa ekologicznego istotną rolę odegrała Międzynarodowa Federacja Rolnictwa Ekologicznego (*International Federation of Organic Agriculture Movements*, IFOAM), która została powołana we Francji w roku 1972. W 2002 roku unijna grupa IFOAM została zarejestrowana w Szwecji, a od 2003 roku jej siedziba mieści się w Brukseli. Jest to pierwsza instytucja, która ustaliła międzynarodowe reguły rolnictwa ekologicznego, cele oraz ramy jego funkcjonowania, stanowiące do chwili obecnej odniesienie dla krajowych przepisów prawnych. Międzynarodowa Federacja Rolnictwa Ekologicznego wyznacza następujące cele dla rolnictwa ekologicznego:

- wytwarzanie żywności o wysokich walorach odżywczych i w dostatecznej ilości;
- docenianie wagi społeczno-ekologicznych konsekwencji rolnictwa i przetwórstwa ekologicznego;
- realizację działań wspierających i zachowujących żyzność i biologiczną aktywność gleby;
- utrzymywanie genetycznej różnorodności wszystkich żywych składowych gospodarstwa rolnego i jego otoczenia, włączając w to ochronę dziko żyjących zwierząt i roślin;
- promowanie właściwego wykorzystania, i troski o zasoby wodne oraz istniejące w nich życie;
- wykorzystanie, tam, gdzie to możliwe, surowców odnawialnych, zarówno w produkcji, jak i przetwórstwie ekologicznym, w celu uniknięcia strat i zanieczyszczenia środowiska;
- wspieranie lokalnej i regionalnej produkcji i dystrybucji produktów ekologicznych;

- tworzenie harmonijnej równowagi pomiędzy uprawą roślin a chowem zwierząt;
- zapewnienie zwierzętom gospodarskim warunków zgodnych z potrzebami bytowymi poszczególnych gatunków;
- stosowanie materiałów i substancji nadających się do wielokrotnego wykorzystania lub użytecznego przetworzenia;
- zapewnienie ludziom zaangażowanym w ekologiczną produkcję rolną i ekologiczne przetwórstwo, godnego życia, satysfakcji, i bezpieczeństwa środowiska pracy [14].

Aspekty prawne

Do końca 2021 r. obowiązywała w Polsce Ustawa z dnia 25.06.2009 r. o rolnictwie ekologicznym (tj. Dz.U. z 2020 r. poz. 1324), która regulowała problematykę ekologicznych upraw rolnych, i produkcji zwierzęcej. Od dnia 1.01.2022 r. gospodarstwa ekologiczne funkcjonują według nowych przepisów prawnych. Obecnie obowiązuje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r., w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 (Dz. U. L 150 z 14.06.2018 r.), oraz szereg aktów wykonawczych i delegowanych do tego rozporządzeń.

Ze względu na specyficzny charakter produkcji rolnej, w przypadku niektórych przepisów dotyczących produkcji zwierzęcej obowiązywać będą przepisy przejściowe, pozwalające gospodarstwom na dostosowanie się do nowych zasad. Nadal w prawie będzie miała zastosowanie Ustawa z dnia 25.06.2009 r. o rolnictwie ekologicznym (tj. Dz.U. z 2020 r. poz. 1324), do czasu opublikowania nowej ustawy o rolnictwie ekologicznym i produkcji ekologicznej (jest w trakcie procesu legislacyjnego). Z wykazem wszystkich aktów prawnych można zapoznać się, wchodząc na stronę: https://www.gov.pl/web/rolnictwo/akty-prawne2.

Lista jednostek certyfikujących lub organów kontrolnych, upoważnionych do przeprowadzania kontroli i certyfikacji w systemie rolnictwa ekologicznego, zarówno w UE, jak i w państwach trzecich, zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 (Dz.U. L 150/1 z 14.06.2018 r.) dostępna jest na stronie internetowej UE: http://ec.europa.eu/agriculture/ofis_public/index.cfm.

Zgodnie z art. 5 ust. 1 ustawy z dnia 25.06.2009 r. o rolnictwie ekologicznym (Dz. U. z 2019 r., poz. 1353 z późn. zm.), Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi upoważnia, w drodze decyzji, jednostki certyfikujące do przeprowadzenia kontroli oraz wydawania i cofania certyfikatów zgodności w zakresie rolnictwa ekologicznego. Jednostek tych jest w sumie 13, a mianowicie (stan na 19.01.2022 r.):

- EKOGWARANCJA PTRE Sp. z o.o. w Warszawie (PL-EKO-01),
- PNG Sp. z o.o. w Cisowie (p-ta Daleszyce) (PL-EKO-02),
- COBICO Sp. z o.o. w Przebieczanach k. Wieliczki (PL-EKO-03),
- BIOEKSPERT Sp. z o.o. w Warszawie (PL-EKO-04),
- BIOCERT MAŁOPOLSKA Sp. z o.o. w Krakowie (PL-EKO-05),
- Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A. w Warszawie (PL-EKO-06),
- AGRO BIO TEST Sp. z o.o. w Warszawie (PL-EKO-07),
- TÜV Rheinland Polska Sp. z o.o. w Zabrzu (PL-EKO-08),
- Centrum Jakości AgroEko Sp. z o.o. w Warszawie (PL-EKO-09),
- SGS Polska Sp. z o.o. w Warszawie (PL-EKO-10),
- DQS Polska Sp. z o.o. w Warszawie (PL-EKO-11),
- Bureau Veritas Polska Sp. z o.o. w Warszawie (PL-EKO-12),
- Krajowe Centrum Badań i Certyfikacji „Gwarantowana Jakość" Sp. z o.o. w Poznaniu (PL-EKO-13).

Celem tych jednostek jest przeprowadzanie kontroli oraz wydawanie i cofanie certyfikatów zgodności w zakresie:

- ekologicznej uprawy roślin i ekologicznego utrzymania zwierząt,
- zbioru roślin ze stanu naturalnego,
- pszczelarstwa,
- produktów akwakultury i wodorostów morskich,
- przetwórstwa produktów ekologicznych oraz produkcji pasz i drożdży,
- wprowadzania na rynek produktów ekologicznych, w tym importowanych z państw trzecich.

Ogólne zasady ekologicznego chowu zwierząt

Rolnictwo ekologiczne to specyficzny system gospodarowania, oparty na „zrównoważeniu produkcji roślinnej ze zwierzęcą, przy zastosowaniu

środków naturalnych". Jedną z ważniejszych zasad w rolnictwie ekologicznym jest utrzymywanie takiej obsady zwierząt, by nie przekroczyć 170 kg N/rocznie, pochodzącego z nawozów naturalnych, na 1 ha użytków rolnych (UR). Dlatego też obsada zwierzęca nie może przekraczać 2,0 DJP/ha. Z wyjątkiem pszczelarstwa, nie jest możliwy chów ekologiczny zwierząt bez gruntów rolnych. W gospodarstwie można prowadzić jednocześnie ekologiczny i nieekologiczny chów zwierząt, pod warunkiem, że utrzymywane są różne gatunki zwierząt, wyraźnie i skutecznie oddzielone są poszczególne jednostki produkcyjne, tj.: ekologiczne, w okresie konwersji, i nieekologiczne.

Generalnym celem ekologicznych metod produkcji zwierzęcej jest zmniejszenie obciążenia środowiska zanieczyszczeniami pochodzenia „odzwierzęcego" oraz pozyskiwanie produktów pochodzenia zwierzęcego o wysokiej wartości organoleptycznej i odżywczej (żywność ekologiczna), bez zawartości ksenobiotyków.

Główne cele ekologicznego chowu zwierząt to:

- zachowanie optymalnego jakościowo dobrostanu zwierząt;
- właściwe utrzymanie zwierząt (dobre legowiska, dostęp do wybiegów i pastwisk, odpowiednia powierzchnia wypasu itp.);
- utrzymywanie maksymalnej obsady zwierząt w gospodarstwie wg zasady – nie więcej, niż 2,0 DJP na 1 ha UR;
- żywienie zwierząt paszami niezanieczyszczonymi, własnej produkcji lub z innych gospodarstw ekologicznych, wytwarzanymi wyłącznie metodami ekologicznymi;
- leczenie zwierząt tylko metodami naturalnymi, alopatyczne weterynaryjne produkty lecznicze i antybiotyki są stosowane za zgodą jednostki certyfikującej i na odpowiedzialność lekarza weterynarii.

W gospodarstwach ekologicznych można utrzymywać prawie wszystkie gatunki zwierząt gospodarskich: bydło mleczne i mięsne, owce, kozy, koniowate, jeleniowate, trzodę chlewną, drób nieśny i mięsny, króliki, pszczoły. Nie utrzymuje się ekologicznie zwierząt futerkowych, a produkty myślistwa lub rybołówstwa nie są uznawane za produkty ekologiczne [11, 22]. W ekologicznym chowie zwierząt najważniejsze są trzy kryteria: dobór właściwych ras (najlepiej rodzimych), odpowiednie warunki utrzymania (higiena i dobrostan) oraz żywienie paszami „ekologicznymi".

Wg danych IZ-PIB [9, 15], liczba zwierząt objętych programami ochrony zasobów genetycznych w Polsce przekracza obecnie 100 tysięcy (bez pszczelich rodzin), a są to: konie – 7 ras (pogłowie 6,8 tys. klaczy), bydło – 4 rasy (8,5 tys. krów), owce – 15 ras (63,8 tys. samic), kozy – 1 rasa (43 samice), świnie – 3 rasy (2,9 tys. loch), kury – 11 rodów (10,9 tys. samic), gęsi – 14 rodów (5,6 tys. samic), kaczki – 10 rodów (4,0 tys. samic), króliki – 1 rasa (4,0 tys. samic), pszczoły – 5 ras (1,8 tys. rodzin pszczelich). Do znanych ras rodzimych należą m.in. konie: konik polski, koń śląski, koń sokólski, hucuł; bydło: polska czerwona, polska białogrzbieta, polska czerwono-biała; owce: wrzosówka, świniarka, owca olkuska, barwna owca górska; świnie: puławska, złotnicka pstra, złotnicka biała; kury: zielononóżka kuropatwiana, żółtonóżka kuropatwiana, leghorn (G-99,) leghorn (H-22), polbar, sussex (S-66), gęsi: lubelska, kielecka, podkarpacka, kartuska, rypińska, zatorska; kaczki: duński pekin P-8, francuski pekin P-9, polski pekin P-33, mini duck (K-2).

Według danych zagranicznych [21], w 2019 r. w gospodarstwach ekologicznych w Polsce utrzymywano 30 186 szt. bydła (0,5% ogólnej populacji), 4 189 szt. świń (0,04%), 485 153 szt. drobiu (0,4%) i 22 757 szt. owiec (8,5%).

Instytut Zootechniki – PIB [24] prowadzi krajowy rejestr dodatków paszowych dozwolonych w produkcji ekologicznej. Znajdują się w nim:

- dodatki technologiczne – a/ konserwanty: 7 pozycji, b/ przeciwutleniacze: 2 pozycje, c/ emulgatory, stabilizatory, zagęszczacze i substancje żelujące: 2 pozycje, d/spoiwa i środki przeciwzbrylające: 8 pozycji, e/ dodatki do kiszonki – dopuszczone wyłącznie w celu zapewnienia odpowiedniej fermentacji: 92 pozycje;
- dodatki sensoryczne (np. drożdże *Phaffia rhodozyma*, wyciąg z kasztana jadalnego);
- dodatki dietetyczne – a/ witaminy, prowitaminy i chemicznie dobrze zidentyfikowane substancje o podobnym działaniu: 14 pozycji, b/ mieszanki pierwiastków śladowych: 30 pozycji, c/ aminokwasy, ich sole i podobne produkty: 2 pozycje;
- dodatki zootechniczne – enzymy i mikroorganizmy: 96 pozycji.

W 2020 r. ukazała się dostępna także w Internecie obszerna monografia: „Ekologiczny chów zwierząt w świetle nowych przepisów prawnych" [11], w której została szczegółowo omówiona problematyka „zooekologiczna".

Najważniejsze wymogi dla poszczególnych gatunków zwierząt gospodarskich są ujęte w następujących rozdziałach:

- BYDŁO, OWCE, KOZY, KONIOWATE: Żywienie. Pomieszczenia i praktyki gospodarskie. Minimalne powierzchnie w pomieszczeniach, na otwartej przestrzeni dla bydła, owiec, kóz i koniowatych;
- ŚWINIE: Żywienie. Pomieszczenia i praktyki gospodarskie. Minimalne powierzchnie w pomieszczeniach, i na otwartej przestrzeni dla świń;
- JELENIOWATE: Żywienie. Pomieszczenia i praktyki gospodarskie. Obsada i minimalna powierzchnia przestrzeni otwartych w odniesieniu do jeleniowatych;
- DRÓB: Wybór ras i linii. Żywienie. Pomieszczenia i praktyki gospodarskie, dobrostan. Obsada i minimalna powierzchnia pomieszczeń i przestrzeni otwartych w odniesieniu do drobiu: Stada reprodukcyjne kur. Młode kury i koguty typu nieśnego. Kury nioski, w tym linie użytkowane dwukierunkowo – hodowane do produkcji mięsa i jaj, Drób rzeźny *(Gallus gallus*) – brojlery kurze. Drób rzeźny (*Gallus gallus)* – kapłony i pulardy. Drób rzeźny – indyk (*Meleagris gallopavo)* wprowadzany do obrotu w całości przeznaczony do pieczenia lub do dzielenia. Drób rzeźny – perlice (*Numida meleagris f. domestica).* Drób rzeźny – gęsi (*Anser anser domesticus).* Drób rzeźny – kaczki pekin (*Anas platyrhynchos domesticus)*, kaczki piżmowe (*Cairina moschata)* i krzyżówki oraz kaczki mulard (*Cairina moschata* × *Anas platyrhynchos)*;
- KRÓLIKI: Żywienie. Pomieszczenia i praktyki gospodarskie. Obsada i minimalna powierzchnia pomieszczeń i przestrzeni otwartych dla królików;
- PSZCZOŁY: Wybór gatunku, linii i ras. Żywienie. Ochrona zdrowia. Dobrostan pszczół. Pomieszczenia i praktyki gospodarskie.
- Należy nadmienić, że Autorka tego dokumentu uwzględniła nowe zalecenia, wynikające z nowelizacji Ustawy z dnia 25.06.2009 r. o rolnictwie ekologicznym (tj. Dz.U. z 2020 r. poz. 1324), które obowiązują od 1.01.2022 r.

Żywność ekologiczna

Żywność ekologiczna, zwana też biologiczną lub organiczną, i opatrywana skrótami „eko", „bio" – jest określeniem żywności produkowanej metodą

rolnictwa ekologicznego, z dbałością o środowisko naturalne, i dobrostan zwierząt. Wyrażenia: ekologiczne, organiczne i biologiczne – są tożsame, aczkolwiek często nadużywane przez wielu producentów i wytwórców. Wokół żywności ekologicznej krąży również wiele mitów, i tak na przykład określenia: „zdrowa żywność", „żywność naturalna", „żywność prozdrowotna", „slow food" – nie oznaczają żywności ekologicznej. Wymienione pojęcia są używane wyłącznie do celów marketingowych, i mogą opisywać zarówno żywność certyfikowaną, jak i niecertyfikowaną. Produkt ekologiczny zawsze posiada numer certyfikatu i nazwę jednostki certyfikującej. Znakowanie produktów pochodzących z gospodarstw ekologicznych musi spełniać wszelkie wymogi ustawodawstwa krajowego dotyczące danej grupy produktów [9, 22].

W obecnej chwili brak jest wystarczających dowodów na to, że żywność ekologiczna jest zdrowsza, od żywności produkowanej w konwencjonalny sposób [1, 6, 20]. Mimo to, tak w Polsce, jak i w innych krajach Unii Europejskiej, systematycznie wzrasta zapotrzebowanie na żywność ekologiczną (organiczną), w tym również na produkty wytwarzane w gospodarstwach rolnych na bazie lokalnych surowców. Sprzyja temu uwolnienie z dn. 1.01.2022 r. tzw. rolniczego handlu detalicznego.

Z raportu przygotowanego przez Koalicję na Rzecz Rozwoju Rynku Żywności BIO we współpracy z firmą NielsenIQ [16] wynika, że w Europie największe rynki żywności ekologicznej są w Niemczech i we Francji. Jak na tym tle wypada Polska? W 2020 r. polski rynek żywności ekologicznej zajmował 19. miejsce na świecie. Łączna powierzchnia gospodarstw zajmujących się produkcją żywności ekologicznej wynosiła 509 291 ha (3,5% ogólnej powierzchni gruntów rolnych). Liczba przetwórni ekologicznych wynosiła 1022, dominują mikro- oraz mali i średni przedsiębiorcy. W każdym mieście w Polsce powyżej 20 tys. mieszkańców istnieje już sklep z żywnością ekologiczną. W całej Polsce jest 850 sklepów, których średnia powierzchnia wynosi 60 m^2. Z kolei średnia wartość paragonu, to 75 zł – średnia unijna jest wyższa, i wynosi aż 76 Euro. Wartość polskiego rynku żywności ekologicznej to 1,36 mld zł – czyli 0,5 proc. wartości całego rynku spożywczego w Polsce. Rynek ten rozwija się dość dynamicznie, ale w stosunku do krajów „starej" UE nadal stanowi niewielki udział procentowy całego rynku spożywczego. W 2020 roku, w porównaniu do 2019 roku, war-

tość tego rynku wzrosła o 10 proc. Inne trendy widoczne w tym segmencie żywności to wyraźna poprawa dostępności produktów z wykorzystaniem *e-commerce* (handel elektroniczny). Poza tym systematycznie zwiększa się udział produktów świeżych w sprzedaży oraz zauważalny jest wzrost sprzedaży produktów pochodzenia roślinnego. W branży mleczarskiej produkty ekologiczne znajdują się w ofercie dużych podmiotów gospodarczych, takich jak np. Bakoma, Ehrmann, Grupa Mlekovita, Piątnica (OSM). Oprócz asortymentu producenckiego, swoje marki wdrażają podmioty handlowe, np. Go Bio (Biedronka), K-Bio (Kaufland) czy Bio-organic (Lidl). Co ważne, pandemia SARS-Cov-2 przyspieszyła rozwój tego rynku [8]. W branży mięsnej z kolei, poza rozwojem ekologicznej produkcji wołowiny, nie zauważa się podobnych trendów w produkcji wieprzowiny, czy też mięsa drobiowego. W ostatnich kilku latach rośnie natomiast produkcja i sprzedaż ekologicznych jaj kurzych (bio, organiczne, pastwiskowe), pomimo 2-3 krotnie wyższych cen detalicznych za ten produkt, w porównaniu do jaj fermowych [12].

Osobnym zagadnieniem są opakowania produktów ekologicznych, szczególnie wyrobów mleczarskich, mięsa i jego przetworów. Powinny one także być ekologiczne, czyli biodegradowalne, ale jednocześnie muszą zapewnić bezpieczeństwo żywności. W wielu krajach, w tym w Polsce, wciąż trwają prace badawcze i rozwojowe w tym zakresie, a wśród eko-trendów należy wymienić wykorzystanie biokompozytów biodegradowalnych (na bazie polimerów PHA i PLA) do produkcji tacek do pakowania mięsa mielonego oraz tzw. opakowania aktywne i opakowania inteligentne. Niestety, mogą one znacznie podnieść cenę detaliczną produktu [3].

Warto wspomnieć, iż producenci żywności ekologicznej na terenie całej UE zobowiązani są do stosowania wspólnotowego logo. We wszystkich krajach UE od 1 lipca 2010 r. obowiązuje nowe logo, tj. „euro-liść", czyli 12 gwiazdek ułożonych w kształcie liścia, znajdujących się na zielonym lub czarno-białym tle (rys.).

Ważnym wydarzeniem w rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce było powołanie w 2018 r. Polskiej Izby Żywności Ekologicznej (PIŻE) w Warszawie. Jest to organizacja sektorowa, zrzeszająca rolników, hodowców, producentów, przetwórców i sprzedawców branży certyfikowanej żywności ekologicznej. Jest członkiem IFOAM. Misją PIŻE jest propago-

Rys. Unijne logo żywności ekologicznej („euroliść")

wanie zrównoważonego stylu życia, i szeroka edukacja społeczeństwa na temat walorów zdrowotnych produktów ekologicznych oraz sposobu uprawy roślin, produkcji zwierzęcej i przetwórstwa biożywności. Warto dodać, że członkiem Polskiej Izby Żywności Ekologicznej jest OrganicHouse Sp. z o.o. – organizacja zrzeszająca przedstawicieli rynku żywności ekologicznej (rolników, przetwórców, handlu detalicznego i hurtowników). Obecnie, jak wszyscy zrzeszeni w PIŻE, firma ta wspiera kampanię propagującą zrównoważoną produkcję, dystrybucję i konsumpcję żywności ekologicznej JEMY EKO. Ważną rolę promocyjną i naukową odgrywają corocznie organizowane kongresy Polskiego Forum Żywności Ekologicznej [26].

Na rzecz rozwoju rolnictwa ekologicznego działa również Polskie Stowarzyszenie Rolnictwa Zrównoważonego ASAP. Jest to niekomercyjna organizacja skupiająca grupy firm i osób reprezentujących różne branże łańcucha żywnościowego. Stowarzyszenie podejmuje szereg działań na rzecz promocji, edukacji i współpracy w obszarze zrównoważonego rolnictwa, i zrównoważonej żywności w Polsce [13, 17, 19]. Należy tu także wymienić nowo powstałą organizację *VERUS* Związek Hodowców Zwierząt i Producentów Sektora Rolno-Spożywczego. Stowarzyszenie to ma w programie działania w zakresie ekologizacji produkcji zwierzęcej i promocji „naturalnie zdrowego stylu życia" Polaków [28].

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza obecnego stanu rolnictwa ekologicznego w kraju (w tym chowu zwierząt), wskazuje na pewne zagrożenia dla jego dalszego rozwoju, i jednocześnie zwraca uwagę na dobre perspektywy w przyszłości, czemu sprzyjać będzie nowe rozporządzenie Parlamentu Europejskiego

i Rady (UE) 2018/848 z dn. 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych, obowiązujące od 01.01.2022 roku.

W opinii właścicieli gospodarstw ekologicznych jedną z przyczyn słabego rozwoju tej formy produkcji roślinnej i zwierzęcej jest nadmierna liczba aktów prawnych oraz instytucji kontrolnych, a także niska opłacalność i brak zorganizowanego rynku ekoproduktów żywnościowych. W opinii konsumentów natomiast głównym powodem słabego zainteresowania ekoproduktami jest ich relatywnie wysoka cena, mała dostępność, a także trudności w ich rozpoznawaniu, przy niedostatecznej ich prezentacji (ekspozycji) w miejscu sprzedaży.

Nowe wyzwania dla rozwoju rolnictwa ekologicznego wiążą się z decyzją Komisji Europejskiej, która w dniu 11 grudnia 2019 r. opublikowała komunikat w sprawie tzw. Europejskiego Zielonego Ładu i strategii „od pola do stołu". W dniu 25 marca 2021 r. Komisja Europejska opublikowała plan działania na rzecz rozwoju produkcji ekologicznej, jego ogólnym celem jest zwiększenie produkcji, i konsumpcji produktów ekologicznych, oraz przeznaczenie pod uprawy ekologiczne do 2030 r. 25% użytków rolnych we wszystkich państwach UE. Przyszła Wspólna Polityka Rolna UE (WPR) będzie obejmować tzw. ekoprogramy, które – w zależności od wyniku negocjacji – będą dysponowały budżetem w wysokości od 38 do 58 mld EUR w latach 2023-2027. Ekoprogramy będzie można wykorzystać do pobudzenia rozwoju rolnictwa ekologicznego, w tym chowu zwierząt w tych gospodarstwach.

PIŚMIENNICTWO

1. BARAŃSKI M., REMPELOS L., IVERSEN P.O., LEIFERT C., 2017 – Effects of organic food consumption on human health; the jury is still out! ***Food & Nutrition Research*** 61(1), 1287333.
2. BARŁOWSKA J., WOLANCIUK A., IDEC J., 2017 – Rolnictwo ekologiczne w Polsce na tle Unii Europejskiej i świata. ***Przegląd Hodowlany*** 85(2), 1-4.
3. BARTKOWIAK A., 2021 – Eko-trendy w opakowaniach produktów mięsnych. Kongres Technologów, Działów Rozwoju i Jakości Branży Mięsnej. ***MEATing*** (ONLINE 26-27.01.2021).

4. DOMAGALSKA J., BUCZKOWSKA M., 2015 – Rolnictwo ekologiczne – szanse i perspektywy rozwoju. ***Problemy Higieny i Epidemiologii*** 96(2), 370-376.
5. DUDA-KRYNICKA M., JASKÓLECKI H., 2010 – Historia i perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce. ***Problemy Ekologii*** 14(2), 85-92.
6. GLIBOWSKI P., 2020 – Organic food and health. ***Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*** 71(2), 131-136.
7. GÓRNY M., 1992 – Ekofilozofia rolnictwa. Wyd. CEEW, Krosno.
8. GÓRSKA J., 2019 – Produkty ekologiczne – ekologiczna nuta. ***Forum Mleczarskie Handel*** 4, 95-96.
9. KRUPIŃSKI J., RADOMSKI P., MOSKAŁA P., MIKOSZ P.M., PALECZNY K., 2017 – Certyfikacja surowców i produktów ras rodzimych. ***Wiadomości Zootechniczne*** 5, 210-218.
10. KUŚ J., JOŃCZYK K., 2009 – Development of Organic Farming in Poland. ***Journal of Research and Applications in Agricultural*** 54 (3), 178-182.
11. LITWINOW A., 2020 – Ekologiczny chów zwierząt w świetle nowych przepisów prawnych. Wyd. CDR Radom.
12. MARĆ-PIEŃKOWSKA J., 2021 – Ekologiczna produkcja jaj – zasady, certyfikaty, kontrole, opłacalność produkcji. ***Hodowca Drobiu*** 4, 10-12.
13. MARSZAŁEK A., 2018 – Rolnictwo i żywność ekologiczna jako szansa dla zrównoważonego rozwoju obszarów. ***Problemy Drobnych Gospodarstw Rolnych*** 4, 51-68.
14. PAULL J., 2010 – From France to the World: The International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). ***Journal of Social Research & Policy*** 1(2), 93-102.
15. POLAK G., 2020 – Znaczenie i zasady ochrony lokalnych ras zwierząt gospodarskich. Mat. IZ-PIB Kraków.
16. PRZYBYLAK K., ŻAKOWSKA-BIEMANS S., DYRDA M., DRZEWOSZ K., 2021 – Żywność ekologiczna w Polsce. Wyd. Koalicja na Rzecz Rozwoju Rynku Żywności BIO we współpracy z NielsenIQ, Warszawa.
17. SOKOŁOWICZ Z., TOPCZEWSKA J., 2016 – Chów zwierząt w gospodarstwach ekologicznych w aspekcie zrównoważonego rozwoju. ***Polish Journal for Sustainable Development*** 20, 169-176.
18. SZAŁDA M., 2011 – Liczba gospodarstw ekologicznych w Polsce znowu rośnie (raport). Wyd. ŚODR Modliszewice, 1-2.
19. ŚLĘCZKA K., BOJAŃCZYK M., KOPYŚĆ A., SKWARZEC M., SUCHECKI K., 2021 – Zrównoważona żywność w Polsce. Wyd. Accenture ASAP Warszawa.

20. ŚREDNICKA-TOBER D., BARAŃSKI M., SEAL C., SANDERSON R., BENBROOK C., STEINSHAMN H., GROMADZKA-OSTROWSKA J., REMBIAŁKOWSKA E., SKWARŁO-SOŃTA K., EYRE M., COZZI G., KROGH LARSEN M., JORDON T., NIGGLI U., SAKOWSKI T., CALDER P.C., BURDGE G.C., SOTIRAKI S., STEFANAKIS A., YOLCU H., STERGIADIS S., CHATZIDIMITRIOU E., BUTLER G., STEWART G., LEIFERT C., 2016 – Composition differences between organic and conventional meat: a systematic literature review and meta-analysis. ***British Journal of Nutrition*** 115(6), 994-1011.
21. TRAVNICEK J., WILLER H., SCHAACK D., 2021 – Organic Farming and Market Development in Europe and the European Union. In: The World Organic of Agriculture. Statistic and Emerging Trends. Ed. Plump Druck & Medien GmbH Rheinbreitbach, Germany.
22. WRÓBLEWSKA M., 2015 – Zarządzanie gospodarstwem ekologicznym. Wyd. ODR Szepietowo.
23. Współczesne rolnictwo ekologiczne, 1999 – 75 lat rolnictwa biodynamicznego Rudolfa Steinera. [w]: ***Zeszyty Naukowe AR Wrocław***, Bożena Chudoba-Drozdowska, Witold Janeczek (red.), 361.
24. Wykaz dodatków paszowych do ekologicznej produkcji zwierzęcej. Wyd. IZ-PIB Kraków, Zał. Nr 5 (stan: grudzień 2019).
25. ŻELEZIK M., 2009 – Dlaczego rolnictwo ekologiczne? ***Rocznik Świętokrzyski, seria B – Nauki Przyrodnicze*** 30, 155-166.
26. https://organic24.pl/blog/pize-polska-izba-zywnosci-ekologicznej.html (*dostęp 3.05.2022*)
27. http://www.minrol.gov.pl/Jakosc-zywnosci/Rolnictwo-ekologiczne/Rolnictwo-ekologiczne-w-Polsce (*dostęp 6.06.2016*)
28. https://www.trademarkelite.com/europe/trademark/trademark-detail/018454313/flexi-vege-NATURALNIE-ZDROWY-STYL-ŻYCIA (*dostęp 30.04.2022*)

Akwakultura zachowawcza jako narzędzie ochrony ichtiofauny

prof. dr hab. Zdzisław Zakęś[1],
prof. dr hab. Krystyna Demska-Zakęś[2]

Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza,
[1] Zakład Akwakultury,
ul. Oczapowskiego 10, 10-719 Olsztyn, z.zakes@infish.com.pl
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
[2] Katedra Ichtiologii i Akwakultury,
ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn, krysiadz@uwm.edu.pl

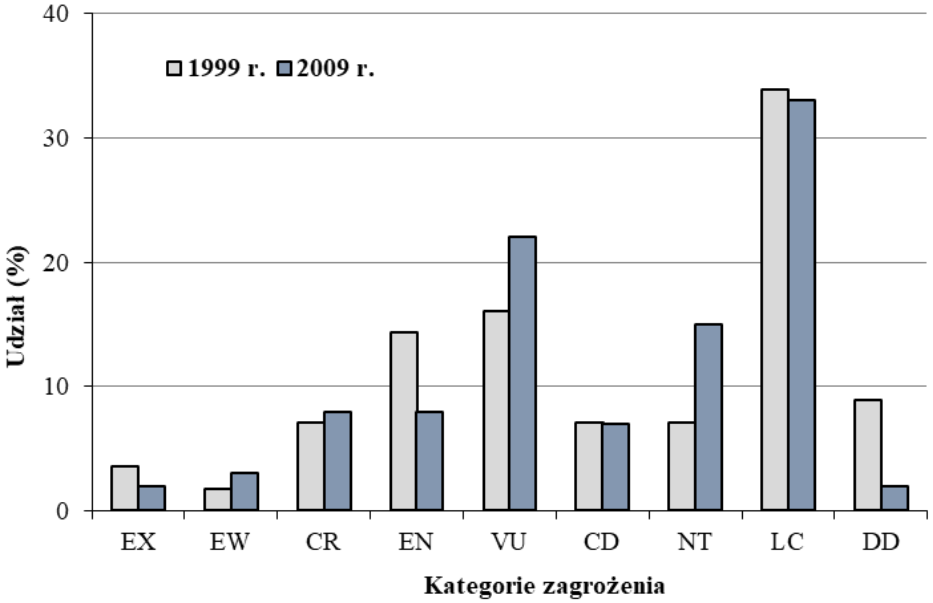
Wprowadzenie

Akwakultura jest postrzegana głównie jako sektor produkcji ryb lub innych organizmów wodnych. W istocie, tego rodzaju działalność, tzw. akwakultura towarowa, jest dominująca, szczególnie w kategoriach gospodarczych i finansowych. Coraz większe znaczenie przypisuje się jednak akwakulturze zachowawczej, która nastawiona jest na produkcję materiału zarybieniowego naszych rodzimych gatunków ryb. W wodach śródlądowych Polski występują 83 gatunki ichtiofauny, a liczba naszych rodzimych gatunków została określona na 63 taksony [26]. Najliczniejsza rodzina ryb – ryby karpiowate – reprezentowana jest przez 30 gatunków [14]. Zmiany antropogeniczne, a głównie zanieczyszczenie środowiska, zabudowa hydrotechniczna i regulacje cieków wodnych, wprowadzanie obcych gatunków, nadmierne połowy wędkarskie i komercyjne, przyczyniły się do tego, że liczebność wielu populacji uległa istotnej redukcji, a czasami nawet są one zagrożone wyginięciem [15, 26]. Zaznaczyć należy, że Polska, jako sygnatariusz umów międzynarodowych, ma określone zobowiązania dotyczące ochrony bioróżnorodności, w tym rodzimej ichtiofauny. Do najbardziej istotnych należy zaliczyć: (1) Konwencję z Rio de Janeiro, dotyczącą zachowania

różnorodności gatunków (ratyfikowana przez Polskę w 1996 r.); (2) Konwencję Waszyngtońską CITES (ang. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), o zasadach regulacji handlu dzikimi gatunkami roślin i zwierząt zagrożonych wyginięciem (podpisana w 1989 r.); (3) Konwencję Bońską, dotyczącą ochrony gatunków wędrownych (obowiązuje od 1996 r.), (4) Konwencję Helsińską, HELCOM (Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku), w zakresie monitorowania oraz ochrony środowiska naturalnego Morza Bałtyckiego (w Polsce obowiązuje od 2000 r.); (5) Konwencję Berneńską, o ochronie gatunków dzikiej flory i fauny europejskiej oraz ich siedlisk (podpisana w 1996 r.). Regulacje te dotyczą głównie gatunków ryb wędrownych, ale po wejściu Polski do struktur Unii Europejskiej, nasz kraj został zobowiązany do utworzenia na swoim terytorium Europejskiej Sieci Obszarów Chronionych „Natura 2000". W Dyrektywach UE dotyczących zachowania siedlisk przyrodniczych oraz gatunków ważnych dla UE wymienione są 23 gatunki naszej ichtiofauny [14]. Ocena stanu zasobów rodzimej ichtiofauny z uwzględnieniem kryteriów Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody i Jej Zasobów (IUCN), odnosząca się do stopnia zagrożenia wyginięciem danego gatunku wykazała, że aż 38% z nich należy do najwyższych kategorii zagrożenia (rys. 1) [25, 26]. Jednym z elementów ochrony bioróżnorodności jest zarybianie wód otwartych, a produkcja materiału zarybieniowego prowadzona jest w obiektach akwakultury.

Zarybienia cieków naturalnych

Struktura produkcji materiału zarybieniowego, tak ilościowa, jak i jakościowa, determinowana jest wieloma czynnikami o charakterze środowiskowym, technicznym, rynkowym i społecznym. Wszystkie one decydują o popycie i podaży na dany gatunek, czy jego sortyment. Generalnie, istnieje sprzężenie zwrotne pomiędzy produkcją akwakultury zachowawczej a zarybieniami realizowanymi przez podmioty użytkujące wody otwarte. Zarybienia wód otwartych mogą mieć różny charakter i cele [16]. Europejska Komisja Doradcza ds. Rybactwa Śródlądowego przy Organizacji Wyżywienia i Rolnictwa ONZ (EIFAC/FAO), zdefiniowała następujące cele zarybień wód otwartych: (1) kompensację, czyli wyrównanie strat w pogłowiu ryb będących efektem antropopresji, (2) utrzymanie, stawiające za cel



Objaśnienia: EX – gatunek wymarły (ang. *extinct*), EW – gatunek wymarły na wolności (ang. *extinct in the wild*), CR – gatunek krytycznie zagrożony (ang. *critically endangered*), EN – gatunek zagrożony (ang. *endangered*), VU – gatunek narażony (ang. *vulnerable*), CD – gatunek zależny od ochrony (ang. *conservation dependent*), NT – gatunek bliski zagrożeniu (ang. *near threatened*), LC – gatunek najmniejszej troski (ang. *least concern*), DD – gatunek, o którym dane są niedostateczne (ang. *data deficient*) (n = 63)

Rys. 1. Udział rodzimych gatunków ichtiofauny w kategoriach zagrożenia zdefiniowanych przez IUCN [25, 26]

stabilizację połowów na niezmienionym poziomie, (3) zwiększenie, ukierunkowane na wzrost połowów danego gatunku, (4) „*put-and-take*" – głównie model wędkarski typu „wpuść i wyłów", (5) „*put-grow-and-take*" – cel podobny do poprzedniego (4), ale odłów jest zakładany z pewnym przesunięciem czasowym, (6) repopulację, wprowadzenie gatunku, który zniknął ze środowiska/akwenu, (7) zwiększenie bioróżnorodności ekosystemu, (8) wypełnienie – wprowadzenie gatunku celem wykorzystania wolnej niszy pokarmowej, (9) dostarczenie bazy pokarmowej innym gatunkom, (10)

kontrolę liczebności tzw. ryb małocennych, rozwijających się nadmiernie w efekcie zmian w środowisku, (11) poprawę jakości środowiska, głównie poprzez wpływ zarybień danym gatunkiem na inne gatunki ichtiofauny, (12) ochronę ekosystemu w kontekście utrzymania równowagi w składzie ichtiocenozy. Z tego zestawienia widać jednoznacznie, że zarybienia mają nie tylko cele gospodarcze (cel 1, 2, 3, 4, 5), ale również prośrodowiskowe (cel 1, 6, 7, 10, 11, 12).

Zarybienia otwartych śródlądowych wód płynących (jezior, rzek i zbiorników zaporowych), prowadzone przez ich rybackich użytkowników, charakteryzują się dużą różnorodnością gatunkową. W latach 2001-2009 wprowadzono do nich 23 gatunki ryb oraz dwa gatunki raków [16]. Z kolei z najnowszych danych (2020 r.) wynika, że liczba gatunków ryb wzrosła do 27 [17]. W 2020 r. 40 tys. ha wód użytkowanych rybacko było zarybiane szczupakiem (*Esox lucius*; 85% tej powierzchni), węgorzem europejskim (*Anguilla anguilla*; 52%), linem (*Tinca tinca*; 50%), sandaczem (*Sander lucioperca*; 48%), karpiem (*Cyprinus carpio*; 33%), jaziem (*Leuciscus idus*; 28%) i sumem europejskim (*Silurus glanis*; 25%) [17]. Udział pozostałych gatunków wynosił od poniżej 24% do 0,6% (głowacica; *Hucho hucho*). O ile zarybienia dominującymi gatunkami mają przede wszystkim znaczenie gospodarcze (cel zarybień 1, 2, 3), o tyle wprowadzanie do naszych wód takich gatunków jak np. sieja (*Coregonus lavaretus*), certa (*Vimba vimba*), pstrąg potokowy (*Salmo trutta* m. *fario*), lipień (*Thymallus thymallus*) i troć jeziorowa (*Salmo trutta* m. *lacustris*), ma na celu głównie utrzymanie/zwiększenie bioróżnorodności ekosystemów (cel 7, 11, 12). Wartości zarybień rybami łososiowatymi [łosoś atlantycki (*Salmo salar*), troć wędrowna (*Salmo trutta* m. *trutta*), pstrąg potokowy, lipień], w 2020 roku przekroczyły wartość 50 zł/ha cieków zarybianych tymi gatunkami. Wynikało to z wysokiej ceny materiału zarybieniowego tych gatunków, i niewielkiej powierzchni cieków nimi zarybianych. Wśród gatunków dominujących w zarybieniach (pod kątem liczby materiału i powierzchni zarybianych akwenów), wartość zarybień na 1 ha powierzchni zarybianych wód wynosiła: szczupak – ok. 30 zł/ha, węgorz – ok. 22 zł/ha, sandacz – ok. 20 zł/ha, i lin – ok. 14 zł/ha [17]. O tym, że zarybienia mają nie tylko cele *stricte* gospodarcze, dowodzi zestawienie przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1
Zestawienie dotyczące wybranych elementów gospodarki rybackiej prowadzonej na śródlądowych wodach płynących w Polsce w 2020 roku (dane z 393657,6 ha wód otwartych; opracowano na podstawie danych Mickiewicza i in. [17])

Gatunek	Udział w całkowitej wartości zarybień (%)[1]	Udział w całkowitej wartości odłowów rybackich (%)[2]	Udział w całkowitej wielkości odłowów wędkarskich (%)[3]
Szczupak (*Esox lucius*)	23,18	12,47	12,30
Węgorz europejski (*Anguilla anguilla*)	10,36	17,60	0,65
Sandacz (*Sander lucioperca*)	8,78	14,96	6,48
Pstrąg potokowy (*Salmo trutta* m. *fario*)	6,93	0,03	0,40
Lin (*Tinca tinca*)	6,16	6,76	3,31
Sieja (*Coregonus lavaretus*)	5,32	1,04	0,01
Karp (*Cyprinus carpio*)	5,29	0,86	7,54
Sielawa (*Coregonus albula*)	4,66	19,24	0,00
Troć wędrowna (*Salmo trutta* m. *trutta)*	4,57	0,79	0,15
Jaź (*Leucicus idus*)	3,62	0,02	1,63

[1] całkowita wartość zarybień – 43286057,55 zł; [2] całkowita wartość odłowów rybackich 20680254,93 zł; [3]wielkość połowów wędkarskich z 142 tys. ha wód

Porównując udział danych gatunków w całkowitych zarybieniach, a także odłowach rybackich i sportowych, można wyciągnąć następujące wnioski. Takie gatunki jak: sieja, sielawa (*Coregonus albula*), węgorz, sandacz i lin, wprowadza się do wód głównie w celu prowadzenia nimi gospodarki rybackiej (odłowów). Z kolei zarybienia pstrągiem potokowym, karpiem i jaziem, realizowane są głównie z myślą o połowach sportowych (wędkarskich). Zarybienia szczupakiem i trocią wędrowną mają przesłanki zarówno gospodarcze, jak i wędkarskie [17]. Należy też zaznaczyć, że gatunki takie jak: węgorz, sielawa, sieja i troć wędrowna, należą do grupy zagrożonych wyginięciem, tak więc zarybianie nimi ma ogromny wkład w utrzymywanie bioróżnorodności polskich wód [14, 26].

Restytucja ryb wędrownych

Jednym z celów zarybień jest repopulacja, czyli wprowadzenie gatunku, który zniknął ze środowiska [16]. Przykładem mogą być realizowane w Polsce programy restytucji łososia atlantyckiego i jesiotra ostronosego (*Acipenser oxyrinchus*), których istotnym elementem są metody *ex situ*. Działania te, prowadzone w obiektach akwakultury zachowawczej, polegają m.in. na tworzeniu stad tarłowych i produkcji materiału zarybieniowego ww. gatunków, celem ich wprowadzania do naturalnych cieków wodnych, i odbudowy populacji. Przyjmuje się, że łosoś atlantycki w dorzeczu Wisły wyginął w latach 60. XX wieku, a w dorzeczu Odry w latach 70. XX wieku [4]. Działania związane z restytucją tego gatunku podjęto pod koniec lat 80. XX wieku, na bazie materiału zarybieniowego pochodzącego z rzeki Daugava (Dźwina Zachodnia; Łotwa). W warunkach akwakultury utworzono stado tarłowe, wykorzystywane do produkcji materiału zarybieniowego tego gatunku. Efekty działań zarybieniowych widoczne były od 1997 roku, kiedy to w rzekach przymorskich zaczęto łowić pierwsze tarlaki łososia, wstępujące na tarło [4]. Obecnie, program restytucji bazuje na stadzie tarłowym łososia hodowlanego, przetrzymywanego w obiektach akwakultury. Podstawą opracowania technologii produkcji materiału zarybieniowego, selektów i tarlaków łososia, była technologia produkcji gatunku istotnego dla polskiej akwakultury towarowej, a mianowicie pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*).

W ostatnich latach opracowano plan działania na rzecz ochrony i restytucji jesiotra ostronosego, innego gatunku anadromicznego (poza łososiem), który również zniknął z naszych wód w XX wieku (fot. 1, 2) [11, 13]. Plan ten obejmuje lata 2019-2029 i ma charakter międzynarodowy, a Polska jest jednym z jego głównych wykonawców. Zakłada on ochronę *ex situ* i *in situ*. Ta pierwsza jest ściśle związana z akwakulturą. Obejmuje kontrolowany rozród, produkcję materiału zarybieniowego oraz hodowlę selektów i stada tarłowego jesiotra ostronosego, w obiektach akwakultury.

Odnotować należy, że technologie te należało opracować od podstaw, ponieważ gatunek ten nie był obiektem prac badawczych dotyczących tego zakresu. Okazało się też, że jego wymagania środowiskowe zdecydowanie odbiegają od innych gatunków ryb jesiotrowatych, które są produkowane

Fot. 1. Zarybianie wód otwartych narybkiem jesiotra ostronosego (*Acipenser oxyrinchus)* (fot. A. Kapusta)

Fot. 2. Implantacja nadajników telemetrycznych jesiotrowi ostronosemu (*Acipenser oxyrinchus*) przed jego zarybieniem (fot. A. Kapusta)

Fot. 3. Ikra ryb jesiotrowatych (*Acipenseridae*) w aparatach inkubacyjnych funkcjonujących w systemach RAS (fot. M. Hopko)

w polskiej akwakulturze towarowej [13]. Głównie jest to jesiotr syberyjski (*Acipenser baerii*), którego hodowla w ostatnich latach dynamicznie się rozwija (fot. 3) [6].

Zaznaczyć warto, że opracowanie kompleksowej biotechniki produkcji jesiotra ostronosego nie byłoby możliwe bez wdrożenia technologii systemów recyrkulacyjnych [ang. *recirculation aquaculture systems* (RAS)] do akwakultury. Bez dysponowania tego rodzaju urządzeniami *de facto* niemożliwe byłoby opracowanie kluczowych elementów technologii produkcji materiału zarybieniowego jesiotra ostronosego, a mianowicie pozyskiwanie produktów płciowych i podchów wylęgu tego gatunku [13].

Jak wspomniano na wstępie, Polska jest sygnatariuszem umów międzynarodowych, dotyczących ochrony bioróżnorodności ekosystemów wodnych. W związku z tym realizacja programów restytucji ryb wędrownych jest finansowana z budżetu państwa [8]. Realizowany jest Program Zary-

biania Polskich Obszarów Morskich, na który od 2020 roku przeznaczano od 2,9 do 5,0 mln zł. Z tego, 70-80% budżetu stanowiły koszty zakupu materiału zarybieniowego łososia i troci wędrownej (wprowadzonego do ponad 20 rzek północnej i południowej Polski), a pozostałe 20-30% przeznaczano na materiał zarybieniowy innych gatunków (jesiotr ostronosy, certa i sieja), a także na znakowanie ryb i badania efektywności zarybień [8]. Produkcją materiału zarybieniowego ryb dwuśrodowiskowych zajmują się jednostki naukowe (opracowujące podstawy technologiczne), a także komercyjne podmioty prowadzące działalność w zakresie akwakultury zachowawczej.

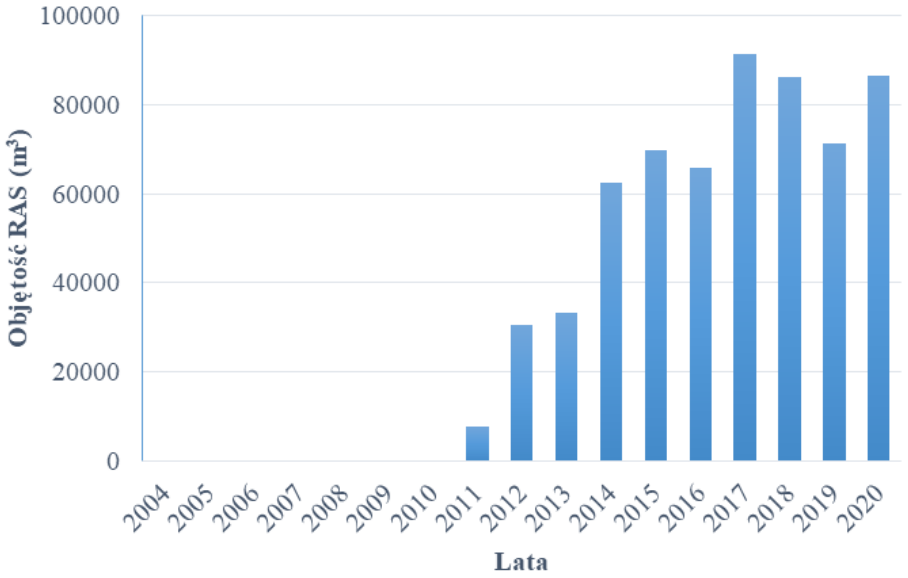
Technologie produkcji materiału zarybieniowego w akwakulturze zachowawczej

Materiał zarybieniowy produkowany jest głównie w stawach ziemnych [30, 31]. Jest to tzw. metoda tradycyjna, która ma szereg ograniczeń. Jej efekty w dużej mierze determinowane są warunkami atmosferycznymi panującymi w danym roku, a wielkość produkcji jest mało przewidywalna. Dodatkowo bazuje ona na tarle naturalnym, często z wykorzystaniem tzw. dzikich reproduktorów, pozyskiwanych z wód otwartych, bardzo podatnych na stres pomanipulacyjny, co również może wpływać niekorzystnie na jego efekty. Kamieniem milowym w rozwoju akwakultury zachowawczej było wdrożenie w licznych obiektach polskiej akwakultury technologii zamkniętych obiegów wody – RAS (fot. 4, 5) [3]. Stało się to możliwe dzięki finansowemu wsparciu polskiego sektora akwakultury w ramach programów pomocowych Unii Europejskiej. W latach 2004-2019 całkowita kubatura systemów RAS zwiększyła się z 280 do 86321 m^3, a ich liczba z 66 do 447 RAS (dane IRS w Olsztynie; rys. 2).

Urządzenia RAS, wyposażone w systemy uzdatniania wody (m.in. filtry mechaniczne, biologiczne, wytwornice tlenu, termoregulatory, komory UV), dają możliwość pełnej kontroli zarówno parametrów fizycznych i chemicznych, jak i sanitarnych. Możność sterowania warunkami środowiskowymi stworzyła perspektywy opracowania protokołów stymulacji środowiskowej (temperatura wody i fotoperiod) i hormonalnej tarlaków tych gatunków ryb, które do tej pory nie były rozradzane [29]. Wyposażenie wylęgarni

Fot. 4. Wnętrze hali do podchowu materiału zarybieniowego wyposażonej w cztery systemy recyrkulacyjne (fot. Z. Zakęś)

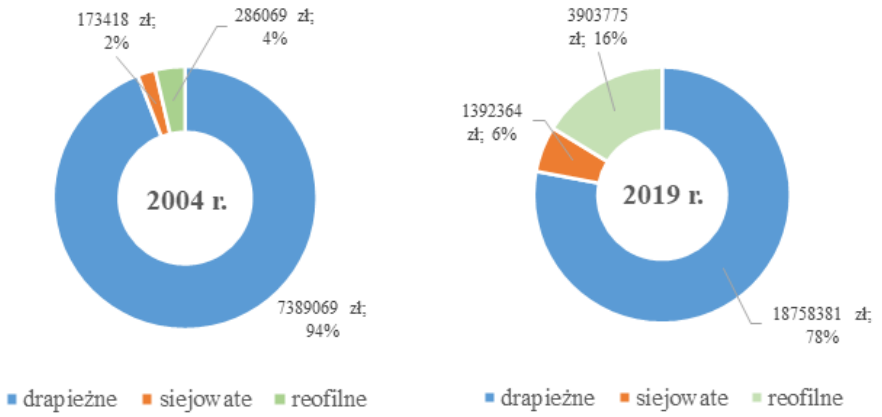
Fot. 5. Wnętrze jednego z basenów podchowowych wchodzących w skład RAS z selektami sandacza hodowlanego (*Sander lucioperca*) (fot. Z. Zakęś)



Rys. 2. Objętość RAS użytkowanych w obiektach polskiej akwakultury (opracowano na podstawie danych IRS w Olsztynie)

w RAS pozwoliło na sterowanie terminem klucia wylęgu, i utrzymywania parametrów wody w przedziałach optymalnych dla danych gatunków [5, 31]. Pozwoliło to istotnie poprawić efektywność pracy wylęgarni ryb. Co więcej, dla wielu tzw. trudnych technologicznie rodzimych gatunków ryb, np. ryb okoniowatych i karpiowatych ryb reofilnych, opracowano technologie podchowu wylęgu, i stadiów młodocianych w systemach RAS [31].

Zaprojektowanie technologii podchowu wczesnych stadiów rozwojowych ryb w RAS stworzyło też podstawy do implementacji technologii multitroficznych, czy też zintegrowanych (np. RAS → stawy ziemne). Wykorzystanie systemów RAS w akwakulturze zachowawczej skutkowało nie tylko wzrostem wielkości produkcji materiału zarybieniowego, ale również zwiększeniem różnorodności gatunkowej i sortymentowej. Przykładem mogą być gatunki karpiowatych ryb reofilnych, których udział, po implementacji RAS i opracowaniu technologii kontrolowanego rozrodu, w ostatnich latach znacząco wzrósł (rys. 3).



Rys. 3. Wartość i udział procentowy poszczególnych grup gatunków ryb w całkowitej produkcji polskiej akwakultury zachowawczej w 2004 i 2019 roku (opracowano na podstawie danych IRS w Olsztynie; całkowita wartość w 2004 roku – 7848555 zł, w 2019 roku – 24054520 zł). Objaśnienia: ryby drapieżne: miętus (*Lota lota*), okoń (*Perca fluviatilis*), sandacz (*Sander lucioperca*), szczupak (*Esox lucius*), sum europejski (*Silurus glanis*); ryby siejowate: sieja (*Coregonus lavaretus*), sielawa (*Coregonus albula*); karpiowate ryby reofilne: boleń (*Aspius aspius*), brzana (*Barbus barbus*), certa (*Vimba vimba*), jaź (*Leuciscus idus*), jelec (*Leuciscus leuciscus*), kleń (*Squalius cephalus*), świnka (*Chondrostoma nassus*).

Wyzwania stojące przed akwakulturą zachowawczą

Tradycyjna metoda produkcji stawowej, oprócz swoich wad, ma także pewne zalety. Zazwyczaj do rozrodu wykorzystywane są tarlaki pozyskiwane z wód, które użytkuje dane gospodarstwo rybackie, a wyprodukowany materiał zarybieniowy trafia do cieków użytkowanych przez ten podmiot. Takie rozwiązanie minimalizuje wystąpienie zjawiska depresji outbredowej, które ma miejsce, gdy do wód wprowadzamy materiał pozyskany z innej, izolowanej populacji. W rezultacie zmian implikowanych depresją outbredową obniża się kondycja danej populacji, co może skutkować redukcją jej liczebności, a nawet wyginięciem [2]. Z innych zagrożeń, które występują w obiektach produkujących materiał zarybieniowy,

należy wymienić depresję inbredową. Zjawisko to występuje szczególnie w przypadku, gdy dany obiekt wylęgarniczy dysponuje stadami ryb o zbyt niskiej liczebności, np. w przypadku prowadzenia zabiegów restytucyjnych [11, 22]. W pracach związanych z domestykacją danych gatunków, selekcją w kierunku ich udomowienia, występowanie depresji inbredowej jest dość powszechne i korzystne w przypadku akwakultury towarowej, nastawionej na produkcję ryb wielkości konsumpcyjnej. Jednak w sytuacji, gdy dany obiekt akwakultury jest nastawiony na produkcję materiału zarybieniowego wprowadzanego do wód otwartych, może ona prowadzić do zaniku warunkowanych genetycznie mechanizmów adaptacji ryb do specyficznych warunków środowiskowych danej zlewni. W efekcie selekcji ryb w kierunku udomowienia danego gatunku/populacji, utracone mogą zostać geny warunkujące odporność na patogeny charakterystyczne dla danej zlewni [1]. Niewątpliwie, obiekty akwakultury zachowawczej, produkujące materiał zarybieniowy, powinny wdrażać procedury wylęgarnicze skutkujące minimalizowaniem zagrożeń genetycznych, w tym obniżaniem zmienności genetycznej takiego materiału.

Warunki środowiskowe, w tym pokarmowe i sanitarne, panujące w czasie podchowu materiału zarybieniowego w stawach ziemnych (metoda tradycyjna), w zasadzie w dużej mierze odpowiadają tym, z jakimi spotyka się on po wsiedleniu do wód naturalnych. Z kolei produkcja materiału w systemach RAS wymaga stosowania bardziej złożonych procedur bioasekuracji, i prowadzenia zabiegów profilaktycznych [5]. Mikrobiota w danym RAS, znacząco różni się od tego występującego w ciekach naturalnych. W rezultacie materiał zarybieniowy wyprodukowany w RAS, może być bardziej podatny na specyficzne dla naturalnych warunków środowiskowych epizoocje. Warunki hodowlane mogą też implikować obniżenie odporności immunologicznej. Obecnie coraz częściej podnosi się kwestię konieczności stosowania pasz funkcjonalnych w okresie przedzarybieniowym (minimum dwa tygodnie) [9]. W celu zwiększenia odporności ryb na stres i choroby, zaleca się stosowanie pasz wzbogaconych w pre-, pro-, synbiotyki lub substancje immunostymulujące. Obecnie, najpowszechniej w tym celu stosowane są drożdże (*Saccharomyces cerevisiae*), i substancje drożdżopochodne [19, 24]. Podkreślić należy, że receptury pasz funkcjonalnych zostały opra-

cowane dla akwakultury towarowej, przede wszystkim dla łososiowatych, u których wykazano, że żywienie nimi poprawia odporność [19]. W przypadku stosowania tego rodzaju żywienia w akwakulturze zachowawczej konieczne będzie dopracowanie dawek preparatów immunostymulujących, i czasu ich aplikowania, uwzględniając specyfikę gatunkową, a często również sortymentową. W akwakulturze towarowej coraz powszechniej stosowane są też szczepionki zapobiegające chorobom bakteryjnym i wirusowym, głównie u ryb łososiowatych [23]. Potencjalnie, opracowanie szczepionek dla gatunków ryb będących obiektem akwakultury zachowawczej, może mieć duże znaczenie dla rozwoju tego sektora, szczególnie w kontekście poprawy biologicznej jakości materiału, skutkującej zwiększeniem efektywności zarybień.

Stosowanie wysokoenergetycznych pasz komponowanych i karmienie do woli, mogą wpływać na zmianę behawioru materiału zarybieniowego podchowywanego w RAS [10, 12, 28]. W tym kontekście uzasadnione wydaje się opracowanie procedur „renaturalizacji" tego materiału. Mogą one obejmować wzbogacenie/zmianę środowiska bytowania i/lub trening umiejętności życiowych, np. zdobywania pokarmu, czy unikania drapieżników. Najprostsze wzbogacenie polega na umieszczeniu w basenach hodowlanych elementów stanowiących kryjówki dla ryb (np. fragmentów rur) i imitujących zmienność środowiska (np. heterogeniczne podłoże) [18]. Wykazano, że ekspozycja na takie warunki skutkuje poprawą zdolności uczenia się [7], zdobywania pokarmu [21] oraz unikania zachowań zwiększających możliwość kontaktu z drapieżnikiem [20]. Innym rozwiązaniem może być opracowanie zintegrowanej metody produkcji, uwzględniającej przeprowadzenie zasadniczego etapu podchowu w RAS, i etapu „renaturalizacji" w stawach ziemnych. Wstępne badania przeprowadzone na szczupaku i sandaczu wykazały, że materiał wyprodukowany w RAS adaptuje się do warunków stawowych (odżywianie pokarmem naturalnym), po czym może być z powodzeniem stosowany do zarybień wód otwartych [28, 32]. Istnieją też możliwości zwiększenia skali tradycyjnej stawowej produkcji materiału zarybieniowego, poprzez obsadzanie stawów ziemnych wylęgiem wyprodukowanym w obiektach wylęgarniczych, wykorzystujących technologię RAS [27, 28, 32].

Podsumowanie

Bezsprzecznie, akwakultura zachowawcza odgrywa istotną rolę w zachowaniu bioróżnorodności, i jest istotnym elementem ochrony gatunkowej ichtiofauny. Bez produkcji materiału zarybieniowego *de facto* niemożliwa byłaby realizacja programów restytucji, np. wspomnianego jesiotra ostronosego. Bez wsparcia tego sektora akwakultury sytuacja gatunków ryb zagrożonych wyginięciem byłaby krytyczna. Priorytety akwakultury zachowawczej powinny być nastawione na opracowanie i wdrożenie procedur wylęgarniczych zabezpieczających zmienność genetyczną produkowanego materiału zarybieniowego, a także skutkujących poprawą jego witalności, zdolności adaptacyjnych i zwiększeniem efektywności zarybień (np. stosowanie pasz funkcjonalnych, szczepień). Należy jednak podkreślić, że jest to jedynie jeden z elementów ochrony bioróżnorodności (działania *ex situ*). Bardzo ważne, o ile nie ważniejsze, są działania *in situ*, poprawiające warunki naturalnego środowiska bytowania ichtiofauny. Z najważniejszych można by wymienić: przywracanie drożności cieków i łączności siedlisk, rekonstrukcję i ochronę stref brzegowych, uregulowanie spraw gospodarki ściekowej.

Nie sposób nie wspomnieć o odpowiedniej edukacji społeczeństwa, którego wiedza o funkcjonowaniu i równowadze biologicznej ekosystemów wodnych jest bardzo ograniczona. Implikuje to brak wrażliwości przyrodniczej, i nieprzykładanie odpowiedniej miary do istniejących zagrożeń ekologicznych. Wracając do spraw *stricte* rybackich, konieczna jest racjonalizacja założeń programów zarybieniowych. Obecnie obowiązujący i popierany przez państwo model oparty na przesłankach/wskaźnikach ekonomicznych i antropocentrycznych, mówiąc oględnie, nie do końca sprzyja zachowaniu różnorodności biologicznej ekosystemów wodnych, w tym bytującej w nich ichtiofauny. Strategie gospodarowania na wodach otwartych, odpowiednie regulacje prawne i ich egzekwowanie, powinny uwzględniać nie tylko aspekt ekonomiczny, ale również analizy ekologiczne, genetyczne i epigenetyczne. Powinny być ukierunkowane bardziej biocentrycznie. W tak wieloaspektowo nakreślonych ramach prawno-ekologiczno-społecznych, swoje miejsce musi znaleźć akwakultura zachowawcza, która jest istotnym ogniwem łańcucha działań związanych z ochroną bioróżnorodności ekosystemów wodnych, i będzie musiała się do nich dostosować, a także implementować stosowne rozwiązania/wytyczne.

PIŚMIENNICTWO

1. ARAKI H., BEREJIKIAN B.A., FORD M.J., BLOUIN M.S., 2008 – Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild. ***Evolutionary Applications*** 1, 342-355.
2. ARAKI H., SCHMID C., 2010 – Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. ***Aquaculture*** 308, 2-11.
3. BADIOLA M., MENDIOLA D., BOSTOCK J., 2012 – Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. ***Aquacultural Engineering*** 51, 26-35.
4. BARTEL R., PELCZARSKI W., KARDELA J., NADOLNA-AŁTYN, LEJK A.M., 2016 – Restitution of salmon and sea trout in Polish waters: a review and chronology of activities. Wydawnictwo MIR-PIB, Gdynia, s. 69-80.
5. BREGNBALLE J., 2015 – A guide to recirculation aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. FAO and EUROFISH, 95.
6. BRONZI P., CHEBANOV M., MICHAELS J.T., WEI Q., ROSENTHAL H., GESSNER J., 2019 – Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. ***Journal of Applied Ichthyology*** 35, 257-266.
7. CÁMARA-RUIZ M., SANTO C.E., GESSNER J., WUERTZ S., 2019 – How to improve foraging efficiency for restocking measures of juvenile Baltic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*). ***Aquaculture*** 502, 12-17.
8. CZERWIŃSKI T., 2022 – Zarybianie polskich obszarów morskich. ***Przegląd rybacki*** 1, 12-17.
9. DAWOOD M.A.O., KOSHIO S., ESTEBAN M.A., 2018 – Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. ***Review in Aquaculture*** 10, 950-974.
10. DEMSKA-ZAKĘŚ K., ROŻYŃSKI M., ZAKĘŚ Z., 2014 – Możliwości i metody zwiększania przeżywalności materiału zarybieniowego. [w]: Wylęgarnictwo organizmów wodnych a bioróżnorodność, Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska (red.). Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 11-25.
11. GESSNER J., ARNDT G.M., KAPUSTA A., SHIBAYEV S., GUSHIN A., PILINKOVSKIJ A., PAVLŪNAS J., MEDNE R., PURVINA S., TAMBETS M., MÖLLER P.R., 2019 – HELCOM Action Plan for the Protection and Recovery of the Baltic Sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) for the period of 2019--2029. Helsinki Commission – HELCOM, Baltic Sea Environment Proceedings, 16, 21.
12. HOUDE A.L.S., FRASER D.J., HUTCHINGS J.A., 2010 – Reduced antipredator responses in multi-generational hybrids of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). ***Conservation Genetics*** 11, 785-794.

13. KOLMAN R., KAPUSTA A., SZCZEPKOWSKI M., BOGACKA-KAPUSTA E., 2014 – Jesiotr ostronosy-bałtycki (*Acipenser oxyrinchus oxyrinchus* Mitchill). Program restytucji bałtyckiej populacji jesiotra ostronosego w Polsce. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 94.
14. KOWALSKA A., ZAKĘŚ Z. 2010 – Status ekologiczny rodzimych gatunków ryb występujących w Polsce. [w]: Rozród, podchów, profilaktyka ryb rzadkich i chronionych oraz innych gatunków, Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska (red.). Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 9-16.
15. MAMCARZ A., SKRZYPCZAK A., 2011 – Between the ichthyological biodiveristy in the water bodies in Masuria (Mazury) and their management – theories, problems and hopes. [w]: Fish management in a variable water environment, M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A.M. Wiśniewska (red.). Agencja Wydawnicza "Argi" SC R. Błaszak, P. Pacholec, J. Prorok, Wrocław, 45-52.
16. MICKIEWICZ M., WOŁOS A., 2011 – Species, type and value of stocking material released into Polish lakes from 2001-2009. [w]: Fish management in a variable water environment, M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A.M. Wiśniewska (red.). Agencja Wydawnicza "Argi" SC R. Błaszak, P. Pacholec, J. Prorok, Wrocław, 65-76.
17. MICKIEWICZ M., DRASZKIEWICZ-MIODUSZEWSKA H., WOŁOS A., 2022 – Gospodarka rybacka w śródlądowych wodach płynących w 2020 roku. Część 2. Charakterystyka zarybień. ***Komunikaty Rybackie*** 1, 8-14.
18. NÄSLUND J., JOHNSSON J.I., 2016 – Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. ***Fish and Fisheries*** 17, 1-30.
19. RINGØ E., OLSEN R.E., VECINO J.L.G., WADSWORTH S., SONG S.K., 2012 – Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review. ***Journal of Marine Science: Research & Development*** 2, 1-22.
20. ROBERTS L.J., TAYLOR J., GARCIA De LEANIZ C., 2011 – Environmental enrichment reduces maladaptive risk-taking behavior in salmon reared for conservation. ***Biological Conservation*** 144, 1972-1979.
21. RODEWALD P., HYVÄRINEN P., HIRVONEN H., 2011 – Wild origin and enriched environment promote foraging rate and learning to forage on natural prey of captive reared Atlantic salmon parr. ***Ecology of Freshwater Fish*** 20, 569-579.
22. SADOWSKI J., KEMPTER J., 2011 – Fish stocking versus biodiversity: peaceful co-existence or continual conflict? [w]: Fish management in a variable water environment, M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A.M.

Wiśniewska (red.). Agencja Wydawnicza "Argi" SC R. Błaszczak, P. Pacolec, J. Prorok, Wrocław, 53-64.
23. SHOAIBE H., TALUKDER S., 2018 – Vaccines for use in finfish aquaculture. ***Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*** 2, 15-19.
24. TERECH-MAJEWSKA E., 2016 – Improving disease prevention and treatment in controlled fish culture. ***Archives of Polish Fisheries*** 24, 115-165.
25. WITKOWSKI A., BŁACHUTA J., KOTUSZ J., HESSE T., 1999 – Czerwona lista słodkowodnej ichtiofauny Polski. ***Chrońmy Przyrodę Ojczystą*** 4, 5-19.
26. WITKOWSKI A., KOTUSZ J., PRZYBYLSKI M., 2009 – Stopień zagrożenia słodkowodnej ichtiofauny Polski: Czerwona lista minogów i ryb – stan 2009. ***Chrońmy Przyrodę Ojczystą*** 65, 33-52.
27. WOJDA R., CIEŚLA M., OSTASZEWSKA T., ŚLIWIŃSKI J., 2009 – Hodowla ryb dodatkowych w stawach karpiowych – Wydawnictwo „Hoża", Warszawa, 158.
28. ZAKĘŚ Z., 2020 – Działania zmierzające do poprawy jakości materiału zarybieniowego produkowanego w systemach recyrkulacyjnych. [w]: Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2019 roku. Uwarunkowania gospodarcze, ekonomiczne, prawne i środowiskowe, A. Wołos, M. Mickiewicz (red.). Wyd. IRS, Olsztyn, 45-55.
29. ZAKĘŚ Z., 2021 – Działania innowacyjne w akwakulturze realizowane w ramach unijnych programów pomocowych w Polsce. [w]: Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku w świetle uwarunkowań gospodarczych, ekonomicznych i środowiskowych A. Kowalska, A. Wołos (red.). Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 149-160.
30. ZAKĘŚ Z., DEMSKA-ZAKĘŚ K., 2011 – Hatchery practice in the context of biodiversity of aquatic ecosytems. [w]: Fish management in a variable water environment, M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A.M. Wiśniewska (red.). Agencja Wydawnicza "Argi" SC R. Błaszak, P. Pacholec, J. Prorok, Wrocław, 45-52.
31. ZAKĘŚ Z., ROŻYŃSKI M., 2021 – Charakterystyka produkcji polskiej akwakultury zachowawczej w latach 2010-2019. [w]: Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś (red.). Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 11-25.
32. ZAKĘŚ Z., SZCZEPKOWSKI M., 2015 – Z akwakultury do natury. Opracowanie alternatywnych metod zarządzania rybołówstwem drapieżnych ryb jeziorowych. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 224.

Bioróżnorodność zwierząt gospodarskich w Polsce

prof. dr hab. Józefa H. Krawczyk[1], dr inż. Agnieszka Chełmińska[2]

Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy,
[1]Zakład Hodowli Drobiu, ul. Krakowska 1, 32-083 Balice,
[2] Zakład Hodowli Koni, ul. Krakowska 1, 32-083 Balice,
jozefa.krawczyk@iz.edu.pl

Wstęp

Bioróżnorodność zwierząt gospodarskich stanowi istotny element zrównoważonego rozwoju produkcji rolnej i terenów wiejskich. Dlatego też ochrona i zrównoważone wykorzystanie zasobów genetycznych w rolnictwie stanowi jeden z głównych celów polityki rolnej Unii Europejskiej, określonym wyraźnie w Planie Strategicznym dla WPR na lata 2023-2027. Cytat: „Wspierane będą zrównoważone metody gospodarowania, przyjazne klimatowi i środowisku. Chodzi o ochronę wody, gleby i powietrza oraz dbanie o bioróżnorodność" [18]. Koncentracja, intensyfikacja i specjalizacja produkcji rolnej, stanowi istotne zagrożenie dla różnorodności biologicznej. Zachowaniu rodzimych ras zwierząt nie sprzyja także duży napływ do kraju zagranicznego materiału hodowlanego, z którego w pełni korzystają duże gospodarstwa towarowe. Równocześnie, struktura rolnictwa w Polsce i rozdrobnienie gospodarstw, jest pewną szansą na zachowanie produkcji zwierzęcej w oparciu o rasy rodzime, bardziej przystosowane do trudnych warunków chowu ekstensywnego. Według danych GUS, w 2020 r. gospodarstwa o powierzchni do 5 ha stanowiły 52,2% ogółu gospodarstw rolnych w Polsce, z czego 39,4% były to gospodarstwa o wielkości do 2 ha [14].

Nowoczesne metody chowu zwierząt oraz produkcji mięsa i innych wyrobów spowodowały, z jednej strony, obniżenie cen dla konsumentów, jed-

nak z drugiej strony sprawiły, że rynek artykułów spożywczych stał się mało zróżnicowany. Obserwuje się wzrost zainteresowania konsumentów regionalnymi produktami i wyrobami pochodzącymi od zwierząt utrzymywanych w systemach ekstensywnych lub ekologicznych, do których predysponowane są rasy rodzime. Zwierzęta ras rodzimych odgrywają ważną, ale trudną do oszacowania rolę w świadczeniu usług na rzecz środowiska naturalnego. Zwierzęta te stanowią trwały element krajobrazu, a utrzymywane w gospodarstwach agroturystycznych pełnią ważną funkcję popularyzatorską, promocyjną i edukacyjną [6].

Ochrona ginących ras to ochrona dziedzictwa kulturowego i zabezpieczenie przetrwania tych ras dla następnych pokoleń, to rezerwuar cennej puli genetycznej dla nauki, hodowli i produkcji towarowej (zachowanie cech genetycznych i fenotypowych do wykorzystania w pracy hodowlanej). Prowadzone są badania nad poszukiwaniem cennych genów oraz specyficznych cech jakości produktów uzyskiwanych od tych zwierząt, w celu wykorzystania ich w pracach hodowlanych oraz w produkcji produktów niszowych.

Prawno-organizacyjne aspekty ochrony bioróżnorodności zwierząt gospodarskich

Wraz ze zmianami polityczno-gospodarczymi w latach 90. XX wieku, Polska włączyła się aktywnie w zainicjowane przez FAO działania nad zachowaniem zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich. W 1992 roku Polska podpisała w Rio de Janerio „Konwencję o Różnorodności Biologicznej", ratyfikowaną w 1996 roku. W tym samym roku Minister Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej stworzył w kraju strukturę organizacyjną, zalecaną przez FAO, w której koordynację działań w tym zakresie powierzono początkowo Centralnej Stacji Hodowli Zwierząt. W 2000 roku Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi zatwierdził 32 programy ochrony zasobów genetycznych, obejmujące 75 ras, odmian i rodów zwierząt gospodarskich i ryb. W prace nad tymi programami włączył się aktywnie Instytut Zootechniki, wraz z innymi jednostkami naukowymi i związkami hodowców. W 2002 roku Instytut został powołany przez Ministra Rolnictwa do koordynacji działań w zakresie ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich. Tym samym kontynuował prace nad pierwszym Raportem

krajowym o stanie zasobów genetycznych zwierząt (2002), który został przekazany do FAO, stanowiąc wkład Polski do przygotowania Pierwszego Raportu o Stanie Zasobów Genetycznych Zwierząt w Świecie [13].

FAO przyjęło Raport oraz Światowy Plan Działań na rzecz Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt w 2007 roku. Plan ten stanowi wytyczne dla wszystkich państw do opracowania Krajowych Strategii zrównoważonego użytkowania i ochrony zasobów genetycznych zwierząt i Planów Działań na rzecz ich ochrony. Krajowa Strategia opracowana w Instytucie Zootechniki w 2013 roku, przy współpracy całego środowiska, była spójna ze Strategią Zrównoważonego Rozwoju Wsi, Rolnictwa i Rybactwa na lata 2012--2020, a jej realizacja była przewidziana do 2025 roku [5]; w następnych latach będzie aktualizowana zgodnie z wytycznymi FAO, a także strategiami regionalnymi dla Europy. W myśl nowych dokumentów strategicznych należy zwrócić uwagę na lepsze wykorzystanie zasobów dzięki przejściu na czystą gospodarkę o obiegu zamkniętym, i na przeciwdziałanie utracie bioróżnorodności biologicznej. Stanowi to wielką szansę dla rozwoju chowu, hodowli i wykorzystania potencjału ras rodzimych utrzymywanych w niskonakładowych systemach produkcji gospodarstw rodzinnych.

Aktualnie podstawą prawną krajowych działań w zakresie ochrony zwierząt gospodarskich jest ustawa z dnia 10 grudnia 2020 r. o organizacji hodowli i rozrodzie zwierząt gospodarskich (Dz.U. z 2021, poz. 36), która stanowi rozszerzenie przepisów rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1012 z 8 czerwca 2016 roku. Art. 34 tej ustawy dotyczy ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich i zawiera podstawowe wymogi programów ochrony oraz powołuje Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie jako podmiot, który realizuje i koordynuje zadania w zakresie ochrony zasobów genetycznych. Dla realizacji tych zadań Instytut Zootechniki – PIB powołał Zespół Koordynacyjny ds. ochrony poszczególnych gatunków zwierząt, Zespół Doradczy do Spraw Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt Gospodarskich oraz Grupy Robocze ds. ochrony zasobów genetycznych poszczególnych gatunków zwierząt gospodarskich, ochrony bioróżnorodności zwierząt gospodarskich metodami *ex situ* oraz promocji ras i produktów. W skład tych Grup wchodzą wybitni specjaliści z jednostek naukowych oraz przedstawiciele związków hodowców. Grupy robocze opiniują programy ochrony oraz oceniają ich

efektywność w realizacji celów, a także sugerują konieczność wprowadzania ewentualnych zmian.

Instytut Zootechniki – PIB, realizując Konwencję o ochronie różnorodności biologicznej, współpracuje w tym zakresie z FAO i Europejskim Ośrodkiem Koordynacyjnym (ERFP), współtworzy europejską bazę EFABIS i uczestniczy w spotkaniach międzynarodowych. Bierze udział w opracowaniu światowych raportów o stanie bioróżnorodności, dokonuje corocznej oceny stopnia zagrożenia wyginięciem rodzimych ras i uczestniczy w opracowaniu i realizacji strategii ochrony bioróżnorodności.

Stan zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich objętych programem ochrony

Jak wynika z tabel 1-7, liczebność populacji zwierząt objętych w Polsce programem ochrony we wszystkich gatunkach w latach 2000-2021, wykazuje trend wzrostowy. W 2000 roku programem ochrony objętych było łącznie około 12 tys. zwierząt i 317 rodzin pszczelich, a na koniec 2021 roku było to blisko 114 tys. zwierząt i ponad 1200 rodzin pszczelich. Wysoki trend wzrostowy notowany jest szczególnie wśród bydła, koni, owiec i świń, a więc zwierząt, których hodowla jest wspierana od 2005 roku ze środków unijnych, poprzez zatwierdzane w kolejnych latach pakiety Programów Rozwoju Obszarów Wiejskich. Liczebność niektórych ras zbliża się do wartości progowych, określonych w załączniku do Rozporządzenia 1974/2006 UE, które już aktualnie nie obowiązuje. Według rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1012 z dnia 8 czerwca 2016, cyt. „rasy lokalne uznane przez państwa członkowskie za zagrożone wyginięciem, genetycznie przystosowane do jednego lub więcej systemów produkcji w tym państwie, których status zagrożenia został naukowo potwierdzony przez organ posiadający niezbędne umiejętności i wiedzę w dziedzinie ras zagrożonych" [15]. Zgodnie z wytycznymi tego Rozporządzenia, w Instytucie Zootechniki – PIB opracowano model szacowania statusu zagrożenia ras rodzimych, dostosowany do warunków polskich (http://www.bioroznorodnosc.izoo.krakow.pl/status-zagrozenia-ras). Z najnowszych obliczeń według modelu opartego na 3 czynnikach: demograficznym, genetycznym i społeczno-ekonomicznym wynika, że wszystkie rasy zwierząt objęte programami ochrony w Polsce są zagrożone wyginięciem i wymagają dalszej ochrony [12].

Dane Instytutu Zootechniki – PIB wskazują na tendencję do koncentracji hodowli zachowawczej, ponieważ liczebność populacji zwiększa się w większym stopniu, niż liczba hodowców, co sprzyja pracy hodowlanej i realizacji celów określonych w programach ochrony. Spośród 4 rodzimych ras bydła najbardziej liczną populację stanowi rasa polska czerwona, wykazując stały trend wzrostowy, nieco mniej liczna jest rasa czerwono-biała, a najmniej krów jest w rasie białogrzbietej (tab. 1). Krowy ras polskiej czerwono-białej i czarno-białej objęto programem ochrony od 2008 roku. W początkowym okresie większość krów obydwu tych ras, które były zgłaszane do programu ochrony, nie miało znanego pochodzenia, a o przynależności do rasy decydowała ocena eksterieru i zgodności ze wzorcem rasowym. Kojarzenia krów zakwalifikowanych do programu, z odpowiednimi buhajami, pozwoliły stopniowo obniżać udział krwi HF, co wyrównało te populacje w stosunku do wzorca, ale obniżyło ich liczebność, szczególnie w przypadku rasy polskiej czarno-białej.

Tabela 1
Liczba krów objętych programem ochrony w latach 2000-2021

Gatunek / Rasa	Liczba krów					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Bydło ogółem	**280**	**810**	**7 766**	**7 426**	**8 787**	**9 309**
Bydło polskie czerwone	280	758	1 993	2 388	3 421	3 668
Bydło białogrzbiete	-	52	263	424	739	798
Bydło polskie czerwono-białe	-	-	3 258	3 125	3 335	3 533
Bydło polskie czarno-białe	-	-	2 252	1 489	1 292	1 310

Źródło: dane Instytutu Zootechniki

W Polsce programem ochrony objęto 7 ras koni, a ich liczebność nie jest duża, ale wykazuje stały trend wzrostowy (tab. 2). Wyjątek stanowią konie rasy małopolskiej i wielkopolskiej, w których liczebność populacji od lat jest niska, co grozi ich wyginięciem.

Chów rodzimych ras owiec cieszy się największym powodzeniem, a ich liczebność w każdej rasie wykazuje dodatni trend wzrostowy (tab. 3). Z do-

Tabela 2
Liczba koni (klaczy) objętych programem ochrony w latach 2000-2021

Gatunek / Rasa	Liczba klaczy					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Konie ogółem	**430**	**1 325**	**4 069**	**6 110**	**7 513**	**8 279**
Koniki polskie	230	261	688	1 238	1 733	1 873
Konie huculskie	200	506	1 030	1 225	1 170	1 261
Konie małopolskie	-	349	609	449	457	512
Konie śląskie	-	209	598	843	1 126	1 326
Konie wielkopolskie	-	-	159	165	159	165
Konie sokólskie	-	-	564	1 104	1 359	1 458
Konie sztumskie	-	-	421	1 086	1 509	1 684

Źródło: dane Instytutu Zootechniki

kumentacji Instytutu wynika, że w 2020 roku rodzime rasy stanowiły 78% owiec wpisanych do ksiąg. Najbardziej liczną populacją (>8000 szt.) są owce rasy wrzosówka (jedna z najstarszych, rodzimych ras polskich, wywodząca się od północnych owiec krótkoogoniastych), pomorskie i cakiel podhalański, a najmniej (794 szt.) jest owiec rasy merynos barwny. Od 2000 roku pogłowie owiec ras rodzimych zwiększyło się 16-krotnie, ale niektórych z nich ponad 20-krotnie. Od 2022 roku programem ochrony objęte będą kolejne 2 rasy zagrożone wyginięciem tj. białogłowa owca mięsna i polska owca górska.

Po wielu latach prac nad restytucją kozy karpackiej udało się utworzyć stado tych kóz w Zakładzie Doświadczalnym IZ w Odrzechowej. Proces odtwarzania rasy rozpoczął się w 2005 roku, od zgromadzenia 6 kóz dorosłych, 4 kózek, 2 kozłów stadnych oraz 2 koziołków w typie kozy karpackiej. W 2021 roku programem ochrony zasobów genetycznych objętych było 306 kóz matek, znajdujących się w 20 stadach (tab. 3). Od 2022 roku w programach ochrony będą mogli uczestniczyć hodowcy kolejnych 2 ras zagrożonych wyginięciem, tj. kozy sandomierskiej i kazimierzowskiej.

Tabela 3
Liczba owiec i kóz objętych programem ochrony w latach 2000-2021

Gatunek / Rasa	Liczba samic					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Owce ogółem	**4 245**	**8 004**	**34 429**	**58 710**	**68 470**	**69 065**
Owce rasy wrzosówka	1 500	1 833	6 376	8 467	8 324	8 552
Owce rasy świniarka	170	228	613	1 390	2 228	2 252
Owce rasy olkuska	90	179	648	1 123	1 185	1 159
Polskie owce górskie odmiany barwnej	181	142	562	1 476	2 150	2 187
Owce rasy merynos barwny	100	84	191	572	789	794
Owce uhruskie	250	228	4 441	6 612	7 485	7 486
Owce wielkopolskie	600	1 376	4 208	7 272	7 897	7 911
Owce żelaźnieńskie	160	122	453	1 496	1 971	1 983
Owce koridеil	150	192	716	1 543	1 904	2 023
Owce kamienieckie	694	622	1 671	4 464	5 660	5 479
Owce pomorskie	350	2 998	6 677	7 994	8 230	8 300
Merynos polski w starym typie	-	-	3 541	6 841	7 639	7 625
Cakiel podhalański	-	-	4 332	7 128	7 962	8 052
Polska owca pogórza	-	-	-	786	1 559	1 662
Czarnogłówka	-	-	-	1 546	3 487	3 600
Koza karpacka	-	-	-	30	246	306

Źródło: dane Instytutu Zootechniki

W Polsce programem ochrony zasobów genetycznych objęte są 3 rasy świń (tab. 4), utrzymywane w 2021 roku w 153 stadach. Liczebność tych ras w latach 2000-2021 wykazywała łagodny trend wzrostowy, ale niestabilna sytuacja na rynku wieprzowiny oraz zagrożenie ASF nie sprzyjają większemu zainteresowaniu hodowlą i chowem tych świń.

Tabela 4
Liczba świń objętych programem ochrony w latach 2000-2021

Gatunek / Rasa	Liczba świń					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Świnie ogółem	**625**	**981**	**2 035**	**1 889**	**4 409**	**4 657**
Puławska	390	540	837	589	1 935	2 060
Złotnicka biała	90	254	398	814	1 280	1 358
Złotnicka pstra	145	187	800	486	1 194	1 239

Źródło: dane Instytutu Zootechniki

Hodowla zwierząt wymienionych w tabelach 1-4 wspierana jest z funduszy unijnych, które na ogół pokrywają utracone korzyści w porównaniu do ras i mieszańców wysokowydajnych, co zachęca rolników do ich utrzymywania. Pozostałe populacje zwierząt objęte programem ochrony korzystają z pomocy krajowej, ograniczonej do minimalnej liczebności zwierząt. Dlatego też wzrost populacji drobiu (tab. 5), zwierząt futerkowych (tab. 6) i pszczół (tab. 7), od 2000 roku jest niewielki. Ponadto, wiele z tych ras znajduje się u jednego hodowcy, co stwarza realne zagrożenie ich wyginięcia, wskutek epidemii chorób lub zdarzeń losowych.

Ekonomiczne uwarunkowania ochrony zasobów genetycznych zwierząt ras zagrożonych wyginięciem

Aktualnie produkcja zwierzęca opiera się na niewielkiej liczbie wysokowydajnych ras i mieszańców towarowych, dostosowanych do współczesnych

Tabela 5
Liczba ras/rodów drobiu objętych programem ochrony w latach 2000-2021

Gatunek / Rasa	Wielkość populacji					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Kury nieśne	6 318	5 996	15 188	11 856	11 586	11 849
Gęsi	2 385	2 561	4 644	4 976	5 358	5 424
Kaczki	1 387	1 654	4 015	4 065	4 318	4 218

Źródło: dane Instytutu Zootechniki

Tabela 6
Liczba zwierząt futerkowych objętych programem ochrony w latach 2000-2021

Gatunek / Odmiana	Wielkość populacji					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Zwierzęta futerkowe ogółem	**107**	**409**	**1 304**	**1 225**	**848**	**836**
Lisy pospolite, w tym:	25	97	151	166	77	118
- pastelowe	-	37	70	68	64	85
- białoszyjne	25	60	81	98	13	33
Tchórze	30	138	121	93	31	35
Króliki popielańskie białe	30	74	237	350	350	350
Szynszyle beżowe	22	100	322	200	200	200
Nutrie	-	-	473	416	190	133

Źródło: dane Instytutu Zootechniki

Tabela 7
Liczba rodzin pszczelich objętych programem ochrony w latach 2000-2021

Rasa / Linia	Wielkość populacji (rodziny pszczele)					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Suma (stada wiodące i współpracujące)	**317**	**518**	**672**	**1 090**	**1 281**	**1 246**
Rasa środkowoeuropejska						
Linia M Augustowska	100	122	110	220	252	232
Linia M Północna	22	103	202	231	251	254
Linia M Asta	100	163	190	200	220	185
Linia M Kampinoska	95	130	170	131	114	111
Rasa kraińska						
Linia car Dobra	-	-	-	308	444	464

Źródło: dane Instytutu Zootechniki

technologii chowu, a chów tradycyjnych ras zwierząt na większą skalę, nie znajduje uzasadnienia ekonomicznego. Taka sytuacja prowadzi do zawężenia puli genetycznej poszczególnych gatunków zwierząt, a zapobiec temu może właśnie ochrona ras rodzimych, i wsparcie finansowe hodowli zachowawczej.

Ze względu na strukturę krajowego rolnictwa, wydaje się rozsądnym prowadzić politykę rolną w taki sposób, aby utrzymać konkurencyjny i wielofunkcyjny model rolnictwa, zapewniający bezpieczeństwo żywnościowe kraju i spełniający wymogi ochrony środowiska oraz bioróżnorodności. Realizacja tych założeń wymaga zarówno rozwoju gospodarstw komercyjnych o dużym potencjale produkcyjnym, jak i utrzymania gospodarstw rodzinnych, mających szczególne znaczenie dla zachowania funkcji pozaprodukcyjnych rolnictwa, m.in. ochrony ekosystemów rolnych, bioróżnorodności i dziedzictwa kulturowego. Wysokie koszty produkcji zwierzęcej, konieczność posiadania specjalistycznej wiedzy, i długi cykl produkcji przy nieprzewidywalnej koniunkturze na rynku produktów to czynniki, które często powodują rezygnację gospodarstw z tego rodzaju produkcji. Jak wynika z badań Pasternak i Calik [11], w Polsce od 2005 roku notuje się sukcesywny spadek liczby samic podstawowych gatunków zwierząt. Na ten ogólny spadek wpływa głównie eliminacja produkcji zwierzęcej w małych, rodzinnych gospodarstwach, posiadających tereny rolne w trudnych warunkach środowiskowych. Opłacalność chowu zwierząt ras rodzimych jest bardzo niska, a wypłacane dotacje dla hodowców, zwłaszcza do 2004 roku, nie rekompensowały utraconych korzyści z utrzymywania tych zwierząt, w porównaniu do wysokoprodukcyjnych populacji towarowych. Dlatego właśnie w okresie przed integracją Polski z Unią Europejską, liczebność populacji objętych ochroną była niewielka, a wiele ras przetrwało tylko dzięki aktywnej działalności jednostek naukowo-badawczych.

Od 2005 roku hodowcy utrzymujący samice gatunków: konie, bydło, owce, od 2008 roku świnie, i od 2015 roku kozy, które są objęte programami ochrony, korzystają ze wsparcia finansowego ze środków unijnych, a wysokość wsparcia przedstawiono w tabeli 8. Zmianą, która nastąpi od 2023 roku, będzie wsparcie do samców poszczególnych gatunków; jedynie w przypadku małych przeżuwaczy płatność do samca została wkalkulowana w płatność do samic.

Tabela 8
Stawki wsparcia dla hodowców utrzymujących rasy zwierząt objęte programem ochrony w latach 2004-2023 (zł/1 szt.)

Gatunek zwierząt – źródło finansowania		Budżet krajowy	PROW	PROW	PROW	Okres przejściowy PROW	Plan Strategiczny – od 2023 roku	
		2004	2005-2006	2007-2013	2014-2020	2021-2022	samica	samiec
Konie	koniki polskie	380	1 300	1 500	1 700	1 825	2 395	5 130
	konie huculskie							
	konie śląskie	-	1 300	1 500	1 700	2 284	2 461	5 275
	konie małopolskie	-	1 300	1 500	1 900	2 284	2 669	5 925
	konie wielkopolskie	-	-	1 500	1 900	2 284	2 669	5 925
	konie sokólskie	-	-	1 500	1 700	2 038	2 185	2 513
	konie sztumskie							
Bydło	polska czerwona w kierunku mlecznym	800	1 080	1 140	1 600	2 516	2 738	2738
	polska czerwona w kierunku mięsnym	-	-	-	1 600	2 516	1 752	1 752
	białogrzbieta w kierunku mlecznym	800	1 080	1 140	1 600	2 516	2 738	2738
	białogrzbieta w kierunku mięsnym	-	-	-	1600	2 516	1 752	1 752
	polska czerwono-biała, polska czarno-biała	-	-	1 140	1 600	2 516	2 738	2738
Świnie		500	500*	570	1 140	1 234	1 335	1 335
Owce		110	310	320	360	412	500	500
Kozy		-	-	-	580	811	953	953

Objaśnienie: * dotacja budżetowa, ** ocena w kierunku mięsnym została umożliwiona dla rasy PC w 2017 a dla rasy BG w 2019

Wysokość wsparcia dla hodowców utrzymujących zwierzęta ras zachowawczych oszacowano na podstawie określonych wzorów, uwzględniając w nich głównie koszty utraconych korzyści. Kulawik [8] zwraca uwagę na pojawiającą się krytykę efektywności kosztowej przedsięwzięć rolnośrodowiskowych, podkreślając równocześnie, że w każdym kraju przy szacowaniu wielkości dopłat do tych działań efekty ocenia się w długim przedziale czasowym. Ponadto, brakuje opracowań dotyczących ekonomicznych podstaw funkcjonowania gospodarstw rodzinnych, utrzymujących zwierzęta gospodarskie oraz możliwości łatwego wprowadzania do obrotu handlowego produktów zwierzęcych od ras rodzimych, a to zniechęca rolników z małych gospodarstw do podejmowania takiej produkcji. Powodem tej sytuacji są głównie wysokie wymogi sanitarno-weterynaryjne i ograniczenia w zakresie uboju gospodarczego i sprzedaży bezpośredniej. Poza tym ogromny wzrost na rynku produktów zwierzęcych z chowu intensywnego powoduje eliminowanie z obrotu handlowego drobnych producentów i pogarszanie ich sytuacji ekonomicznej. Jak zauważają Niżnikowski i Niemczyk [10], istnieje wielka potrzeba uproszczenia polityki rolnej, i liberalizacji przepisów weterynaryjnych dotyczących uboju gospodarczego, a także sprzedaży bezpośredniej. Utrzymywanie zwierząt ras rodzimych przy aktualnym systemie wsparcia, to oferta właśnie dla gospodarstw drobnotowarowych, agroturystycznych, które mogą sprzedawać produkty w systemie sprzedaży bezpośredniej. Pewnym wsparciem ekonomicznym dla hodowców, i promocją produktów pochodzących od zwierząt ras rodzimych, może być opracowanie w Instytucie Zootechniki – PIB i rejestracja 11 znaków towarowych „Rodzima Rasa", wykorzystywanych do ich certyfikacji w obrocie handlowym (http://ksb.izoo.krakow.pl/site/certification) [17].

Wzrastające stawki wsparcia dla hodowców umożliwiają rekompensatę stale wzrastających kosztów produkcji zwierzęcej. Z analizy danych z tabel 1-8 widać wyraźną zależność pomiędzy wysokością płatności a wzrostem liczby zwierząt objętych programem ochrony. Od 2005 roku obserwowano wyraźną dynamikę wzrostu liczebności samic wszystkich gatunków zwierząt, których hodowla jest dofinansowywana ze środków UE. Z danych uzyskanych z MRiRW wynika, że tylko w ramach PROW 2014-2020 wsparcie finansowe do hodowli zachowawczej wynosiło ponad 249 mln zł i uzyskało je 3757 gospodarstw.

Planowanie wysokości stawek dotacji na czas trwania określonego PROW w sytuacji zwiększonej inflacji jest trudnym zadaniem. Natomiast hodowcy szybko reagują na spadek opłacalności produkcji i np. w hodowli bydła czerwonego i białogrzbietego o niskiej wydajności mlecznej, zmieniają kierunek hodowli na mięsny, który jest mniej kosztowny. W następstwie tego działania, w obydwu tych rasach od 2023 roku pojawią się dwie różne stawki wsparcia, w zależności od kierunku użytkowania bydła (tab. 8).

Trudnym do bezpośredniej oceny ekonomicznej, z punktu widzenia biogospodarki kierunkiem wykorzystania rodzimych ras zwierząt jest pielęgnacja krajobrazu. Konie i bydło ras rodzimych wykorzystywane są do wypasu na łąkach i pastwiskach, położonych czasami w trudnych terenach (górskich lub podmokłych, w rejonie rozlewisk rzek). Z kolei owce doskonale wpisują się w krajobraz wsi, a wykorzystywane są do pielęgnacji krajobrazu, poprzez wypas nieużytków, wydm, porośniętych hałd górniczych, jak też polan w parkach krajobrazowych i w terenach górzystych, gdzie nie można stosować mechanicznych kosiarek. Owce utrzymywane na wypasach pozwalają dodatkowo na uzyskanie produktów o cennych właściwościach prozdrowotnych [11]. Do takiego systemu chowu przeznaczyć można głównie rasy rodzime, ponieważ nowoczesne, wysokowydajne zwierzęta, wymagają bardzo dobrych warunków środowiskowych i zbilansowanego żywienia.

Instytut Zootechniki – PIB prowadzi szereg działań promocyjnych, organizuje wystawy zwierząt, które ułatwiają hodowcom nawiązywanie kontaktów i wymianę materiału hodowlanego. W celu poprawy opłacalności hodowli zachowawczej Instytut Zootechniki – PIB włącza się aktywnie w prace nad kolejnymi edycjami wsparcia dla hodowców ras rodzimych.

Badania naukowe w Instytucie Zootechniki – PIB z wykorzystaniem ras rodzimych zwierząt gospodarskich

W Instytucie Zootechniki – PIB nieprzerwanie od wielu lat prowadzone są badania, których przedmiotem są rodzime rasy zwierząt gospodarskich. Wykorzystywane do tego, nowoczesne metody badawcze, sku-

piają się na: ocenie użytkowości i jakości produktów pochodzących od zwierząt rodzimych ras, ich długowieczności i odporności na choroby, strukturze genetycznej populacji, metodach wspomaganego rozrodu, znaczeniu wypasu w pielęgnacji krajobrazu oraz genetycznie uwarunkowanej zdrowotności tych ras, jak też ich przystosowania do trudnych warunków chowu. Tylko w okresie ostatnich 5 lat w Instytucie opublikowano ponad 100 oryginalnych prac naukowych, które cytowano ponad 350 razy, co świadczy o dużym zainteresowaniu środowiska naukowego tym tematem.

W grupie wymienionych prac naukowych znalazły się m.in. takie, w których badano wpływ barwy skorupy i wieku kur ras zachowawczych na zawartość i aktywność enzymatyczną lizozymu. Najmniej tego bardzo pożytecznego dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego składnika zawierały jaja o białej skorupie, a najwięcej te o skorupie kremowej i jasnobrązowej [9]. Niezależnie od genotypu niosek, jaja pochodzące od starszych kur, charakteryzowały się gorszą wytrzymałością skorup, ale większym poziomem lizozymu oraz jego wyższą aktywnością enzymatyczną [7]. Z kolei Calik i wsp. [1] wykazali zasadność wykorzystania rodzimych ras kur do produkcji kapłonów, których jakość mięsa wyróżnia się dobrymi walorami w ocenie sensorycznej.

Szyndler-Nędza i wsp. [16] prowadząc badania świń rodzimej rasy złotnicka pstra, wykazali, że ekstensywny system ich utrzymania i żywienia, z użyciem lokalnych materiałów paszowych, ma korzystny wpływ na parametry jakościowe i prozdrowotne wieprzowiny, w tym profil kwasów tłuszczowych oraz zmniejszoną podatność mięsa na procesy oksydacyjne. Z kolei analiza polimorfizmów SNP w skali genomowej populacji rodzimych ras świń oraz wybranej rasy wysokoprodukcyjnej, pozwoliła na potwierdzenie jednolitej i skonsolidowanej struktury badanych populacji [2]. Zidentyfikowane sygnatury selekcji wskazują geny kandydujące związane z istotnymi dla hodowli cechami produkcyjnymi jak odporność na choroby.

W badaniach Kawęckiej i wsp. [4], dotyczących jakości mleka owczego przeznaczonego do produkcji tradycyjnych serów, pozyskanego od owiec trzech ras (polska owca górska, cakiel podhalański oraz polska owca gór-

ska odmiany barwnej), utrzymywanych w tradycyjnym systemie stwierdzono, że mleko badanych ras charakteryzowało się zbliżonym składem chemicznym, właściwościami fizycznymi oraz zawartością komórek somatycznych, pozwalającą na wykorzystanie go do produkcji wysokiej jakości produktów.

Wykorzystując analizę polimorfizmów na mikromacierzach SNP (65 157 mutacji dla każdego osobnika), przeanalizowano genetyczną strukturę populacji rodzimych ras koni [3]. Wykazano, że analizowane populacje koników polskich, hucułów, koni sokólskich, sztumskich i małopolskich, utrzymywane są w czystości rasy, a prace hodowlane umożliwiają zachowanie puli genowej charakterystycznej i unikatowej dla każdej z nich. Sygnatury selekcji odzwierciedlają również cechy fenotypowe specyficzne dla ras zachowawczych.

Podsumowanie

Ochrona ginących ras zwierząt gospodarskich to ochrona dziedzictwa kulturowego i zabezpieczenie przetrwania tych ras dla następnych pokoleń. Uzyskane wyniki badań potwierdzają zasadność zachowania ras rodzimych, stanowiących rezerwuar cennych genów. Stosowane dopłaty do hodowli zachowawczej oraz promocja ras rodzimych, m.in. poprzez upowszechnianie wyników badań, poprawia ekonomiczną efektywność hodowli zachowawczej i wpływa na wzrost zainteresowania konsumentów produktami uzyskanymi od tych zwierząt. W konsekwencji obserwujemy stały trend wzrostowy zarówno w zakresie liczebności populacji ras rodzimych, jak też liczby zarejestrowanych produktów regionalnych i tradycyjnych, pochodzących od tych zwierząt. Prowadzony w Instytucie Zootechniki – PIB stały monitoring wielkości populacji objętych programem ochrony, stanowi bazę danych i obszerny materiał edukacyjny, możliwy do wykorzystania w szkolnictwie wyższym, a także we współpracy ze światowymi organizacjami zajmującymi się ochroną zasobów genetycznych zwierząt w przyrodzie (m.in. FAO, ERFP).

Pracę wykonano w ramach zadania nr 03-18-19-09 zleconego przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi finansowane ze środków dotacji celowej na 2022 rok

PIŚMIENNICTWO

1. CALIK J., ŚWIĄTKIEWICZ S., OBRZUT J., POŁTOWICZ K., KRAWCZYK J., 2020 – Effects of caponization on growth performance and meat physicochemical properties of crossbred chickens. ***Annals of Animal Science*** 4, 1509-1525 (DOI: 10.2478/aoas-2020-0112).
2. GURGUL A., JASIELCZUK I., ROPKA-MOLIK K., SEMIK-GURGUL E., PAWLINA-TYSZKO K., SZMATOŁA T., SZYNDLER-NĘDZA M., BUGNO-PONIEWIERSKA M., BLICHARSKI T., SZULC K., SKRZYPCZAK E., KRUPIŃSKI J., 2018 – A genome-wide detection of selection signatures in conserved and commercial pig breeds maintained in Poland. ***BMC Genetics***, 19, 95 (DOI: https://doi.org/10.1186/s12863-018-0681-0).
3. GURGUL A., JASIELCZUK I., SEMIK-GURGUL E., PAWLINA-TYSZKO K., STEFANIUK-SZMUKIER M., SZMATOŁA T., POLAK G., TOMCZYK-WRONA I., BUGNO-PONIEWIERSKA M., 2019 – A genome-wide scan for diversifying selection signatures in selected horse breeds. ***PLOS ONE*** (DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210751).
4. KAWĘCKA A., PASTERNAK M., SŁONIEWSKA D., MIKSZA-CYBULSKA A., BAGNICKA E., 2020 – Quality of mountain sheep milk used for the production of traditional cheeses. ***Annals of Animal Science*** 20(1), 299-314 (DOI: 10.2478/aoas-2019-0071).
5. Krajowa strategia zrównoważonego użytkowania i ochrony zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich, 2013, Praca zbiorowa. MRiRW, Warszawa: 170.
6. KRAWCZYK J., KRUPIŃSKI J., 2016 – Perspektywy ochrony bioróżnorodności zwierząt gospodarskich w warunkach biogospodarki**.** ***Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Roczniki Naukowe*** XVIII(1), 145-150.
7. KRAWCZYK J., LEWKO L., CALIK J., 2021 – Effect of laying hen genotype, age and some interior egg quality traits on lysozyme content. ***Annals of Animal Science*** 21(3), 1119-1132.
8. KULAWIK J., 2014 – Wybrane aspekty finansowania programów rolnośrodowiskowych. ***Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*** 338(1), 22-38.
9. LEWKO L., KRAWCZYK J., CALIK J., 2021 – Effect of genotype and some shell quality traits on lysozyme content and activity in the albumen of eggs from hens under biodiversity conservation programme. ***Poultry Science*** (DOI: https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.040).

10. NIŻNIKOWSKI R., NIEMCZYK J., 2017 – Pogłębianie swobody gospodarowania w polskim rolnictwie. ***Przegląd Hodowlany*** 4, 27-29.
11. PASTERNAK M., CALIK J., 2015 – Stan produkcji zwierzęcej w Polsce w latach 2005-2014. ***Wiadomości Zootechniczne*** LIII(4), 62-69.
12. POLAK G., KRUPIŃSKI J., MARTYNIUK E., CALIK J., KAWĘCKA A., KRAWCZYK J., MAJEWSKA A., SIKORA J., SOSIN-BZDUCHA E., SZYNDLER-NĘDZA M., TOMCZYK-WRONA I., 2020 – The risk status of polishlocal breeds under conservation programmes new approach. ***Annals of Animal Science*** (DOI:10.2478/aoas 2020 0071).
13. Raport krajowy o stanie zasobów genetycznych zwierząt, 2002 – Praca zbiorowa. MRiRW, 102.
14. Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2021 – GUS, 91.
15. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1012 z dnia 8 czerwca 2016 roku w sprawie zootechnicznych i genealogicznych warunków dotyczących hodowli zwierząt hodowlanych czystorasowych i mieszańców świni, handlu nimi i wprowadzania ich na terytorium Unii oraz handlu ich materiałem biologicznym wykorzystywanym do rozrodu i jego wprowadzania na terytorium Unii oraz zmieniające rozporządzenie (UE) nr 652/2014, dyrektywy Rady 89/608/EWG i 90/425/EWG i uchylające niektóre akty w dziedzinie hodowli zwierząt.
16. SZYNDLER-NĘDZA M., ŚWIĄTKIEWICZ M., MIGDAŁ Ł., MIGDAŁ W., 2021 – The quality and health-promoting value of meat from pigs of the native breed as the effect of extensive feeding with acorns. ***Animals*** 11(3), 789 (DOI: 10.3390/ani11030789).
17. http://ksb.izoo.krakow.pl/site/certification
18. www.gov.pl/web/wprpo2020/plan-strategiczny-dla-wpr-na-lata-2023-2027-wersja-40--przyjety-przez-rade-ministrow

Zagrożenia rodzimych raków przez gatunki amerykańskie – zagadnienie wciąż aktualne

dr inż. Witold Strużyński

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
Instytut Nauk o Zwierzętach,
ul. Nowoursynowska 166, 02-767 Warszawa,
witold_struzynski@sggw.edu.pl

Wprowadzenie

W wodach śródlądowych Polski potwierdzono występowanie sześciu gatunków raków. Dwa spośród nich zaliczane są do gatunków rodzimych. Należą do nich: rak szlachetny, zwany rzecznym (*Astacus astacus*) oraz rak błotny, zwany stawowym (*Astacus leptodactylus*). Oba gatunki do 2004 roku były objęte gospodarką rybacką, podlegały sezonowym odłowom, i stanowiły w przeszłości istotny element eksportu. Od września 2004 roku Rozporządzeniem Ministra Środowiska zostały one umieszczone na liście gatunków objętych częściową ochroną gatunkową. Sytuacja obu europejskich gatunków raków podlega istotnym, dynamicznym zmianom. Pierwszym czynnikiem ograniczającym ich występowanie było sprowadzenie z Ameryki Północnej do wód śródlądowych Europy grzyba *Aphanomyces astaci*, wywołującego u raków z rodzaju *Astacus* chorobę, zwaną potocznie dżumą raczą. Drugim czynnikiem prowadzącym do zaniku raków była rewolucja przemysłowa końca XIX wieku oraz postępujące zanieczyszczenia wód śródlądowych. Elementy te, wyraźnie wpływające na redukcję pogłowia rodzimych raków, przyczyniły się do podjęcia działań alternatywnych. U schyłku XIX wieku sprowadzono do wód europejskich pierwszy, obcy gatunek raka pręgowatego (*Faxonius limosus*). Kolejny gatunek – rak sygnałowy (*Pacifastacus leniusculus*), został sprowadzony w 1960 roku, również z Ameryki

Północnej. Kolejne i dotychczas ostatnie dwa gatunki raków inwazyjnych, wypuszczono w Polsce w drugiej dekadzie XXI wieku. Introdukcje miały przebieg spontaniczny i były zainicjowane, przypuszczalnie, przez akwarystów. Wypuszczonymi gatunkami były: rak luizjański (*Procambarus clarkii*) i rak marmurkowy (*Procambarus fallax f. virginalis*).

Rys historyczny stanu rodzimych raków w Polsce

Raki były w przeszłości istotnym składnikiem wód europejskich, odzwierciedlającym nie tylko stan środowiska wodnego. Już historycznie były poławiane i uznawane przez człowieka za atrakcyjny towar kulinarny. W niektórych kronikach odnotowywano przykłady masowego łowienia raków w celu zaspokojenia potrzeb żywieniowych. Jeden z kronikarzy z XVII wieku wspomina, że „król Jan Kazimierz w czasie wojen całe swoje wojsko rakami wykarmił" [4]. Liczne przykłady powszechności wykorzystania oraz znaczenia raków w naszej kulturze, można również odnaleźć w książkach kulinarnych z XIX i początków XX wieku. Rak szlachetny do połowy XIX wieku był najczęściej spotykanym rakiem w wodach śródlądowych Europy. Występował zarówno w drobnych ciekach, jeziorach, jak i w dużych nizinnych rzekach. Ze względu na preferencje siedliskowe, zwany był rakiem rzecznym (fot. 1).

Fot. 1. Samiec raka szlachetnego (fot. W. Strużyński)

Drugi rodzimy gatunek to rak błotny (*Astacus leptodacytylus*) zwany również stawowym. W Polsce jest on uznawany za gatunek rodzimy, pomimo że pierwotnym obszarem jego występowania były wody Europy południowo-wschodniej oraz obszary azjatyckie Turcji, Kazachstan, Iran i zlewnia Morza Aralskiego [12]. Dopiero w wyniku utworzenia licznych szlaków żeglownych (kanały) oraz dzięki introdukcjom, rak błotny od XVIII wieku rozpoczął ekspansję w wodach Europy Środkowej [3]. Obecnie jest on spotykany w wodach śródlądowych całej Europy, z wyjątkiem Skandynawii.

W przeszłości obfitość obu gatunków raków występujących w wodach europejskich sprawiała, że ich pozyskiwanie miało charakter spontaniczny, nieobjęty jakimikolwiek zarządzeniami lub ustawami. Dopiero w okresie międzywojennym wprowadzono zorganizowane formy skupu raków, z przeznaczeniem ich na eksport. W ramach tego systemu nie wprowadzono jednak okresów ani wymiarów ochronnych. Skutki tych działań były zauważalne w skali odłowów raka szlachetnego. Z początkiem lat 20. ubiegłego stulecia, odłowy kształtujące się na poziomie ponad 600 ton rocznie, spadły pod koniec lat 30. do 200 ton, pomimo stale utrzymującego się wysokiego popytu na rynkach zachodnich. Przyczyną tej sytuacji była nadmierna eksploatacja oraz zachwianie stanu pogłowia, poprzez odłowy osobników młodocianych oraz samic w okresie rozrodu. Po II wojnie światowej wprowadzono szereg zmian w sposobie „gospodarowania rakami". Obrót rakami znalazł się w rękach zarządcy państwowego. Rak szlachetny utrzymał rangę ekskluzywnego towaru eksportowego, przynoszącego wysokie zyski dla państwa. Odłowy prowadzono według ustalonych, ściśle przestrzeganych zasad. Po pierwsze, wprowadzono okres i wymiary ochronne dla raków. Osoby trudniące się połowami raków były odpowiednio przeszkolone, stając się tzw. kontraktowymi łowcami raków. Odłowione raki, według ściśle wyznaczonych norm branżowych, były poddawane przez łowców wstępnej selekcji, a następnie wysyłane do eksportowej bazy rakowej w Warszawie. Po weryfikacji stanu i kondycji raków szlachetnych umieszczano je w specjalnych łubiankach, odpowiednio zabezpieczano, a potem transportowano na lotnisko Okęcie. Eksportowano je do uprzednio zakontraktowanych odbiorców w Europie (m.in. Francja, Niemcy, Szwecja, Szwajcaria). Od 2004 roku rak szlachetny i rak błotny, zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska, znalazły się na liście gatunków objętych ochroną częściową i zakazem odłowów.

W Polsce w latach 60. według Leńkowej [4] znajdowały się 343 stanowiska raka szlachetnego. Należy jednak brać pod uwagę, że prace inwentaryzacyjne stanu raków analizowane w cytowanej pracy, miały w większości charakter ankietowy. Autorka jako pierwsza podkreślała fakt wyraźnego ustępowania raka szlachetnego w wodach Polski. Znaczne zmiany w zakresie liczby stanowisk raka szlachetnego nastąpiły m.in. na skutek intensywnych zabiegów melioracyjnych. To one, wraz z intensyfikacją rolnictwa, doprowadziły do zrujnowania pierwotnych siedlisk raków, uniemożliwiając jednocześnie restytucję tego gatunku w wielu regionach naszego kraju. Przebudowa rzek i drobnych strumieni, poprzez „wyprostowywanie" ich koryt, wycinanie nadbrzeżnych drzew i budowę zastawek, doprowadziła do zmiany charakteru cieków i ich funkcjonowania. Większość z nich odprowadza wody na zasadzie rynnowej. Szczególnie przy wysokich opadach, wody odprowadzane są gwałtownie, a siła nurtu w obrębie całego koryta jest tak duża, że ciek zostaje zubożony zarówno pod względem fauny wodnej, jak i roślinności. Przy takim układzie ciek zatraca również możliwości samooczyszczania się z elementów organicznych, spływających z obszaru zlewni położonych na terenach rolnych. W niektórych rejonach Polski obserwuje się samoczynną renaturyzację drobnych cieków. Jest to obserwowane w miejscach, gdzie zaprzestano prac konserwujących hydrotechnikę koryt, takich jak zasypywanie wyrw w burtach brzegów, odtwarzanie faszynowania, odbudowa podmytych progów wodnych, wycinka samosiewek olchowych wzdłuż brzegów.

Badania inwentaryzacyjne prowadzone okazjonalnie w wybranych rejonach Polski w latach 1975-2001, wykazały głęboki regres liczby stanowisk raka szlachetnego [8]. W latach 70. ubiegłego stulecia działaniami przyczyniającymi się do ograniczania miejsc występowania rodzimych raków było stosowanie wysokich dawek nawozów mineralnych oraz intensywne zarybienia węgorzem (*Anguilla anguilla*). Tym samym Polska z kraju przodującego w eksporcie raka szlachetnego w okresie międzywojennym i w latach 50. XX w., od lat 70. ubiegłego stulecia przestała się liczyć na europejskim „raczym rynku" [12]. Co więcej, obserwowano postępujące zanikanie kolejnych stanowisk raków rodzimych w wodach Polski [8, 9, 14]. Podobną sytuację raka szlachetnego stwierdza się w przeważającej części wód europejskich. Na skutek silnej antropopresji (zanieczyszczenia,

Fot. 2. Jedna z nielicznych ostoi raka szlachetnego na Mazowszu (fot. W. Strużyński)

melioracje, intensywne rolnictwo) oraz ekspansji obcych gatunków raków, występowanie *Astacus astacus* w Europie ma charakter wyspowy. W większości krajów europejskich liczba stanowisk nie przekracza kilkudziesięciu. Jedynie w krajach skandynawskich oraz Białorusi, Rosji i Ukrainie, liczba stanowisk może dochodzić do kilkuset [12]. W Polsce z początkiem XXI wieku potwierdzono jedynie 56 stanowisk (fot. 2) [10]. Pomimo tak dramatycznej sytuacji rodzimych gatunków raków, w Polsce do końca XX wieku nie prowadzono szeroko zakrojonych prac zmierzających do ich hodowli i restytucji. Dopiero od 2002 roku przystąpiono do kilku regionalnych programów czynnej ochrony rodzimych gatunków raków [12].

Pojawienie się dżumy raczej w wodach europejskich

Dżuma racza pojawiła się po raz pierwszy w Europie w XIX wieku (prawdopodobnie w roku 1860), w północnych Włoszech, skąd następnie rozprzestrzeniła się w błyskawicznym tempie na terenie Francji i Europy Środkowej, docierając na przełomie XIX i XX wieku do Rosji i Finlandii. Uważa się, że wywołujący tę chorobę patogen, mógł zostać uwolniony wraz z wodą balastową ze statków północno-amerykańskich, zawijających do portów we Włoszech. Obecnie nie tyle istotny jest sposób, w jaki dżuma racza trafiła na kontynent europejski, ile fakt, że raz sprowadzona, roz-

przestrzeniła się w zastraszającym tempie, dziesiątkując pogłowie raków rodzimych w wielu krajach. Choroba wywoływana jest przez grzyb *Aphanomyces astaci*, który przenosi się drogą naturalnej dyfuzji, wraz z prądem wody oraz przez zarażone osobniki. Jednakże introdukcja zarażonych osobników nie jest warunkiem *sine qua non*. Wektorami choroby mogą być inne zwierzęta, na przykład skorupiaki niższe, ryby, ale głównie jest nim człowiek. Działania wędkarzy i rybaków, takie jak transfer łodzi pomiędzy zbiornikami wodnymi, używanie jako przynęty zarażonych już raków oraz zakażonych narzędzi połowowych, są najczęstszą przyczyną przenoszenia choroby. Tempo jej rozprzestrzeniania się mogło być spotęgowane również poprzez ekspansję lub obrót gatunkami raków pochodzących z Ameryki Północnej. Raki amerykańskie (*Faxonius limosus, Pacifastacus leniusculus, Procambarus clarkii, Procambarus virginalis*) wykazują bowiem wysoką odporność na dżumę, w przeciwieństwie do wszystkich czterech gatunków raków europejskich, należących do rodzajów *Astacus*. Co więcej, wszystkie wyżej wymienione gatunki raków amerykańskich są wektorami przenoszenia pasożytniczego grzyba. Ponieważ gatunki te należą do odmiennej, niż raki europejskie grupy filogenetycznej, prawdopodobne jest, że w czasie długiego okresu ewolucyjnego w wodach amerykańskich, wykształciły one mechanizmy odpowiedzi obronnej na pasożyta.

Dżuma racza nie jest łatwa do identyfikacji, szczególnie w początkowym stadium. Istnieje kilka późnych objawów, które można uznać za charakterystyczne, jednakże niespecyficzne. U zarażonych raków obserwuje się również zmiany behawioralne. Zwyczajowo raki przejawiają aktywność nocną, natomiast w przypadku zainfekowania przez *Aphanomyces astaci,* zaczynają opuszczać swoje kryjówki, i wędrują wzdłuż brzegów w ciągu dnia, poruszając się na wyprostowanych kończynach. Niekiedy też opuszczają wodę, próbując poruszać się po lądzie. Zaatakowany przez grzybnię nabłonek przegubów odnóży uniemożliwia swobodne poruszanie się, toteż raki często przybierają położenie grzbietowe. W przypadku najbardziej zjadliwej formy grzyba choroba postępuje szybko i doprowadza do całkowitej eksterminacji populacji raków, zwykle w ciągu kilku tygodni od zarażenia. W przypadku szczepów mniej zjadliwych śmiertelność dotyczyć może ponad połowy stanu populacji. Tradycyjne metody posiewu i badanie mikroskopowe, nie dają w niektórych przypadkach całkowitej pewności diagnostycznej rozpoznania choroby, ze względu na brak widocznych strzępek

grzybni. Zdecydowanie efektywniejsze są badania genetyczne [2], dzięki którym wyróżniono szczepy o mniejszej zjadliwości dla europejskich raków. Aktualnie nie ma skutecznego sposobu ochrony przed skutkami infekcji wywołanej przez *Aphanomyces astaci* w zbiornikach naturalnych. Można jedynie, tam, gdzie to możliwe, próbować ograniczyć rozwój choroby poprzez usuwanie i niszczenie chorych, i śniętych raków. W żadnym wypadku nie należy wprowadzać nowych, zdrowych osobników w celu uzupełnienia obsady, gdyż grozi to ich zakażeniem. Zakłada się, że próby reintrodukcji (po uprzedniej kwarantannie), można przeprowadzać dopiero po kilkuletniej przerwie od ustąpienia zarazy.

Zasady monitoringu raka szlachetnego jako preludium czynnej ochrony

W 2013 roku opracowano metodykę monitoringu raka szlachetnego [14], której celem było objęcie wytypowanych, znanych populacji *Astacus astacus,* cyklicznymi badaniami. Prace te służą ocenie stanu populacji i siedliska oraz perspektywie ich zachowania. Wynikową tych składowych jest ocena ogólna. Zgodnie z wytycznymi, monitoring prowadzony jest w Polsce w cyklach co 3 lata. Początkowo obejmował 30 stanowisk. Ocenie poddawane są dwa parametry: populacja i siedlisko. Dla parametru „populacja" wyznaczono 1 wskaźnik, którym jest liczebność, opisywana wskaźnikiem CPUE. Wskaźnik ten oznacza średnią liczbę osobników złapanych w jedną pułapkę, przy jej ekspozycji przez 8 godzin odłowów nocnych. Odłowy mogą być prowadzone przy użyciu 10 raczników lub tzw. krążków. W przypadku parametru „siedlisko" przyjęto 5 wskaźników: zasiedlenie linii brzegowej, rodzaj podłoża, przekształcenia antropogeniczne, odczyn pH, obce gatunki ryb i raków. W ocenie wskaźników każdego z parametrów stosuje się tradycyjny w monitoringu system ocen: FV – właściwa, U1 – niezadowalająca, i U2 – zła. Dla każdego ze wskaźników podane są ścisłe kryteria zakresowości. Poza wymienionymi dwoma parametrami – populacją i siedliskiem, oceniana jest także perspektywa ochrony, która jest oceną ekspercką, czyli wymaga dużego doświadczenia osoby wykonującej monitoring raka szlachetnego. Ocena ta zakłada szanse zachowania gatunku na stanowisku przez najbliższe 10-15 lat. Ocena każdego z parametrów (populacja, siedlisko) oraz perspektywy ochrony, uzależniona jest od najniższej wartości

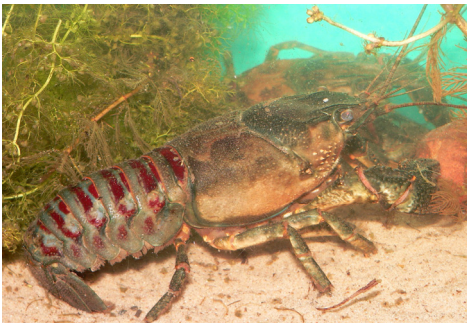
oceny. Dla przykładu, jeśli monitorowane stanowisko uzyskało następujące, cząstkowe oceny – parametr populacja wyniósł FV, w parametrze siedlisko spośród 5 ocenianych wskaźników trzy oceniono na FV, jeden miał ocenę U1, i jeden na U2, a perspektywa ochrony oceniona została na U1, to ocena ogólna stanowiska jest równoznaczna z najniższą oceną trzech ocenianych parametrów (populacji, siedliska i perspektywy ochrony), czyli ocena ogólna powyższego przykładu wyniosłaby U2. Podobny sposób prowadzenia oceny poszczególnych parametrów jest wspólny dla większości monitorowanych gatunków zwierząt w Polsce (patrz części I-IV Podstaw Monitoringu pod red. M. Makomaskiej).

Krajowym monitoringiem objęte zostały w przeważającej większości drobne cieki wodne. Nielicznymi są zbiorniki powyrobiskowe lub jeziora. Od rozpoczęcia monitoringu raka szlachetnego w 2013 roku, cykl prac wykonany został 3-krotnie (w roku 2013, 2016/2017 oraz w roku 2021. W wyniku drugiego monitoringu, z lat 2016-2017, stwierdzono, że utracono 8 z 30 stanowisk raka szlachetnego. Stało się tak na skutek ekspansji inwazyjnych gatunków ryb, zanieczyszczeń zbiorników wodnych oraz innych nieokreślonych czynników. W związku z tym, w 2021 roku do monitoringu włączono kolejne znane stanowiska. Efektem prowadzonego monitoringu powinny być działania związane z czynną ochroną gatunkową. Ich realizację należy powierzyć użytkownikom wód (np. Polskiemu Związkowi Wędkarskiemu) lub innym organom administrującym na obszarze, na którym zlokalizowane jest stanowisko raka szlachetnego (Lasy Państwowe, parki narodowe lub krajobrazowe). Wymienione agendy powinny wprowadzić system zrównoważonej gospodarki zespołami przyrodniczymi w obrębie monitorowanego stanowiska. Właściwe byłoby prowadzenie bieżących kontroli stanu populacji i siedlisk, pomiędzy cyklami krajowego monitoringu raka szlachetnego. Wprowadzenie tych działań zabezpieczyłoby przed krytycznymi stanami środowiska, zagrażającymi występowaniu tego gatunku. Dotychczasowe wyniki monitoringu świadczą o tym, że reintrodukcja raka szlachetnego jest nieodzownym działaniem w celu zachowania tego gatunku w wodach Polski. Jego czynna ochrona, poprzez odtwarzanie populacji oraz tworzenie i rozwój lokalnych ośrodków hodowli materiału obsadowego, jest jednym z istotniejszych kierunków w ratowaniu rodzimych gatunków raków.

Ekspansja obcych, inwazyjnych gatunków raków

W 1890 roku do gospodarstwa stawowego w dorzeczu Odry sprowadzono stado podstawowe raka pręgowatego *Faxonius limosus* (fot. 3). Wypuszczenie zaledwie 100 osobników miało stanowić substytut dla zanikających rodzimych gatunków raków [3]. Będąc gatunkiem odpornym na dżumę raczą i różnego typu zanieczyszczenia, rak pręgowaty rozpoczął swoją ekspansję w wodach Europy. Zajmował zarówno drobne cieki, jak i duże nizinne rzeki oraz jeziora. W ciągu 70 lat od introdukcji *Faxonius limosus* opanował ponad 75% wód śródlądowych Polski, przy postępującym zaniku gatunków rodzimych. Poprzez nosicielstwo dżumy raczej dodatkowo przyczyniał się do ustępowania raka szlachetnego i błotnego, eliminując je ze swoich siedlisk.

Kolejnym działaniem, potęgującym zanik raków europejskich, były efekty prac szwedzkich astakologów, którzy w 1959 roku sprowadzili raka sygnałowego (*Pacifastacus leniusculus*), pochodzącego z Ameryki Północnej (fot. 4) [6]. Gatunek ten został wybrany przez Szwedów celowo, gdyż jest bliźniaczo podobny do raka szlachetnego, stanowiącego narodowy, świąteczny przysmak. W ciągu dekady od sprowadzenia opanowano metodę hodowli raka sygnałowego, który ze względu na szybkie przyrosty, okazały wygląd i walory smakowe, stał się poszukiwanym obiektem w akwakulturach europejskich. Niekontrolowane introdukcje oraz ucieczki z hodowli stawowych, spowodowały w Polsce pod koniec XX wieku jego ekspansję. Aktualny stan występowania raka sygnałowego w Polsce ma charakter regionalny. Odnotowany jest na Pomorzu, Pojezierzu Warmińsko-Mazurskim, Pojezierzu Suwalskim oraz na Śląsku.



Fot. 3. Rak pręgowaty – amerykański gatunek inwazyjny (fot. W. Strużyński)

Fot. 4. Rak sygnałowy – na szczypcach widoczne typowe dla gatunku białe plamy (fot. W. Strużyński)

Kolejnymi obcymi rakami inwazyjnymi, które rozpoczęły ekspansję w polskich wodach w XXI wieku, są dwa gatunki o rodowodzie północno-amerykańskim: rak luizjański (*Procambarus clarkii*), i rak marmurkowy (*Procambarus virginalis*). Rak luizjański został sprowadzony do Europy w 1973 roku. Pierwszym miejscem zasiedlenia tego gatunku była Hiszpania [6], a obecnie stwierdzany jest już w 13 krajach Europy Zachodniej (w tym w Niemczech). Już w 1999 roku Strużyński i Niemiec [7] przestrzegali przed groźbą inwazji tego gatunku w wodach Polski. W 20 lat później kilka stanowisk tego gatunku zostało potwierdzonych w wodach otwartych Polski [5]. Za sprawą akwarystów dokonano introdukcji kolejnego obcego gatunku raka *Procambarus virginalis*. Popularnie jest on znany pod nazwą rak marmurkowy, a fenomenem biologii jego rozrodu jest dzieworodność, jako że dotychczas nie stwierdzono obecności samców tego gatunku. Według Chuchola [1], w Europie wykazano jego obecność w Niemczech, Holandii, Słowacji i we Włoszech. Nie można wykluczyć, że w wielu innych krajach europejskich gatunek ten już występuje. Z obu tych gatunków szczególnie niebezpiecznym dla astakofauny europejskiej jest rak marmurkowy, który na skutek dzieworodności charakteryzuje się ogromnym potencjałem inwazyjności. Aktualna wiedza wynikająca z efektów krajowego monitoringu raka szlachetnego i inwazyjności raków północnoamerykańskich nie napawa optymizmem odnośnie do poprawy stanu raków rodzimych.

Ekspansja raka pręgowatego, sygnałowego, luizjańskiego i marmurkowego sprawia, że szanse zachowania rodzimych gatunków raków mogą w przyszłości mieć charakter stanowisk wybitnie izolowanych. W związku z tym bardzo ważnym elementem w podejmowanych próbach ochrony raków europejskich jest prowadzenie prac inwentaryzacyjnych, monitoringu istniejących populacji oraz podejmowanie działań ochronnych w postaci zbiegów hodowlanych.

Czynna ochrona rodzimych gatunków raków

W Polsce nie prowadzono typowej hodowli raków w układzie intensywnym, przy wykorzystaniu zamkniętego systemu wylęgarniczego. Co prawda, w ramach prowadzonego przez profesora Krzywosza programu ochrony raków, uruchomiono serię warsztatów dla potencjalnych hodowców raków, i podjęto próby zaraczeń materiałem obsadowym pochodzącym

z odłowów naturalnych [15]. W praktyce jednak tylko nieliczni podjęli próbę ich hodowli w warunkach ekstensywnych (stawy ziemne). Pierwsze próby kontrolowanej hodowli raków rozpoczęto w krajach skandynawskich w XX wieku. Z początkiem obecnego tysiąclecia rozpoczęto w Polsce w pełni kontrolowany wylęg i podchów raków szlachetnych w obiegu recyrkulacyjnym, przy wykorzystaniu przepływowych koryt hodowlanych. Tego typu rozwiązania, wzorowane na hodowlach raków w Bawarii, zastosowano w 2002 roku w Instytucie Nauk o Zwierzętach SGGW w Warszawie [11]. Ze środków Ekofunduszu WFOŚiGW w Warszawie oraz Globalnego Funduszu na Rzecz Środowiska przy ONZ, uruchomiono dwie wylegarnio-podchowalnie raków. Każda z nich posiada moduły składające się z podłużnych basenów przepływowych, zaopatrzonych w wysokowydajny system filtracji biologiczno-mechanicznej (fot. 5). Co roku w okresie wiosennym (kwiecień), w basenach umieszczane są samice raka szlachetnego, ze złożonymi jajami pod odwłokiem, w stadium zaoczkowania. Po upływie około 1,5 miesiąca następuje wylęg raków. Rokrocznie z obu wylęgarni uzyskuje się około 2 500 sztuk małych raków, które przeznaczane są do zaraczania wytypowanych uprzednio wód.

Fot. 5. Wylęgarnia raków w układzie recyrkulacyjnym (fot. W. Strużyński)

Od 2018 roku w Mazowieckim Zespole Parków Krajobrazowych, ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego, uruchomiono kolejną wylęgarnię, która produkuje wylęg raków na potrzeby kilku parków wchodzących w skład Zespołu. Dzięki prowadzonym zabiegom reintrodukcji odtworzono i utrzymano 3 populacje raków w województwie mazowieckim. Co roku kolejne młode raki zasilają te same stanowiska, a od 4 lat wykonuje się nowe zaraczenia drobnych dopływów Bugu w Nadbużańskim Parku Krajobrazowym. Podobne działania są planowane przez Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Śląskiego, który wstępnie wykonał waloryzację wód śląskich pod kątem ich przydatności do zabiegów restytucji raków.

Oprócz zabiegów związanych z czynną ochroną raka szlachetnego intensyfikuje się monitoring tego gatunku w różnych rejonach Polski. Koniecznym jest zintensyfikowanie czynnej ochrony rodzimych raków, zarówno poprzez hodowlę, jak i reintrodukcję raków europejskich [13]. Od 2020 roku podejmuje się także lokalne działania zmierzające do ograniczania ekspansji raków pochodzenia północnoamerykańskiego [5]. Jednak jest jeszcze zbyt wcześnie, aby ocenić efektywność tych działań. Warto jednak poddać je analizie, ponieważ mogą okazać się przydatne, przynajmniej w obrębie regionalnym. Działania te są ważne i wspomagające dla zachowania rodzimych gatunków, i zwiększenia liczby ich stanowisk.

PIŚMIENNICTWO

1. CHUCHOLL CH., MORAWETZ K., GROSS H., 2011 – The clones are coming – strong increase in Marmorkrebs [*Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. virginalis] records from Europe. ***Aquatic Invasions*** (2012) 7, 511-519.
2. GRANDJEAN F., VRÅLSTAD T., DIÉGUEZ-URIBEONDO J., JELIČ M., MANGOMBI J., DELAUNAY C., FILIPOVÁ L., REZINCIUC S., KOZUBÍKOVÁ-BALCAROVÁ E., GUYONNET D., VILJAMAA-DIRKS S., PETRUSEK A., 2014 – Microsatellite markers for direct genotyping of the crayfish plague pathogen Aphanomyces astaci (*Oomycetes*) from infected host tissues. ***Veterinary Microbiology*** 170, 317-324.
3. KOSSAKOWSKI J., 1966 – Raki. Wydawnictwo rolnicze i Leśne. Warszawa.

4. LEŃKOWA A., 1962 – Badania nad przyczynami zaniku, sposobami ochrony i restytucją raka szlachetnego *Astacus astacus* (L.) w związku z rozprzestrzenianiem się raka amerykańskiego *Cambarus affinis* Say. ***Ochrona Przyrody*** 28, 1-37.
5. MACIASZEK R, KOLANEK A., 2021 – Metody zwalczania inwazyjnych raków i żółwi w Polsce – działania pilotażowe. ***Chrońmy Przyrodę Ojczystą*** 77(4), 14-23.
6. SOUTY-GROSSET C., HOLDICH D., NOËL P., REYNOLDS J.D., HAFFNER P., 2006 – Atlas of Crayfish in Europe. Vol. 64, MNHN-Paris.
7. STRUŻYŃSKI W., NIEMIEC T., 1999 – Rak luizjański (*Procambarus clarkii*) rakiem przyszłości. ***Przegląd Rybacki*** 5, 29-34.
8. STRUŻYŃSKI W., ŚMIETANA P., 1999 – On distribution of Crayfish in Poland. ***Freshwater Crayfish*** 12, 825-829.
9. STRUŻYŃSKI W., KULESH W., ALECHNOVICH A., 2001 – The occurrence and habitat preferences of the noble crayfish (*Astacus astacus* L.) and the narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*, Esch.) in freshwater of Belarus and Poland. ***Annales of Warsaw Agricultural University, Animal Science*** 38, 27-31.
10. STRUŻYŃSKI W., KRZYWOSZ T., 2002 – The noble crayfish (*Astacus astacus*) in Poland – past., the present and perspectives. ***Annales of Warsaw Agricultural University, Animal Science*** 39, 63-69.
11. STRUŻYŃSKI W., 2003 – The program for restocking noble crayfish (*Astacus astacus* L.) in middle-east Poland. ***Freshwater Crayfish 13*****,** Australia, 175-179.
12. STRUŻYŃSKI W., 2007 – Raki. Monografia Przyrodnicza. Wydawnictwo Lubuski Klub Przyrodników.
13. STRUŻYŃSKI W., ŚLIWIŃSKA K., 2014 – Znaczenie raków w Polsce i konieczność ich ochrony. ***Przegląd Hodowlany*** 3, 31-32.
14. STRUŻYŃSKI W., 2015 – *Monitoring* gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny. Część IV. Rak szlachetny. GIOŚ Opracowanie zbiorowe pod redakcją Małgorzaty Makomaskiej-Juchiewicz i Macieja Bonka. Biblioteka Monitoringu Środowiska Warszawa, 262-280.
15. ŚMIETANA P., KRZYWOSZ T., STRUŻYŃSKI W., 2004 – Review of the national restocking programme „Active Protection of Native Crayfish in Poland" 1999-2001. ***Bulletin Francais de la Peche ett de la Pisciculture*** 372-373, 289-301.

III. NOWOCZESNE TECHNOLOGIE W PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ

Nicienie owadobójcze alternatywą dla chemicznych środków ochrony roślin

dr hab. Dorota Tumialis[1], dr Anna Mazurkiewicz[1], prof. dr hab. Iwona Skrzecz[2]

[1] Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauk o Zwierzętach, Katedra Biologii Środowiska Zwierząt, ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa, dorota_tumialis@sggw.edu.pl
[2] Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ochrony Lasu, ul. Braci Leśnej 3, Sękocin Stary, 05-090 Raszyn

Wprowadzenie

Rosnąca świadomość społeczeństwa w zakresie zagrożeń dla zdrowia ludzi i bezpieczeństwa środowiska, w istotny sposób przyczyniła się do intensyfikacji działań mających na celu ograniczenie jakiegokolwiek ryzyka w tym zakresie. W zakresie ochrony roślin działania te odnoszą się głównie do ryzyka związanego z powszechnym stosowaniem środków chemicznych. Potrzeba poszukiwania rozwiązań, które pozwoliłyby zapewnić ochronę roślin przed organizmami szkodliwymi, przy jednoczesnym ograniczeniu skutków negatywnych, doprowadziła do opracowania zasad integrowanej ochrony roślin, która w 2014 r. została uznana w krajach Unii Europejskiej za obowiązkowy element produkcji roślinnej.

Obecnie, dążąc do ograniczania stosowania chemicznych metod w ochronie lasu i upraw polowych przed owadami szkodliwymi, wiele uwagi poświęca się badaniom aktywności chorobotwórczych mikroorganizmów oraz parazytoidów, owadów drapieżnych i kręgowców, redukujących liczebność szkodliwej entomofauny. Spośród nich, na szczególną uwagę zasługują nicienie entomopatogeniczne (EPNs) z rodziny *Steinernematidae* i *Heterorhabditidae*.

Nicienie entomopatogeniczne są letalnymi pasożytami larw, poczwarek i dorosłych owadów z różnych rzędów. W ich cyklu życiowym występują cztery stadia larwalne. W środowisku glebowym obecne jest trzecie stadium – wolno żyjące larwy inwazyjno-przetrwalnikowe (IJs) [45]. Larwy te zawierają w swoim przewodzie pokarmowym komórki symbiotycznych bakterii, w przypadku *Heterorhabditis* są to bakterie *Photorhabdus* sp., a w przypadku *Steinernema – Xenorhabdus* sp. [38]. Stadium larwy inwazyjno-przetrwalnikowej jest odpowiedzialne za odszukiwanie i infekowanie owada – żywiciela. Larwa IJs nicienia wnika do ciała owada przez jego naturalne otwory (otwór gębowy, odbytowy, przetchlinki), znacznie rzadziej przez uszkodzenia oskórka [31, 44]. W ciele owada larwy IJs przechodząc w dalsze etapy rozwoju, uwalniają z jelit symbiotyczne bakterie. W hemolimfie i narządach wewnętrznych owada bakterie te bardzo szybko zaczynają się namnażać, kolonizować ciało owada i produkować toksyny i egzoenzymy, które niszczą system odpornościowy owada i w ciągu 24-48 godzin doprowadzają do jego śmierci, z typowymi objawami septicemii [12]. Namnażające się wewnątrz owada bakterie, stwarzają dogodne warunki dla rozwoju nicieni, które w ciele martwego owada przechodzą cykl rozwojowy (1-3 generacje). Liczba generacji nicieni rozwijających się w ciele owada zależy bezpośrednio od ilości dostępnego pokarmu. Gdy źródło pożywienia zostanie wyczerpane, nicienie kończą swój rozwój na stadium larw inwazyjno-przetrwalnikowych. Pobierają wtedy do swojego przewodu pokarmowego komórki bakterii, uwstecznieniu ulega ich torebka gębowa, zamknięte zostają otwory: gębowy oraz odbytowy, i w takiej formie larwalnej nicienie migrują z żywiciela do środowiska, w poszukiwaniu kolejnego owada [1, 32]. Długość takiego cyklu rozwojowego trwa od 10 do 16 dni u nicieni *Heterorhabditidae* i od 10 do 14 dni u *Steinernematidae* [7].

Nicienie entomopatogeniczne, dzięki wysokiej skuteczności owadobójczej, wytwarzaniu stadium larwy inwazyjno-przetrwalnikowej oraz możliwości masowego namnażania na podłożach sztucznych, stały się jednym z ważniejszych czynników biologicznego zwalczania szkodników roślin. Mają one ponadto wiele innych atrybutów doskonałego czynnika biologicznej ochrony roślin: są bezpieczne dla środowiska, mają wysoki potencjał reprodukcyjny, larwy inwazyjno-przetrwalnikowe mogą stosunkowo długo przetrwać w glebie, po aplikacji [1, 11]. Obecnie na świecie biopre-

paraty oparte na bazie różnych gatunków\szczepów nicieni produkowane są przez wiele firm. Preparaty te nie podlegają procedurom rejestracyjnym i, co ważne, można je stosować przy użyciu standardowego sprzętu do aplikacji chemicznych środków ochrony roślin. Stałe zwiększanie odporności owadów na insektycydy chemiczne wpływa także na rozpowszechnianie stosowania preparatów zawierających EPNs.

Ograniczeniem w stosowaniu nicieni entomopatogenicznych w uprawach jest m.in. ich cena, która w porównaniu z pestycydami chemicznymi jest o wiele wyższa, dlatego też zarówno w leśnictwie, jak i rolnictwie, nadal dominują insektycydy chemiczne. Opracowanie nowych i tańszych metod produkcji EPNs oraz udoskonalenie technik aplikacji stosowanych w warunkach polowych, mogą przyczynić się do szerszego ich zastosowania [2, 15]. Wobec powyższego, obecnie prowadzone są badania nad opracowaniem nowatorskich metod produkcji i przechowywania EPNs [7]. Ponadto, różne ośrodki naukowe prowadzą badania dotyczące optymalizacji stosowania preparatów nicienicowych, które obejmują m.in. poszukiwanie najbardziej skutecznych izolatów/szczepów w stosunku do konkretnego gatunku owada szkodliwego, jak również najbardziej predysponowanych do określonych warunków terenowych (wilgotność, temperatura). Najistotniejszym okresem krytycznym dla przeżycia larw IJs, są minuty i godziny bezpośrednio po aplikacji, a za dramatyczny spadek liczby IJs w tej fazie (rzędu 40 ± 80%), odpowiedzialne jest promieniowanie UV i, co z tym związane, szybkie wysychanie larw na powierzchni gleby [37]. Odpowiednia wilgotność gleby przed i po aplikacji może zapewnić powodzenie w stosowaniu EPNs w zabiegach terenowych, ponieważ odpowiednio gruba warstewka wody, otaczająca ciało nicieni, zapewnia utrzymanie optymalnej aktywności ruchowej [21]. Poprawę skuteczności zabiegów aplikacji nicieni można uzyskać, stosując adjuwanty. Ich dodatek może spowolnić tempo wysychania larw nicieni i zwiększyć poziom skuteczności preparatów [8, 43], a zastosowanie kombinacji różnych adjuwantów może zapewnić jeszcze większą skuteczność EPNs [29]. Wykorzystanie adjuwantów otwiera też możliwość użycia EPNs do zwalczania naliściowych owadów szkodliwych. Substancje te pozwalają na równomierne rozprowadzanie nicieni na liściach lub innych nadziemnych częściach roślin oraz zwiększają ilość kropel preparatu zatrzymanych na powierzchni liści [30, 39]. Ze względu na to, że nie istnieje

jeden, uniwersalny adjuwant, i trudno przewidzieć, jak dana substancja będzie wpływała na przeżywalność i cechy parazytologiczne poszczególnych szczepów nicieni, potrzebne są badania dotyczące toksyczności i odpowiednich dawek adjuwantów. Skuteczność naliściowej aplikacji EPNs można zwiększyć również poprzez nowatorskie metody formulacji zawiesiny EPNs, np. unieruchomienie EPNs w kapsułkach z alginianu wapnia, i pokrycie tych granulek atraktantami zachęcającymi owady do ich spożycia [30].

W Polsce badania dotyczące wykorzystania nicieni w biologicznej ochronie roślin obejmują między innymi testowanie rodzimych szczepów nicieni, w celu wytypowania tych najbardziej skutecznych w zwalczaniu owadów szkodliwych w uprawach leśnych i polowych. Skupiono się na gatunkach owadów, które powodują znaczące straty ekonomiczne: w uprawach leśnych są to szeliniak sosnowy (*Hylobius abietis* L.) i barczatka sosnówka (*Dendrolimus pini* L.), natomiast w uprawach warzyw i zbóż bielinki (*Pieris brassicae* L., *P. rapae* L.), piętnówka kapustnica (*Mamestra brassicae* L.), rolnice (*Agrotis segetum* Den i Schiffermüller, 1775, *A. exclamationis* L.) i skrzypionka zbożowa (*Oulema melanopus* L.).

Wstępem do badań nad wykorzystaniem EPNs do zwalczania szkodników, była izolacja nicieni prowadzona w latach 2010-2011 z gleb pobranych w różnych rejonach i siedliskach Polski. Przynależność gatunkową wyizolowanych nicieni określano metodami genetycznymi. Wśród wyizolowanych nicieni stwierdzono obecność następujących gatunków: *Steinernema feltiae* (Filipjev)*, S. kraussei* (Steiner)*, S. carpocapsae* (Weiser) oraz *Heterorhabditis megidis* (Poinar, Jackson i Klein) [41]. Izolaty te utrzymywane są w stałej hodowli w Katedrze Biologii Środowiska Zwierząt (Instytut Nauk o Zwierzętach, SGGW).

Nicienie entomopatologiczne w ochronie upraw leśnych

Zabezpieczanie szkółek i upraw leśnych przed szkodliwymi owadami jest jednym z ważniejszych problemów ochrony tych ekosystemów w wielu krajach europejskich, a szczególnie istotny jest w naszym kraju, ze względu na wysoką i utrzymującą się od wielu lat liczebność szkodników. Najczęściej stosowaną formą ochrony szkółek i upraw są zabiegi chemiczne, polegające na dezynsekcji gleby lub na opryskiwaniu drzewostanów, przy użyciu bardzo toksycznych preparatów owadobójczych. Chemiczne środ-

ki ochrony roślin wprawdzie szybko ograniczają liczebność szkodnika, ale rozwój odpornych ras owadów, problem pozostałości pestycydów, i związane z tym zagrożenie środowiska, w licznych przypadkach ograniczają ich stosowanie. Nie bez znaczenia są również rosnące gwałtownie wydatki na chemiczną ochronę lasu, wynoszące każdego roku od kilku do kilkunastu milionów PLN. Jednocześnie, obserwuje się stały spadek zainteresowania producentów pestycydów rejestracją środków ochrony roślin w leśnictwie, ze względu na jej wysokie koszty i skomplikowane procedury wynikające z prawa obowiązującego w krajach Unii Europejskiej (Dyrektywa 91/414, Dyrektywa 2009/128/WE, Rozporządzenie 1107/2009). Dodatkowo certyfikacja Lasów Państwowych w systemie FSC (Forest Stewardship Council) ograniczyła możliwość stosowania większości insektycydów w ochronie szkółek i upraw leśnych przed owadami, dlatego też istnieje pilna potrzeba opracowania metod redukcji liczebności owadów szkodliwych bez użycia środków chemicznych.

Spośród owadów wyrządzających szkody w najmłodszych uprawach drzew iglastych szczególne znaczenie mają gatunki zaliczane do rodzaju *Hylobius* (Coleoptera: Curculionidae), a przede wszystkim szeliniak sosnowiec *Hylobius abietis* (L.). Gatunek ten rozpowszechniony jest na obszarach Europy, Syberii i Japonii. W Polsce szeliniak sosnowiec występuje corocznie na terenie całego kraju. Od ponad 10 lat powierzchnia zagrożonych przez niego upraw waha się od 20 do 30 tys. ha, a kontrolą liczebności tego gatunku objęte są wszystkie uprawy leśne [20]. Owad ten może uszkadzać praktycznie wszystkie gatunki drzew iglastych, a także drzewa liściaste. Chrząszcze żerują na strzałkach i bocznych pędach sadzonek, wygryzając płatowo korę, co w konsekwencji prowadzi do deformacji i usychania drzewek. W przeciwieństwie do imago, larwy szeliniaka sosnowca nie powodują szkód gospodarczych, gdyż rozwijają się w korzeniach pniaków pozostałych po ściętych sosnach (*Pinus* spp.) i świerkach (*Picea* spp.). W Polsce co roku zabezpiecza się przed szkodami wyrządzanymi przez chrząszcze szeliniaka wiele tysięcy hektarów upraw. Zabiegi wykonuje się przed, lub w trakcie odnowień i polegają one na chemicznym zabezpieczaniu sadzonek przez namaczanie nadziemnych części roślin w roztworze insektycydu. W przypadku masowych pojawów chrząszczy na uprawach w maju – czerwcu lub sierpniu zabiegi ochronne polegają na opryskiwaniu drzewek.

Badania dotyczące możliwości wykorzystania w zwalczaniu tego owada nicieni entomopatogenicznych, w najszerszym zakresie prowadzone były w Wielkiej Brytanii i Irlandii [6, 9, 10, 11].

Kolejnym, groźnym dla upraw sosny szkodnikiem, jest barczatka sosnówka *Dendrolimus pini* L. (Lepidoptera: *Lasiocampidae).* W Polsce, Niemczech i na Litwie zaliczana jest ona do najgroźniejszych gospodarczo szkodników sosny (*Pinus sylvestris* L.), występujących w formie gradacji [24, 26, 28, 34, 36]. Najprawdopodobniej w związku z ocieplaniem się klimatu, gatunek ten powiększa areał występowania, gdyż w ciągu ostatnich 10 lat *D. pini* znaleziono również w Szwecji i Wielkiej Brytanii [4, 13, 14]. W Polsce, w ciągu ostatnich 10 lat, szkodnik ten wystąpił na łącznej powierzchni około 300 tysięcy hektarów drzewostanów sosnowych, powodując ich defoliację, często przekraczającą 50%. Kolejnym problemem jest wzrastająca odporność tego szkodnika na środki chemiczne [13]. Dzięki temu, że gąsienice tego gatunku zimują w ściółce leśnej, możliwe jest zwalczanie ich za pomocą nicieni entomopatogenicznych.

Próby wykorzystania EPNs do zwalczania szkodników leśnych w Polsce

Szeliniak sosnowiec

W badaniach laboratoryjnych analizowano skuteczność dwóch rodzimych izolatów nicieni (K11, ZAG 15), reprezentujących gatunek *S. feltiae*, i jednego izolatu *S. kraussei (*400d), w zwalczaniu larw szeliniaka. Ekstensywność dla wszystkich badanych izolatów była wysoka i wahała się od 80 do 86%. Uzyskana w badaniach wysoka ekstensywność zarażenia larw szeliniaka była znacznie wyższa niż uzyskana przez innych autorów [40]. Przeprowadzono również próby terenowe w Nadleśnictwie Piotrków. Aplikacji nicieni dokonano we wrześniu 2010 r. i 2011 r., kiedy w korzeniach pniaków znajdowały się larwy szeliniaka sosnowca pokolenia zimującego. W doświadczeniach wykorzystano następujące biopreparaty: Capsanem – zawierający nicienie *S. carpocapsae* (Koppert B.V., Holandia); Nemasys F – zawierający nicienie *S. feltiae* (Becker Underwood Ltd, UK); Nemasys H – zawierający nicienie *H. bacteriophora* (Becker Underwood Ltd, UK); Nemasys G – zawierający nicienie *H. megidis* (Becker Underwood Ltd, UK) oraz preparat zawierający nicienie *H. downesi* (Koppert B.V., Ho-

landia). Ekstensywność zarażenia larw traktowanych różnymi preparatami wynosiła od 5,9% do około 45%. Najwyższą ekstensywność zarażenia (44,2%) stwierdzono w przypadku zastosowania preparatu Capsanem (*S. carpocapsae*) i preparatu zawierającego *H. downesi* (42,5%) [35]. Uzyskano wyniki zbliżone do podawanych z innych krajów Europy (Irlandia 60%, Szwecja 50-60%, Wielka Brytania 20%) [6, 33].

Barczatka sosnówka

W badaniach laboratoryjnych wykorzystano pięć rodzimych izolatów nicieni, reprezentujących gatunek *S. feltiae* (K11, K13, ZWO4, ZWO23), i jeden izolat gatunku *H. megidis* (Wipsowo). Ekstensywność zarażenia larw barczatki izolatami *S. feltiae* wyniosła od 86,7% do100%, i była statystycznie istotnie wyższa od ekstensywności zarażenia gąsienic izolatem *H. megidis* (Wipsowo), która wahała się od 20% do 100% [42]. Przeprowadzono również próby terenowe, w których wykorzystano dwa preparaty komercyjne: Entonem – zawierający nicienie *S. feltiae* (Koppert, Holandia) i *Steinernema carpocapsae* (E-nema GmBH, Niemcy). Badania prowadzono na terenie Leśnictwa Mokrz, Nadleśnictwo Wronki. Aplikację nicieni wykonano w październiku 2020 r., w okresie schodzenia gąsienic barczatki do ścioły. Oceny skuteczności zabiegu dokonano w marcu 2021 roku. Zastosowanie wodnej zawiesiny biopreparatu, zawierającego nicienie *S. feltiae* w formie polewania ścioły dookoła drzew, skutkowało redukcją liczebności szkodnika zimującego w ściole na poziomie 40-50%. Aplikacja nicieni gatunku *S. carpocapsae* nie miała wpływu na liczebność gąsienic barczatki (*dane niepublikowane*).

Nicienie entomopatologiczne w ochronie zbóż

Produkcja zbóż jest jednym z głównych kierunków produkcji rolniczej w Polsce. Powierzchnia uprawy zbóż plasuje Polskę na drugim miejscu w Unii Europejskiej (po Francji), a w zbiorach zbóż – trzecie (po Francji i Niemczech). Pszenica, z uwagi na duże znaczenie w żywieniu człowieka i zwierząt oraz wysoki potencjał plonowania, odgrywa w polskiej gospodarce znaczącą rolę (ponad 22% w strukturze zasiewów) [16]. Ziarno pszenicy, jako surowiec chlebowy i paszowy, ma znaczenie strategiczne.

Wzrost udziału pszenicy w strukturze zasiewów wynika również z poprawy cech jakości ziarna uprawianych odmian [18]. Monokultury zbożowe są bardzo podatne na wiele szkodników, zarówno nalistnych, jak i uszkadzających korzenie, które w znacznym stopniu wpływają na plonowanie i obniżenie jakości plonu. Do poważniejszych owadów szkodliwych w Polsce należą m.in., skrzypionka zbożowa – *Oulema melanopus* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae) oraz kilka gatunków motyli z rodzaju *Agrotis* (Lepidoptera: Noctuidae).

Imago skrzypionki powoduje uszkodzenia w formie wielu wygryzionych, wąskich, podłużnych otworów, rozmieszczonych wzdłuż nerwów. W przypadku dużej liczebności chrząszczy uszkodzenia te przyczyniają się do zakłócenia prawidłowego wzrostu i rozwoju rośliny. Larwy zeskrobują górną epidermę liścia i wyjadają tkankę miękiszową wzdłuż nerwów. Ponadto, w wyniku żerowania larw, liście zbóż zabrudzone są wydzielaną przez nie lepką substancją oraz ich kałem. Żerowanie larw powoduje zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej liści i przyczynia się do obniżenia plonu zbóż. Larwy skrzypionek mogą zredukować powierzchnię asymilacyjną liści flagowych i podflagowych do 50%, a niekiedy nawet do 80% [3, 19].

Larwy rolnic *Agrotis* sp. obgryzają korzenie i szyjki korzeniowe oraz wciągają do ziemi liście i całe młode rośliny. Infekują również rośliny mikroorganizmami. Zwykle obserwuje się dwa okresy uszkodzeń: 1) wiosną, na młodych roślinach różnych gatunków i 2) pod koniec lata, na młodych oziminach. Są to typowe szkodniki dużych pól [5].

Próby wykorzystania EPNs do zwalczania szkodników zbóż w Polsce

Skrzypionka zbożowa

W badaniach laboratoryjnych oceniano wrażliwość zarówno larw, jak i chrząszczy skrzypionki zbożowej, na rodzime izolaty nicieni. W doświadczeniach wykorzystano 5 izolatów EPNs, reprezentujących gatunek *S. feltiae* (ZWO 23, ZAG 15, K 13, ZWO 4*),* i jeden izolat *H. megidis* (Wipsowo). Już po 48 godzinach ekstensywność dla wszystkich izolatów, z wyjątkiem *H. megidis*, wahała się od 79,3% do 100% w przypadku larw, i od 6,5% do 100% w przypadku imago. Spośród przebadanych izolatów, najbardziej skutecznym okazał się izolat *S. feltiae* ZAG15, który powodował 100% eksten-

sywność zarażenia, zarówno larw, jak i owadów dorosłych. Przeprowadzone testy laboratoryjne wskazały, że rodzime izolaty EPNs są obiecującym czynnikiem w biologicznym zwalczaniu tego szkodnika w uprawach [26].

Przeprowadzono również próby terenowe, wykorzystując rodzimy szczep *S. feltiae* Zag 15 oraz preparat komercyjny Larvanem (*H. bacteriophora*). Doświadczenia wykonano na poletkach doświadczalnych Polowej Stacji Doświadczalnej w Winnej Górze. Uzyskane wyniki wykazały, że tak izolat *S. feltiae* Zag15, jak i preparat komercyjny, w warunkach polowych są skutecznymi środkami biologicznymi w zwalczaniu larw skrzypionki zbożowej. Nieznacznie lepszą skuteczność wykazano w przypadku preparatu Larvanem – 49,45% (wg wzoru Abotta), a indeks porażenia liści (IP) wynosił 32%. Wyniki przeprowadzonej aplikacji nicieni można uznać za satysfakcjonujące, biorąc pod uwagę jednokrotną aplikację, i małą powierzchnię liściową pszenicy [28].

Rolnica czopówka

Kolejne badania dotyczyły oceny wrażliwości larw rolnicy czopówki *Agrotis exclamationis* (L.) na 7 rodzimych szczepów reprezentujących gatunek *S. feltiae* (ZAG11, K13, K10, ZWO21, ZAG15, ZWO4, ZWO23), i jeden izolat *H. megidis* (Wipsowo). W badaniach uzyskano wyższą skuteczność izolatów Steinernematidae, nad izolatem *H. megidis*. Najwyższe wartości w ekstensywności uzyskano dla izolatów *S. feltiae* ZWO21 i K13, a ekstensywność wynosiła, odpowiednio, 100% i 92,6% [24].

Nicienie entomopatologiczne w ochronie upraw warzyw kapustnych

W ujęciu gospodarczym uprawa warzyw kapustnych stanowi jedną z najważniejszych gałęzi warzywnictwa w Polsce. Według danych GUS z 2017 roku produkcja kapusty głowiastej w ogólnej strukturze upraw warzywniczych w Polsce wynosiła 18%, i stanowiła największy odsetek spośród wszystkich gatunków warzyw [23].

Rośliny kapustne (*Brassicaceae*) są powszechnie atakowane przez wiele gatunków owadów. Do owadów powodujących duże straty ekonomiczne należą m.in. piętnówka kapustnica (*Mamestra brassicae* L.) (Lepidoptera: Noctuidae) i motyle z rodzaju bielinek *Pieris* sp. (Lepidoptera: Pieridae).

Larwy tych agrofagów żerując, uszkadzają zewnętrzne liście, poprzez wygryzanie otworów pomiędzy nerwami lub szkieletują liście. Oprócz szkód związanych z żerowaniem, larwy zanieczyszczają odchodami liście i kwiatostany, co z kolei może doprowadzić do gnicia tych części roślin [17]. W przypadku ich epidemicznego wystąpienia, powierzchnia roślin może być zredukowana nawet o 30%, przy stracie plonu głównego do 10-15%. Próg ekonomicznej szkodliwości stanowi od 4 do 5 gąsienic na 50 roślin w przypadku *M. brassicae* i od 1 do 10 larw na 10 roślin, w zależności od gatunku bielinka [22].

Próby wykorzystania EPNs do zwalczania szkodników warzyw w Polsce

Piętnówka kapustnica

W badaniach dotyczących wrażliwości larw piętnówki kapustnicy na rodzime izolaty nicieni, wykorzystano osiem izolatów należących do gatunku *S. feltiae* (K10, K11, K13, ZAG11, ZAG15, ZWO4, ZWO21, ZWO23) oraz jeden izolat *H. megidis* (Wipsowo). Wysoce patogenne okazały się cztery szczepy: *S. feltiae* K11, *S. feltiae* K13, *S. feltiae* ZAG11 i *S. feltiae* ZWO21, dla których ekstensywność wahała się od 88,6% do 100% [27].

Bielinki

W kolejnych doświadczeniach oceniano skuteczność dwóch rodzimych szczepów gatunku *S. feltiae* (ZAG15 oraz K11) w zwalczaniu larw trzech gatunków bielinka: bielinka rzepnika *P. rapae* (L.), bielinka bytomkowca *P. napi* (L.) i bielinka kapustnika *P. brassicae* (L.). Badania wykazały, że oba szczepy *S. feltiae* charakteryzowały się wysoką patogenicznością dla wszystkich trzech gatunków motyli. Najbardziej wrażliwym gatunkiem okazał się *P. brassicae*, co jest o tyle istotne, że ten właśnie gatunek powoduje największe straty ekonomiczne spośród krajowych gatunków bielinków [25].

Podsumowanie

Badania dotyczące składu gatunkowego EPNs w Polsce wykazały, że najczęściej występującym gatunkiem jest *S. feltiae*. Uzasadnia to wykorzysta-

nie izolatów tego gatunku do biologicznego zwalczania szkodników w uprawach leśnych i polowych. Wyniki przeprowadzonych dotychczas badań wykazały wysoką skuteczność rodzimych izolatów, w zwalczaniu wybranych gatunków owadów szkodliwych, przy czym różnice w skuteczności pomiędzy różnymi izolatami EPNs były istotne. Dzięki uzyskanym wynikom badań, można zaproponować zastosowanie konkretnych, rodzimych izolatów w ochronie upraw leśnych i polowych, na dużą skalę. Nadal jednak istnieje potrzeba badań nad możliwościami zwiększania skuteczności, i zakresu stosowania EPNs w biologicznej ochronie w uprawach wielkoobszarowych. Poszukiwanie nowych szczepów i gatunków to proste podejście, które może szybko prowadzić do zwiększonej skuteczności opartej na wrodzonych różnicach w zjadliwości nicieni, tolerancji środowiskowej lub innych właściwościach. Również ulepszona technologia produkcji, formulacji, aplikacji oraz szybkie wdrażanie do masowej produkcji nowych izolatów, może doprowadzić do poprawy skuteczności EPNs w biologicznej ochronie upraw. Kolejną ważną kwestią jest dobór odpowiednich adjuwantów, gwarantujących zwiększoną odporność na wysychanie i promieniowanie UV oraz dłuższe utrzymywanie się EPNs na powierzchni roślin. Pomimo tego, że chemiczna ochrona roślin nadal jest bardziej skuteczna, i tańsza w zastosowaniu, to rozwój badań nad nicieniami entomopatogenicznymi może pozwolić na wykorzystanie ich potencjału jako biologicznego środka ochrony roślin w znacznie większym stopniu.

PIŚMIENNICTWO

1. ADAMS B.J., FODOR A., KOPPENHÖFER H.S., STACKEBRANDT E., STOCK P., KLEIN M.G., 2006 – Biodiversity and systematics of nematode–bacterium entomopathogens. ***Biological Control*** 38 (1), 4-21.
2. BECK B., BRUSSELMAN E., NUYTTENS D., MOENS M., POLLET S., TEMMERMAN F., SPANOGHE P., 2013 – Improving foliar applications of entomopathogenic nematodes by selecting adjuvants and spray nozzles. ***Biocontrol Science and Technology*** 23, 507-520.
3. BEREŚ P.K., 2014 – Atlas of Pests of Agricultural Plants. Hortpress, Warszawa.
4. BJÖRKMAN C., LINDELÖW Å., EKLUND K., KYRK S., KLAPWIJK M.J., FEDDERWITZ F., NORDLANDER G., 2013 – A rare event – an isolated outbreak of the pine-tree lappet moth (*Dendrolimus pini*) in the Stockholm archipelago. ***Entomologisk Tidskrift*** 134(1-2), 1-9.

5. BOCZEK J., LEWANDOWSKI M., 2016 – Nauka o szkodnikach roślin uprawnych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
6. BRIXEY J.M., MOORE R., MILNER A., 2006 – Effect of entomopathogenic nematode (*Steinernema carpocapsae* Weiser) application technique on the efficacy and distribution of infection of the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.) in stumps of Sitka spruce (*Picea sitchensis* Carr.) created at different times. ***Forest Ecology and Management*** 226, 161-172.
7. BURNEL A.M., STOCK S.P., 2000 – Heterorhabditis, Steinernema and their bacterial symbionts – lethal pathogens of insects. ***Nematology*** 2(1), 31-42.
8. DE WAAL J.Y., ADDISON M.F., MALAN A.P., 2013 – Effect of humidity and a superabsorbent polymer formulation on the efficacy of *Heterorhabditis zealandica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) to control codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). ***Biocontrol Sciences and Technology*** 23, 62-78.
9. DILLON A.B., DOWNES M.J., WARD D., GRIFFIN CH.T., 2007 – Optimizing application of entomopathogenic nematodes to manage large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera: Curculionidae) populations developing in pine stumps, *Pinus silvestris*. ***Biological Control*** 40(2), 253-263.
10. DILLON A.B., MOORE C.P., DOWNES M.J., GRIFFIN C.T., 2008 – Evict or infect? Managing populations of the large pine weevil, *Hylobius abietis*, using a bottom–up and top–down approach. ***Forest Ecology and Management*** 255, 2634-2642.
11. EHLERS R.U., 2001 – Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. ***Applied Microbiology and Biotechnology*** 56, 623-633.
12. FORST S., CLARKE D., 2002 – Bacteria-nematode symbioses, in ***Entomopathogenic Nematology*** (Gaugler R. Ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK 57-77.
13. GEDMINAS A., LYNIKIENË J., MARÈIULYNAS A., POVILAITIENË A., 2015 – Effect of *Physokermes piceae* Schrank. on Shoot and Needle Growth in Norway Spruce stands in Lithuania. ***Baltic Forestry*** 21(1), 162-169.
14. GRÄBER J., ZIESCHE T., MÖLLER K., KÄTZEL R., 2012 – Gradationsverlauf der Kiefernschadinsekten im Norddeutschen Tiefland. ***AFZ-Der Wald*** 9, 35-38.
15. GULCU B., CIMEN H., RAJA R.K., HAZIR S., 2017 – Entomopathogenic Nematodes and their Mutualistic Bacteria: Their Ecology and Application as Microbial Control Agents. ***Biopesticides International*** 13(2), 79-112.
16. JAŚKIEWICZ B., SUŁEK A., 2017 – Kierunki zmian produkcji zbóż w Polsce. ***Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*** 19, 66-73.

17. JÕGAR K., METSPALU L., HIIESAAR K., PLOOMI A., KUUSIK A., MEN'SHYKOVA N., LUIK A., 2008 – Abundance of the small white (*Pieris rapae* L.) on different cabbage cultivars. ***Zemdirbyste-Agriculture*** 95(3), 88-93.
18. KACZMARSKA M., GAWRONSKA-KULESZA A., 2000 – Wpływ zmianowania na plonowanie pszenicy ozimej. ***Postępy Nauk Rolniczych*** 47(4), 51-63.
19. KANIUCZAK Z., BEREŚ P.K., KOWALSKA J., 2011 – Occurrence and harmfulnes of economically important cereals pests in ecological farms in Podkarpackie province. ***Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*** 56, 189-195.
20. KOLK A., KAPUSCIŃSKI R., 2004 – Instrukcja ochrony lasu. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
21. KOPPENHÖFER A.M., FUZY E.M., 2006 – Effect of soil type on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabaei*, *Steinernema glaseri*, *Heterorhabditis zealandica*, and *Heterorhabditis bacteriophora*. ***Journal of Invertebrate Pathology*** 92, 11-22.
22. KORBIN M., NAWROCKA B., 2000 – Metodyka integrowanej uprawy kapusty głowiastej. Opracowanie Zbiorowe Zespołu Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach.
23. KOWALSKI A., 2020 – Racjonalne nawożenie kapusty głowiastej. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice.
24. MAZURKIEWICZ A., JAKUBOWSKA M., TUMIALIS D., PEZOWICZ E., SKRZECZ I., 2016 – Sensitivity of *Agrotis exclamationis* L. (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to native strains of entomopathogenic nematodes. ***Acta Scientiarum Polonorum. Hortum Cultus*** 15(2), 121-127.
25. MAZURKIEWICZ A., TUMIALIS D., PEZOWICZ E., SKRZECZ I., BŁAŻEJCZYK G., 2017 – Sensitivity of *Pieris brassicae*, *P. napi* and *P. rapae* (Lepidoptera: Pieridae) larvae to native strains of *Steinernema feltiae* (Fili-pjev, 1934). ***Journal of Plant Diseases and Protection*** 124(5), 521-524.
26. MAZURKIEWICZ A., JAKUBOWSKA M., TUMIALIS D., SKRZECZ I., ROIK K., PEZOWICZ E., GROSS A., 2019 – Laboratory Bioassay of Selected Entomopathogenic Nematodes as Mortality Factors of *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae). ***Journal of Entomological Science*** 54(4), 390-400.
27. MAZURKIEWICZ A., TUMIALIS D., JAKUBOWSKA M., 2020 – Biological Control Potential of Native Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) against *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae), ***Agriculture*** 10(9), 1-9.

28. MAZURKIEWICZ A., JAKUBOWSKA M., TUMIALIS D., BOCIANOWSKI J., ROIK K., 2021 – Foliar Application of Entomopathogenic Nematodes against Cereal Leaf Beetle *Oulema melanopus* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) on Wheat. ***Agronomy*** 11, 1662.
29. PLATT T., STOKWE N.F., MALAN A.P., 2019 – Foliar Application of *Steinernema yirgalemense* to Control *Planococcus ficus*: Assessing Adjuvants to Improve Efficacy. ***South African Journal of Enology and Viticulture*** 40 no.1.
30. PLATT T., STOKWE N.F., MALAN A.P., 2020 – A Review of the Potential Use of Entomopathogenic Nematodes to Control Above-Ground Insect Pests in South Africa. ***South African Journal of Enology and Viticulture*** 41(1).
31. POINAR G.O., JR., 1990 – Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae, in ***Entomopathogenic nematodes in Biological Control*** (Gaugler R., Kaya H.K., Eds.). CRC Press Raton, FL 25-61.
32. POPIEL I., GROVE D.L., FRIEDMAN M.J., 1989 – Infective juvenile formation in the insect parasitic nematode *Steinernema feltiae*. ***Parasitology*** 99, 77-81.
33. PYE A.E., BURMAN M., 1978 – *Neoaplectana carpocapsae*: infection and reproduction in large pine weevil larvae, *Hylobius abietis*. ***Experimental Parasitology*** 46, 1-11.
34. RAY D., PEACE A., MOORE R., PETR M., GRIEVE Y., CONVERY C., ZIESCHE T., 2016 – Improved prediction of the climatedriven outbreaks of *Dendrolimus pini* in *Pinus sylvestris* forests. ***Forestry*** 89(2), 230-244.
35. SKRZECZ I., TUMIALIS D., PEZOWICZ E., SOWIŃSKA A., 2012 – Evaluation of biological activity of biopreparations containing nematodes from the genera *Steinernema* and *Heterorhabditis* used for reducing large pine weevil *Hylobius abietis* L. population in pine *Pinus sylvestris* L. stumps. ***Folia Forestalia Polonica. Seria A*** 54 (3), 196-201.
36. SKRZECZ I., ŚLUSARSKI S., TKACZYK M., 2020 – Integration of science and practice for *Dendrolimus pini* (L.) management – A review with special reference to Central Europe. ***Forest Ecology and Management*** 455, 1-9.
37. SMITS P.H., 1996 – Post-application persistence of entomopathogenic nematodes. ***Biocontrol Sciences and Technology*** 6, 379-388.
38. SPIRIDONOV S., AKHMEDOV E., BELOSTOTSKAYA F.N., 1991 – Proliferation of symbiotic bacteria in the intestinal vesicles of invasive larvae of *Neoaplectana* spp. (Nematoda, Steinernematidae). ***Helminthologia*** 28, 141-142.

39. TAHIR I.K., 2019 – Role of Adjuvants in the Formulation. ***The American Journal of Science and Medical Research*** 5(3), 1-3.
40. TUMIALIS D., SKRZECZ I., MAZURKIEWICZ A., PEZOWICZ E., GÓRAL K., 2013 – Wrażliwość larw *Hylobius abietis* (L.) na rodzime gatunki i szczepy nicieni entomopatogenicznych. ***Sylwan*** 157(10), 769-774.
41. TUMIALIS D., PEZOWICZ E., SKRZECZ I., MAZURKIEWICZ A., MASZEWSKAJ.,JARMUŁ-PIETRASZCZYKJ.,KUCHARSKAK.,2016– Occurrence of entomopathogenic nematodes in Polish soils. ***Ciência Rural*** 46 (7), 1126-1129.
42. TUMIALIS D., SKRZECZ I., MAZURKIEWICZ A., PEZOWICZ E., 2019 – Sensitivity of caterpillars of the pine tree lappet moth *Dendrolimus pini* to native isolates of entomopathogenic nematodes. ***International Journal of Pest Management*** 65(4), 332-337.
43. VAN NIEKERK S., MALAN A.P., 2015 – Adjuvants to improve aerial control of the citrus mealybug *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) using entomopathogenic nematodes. ***Journal of Helminthology*** 89, 189-195.
44. WANG Y., GAUGLER R., 1998 – Host and penetration site location by entomopathogenic nematodes against Japanese beetle larvae. ***Journal of Invertebrate Pathology*** 72, 313-318.
45. WOUTS W.M., 1991 – Steinernema (Neoplectana) and Heterorhabditis Species. In ***Manual of Agricultural Nematology. Part V Insect Parasitic Nematodes*** 855-897.

Systemy utylizacji i zagospodarowania biomasy z produkcji zwierzęcej

dr hab. inż. Artur Rybarczyk

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
ul. Chełmońskiego 38c, 51-630 Wrocław, artur.rybarczyk@upwr.edu.pl

Wprowadzenie

Wzrost produkcji rolnej, zarówno roślinnej, jak i zwierzęcej, przyczynił się do zwiększenia problemów ochrony środowiska. W tym zakresie szczególną uwagę poświęca się ochronie gleb i wód przed zanieczyszczeniem oraz wód przed procesami eutrofizacji, których przyczyną jest nadmierna ilość związków azotu i fosforu wprowadzana do środowiska. Nieodpowiednie składowanie odpadów zwierzęcych może natomiast powodować przenikanie zanieczyszczonych odcieków i nierozłożonego tłuszczu oraz soli do gleby, a także do wód gruntowych. W związku z tym przemysł utylizacyjny jest jednym z istotnych ogniw całego łańcucha produkcji zwierzęcej, który unieszkodliwia odpady powstające w jej toku oraz w przetwórstwie mięsa [17, 34]. Przyjmuje się, że w polskich zakładach utylizacyjnych, zasadniczym surowcem do przerobu są odpady poubojowe, a ich udział stanowi 90-98%, pozostałe zaś to padłe zwierzęta [26]. Poznanie cech odpadów umożliwia podniesienie wskaźnika ich odzysku, zgodnie z wymaganiami prawnymi. Szczegółowa znajomość strumienia odpadów przekłada się zazwyczaj na obniżenie kosztów wywozu odpadów w przedsiębiorstwie i na podniesienie efektywności ekonomicznej prowadzonej produkcji. Wraz z pojawieniem się koncepcji „czystej produkcji", wszelkie odpady zaczęto rozpatrywać w kategorii źródła surowców do produkcji innych, pełnowartościowych produktów [35].

Unia Europejska w swojej polityce energetycznej stawia na poszanowanie zasobów naturalnych oraz uniezależnienie się od importu paliw spoza unijnych obszarów gospodarczych, w tym odchodzenie od kopalnych surowców energetycznych na rzecz wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych. W tym zakresie dostrzeżono rolę zasobów naturalnych poszczególnych krajów, w tym biomasy, jako alternatywy dla paliw kopalnych [23]. Biomasa, w zależności od sposobu przetworzenia, może być wykorzystywana do produkcji ciepła, energii elektrycznej i paliw transportowych [7]. Dodatkową zaletą energii z biomasy jest potencjalne ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, a tym samym zmniejszenie tempa wzrostu temperatury Ziemi [32].

W chowie zwierząt nie można pominąć tematu sztuk padłych, których śmierć nastąpiła w wyniku chorób, wad rozwojowych, urodzeń martwych, starości, czy też przypadki uboju z konieczności. Spowodowało to szerokie zainteresowanie tematem zagospodarowania zwłok zwierząt, czyli ich utylizacją. We wszystkich państwach Unii Europejskiej obowiązują przepisy, które w trosce o zdrowie ludzi i zwierząt nakazują, aby ze zwłokami zwierząt padłych lub ubitych z konieczności postępować w sposób minimalizujący ryzyko rozprzestrzeniania się chorób, w tym bardzo groźnych chorób zakaźnych [12]. Mączki zwierzęce przez wiele lat były cenionym źródłem białka i komponentem paszy dla zwierząt. W wyniku wystąpienia w latach 80. zeszłego wieku przypadków gąbczastej encefalopatii bydła (z ang. *Bovine Spongiform Encephalopathy* – BSE), z dniem 1 listopada 2003 r. rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi bezzwłocznie wstrzymało żywienie zwierząt rzeźnych paszami zawierającymi przetworzone białko i tłuszcz zwierzęcy.

W dniu 17 sierpnia 2021 r., Rada UE wprowadziła w życie rozporządzenie (Rozporządzenie Komisji UE 2021/1372), które znosi zakaz karmienia zwierząt gospodarskich innych niż przeżuwacze i futerkowe, białkiem pochodzącym od zwierząt. Za oficjalne przyczyny zniesienia przez UE tego zakazu wskazuje się wprowadzony Europejski Zielony Ład oraz strategię „od pola do stołu", zachęcającą do wykorzystywania produktów ubocznych pochodzących z przemysłu spożywczego, a także promującą stosowanie zrównoważonych i lokalnych składników [39]. Niemniej jednak ważne jest, że w prognozach FAO przewiduje się, że dla wyżywienia 9 mld ludzi

w 2050 r. konieczne będzie trzykrotne zwiększenie produkcji mięsa, mleka i jaj. Potrojenie produkcji zwierzęcej spowoduje także 3-krotne zwiększenie masy odpadów poubojowych, a jednocześnie wymagać będzie proporcjonalnego zwiększenia produkcji pasz, w tym deficytowych w skali światowej pasz białkowych [4].

Spośród roślinnych źródeł białka największe znaczenie w produkcji mieszanek paszowych ma śruta sojowa i jej produkty, jednakże na rynku światowym dostępna jest ona głównie w postaci genetycznie zmodyfikowanej (GMO). W związku z próbami wprowadzenia zakazu stosowania genetycznie zmodyfikowanych pasz, w tym soi, w żywieniu zwierząt, cały czas trwają prace nad odpowiednimi jej zamiennikami do użytku paszowego. Wymaga to od hodowców roślin uzyskania nowych odmian, od technologów zastosowania odpowiednich zabiegów uzdatniania rodzimych pasz, natomiast od producentów zwierząt wprowadzenia tych rozwiązań do praktyki chowu i hodowli zwierząt, ale bez pogorszenia efektów produkcyjnych. Całkowite zastąpienie białka genetycznie modyfikowanej soi krajowymi nasionami roślin bobowatych lub rodzimymi śrutami poekstrakcyjnymi jest obecnie utrudnione ze względu na konieczność przestrzegania granicznych udziałów tych pasz w dawkach dla zwierząt [8, 9]. Sytuacja ta doprowadziła do poszukiwania alternatywnych źródeł pożywienia, szczególnie bogatego w wysokiej jakości białko, ponieważ oczekuje się wyższego popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego [14].

Uwzględniając zaistniałą, trudną sytuację związaną z zabezpieczeniem produkcji zwierzęcej w białko paszowe wysokiej jakości, od 6 września 2021 r. UE zniosła zakaz wykorzystania produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego w paszach dla zwierząt z pominięciem przeżuwaczy oraz dopuściła do stosowania w paszach mączek owadzich [21]. Zmiana przepisów umożliwia wykorzystanie przetworzonego białka zwierzęcego (Processed Animal Protein, PAP) pochodzącego od świń w paszy dla drobiu oraz z drobiu w paszach dla trzody chlewnej. Przetworzone białko zwierzęce uzyskuje się z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego kategorii 3, pozyskiwanych w ubojniach, pochodzących od zdrowych zwierząt, nadających się do spożycia przez ludzi. Należy zapewnić podział gatunkowy w celu uniknięcia zanieczyszczenia krzyżowego pasz dla drobiu – białkiem drobiowym oraz pasz dla trzody chlewnej białkiem trzody chlewnej, a pasz

dla zwierząt akwakultury białkiem pochodzącym od przeżuwaczy. Istnieje przekonanie, że dopuszczenie białka zwierzęcego w żywieniu drobiu i świń może obniżyć ceny pasz, zmniejszyć w nich ślad węglowy oraz poprawić jakość paszy ze względu na wysoką strawność białka i fosforu [39]. Jednakże nadal obowiązuje zakaz stosowania mączki mięsno-kostnej pochodzącej z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego kategorii 1. i 2. W przeciwieństwie do PAP, nie są one uważane za nadające się do spożycia przez ludzi, ponieważ pochodzą głównie od zwierząt padłych lub uśpionych [21].

Kategorie odpadów zwierzęcych

Głównym aktem prawnym normującym w UE problematykę utylizacji materiałów zwierzęcych jest wydane 3 października 2002 roku Rozporządzenie 1774/02 Parlamentu i Rady Europy. Dokument ten sklasyfikował materiały zwierzęce na: kategoria 1 (szczególnego ryzyka – SRM); kategoria 2 (wysokiego ryzyka – HRM); kategoria 3 (niskiego ryzyka – LRM).

Do kategorii 1. zaliczamy materiały lub substancje odzwierzęce, które niosą ryzyko przenoszenia chorób typu BSE, lub inne zagrożenia związane z obecnością substancji szkodliwych dla środowiska. Do najważniejszych odpadów zwierzęcych zaliczanych do tej kategorii należy wymienić: tusze i wszystkie części ciała zwierząt podejrzanych o zakażenie BSE, zwłoki dzikich zwierząt podejrzanych o zakażenie chorobą przenoszoną na ludzi lub zwierzęta, określony materiał niebezpieczny SRM (części ciała, które stwarzają szczególne ryzyko choroby prionowej, np. rdzeń kręgowy, mózg bydła) oraz padłe zwierzęta gospodarskie, zawierające materiał SRM (w trakcie ich usuwania). Ze względów higienicznych w dalszym ciągu konieczne jest unieszkodliwianie materiału zaliczanego do kategorii 1. poprzez spalenie bez ich uprzedniego przetworzenia, spalenie po przetworzeniu lub zakopanie na grzebowiskach. Surowce kategorii 2. obejmują m.in. gnojowicę, zawartość żołądka i jelit, padłe zwierzęta gospodarskie (np. trzoda chlewna, drób, koniowate), części ciała zwierząt pozyskane w trakcie uboju, w których stwierdzono znamiona choroby, tusze zawierające pozostałości substancji chemicznych (np. weterynaryjnych produktów leczniczych). W przypadku materiału kategorii 2. możliwe jest jego wykorzystanie na drodze obróbki organicznej, może być też dopuszczony do

spalenia lub współspalania w instalacjach do tego przystosowanych, jako materiał energetyczny. Z kolei do materiałów niskiego ryzyka (kategoria 3.) zaliczyć można tusze lub części ciała zwierząt ubijanych w rzeźni jako nadające się do spożycia przez ludzi; produkty lub żywność pochodzenia zwierzęcego pierwotnie przeznaczoną do spożycia przez ludzi, lecz wycofaną z powodów handlowych; odpady gastronomiczne; muszle ze skorupiaków z tkanką miękką; jaja i produkty uboczne jajeczne; produkty uboczne z wylęgarni i skorupki jaj; zwierzęta wodne, bezkręgowce wodne i lądowe; skóry i skórki pochodzące z rzeźni; skóry zwierzęce, skórki, kopyta, pióra, wełna, rogi i sierść, pochodzące od zwierząt, które nie wykazywały oznak choroby zakaźnej w chwili uboju. Dotychczas materiały te były zagospodarowane podobnie, jak materiał kategorii 2., a także wykorzystywane do produkcji karm dla zwierząt towarzyszących i futerkowych oraz jako substytut-polepszacz przy nawożeniu gleb [4, 26].

Zagospodarowanie biomasy z produkcji zwierzęcej

Fermy typu przemysłowego charakteryzują się dużą koncentracją zwierząt, jednorodnością żywienia poszczególnych grup technologicznych, rytmiczną produkcją i równomierną roczną podażą produktu o wyrównanej jakości. Niestety, efekty te są uzyskiwane kosztem pogorszenia warunków bytowania zwierząt oraz zwiększoną energochłonnością. Najbardziej niekorzystne, z punktu widzenia ochrony środowiska, jest prowadzenie produkcji w systemie bezściołowym, który wiąże się z powstawaniem ogromnych ilości gnojowicy [16, 17]. Gnojowica to naturalny, płynny nawóz zwierzęcy, stanowiący mieszaninę kału, moczu i wody. W porównaniu do obornika (powstającego w systemie ściołowym) oraz gnojówki (odcieku z obornika), generuje ona szereg problemów związanych przede wszystkim z jej magazynowaniem, transportem oraz dalszym wykorzystaniem.

Podstawowe zagrożenia dla środowiska wynikające z wielkoprzemysłowego chowu zwierząt i związanej z tym produkcji gnojowicy, to zanieczyszczenie wód, ich eutrofizacja, zanieczyszczenie mikrobiologiczne oraz pośredni i drugorzędny wpływ na tworzenie kwaśnych deszczy, i zwiększenie efektu cieplarnianego (European Green Belt) [5]. Uciążliwość gnojowicy w głównym stopniu związana jest z jej składem, przede wszystkim zaś z nadmierną ilością związków azotu i fosforu. Ponadto, gnojowica może

powodować zanieczyszczenie atmosfery odorami, w wyniku emisji ok. 400 lotnych substancji organicznych, i nieorganicznych, o nieprzyjemnym zapachu. Istotnym zagrożeniem dla środowiska jest również obecność antybiotyków i innych farmaceutyków w odchodach zwierzęcych. W efekcie dochodzi do rozwoju mikroflory patogennej i odpornych na antybiotyki szczepów mikroorganizmów, które zanieczyszczają glebę oraz wody powierzchniowe i gruntowe [28]. Negatywny wpływ gnojowicy na środowisko zmusza do jej utylizacji i przetwarzania na surowce mniej szkodliwe lub zupełnie neutralne, które znajdują zastosowanie jako materiały wzbogacające glebę w substancje mineralne, wpływające korzystnie na rozwój roślin, a także będące potencjalnym źródłem energii [11].

Z punktu widzenia ochrony środowiska oraz uzyskiwanych wskaźników ekonomicznych, rolnicze wykorzystanie gnojowicy jest najbardziej uzasadnione. Wynika to z założenia kontrolowanego obiegu składników pokarmowych w przyrodzie. Gnojowica jest wartościowym nawozem organicznym, charakteryzującym się wysoką zawartością składników pokarmowych występujących w formie łatwo przyswajalnej dla roślin. Dzięki nawożeniu użytków rolnych gnojowicą możliwe jest spełnienie podstawowych zadań rolnictwa, tj. podnoszenie i utrzymanie żyzności gleby [16].

Sposobem zwiększenia przydatności gnojowicy jest jej kompostowanie, z dodatkiem materiałów organicznych wchłaniających frakcję płynną odpadu. Najczęściej stosowany jest w tym celu stosunkowo tani torf. Ponadto, kompost wzbogaca się nawozami fosforowymi, aby mógł pełnić funkcję łatwo przyswajalnego nawozu organicznego. Produkcja nawozu organicznego z gnojowicy wiąże się również z jej rozdziałem na frakcję stałą i płynną. Dokonuje się tego poprzez rozdział mechaniczny lub sedymentację. Techniki separacji gnojowicy oraz dalsze sposoby przetwarzania poszczególnych frakcji są wciąż modyfikowane i udoskonalane [30]. Nawozy na bazie gnojowicy produkowane są pod różnymi postaciami. Wyróżnia się nawozy płynne, nawozy w postaci zawiesin, a także nawozy w postaci granulek oraz ziaren. Przykładem nawozu płynnego jest nawóz organiczno-mineralny, otrzymywany w wyniku uzdatniania gnojowicy nawozami mineralnymi, głównie fosforanowymi, jej napowietrzania oraz rozdzielenia na frakcję stałą i płynną, poprzez zastosowanie płyt torfowych lub ze słomy prasowanej. W ten sposób uzyskuje się płyty bogate w części stałe gnojowicy, które

stosuje się jako podłoże do uprawy roślin. Nadmiar frakcji płynnej, który nie został wchłonięty przez torf, zostaje poddany ponownej mineralizacji nawozami sztucznymi, napowietrzaniu, leżakowaniu oraz rozcieńczaniu wodą do odpowiedniego stężenia i wykorzystywany jako nawóz [29].

Wzrost produkcji gnojowicy oraz jej negatywny wpływ na środowisko naturalne, skłoniły do opracowania tzw. zintegrowanej technologii oczyszczania ciekłych odpadów z produkcji zwierzęcej. Opiera się ona na współpracy i sprzężeniu określonych procesów: mechanicznego oczyszczania ścieków, fermentacji beztlenowej, kompostowania, obróbki chemicznej ścieków itp. Proces oczyszczania gnojowicy wiąże się również z oczyszczaniem i redukcją emisji gazów, głównie za pomocą biofiltrów, skruberów, w których zachodzi absorpcja oraz poprzez ozonowanie lub stosowanie dodatków chemicznych [28]. Zintegrowana technologia oczyszczania gnojowicy przyczynia się do zmniejszenia zanieczyszczenia gleb i wód, a także do oszczędności energii. Ponadto, umożliwia wydzielanie wysokiej klasy składników, i ich bezpieczne użytkowanie na miejscu oraz transport na dalsze odległości [17].

Produkcja kompostu

Kompost jest popularnym nawozem organicznym, wytwarzanym z odpadów roślinnych i zwierzęcych, w wyniku częściowego, tlenowego rozkładu (butwienia), z udziałem mikroorganizmów. Proces kompostowania można przeprowadzać w pryzmach kompostowych, kompostownikach lub specjalnych bioreaktorach. Można go także produkować w tzw. toaletach kompostujących. Stąd przed procesem kompostowania wymagane jest mechaniczne odseparowanie tejże frakcji, z zastosowaniem np. dekantacji, separacji sitowej lub wirowania. Pomimo tego, proces wymaga dostarczenia materiałów odgrywających rolę wypełniaczy. Jednym z najczęściej stosowanych w tym celu surowców są trociny, charakteryzujące się wysoką zawartością suchej masy, i niską zawartością azotu oraz związków nieorganicznych. Innymi materiałami wypełniającymi mogą być: słoma, torf, podłoża po produkcji pieczarek, ścinki papierowe czy też węgiel brunatny [1]. W obecności tlenu zachodzi proces mikrobiologicznego rozkładu części związków chemicznych i wydzielenia się energii cieplnej, która powoduje wzrost temperatury nawet do 60°C. Z drugiej strony, intensywne napowietrzanie powoduje emisję części amoniaku oraz odorów.

Zjawiska te można jednak łatwo ograniczyć poprzez zamknięcie zbiorników kompostujących i/lub zastosowanie np. filtrów biologicznych. Zdecydowanie większa część amoniaku jest jednak pochłaniana przez rozwijające się mikroorganizmy i przekształcana w azot organiczny. W ciągu kilku tygodni można uzyskać nawóz organiczny pozbawiony odorów, bakterii chorobotwórczych, i o niskiej zawartości azotu amonowego [3].

Zastosowanie kompostu w celu utylizacji odpadów organicznych niesie ze sobą wiele korzyści, do których można zaliczyć: recyrkulację znaczących ilości odpadów ulegających biodegradacji; produkt kompostowania może być wartościowym materiałem m.in. bazą substancji humusowych niezbędnych dla zapewnienia urodzajności gleb lub nawozem organicznym wykorzystywanym w uprawie roślin; unieszkodliwienie odpadów pod względem sanitarno-epidemiologicznym. Szacuje się, że wykorzystanie metod biologicznego przetwarzania może zmniejszyć o 30-50% strumień odpadów kierowanych na składowiska. Z punktu widzenia kosztów inwestycyjnych, jak i eksploatacyjnych, kompostowanie jest rozwiązaniem ekonomicznym [20]. Produkty procesu kompostowania mogą służyć jako nawóz poprawiający właściwości gleby, ulepszający jej strukturę, wpływający pozytywnie na wzrost roślin oraz powstrzymujący rozwój patogenów roślinnych. Surowcem dającym dobre rezultaty w procesie kompostowania jest frakcja stała gnojowicy, którą do celów eksperymentalnych zmieszano z trocinami. W badaniach wykazano, że czas dojrzewania kompostu na bazie wymienionych substratów wynosił 63 dni. W tym czasie łatwo biodegradowalne organiczne składniki, takie jak alifatyczne łańcuchy, polisacharydy, alkohole, a także białka, zostały przekształcone w struktury aromatyczne o wyższej stabilności [10].

Produkcja biogazu

Biogaz jest to mieszanina gazów (głównie metanu i dwutlenku węgla), powstająca podczas beztlenowego (anaerobowego) rozkładu materiałów biodegradowalnych w postaci: gnojowicy, obornika, odpadów zwierzęcych i roślinnych, czy też specjalnie utworzonych do tego celu produktów upraw energetycznych [15]. Zawartość metanu w biogazie waha się w granicach od 50 do 75%, a dwutlenku węgla od 30 do 40%. Ponadto, w powstającej mieszaninie znajduje się szereg domieszek takich jak: amoniak, siarkowo-

dór, tlenek węgla czy wodór. Udział poszczególnych składników w biogazie zależny jest od rodzaju surowców oraz warunków prowadzenia fermentacji. O wartości opałowej nieoczyszczonego produktu decyduje w głównej mierze zawartość metanu. Biogaz pozyskiwany jest w wyniku fermentacji beztlenowej, głównie metanowej, wspomnianych surowców. Podczas tego procesu mikroorganizmy częściowo utleniają wiele związków organicznych, w wyniku czego powstaje głównie octan i wodór, a także, w mniejszych ilościach, propionian i maślan oraz niektóre alkohole. Acetogenne bakterie przekształcają propionian i maślan do octanu i wodoru, które następnie, za sprawą metanogennych *Archaeabacterii*, przekształcane są w metan. Niektóre drobnoustroje, zamiast do metanu, utleniają octan do wodoru i dwutlenku węgla [19].

Ważną kwestią w produkcji biogazu jest dobór komponentów, które charakteryzują się różnym składem, i wykazują różną wydajność w procesie fermentacji. Wydajność produkcji metanu z biomasy zwiększa się również poprzez odpowiedni dobór substratów. Ze względu na wysoką zawartość wody, dużą pojemność buforową oraz bogactwo składników odżywczych niezbędnych do prawidłowego rozwoju bakterii beztlenowych, gnojowica jest doskonałym substratem do produkcji biogazu [22]. Jednakże produkowanie biogazu na bazie samej gnojowicy jest nieefektywne, jako że zawiera ona mało związków metanotwórczych. Zmieszanie jej z kosubstratem, np. odpadami owocowymi lub kiszonką kukurydzianą, powoduje wzrost efektywności ekonomicznej procesu [15].

Zasadniczy wpływ na przebieg i wydajność degradacji beztlenowej ma temperatura prowadzenia tego procesu, która z kolei uwarunkowana jest obecnością określonej mikroflory w odpadach zwierzęcych. W większości przypadków fermentację prowadzi się w zakresie temperatur od 30 do 35°C, w obecności mezofili, lub w temperaturze od 50 do 55°C, z udziałem termofili. Degradacja beztlenowa prowadzona w temperaturze poniżej 20°C lub powyżej 60°C, skutkuje niższą wydajnością produkcji metanu [25].

Obecnie celem wielu badań jest określenie takiego sposobu wstępnego przygotowania odpadów zwierzęcych, który zapewni uzyskanie najwyższych efektów technologicznych, charakteryzowanych przez ilość oraz skład jakościowy powstającego biogazu w warunkach fermentacji termofilnej [18]. Stosowane są trzy metody wstępnego kondycjonowania odpadów

poubojowych: homogenizacja, obróbka termiczna i dezintegracja ultradźwiękowa. Pozwalają one na istotne zwiększenie efektywności wytwarzania biogazu z wykorzystywanych odpadów poubojowych, jednak w określonych warunkach mogą być kosztowne i trudne w eksploatacji. Technologia dezintegracji akustyczno-mechanicznej, wspomagająca proces fermentacji metanowej, ukierunkowana jest zwłaszcza na wydzielanie biogazu jako nośnika energii odnawialnej [35].

Produkcja paliw i energii

Jedną z metod utylizacji odpadów zwierzęcych, zwłaszcza tych, które nie mogą być już wykorzystane na cele spożywcze, jest ich spalenie. Obecnie stosowane są trzy główne metody termicznego przekształcenia odpadów pochodzenia zwierzęcego: spalenie klasyczne, proces pirolizy oraz metoda pośrednia pomiędzy pirolizą a spaleniem [13]. Rozporządzenie 1774/2002 oraz Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 stycznia 2003 roku w sprawie postępowania w przypadku zwalczania zakaźnych chorób zwierząt, nakazują spalanie mączki kostnej kategorii 1. w temperaturze nie niższej, niż 850^{o}C, w czasie nie krótszym, niż 2 sekundy. W związku ze zmianami w ustawodawstwie energetycznym, wzrosło zainteresowanie różnymi rodzajami biomasy, która stanowi szczególny rodzaj źródła energii dla energetyki lokalnej, i może być stosowana jako składnik w mieszaninie z innymi paliwami stałymi (węgiel, torf), w procesie spalania lub gazyfikacji. Proces współspalania należy prowadzić w optymalnych warunkach dla danego udziału biomasy, aby zapewnić efektywność ekologiczną i energetyczną [35].

Nieustanny wzrost cen paliw i energii jest jednym z głównych przyczyn prowadzenia badań nad stosowaniem paliw na bazie odpadów z produkcji zwierzęcej i przemysłu mięsnego. Odpady mięsne, mączki mięsno-kostne i tłuszcze zwierzęce po przetworzeniu mogą być wykorzystane jako paliwo w elektrociepłowniach, elektrowniach lub cementowniach, po wymieszaniu z innymi nośnikami energii, gdyż mają wartość energetyczną porównywalną do węgla brunatnego (75% energii węgla). Spaleniu ulega ok. 80% masy odpadów, pozostała część nieorganiczna to w 50% wapń i 30% krzem, które mogą wzbogacić skład chemiczny cementu. Tłuszcz zwierzęcy jest z kolei prawie równorzędny energetycznie z olejem opałowym (90%) i może być

wykorzystany w piecach grzewczych, czy też na równi z olejami roślinnymi w produkcji biopaliw. Nie emituje on oznaczalnych ilości dioksyn i w porównaniu z miałem węglowym emituje znacznie mniej dwutlenku siarki, tlenków azotu, pyłu i tylko ślady metali ciężkich. Potwierdzono, że spalanie zarówno tłuszczu, jak i mączki kostnej nie powoduje żadnych zagrożeń ekologicznych [35, 40].

Zagospodarowanie biomasy z rzeźni

Według obowiązujących przepisów, wszystkie zakłady branży spożywczej zobowiązane są utylizować powstające w procesie produkcji różnego rodzaju odpady biologiczne. Przemysł mięsny jest branżą generującą duże ilości odpadów, które ze względu na wysoki poziom zagrożenia bakteriologicznego, i trudności w magazynowaniu takich odpadów, wymagają szybkiego skierowania do utylizacji. Surowcem utylizacyjnym są te części organizmu zwierząt rzeźnych, które nie nadają się do spożycia przez ludzi ze względów sanitarnych lub technologicznych [27]. Powstałe odpady są zagospodarowane i przetwarzane w formie różnych produktów używanych jako składniki żywności, środków żywienia zwierząt, kosmetyków, farmaceutyków i innych materiałów technicznych [37].

Ocenia się, że na rynku UE tylko ok. 68% mięsa z drobiu, 72% ze świń, 54% z bydła i 25% z owiec i kóz, stanowi mięso do konsumpcji [6]. Pozostała część masy mięsno-kostno-tłuszczowej jest wykorzystywana na cele spożywcze i techniczne. Podstawową cechą odpadów przemysłu mięsnego jest wysoki udział związków organicznych, który waha się w przedziale od 51 do 81% [38]. Jednocześnie, odpady z przetwórstwa surowców zwierzęcych stanowią poważne zagrożenie dla środowiska, i powinny być odpowiednio unieszkodliwiane. Ta grupa odpadów może stwarzać zagrożenie zarówno sanitarne, jak i odorotwórcze (siarkowodór, aldehydy, amoniak, kwasy organiczne), natomiast nieodpowiednia nimi gospodarka i składowanie, może z kolei spowodować przenikanie zanieczyszczonych odcieków i nierozłożonego tłuszczu oraz soli zawierających chlorki, azotany i siarczany do gleby, a także do wód gruntowych [33]. Ponadto, mając na uwadze różnorodność odpadów pochodzenia zwierzęcego, ich zróżnicowany skład, konsystencję i uwodnienie, procesy zagospodarowania i utylizacji są dość skomplikowane i energochłonne. Dane potwierdzają, że największe problemy z zakresu

gospodarowania odpadami są udziałem branży mięsnej i drobiarskiej oraz ściśle z nimi powiązanej branży utylizacyjnej [27]. Do typowych konfiskat miękkich zalicza się m.in. krew poubojową, jelita, wole, przełyki, skrawki skóry, odpady mięsno-tłuszczowe, zawartość przewodów pokarmowych, błonę śluzową i błony surowicze, gnojowicę, wnętrzności i podroby, osady z oczyszczania ścieków oraz tłuszcz, skórę, sierść, szczecinę, włosie i pierze. Do kolejnej grupy, konfiskat twardych zaliczamy: pierze odpadowe, głowy i łapy drobiowe, szczecinę, włosie, rogi, racice, kopyta, kości, łby wieprzowe, ogony bydlęce i baranie, obrzynki mięsa oraz konfiskaty z sierścią lub szczeciną, takie jak uszy wołowe i wieprzowe, wargi, nogi, łby wieprzowe i baranie ze skórą, ogony wieprzowe itp. Głównym problemem sektora utylizacyjnego w Polsce jest konieczność utrzymania odrębnego systemu zbierania, przetwarzania i spalania zwłok oraz odpadów szczególnego ryzyka (SRM), co zapewnia ich wycofanie z łańcucha pokarmowego ludzi i zwierząt [4].

Do najczęściej stosowanych metod przerobu i utylizacji wszystkich grup odpadów przemysłu mięsnego należy zaliczyć ich sterylizację termiczno-parową, suszenie, odtłuszczenie oraz spalanie. Stosowane są dwie metody obróbki materiału: mokra i sucha. Różnica polega na umiejscowieniu etapu odtłuszczania. Jeżeli w procesie występują kolejno: sterylizacja, suszenie i odtłuszczanie, to metoda nazywana jest metodą suchą, natomiast gdy suszenie występuje po odtłuszczeniu, wtedy metodę nazywamy mokrą. Produktami końcowymi procesu są: mączka kostna, pasze zwierzęce, tłuszcz oraz żelatyna [6, 36].

Przemysł mięsny i drobiowy produkują duże ilości odpadów w postaci szczeciny świńskiej i pierza drobiowego, które w 90% składają się z włókienkowego białka keratyny, które również występuje w innych wytworach skóry, takich jak włosy, paznokcie, rogi, racice czy pazury [31]. Ze względu na budowę, odpady keratynowe są trudno degradowalne i uciążliwe dla środowiska. Ponadto, są zagrożeniem epidemiologicznym, z uwagi na możliwą obecność drobnoustrojów chorobotwórczych. Ich składowanie, czy unieszkodliwianie za pomocą spalania, są rozwiązaniami nieekonomicznymi. Alternatywę dla tego postępowania stanowi zagospodarowanie biologiczne odpadów keratynowych poprzez ich kompostowanie [2]. Badania wskazują na korzyści ekonomiczne, płynące z zastosowania szczepionki

mikroorganizmów keratynolitycznych w zagospodarowaniu uciążliwych odpadów, a uzyskany produkt może być alternatywą dla drogich i nieekologicznych nawozów sztucznych. Dopuszczalne inne metody przetwarzania piór i szczeciny, to m.in. współspalanie w piecach energetycznych elektrociepłowni, elektrowni lub cementowni, otrzymywanie biogazu w warunkach beztlenowych, czy też produkcja mączek paszowych dla zwierząt, poprzez utylizację termiczno-alkaliczną [24, 40].

W ostatnich latach prowadzi się intensywne badania nad wykorzystaniem odpadów zwierzęcych w celu odzyskania związków fosforu, głównie hydroksyapatytu. Hydroksyapatyt syntetyczny, ze względu na wysoką bioaktywność, jest jednym z głównych materiałów stosowanych w chirurgii kostnej. Wykazuje on właściwości osteoindukcyjne, dzięki czemu po zaimplantowaniu w organizmie ludzkim może być stopniowo zastępowany przez żywą tkankę kostną pacjenta. Badania dowiodły, że duża porowatość hydroksyapatytu z kości zwierzęcych czyni go wspaniałym materiałem implantacyjnym w chirurgii kostnej [35].

Podsumowanie

Przewidywany w najbliższych latach wzrost liczby populacji, spowoduje zwiększenie zapotrzebowania zarówno na żywność, jak i wodę, dwa podstawowe czynniki, bez których ludzka cywilizacja nie będzie w stanie przetrwać. Dlatego też konieczne jest podjęcie działań nie tylko mających na celu możliwie jak najskuteczniejsze prowadzenie produkcji zwierzęcej, ale również związanych z wykorzystaniem strumieni odpadowych powstających w czasie jej prowadzenia. Nieustanny rozwój produkcji zwierzęcej, a zarazem przemysłu mięsnego, wiąże się bowiem ze wzrostem ilości wytwarzanych odpadów. Mimo intensywnego rozwoju technologii oraz metod postępowania z odpadami organicznymi podatnymi na biodegradację wciąż poszukuje się rozwiązań umożliwiających unieszkodliwienie zwierzęcych odpadów poubojowych, które byłyby korzystne z punktu widzenia środowiska, jak również pozwalałyby na wykorzystanie potencjału energetycznego tkwiącego w tego rodzaju odpadach.

Gnojowica jest surowcem, który przy nieodpowiednim traktowaniu może stwarzać poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego, ale może też stanowić substrat do produkcji różnego rodzaju produktów. Dla zmniejszenia

negatywnego wpływu na glebę i wodę, a także zwiększenia efektywności nawozowej gnojowicy, przetwarza się ją na nawozy mineralno-organiczne i organiczne, pod różnymi postaciami (nawozy ciekłe, stałe, w postaci zawiesin lub granulek). Gnojowicę poddaje się również procesom kompostowania, w wyniku których z łatwo degradowalnych związków otrzymuje się substancje aromatyczne o większej stabilności, i właściwościach użytkowych. Opracowana zintegrowana technologia oczyszczania ciekłych odpadów z produkcji zwierzęcej pozwala na zmniejszenie negatywnego wpływu gnojowicy na środowisko, zwiększenie efektywności procesów przetwarzania gnojowicy oraz zaoszczędzenie energii w wyniku produkcji biogazu, źródła energii cieplnej, którą można przetwarzać na energię mechaniczną.

Produkty zwierzęce są bardzo ważnym źródłem żywności, jednakże blisko 40% produkcji mięsa stanowią odpady poubojowe, wymagające racjonalnego i bezpiecznego dla środowiska i zdrowia zagospodarowania. Dopuszczenie do zastosowania odpadów zwierzęcych kategorii 3., pochodzących głównie od trzody chlewnej, drobiu i zwierząt wodnych, z zachowaniem barier gatunkowych, może być metodą na pozyskanie cennego koncentratu odżywczego, który może obniżyć koszty produkcji pasz dla zwierząt.

PIŚMIENNICTWO

1. BANACH M., KOWALSKI Z., KWAŚNY J., 2011 – Kompost na bazie odpadów hodowli trzody chlewnej – ocena właściwości nawozowych. ***Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*** 3, 1-20.
2. CHOIŃSKA A., SOBOLCZYK J., RODZIEWICZ A., 2011 – Kompostowanie odpadów szczeciny i pierza kurzego przy udziale szczepionki mikroorganizmów. ***Ogólnopolski Przegląd Masarski*** 7, 20-26.
3. DACH J., 2008 – Jakość gnojowicy: od czego zależy. ***Bydło*** 4, 26-29.
4. DZWONKOWSKI W., 2021 – Przetworzone białko zwierzęce jako jeden z elementów polityki ograniczenia GMO w żywieniu zwierząt gospodarskich. ***Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*** 4, 116-134.
5. European Green Belt, http://www.europeangreenbelt.org, dostęp 30.06.2022
6. FALKENSTEIN C., LIESCHE F., 2002 – Energie aus neuen Quellen. ***Fleischwirtschaft*** 8, 28-32.
7. GOSTOMCZYK W., 2012 – Organizacja systemu logistycznego w produkcji i wykorzystaniu biomasy energetycznej. ***Logistyka*** 4, 939-945.

8. GRELA E.R., CZECH A., 2019 – Pasze alternatywne w odniesieniu do soi genetycznie modyfikowanej w żywieniu zwierząt. ***Wiadomości Zootechniczne*** 57, 66-77.
9. GRELA E.R., 2020 – Alternatywne dla soi pasze białkowe w żywieniu świń i drobiu. ***Życie Weterynaryjne*** 8, 480-486.
10. HUANG G.F., WU Q.T., WONG J.W.C., NAGAR B.B., 2006 – Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. ***Bioresource Technology*** 97, 1834-1842.
11. HUS S., 1995 – Chemia wody, ścieków i gnojowicy, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
12. JANKOWSKA K., 2012 – Sposoby utylizacji padłych zwierząt. ***Hodowca Bydła*** 12, 34-40.
13. KARCZ H., KOZAKIEWICZ A., 2007 – Sposoby termicznej utylizacji odpadów zwierzęcych. ***Energetyka i ekologia*** 11, 823-836.
14. KISIELEWSKA J., DĄBROWSKI M., BAKUŁA T., 2020 – Owady w żywieniu drobiu i innych gatunków zwierząt. ***Indyk Polski*** 2, 10-14.
15. KOWALCZYK-JUŚKO A., 2009 – Efektywność produkcji biogazu z odpadów rolniczych i przetwórstwa rolno-spożywczego. ***Zeszyty Naukowe*** 11, 149-154.
16. KUTERA J., 1994 – Gospodarka gnojowicą. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
17. KWAŚNY J., KOWALSKI Z., BANACH M., 2011 – Sposoby zagospodarowania i technologie przetwarzania odpadów z hodowli trzody chlewnej. ***Chemik*** 7, 687-696.
18. KWAŚNY J., BANACH M., KOWALSKI Z., 2012 – Przegląd technologii produkcji biogazu różnego pochodzenia. ***Chemia. Czasopismo Techniczne*** 2, 83-102.
19. LEDAKOWICZ S., KRZYSTEK L., 2005 – Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego. ***Biotechnologia*** 3, 165-183.
20. MANCZARSKI P., 2007 – Kompostowanie odpadów komunalnych [w]: Forum Technologii Ochrony Środowiska POLEKO, 21 listopad, Poznań.
21. MARĆ-PIEŃKOWSKA J., 2021 – Białko owadzie – możliwości zastosowania w żywieniu drobiu i aktualny stan prawny. ***Hodowca Drobiu*** 9, 26-29.
22. MARSZAŁEK M., BANACH M., KOWALSKI Z., 2011 – Utylizacja gnojowicy na drodze fermentacji metanowej i tlenowej – produkcja biogazu i kompostu. ***Chemia. Czasopismo Techniczne*** 2, 143-158.
23. MOLO B., 2016 – Polityka Unii Europejskiej a rozwój odnawialnych źródeł energii w Niemczech. ***Rocznik Integracji Europejskiej*** 10.

24. NIKODEM W., 2006 – Prawne i techniczne warunki spalania mączki zwierzęcej w kotłach energetycznych. ***Energetyka*** 2, 130-147.
25. NOZHEVNIKOVA A.N., ZHILINA T.N., SOKOLOVA T.G., 1988 – Species composition of methane bacteria in fermented cattle manure. ***Prikladnaia Biokhimiia i Mikrobiologiia*** 24, 555-560.
26. PANASIEWICZ M., 2006 – Problemy techniki i technologii utylizacji oraz zagospodarowania odpadów pochodzenia zwierzęcego. ***Ogólnopolski Informator Masarski*** 8, 66-72.
27. PANASIEWICZ M., 2011 – Wybrane aspekty zagospodarowania i termicznej utylizacji odpadów pochodzenia zwierzęcego. ***Ogólnopolski Informator Masarski*** 5, 32-40.
28. PAWELCZYK A., MURAVIEV D., 2003 – Zintegrowana technologia oczyszczania ciekłych odpadów z hodowli trzody chlewnej. ***Przemysł Chemiczny*** 8-9, 2-4.
29. PILARSKA A., PILARSKI K., DACH J., BONIECKI P., DOBRZAŃSKI K., 2014 – Nowoczesne metody oraz perspektywy zagospodarowania nawozów naturalnych. ***Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*** 2, 9-11.
30. POULSEN H.D., 2000 – Phosphorus utilization and excretion in pig production. ***Journal of Environmental Quality*** 29, 24-27.
31. RODZIEWICZ A., ŁABA W., 2006 – Keratyny i ich biodegradacja. ***Biotechnologia*** 2, 130-147.
32. ROSZKOWSKI A., 2012 – Biomasa i bioenergia – bariery technologiczne i energetyczne. ***Problemy Inżynierii Rolniczej*** 3, 79-100.
33. SOBCZAK A., BŁYSZCZEK E., 2009 – Kierunki zagospodarowania produktów ubocznych z przemysłu mięsnego. ***Chemia. Czasopismo Techniczne*** 4, 142-152.
34. STAREK A., 2013 – Gdzie są nasze resztki? Przetwarzanie odpadów poubojowych. ***Ogólnopolski Informator Masarski*** 6, 105-109.
35. STAREK A., 2014 – Klasyfikacja produktów ubocznych oraz nowe kierunki ich zagospodarowania. ***Ogólnopolski Informator Masarski*** 1, 60-63.
36. STAREK A., 2015 – System próżniowego usuwania odpadów. ***Ogólnopolski Informator Masarski*** 12, 22-26.
37. URBAN R., 2002 – Problemy modernizacji i restrukturyzacji przemysłu utylizacyjnego. ***Przemysł Spożywczy*** 3, 33-35.
38. WANDRASZ J.W., NADZIAŁKIEWICZ J., 2000 – Paliwa z odpadów. tom. II. Wyd. Helion, Gliwice.
39. WĘŻYK S., GILEWSKI R., 2021 – UE znosi zakaz stosowania w paszach produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego. ***Hodowca Drobiu*** 11, 28-30.
40. ZIĘBA S., 2006 – Przemysł utylizacyjny – udręka czy szansa gospodarki. ***Gospodarka Mięsna*** 5, 18-19.

Praktyczne zastosowanie wybranych urządzeń do eliminacji związków odorowych

prof. dr hab. inż. Janusz Wojdalski[1,3], mgr inż. Kajetan Paweł Specjalski[2], dr hab. inż. Bogdan Dróżdż[1]

[1] Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
Instytut Inżynierii Mechanicznej,
ul. Nowoursynowska 166, 02-287 Warszawa,
janusz_wojdalski@sggw.edu.pl; bogdan_drozdz@sggw.edu.pl
[2] Eko Partnerzy Sp. z o. o.,
ul. Wólczyńska 321, 01-919 Warszawa, p.specjalski@interia.pl
[3] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
ul. Konstruktorska 3A, 02-673 Warszawa

Wprowadzenie

Związkami najczęściej zanieczyszczającymi powietrze są: siarkowodór (H_2S), merkaptany i amoniak (NH_3). Miejscami występowania odorów są obiekty inwentarskie, zakłady mięsne, drobiarskie i utylizacyjne, sieci kanalizacji sanitarnej (przepompownie, komory rozprężne, studnie rewizyjne), oczyszczalnie ścieków komunalnych (punkty zlewne, kraty, piaskowniki, osadniki wstępne) oraz gospodarka osadowa (zagęszczacze, odwadnianie osadu, suszarnie osadów). Koncentrację siarkowodoru określają zakresy: za niską uważa się zakres 10-50 ppm, za średnią 50-100 ppm, a wysoką 100-500 (i więcej)*. Pozostałymi typowymi parametrami granicznymi dla powietrza złowonnego są: temperatura w zakresie 15-40°C (optymalnie 30-35°C), ciśnienie: atmosferyczne oraz zawartość NH_3 w granicach 100-400 mg/Nm³, poziom odorów > 20 000 ou/Nm³ oraz merkaptanów 5-100 mg/Nm³.

* Do określania stężenia zapachowego (*odour concentration)* c_{od} [ou_E/m^3] stosuje się liczbę jednostek zapachowych w metrze sześciennym zanieczyszczonego powietrza; liczbowo równe wartości stopnia rozcieńczenia (*Z)* próbki czystym powietrzem, po którym jest osiągany zespołowy próg wyczuwalności ($Z_{50\%}$); c_{od} [ou_E/m^3] = 1 $ou_E/m^3 \times Z_{50\%}$

Analizę możliwości wystąpienia związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo zawarto w pracach Barbusiński i in., Kasperczyk i in., Makara i in., Żarczyński i in. [2, 12, 15, 24, 40].
Do rozwiązywania problemów hermetyzacji i dezodoryzacji wykorzystuje się na przykład:
– zbiór reguł ATV-DVWK M204P – „Zmniejszenie emisji substancji zapachowych (odorantów) z oczyszczalni ścieków – stan techniki i jej zastosowanie" [1];
– normę PN-EN 13725:2007 – „Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej";
– dobre zasady podczas prowadzenia inwestycji często zaczerpnięte z podobnych inwestycji w krajach wysoko rozwiniętych;
– materiały techniczne firm specjalizujących się w systemach hermetyzacji i dezodoryzacji obiektów inwentarskich, zakładów mięsnych, drobiarskich, rybnych i utylizacyjnych, gospodarki komunalnej, np. oczyszczalni ścieków oraz różnych systemów kanalizacji sanitarnej [42, 43].

Celem pracy jest przegląd wybranych rozwiązań na podstawie cytowanej literatury i własnych doświadczeń autorów.

Zarys problematyki dotyczący obiektów hodowlanych

Emisje związków odorowych są zróżnicowane [3, 6, 20, 21, 25, 36]. W tabeli 1 przedstawiono poziomy emisji amoniaku i odorów z obiektów inwentarskich, w zależności od gatunków zwierząt i systemów ich utrzymania.

Rozwiązanie problemów w praktyce

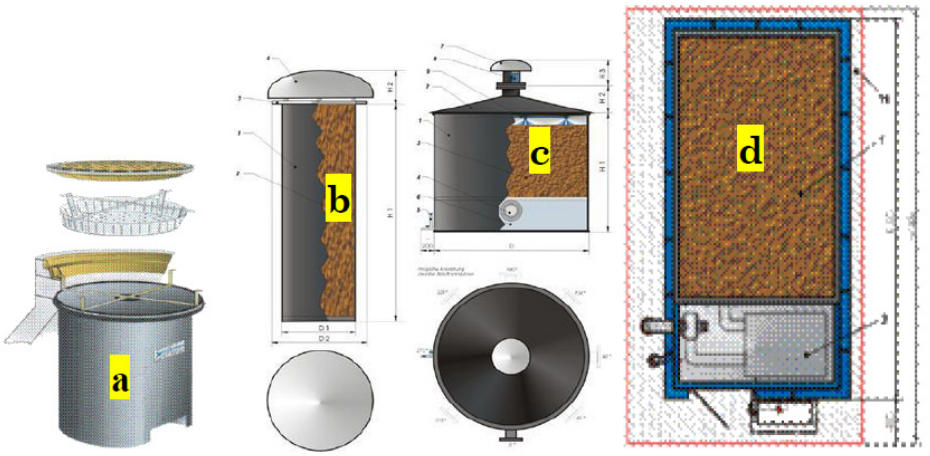
Podstawowym działaniem jest profilaktyka, polegająca na utrzymywaniu w dobrej kondycji wspomnianych obiektów podczas ich eksploatacji. W przypadku zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego dotyczy to również lokalizacji obiektów. Niezbędne rozwiązania techniczne, prawne i finansowe w celu zmniejszenia uciążliwości zapachowej istniejących przedsięwzięć wymieniono w pracach [18, 19, 27, 28, 31, 32, 33, 35]. W przypadku kanalizacji sanitarnej ilość ścieków zgodna z projektowaną przepustowością systemu (grawitacyjnego, ciśnieniowego bądź podciśnieniowego), ułatwia spławianie treści łatwo przywierających do ścianek ka-

Tabela 1
Poziomy rocznych emisji i odorów z obiektów inwentarskich [8]

Grupa zwierząt/ system utrzymania		Amoniak [kg/stanowisko dla zwierzęcia]	Odory [ou_E/s/stanowisko dla zwierzęcia]
Kury nioski	chów klatkowy	0,01-0,15	0,102-0,680
	chów bezklatkowy	0,019-0,36	0,102-1,50
Brojlery		0,004-0,18	0,032-0,70
Indyki	samice	0,045-0,387	0,40
	samce	0,138-0,68	0,71
Kaczki		0,05-0,29	0,098-0,49
Lochy prośne		0,42-9,00	5,60-100
Prosięta odsadzone	gnojowica	0,03-0,80	1,10-12,10
	obornik/ system mieszany	0,11-0,70	2,25-3,00
Tuczniki	gnojowica	0,1-4,60	1,14-29,20
	obornik/ system mieszany	1,90-7,53	4,20-7,00

nałów i urządzeń oraz ogranicza ich procesy gnilne, a w następstwie emisję odorów. Systematycznie należy przeprowadzać czyszczenie kanałów i urządzeń kanalizacyjnych z gromadzących się osadów w celu zmniejszenia ilości źródeł i emisji odorów. Sieci kanalizacyjne powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby ograniczać emisję odorów lub stosować odpowiednie zabezpieczenia antyodorowe. W sieciach kanalizacyjnych sanitarnych najczęściej stosowane są biofiltry lub filtry węglowe podwłazowe montowane w studniach kanalizacyjnych na kanałach grawitacyjnych. W niewielkich komorach i przepompowniach ścieków sanitarnych wystarczą kominki z wkładami biofiltracyjnymi lub węglowymi, ale na dużych przepompowniach czy komorach rozprężnych należy już stosować pasywne, a nawet aktywne (z wymuszonym przepływem powietrza) systemy oczyszczania powietrza podobnie jak w oczyszczalniach ścieków. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe rozwiązania biofiltrów.

W przypadku oczyszczalni ścieków, zarówno zakładowych, jak i komunalnych wymagane są: należyta dbałość o poprawne prowadzenie procesów



Rys. 1. Urządzenia do biofiltracji firmy Bioteg dla sieci kanalizacji sanitarnej: a. biofiltr podwłazowy; b. biofitr kominkowy; c. biofiltr stacjonarny mały d. biofiltr stacjonarny duży [46]

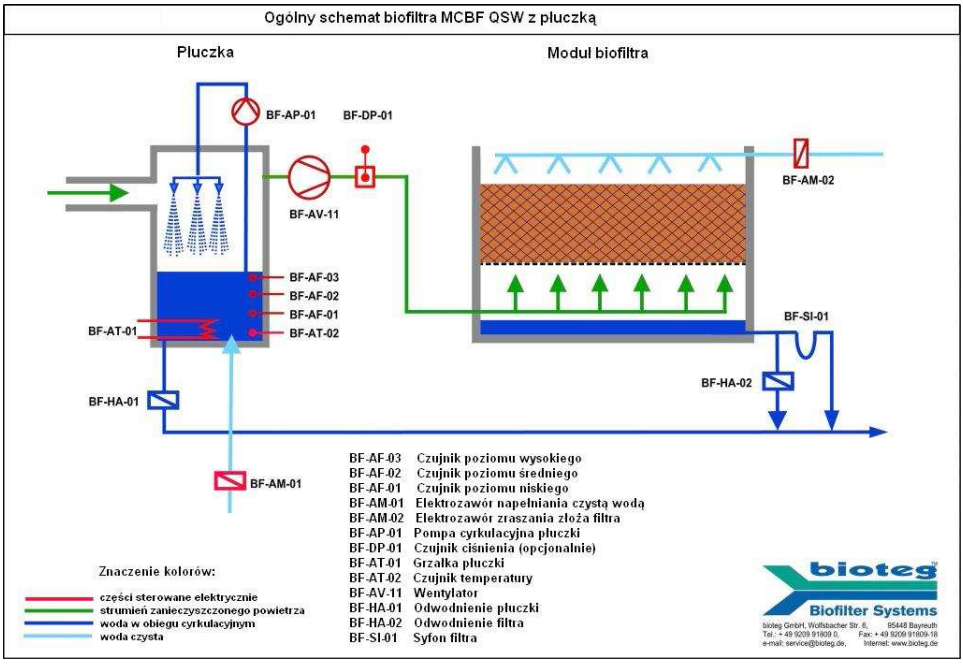
technologicznych oczyszczania ścieków, obróbka osadów ściekowych, a także wykonywanie systematycznych konserwacji i przeglądów stosowanych urządzeń. Niezbędne jest wyposażenie adekwatnie do skali obiektu, w stosowne zabezpieczenia ograniczające emisję odorów, powstających zarówno podczas poprawnej eksploatacji, jak i w trakcie awarii w oczyszczalni ścieków [29, 30].

Aparatura do usuwania odorów z powietrza

1. Biofiltry i płuczki wodne

Wymienione aparaty służą do oczyszczania powietrza z substancji gazowych, lotnych i aerozoli, które są zanieczyszczeniami w zużytym powietrzu na terenie obiektów technologicznych oczyszczalni ścieków komunalnych czy też innych obiektów technologicznych w przemyśle. Biofiltr jest bioreaktorem, w którym zasiedlone mikroorganizmy selekcjonują cząstki zanieczyszczeń z przepływającego powietrza i przekształcają je w produkty przyjazne dla środowiska. Pogłębioną analizę biodegradacji związków organicznych zawarto w pracach Dybały oraz Kasperczyk i in. [7, 14].

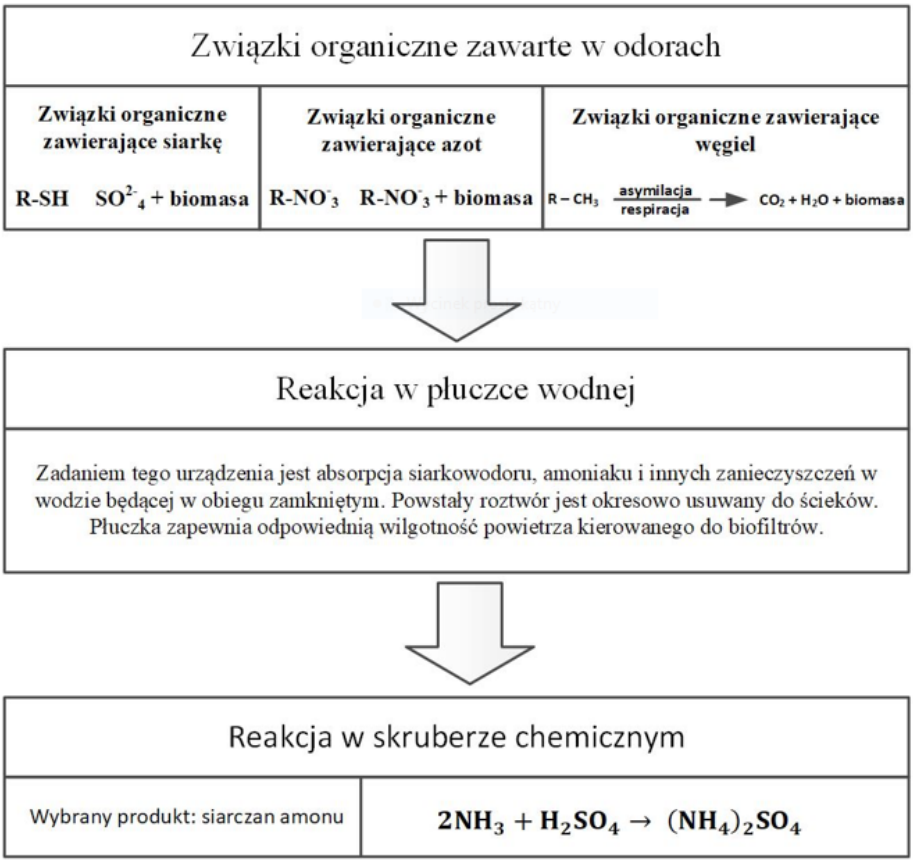
Na rysunku 2 przedstawiono schemat instalacji stosowanej w procesie biofiltracji. Złoże biofiltra jest dodatkowo wyposażone w system zraszania cyklicznego, w celu zapewnienia jego odpowiedniej wilgotności (φ). W skład wyposażenia biofiltra wchodzi wentylator doprowadzający zanieczyszczone powietrze o sprężu pozwalającym na pokonanie oporów złoża. Wentylator jest zaopatrzony w elektroniczny system regulacji obrotów, pozwalający na zwiększanie sprężu przy zwiększonych oporach złoża podczas eksploatacji. Zraszanie powietrza w płuczce zachodzi przeciwprądowo, za pomocą wody będącej w obiegu zamkniętym z możliwością uzupełniania świeżej wody i zrzutu wody zużytej. W warunkach zimowych do podgrzewania wody służy grzałka elektryczna zamontowana w zbiorniku płuczki. Strumień powietrza po opuszczeniu płuczki kierowany jest pod ruszt biofiltra, na którym spoczywa złoże. Powietrze po przejściu przez złoże wydostaje się do atmosfery. Proces bioreakcji następuje przy przechodzeniu powietrza przez złoże, co schematycznie przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat biofiltra MCBF QSW z płuczką

W przypadku przedstawionego biofiltra firmy Bioteg zastosowano preparowane biochemicznie i termicznie korzenie drzew. Sterowanie biofiltrem wraz z osprzętem odbywa się za pomocą sterownika mikroprocesorowego programowalnego umieszczonego w szafie sterowniczej w pobliżu instalacji.

Sterowanie pracą biofiltra wraz z osprzętem odbywa się za pomocą programowalnego sterownika mikroprocesorowego. Przed wprowadzeniem do biofiltra, powietrze złowonne jest przetłaczane przez płuczkę wodną, w której częściowo wypłukiwane są zanieczyszczenia oraz następuje wzrost wilgotności względnej (φ) niezbędnej w procesie biofiltracji (rys. 3). Problematyce biofiltracji i użytkowania biofiltrów są także poświęcone publikacje m.in. Li i in., Kennes i Veiga, Lebrero i in. [5, 13, 22, 23, 26, 34, 39, 41, 44].



Rys. 3. Przebieg procesów oczyszczania powietrza: biofiltracja, zraszanie i skruber chemiczny

2. Skrubery chemiczne

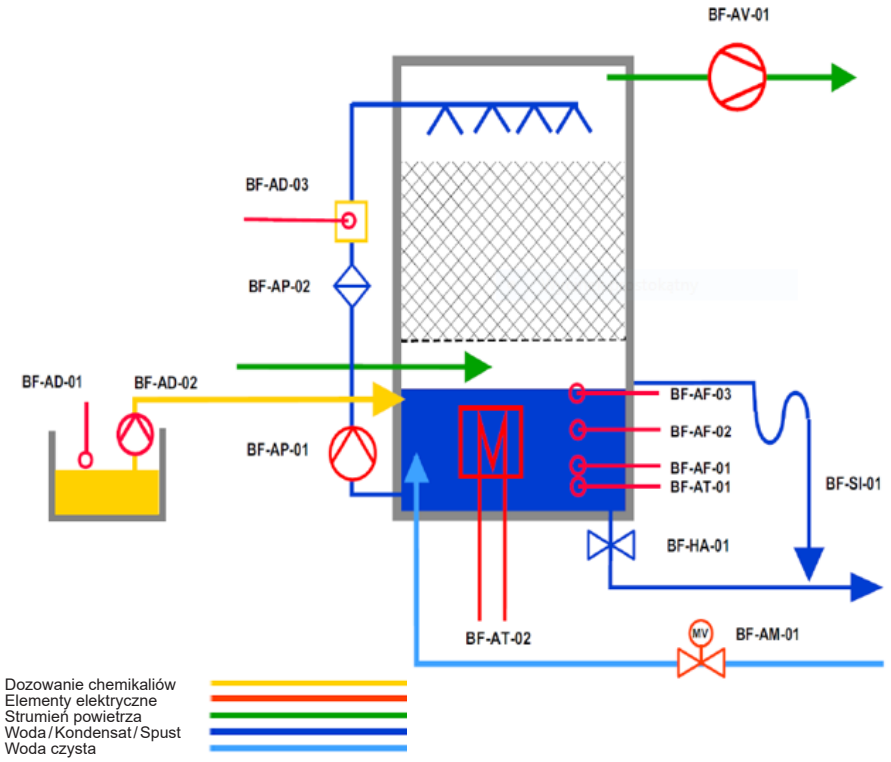
Techniki oczyszczania powietrza za pomocą skruberów (płuczek) chemicznych znajdują zastosowanie głównie w przemyśle chemicznym i branżach pokrewnych. W dużych oczyszczalniach ścieków komunalnych używa się ich do oczyszczania powietrza złowonnego lub w gospodarce osadowej, gdzie służą np. do usuwania amoniaku z suszarni osadów ściekowych. Na rysunku 3 przedstawiono reakcję w skruberze przeznaczonym do usuwania amoniaku za pomocą roztworu kwasu siarkowego. Stosuje się dwa rodzaje skruberów: natryskowe i z wypełnieniem – które wykorzystuje się do: wentylacji i obróbki procesowej do usuwania SO_2, HCl, HF, NH itp. Wydajność urządzenia może osiągać 130 000 m^3/h. Na rysunku 4 przedstawiono schemat skrubera chemicznego dla wybranego rozwiązania technicznego.

Kolumna skrubera jest wypełniona pierścieniami Raschiga lub podobnymi kształtkami, najczęściej wykonanymi z tworzyw sztucznych, które tworzą złoże od góry zraszane przez roztwór chemiczny. Od dołu do góry przepływa powietrze z zanieczyszczeniami, które podlegają rozkładowi chemicznemu. W przypadku zanieczyszczenia amoniakiem, jako neutralizator stosowany jest kwas siarkowy. Siarkowodór może być neutralizowany za pomocą NaOH, Cl_2 lub NaClO. W zależności od stopnia zanieczyszczenia i rodzaju usuwanych zanieczyszczeń, sprawność, urządzeń waha się w granicach 85-99,8%.

3. Sorpcja na złożach z węgla aktywnego

Porowata struktura węgla aktywnego pozwala usunąć zanieczyszczenia z przepływającego przez złoże węglowe powietrza złowonnego (rys. 5). Sorpcja na złożach z węgla aktywnego zachodzi w filtrach węglowych złożowych lub świecowych.

W porównaniu ze złożami biologicznymi węgiel aktywny ma tę właściwość, że działa w krótkim odstępie czasu po uruchomieniu, a także okresowo lub z dużymi przerwami. Do uzyskania pełnej skuteczności złoża biologiczne wymagają 4-6 tygodni. Równocześnie do poprawnej pracy biofiltrów niezbędny jest stały i stabilny ilościowo dopływ zanieczyszczeń w celu podtrzymania życia biologicznego. Istotną przewagę nad filtrami złożowymi mają węglowe filtry świecowe, ze względu na:



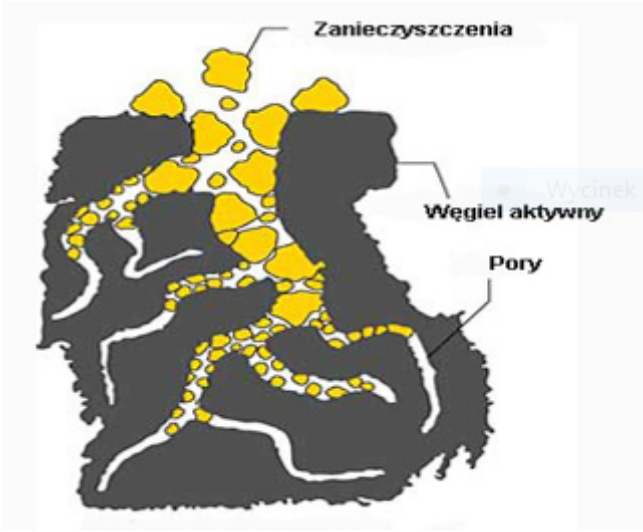
Rys. 4. Schemat płuczki chemicznej; BF-AD-01 czujnik napełnienia tzw. zbiornika chemicznego, BF-AD-02 pompa dozująca, BF-AF-01 czujnik poziomu niskiego, BF--AD-03- elektroda pH, BF-AF-02 czujnik poziomu średniego, BF-AF-03 czujnik poziomu wysokiego, BF-AM-01 elektrozawór wody czystej, BF-AP-01 pompa cyrkulacyjna, BF-AP-02 filtr wody, BF-AT-01 czujnik temperatury, BF-AT-02 grzałka elektryczna, BF-AV-01 wentylator, BF-HA-01 ręczny zawór spustowy, BF-SI-01 przelew awaryjny z syfonem, MV- zawór

mniejsze opory przepływu powietrza przez cienką warstwę węgla, przy jednocześnie mniejszej mocy silnika niezbędnej do napędu wentylatora oraz ułatwioną wymianę złoża węglowego przy podobnych gabarytach urządzenia.

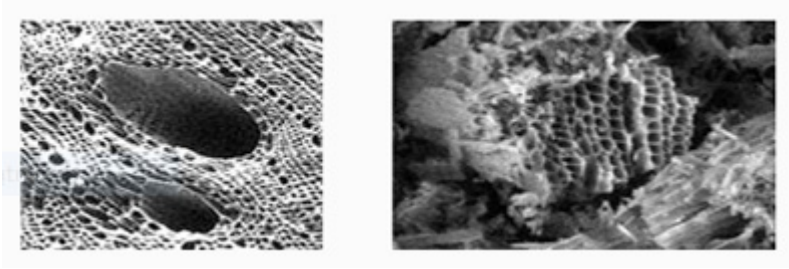
4. Techniki z użyciem preparatów chemicznych i biologicznych

Techniki te obejmują mgły i bariery przestrzenne (mokre i suche), maty żelowe, preparaty dozowane do ścieków itp. Mają one istotne znaczenie w oczyszczaniu

a.



b.



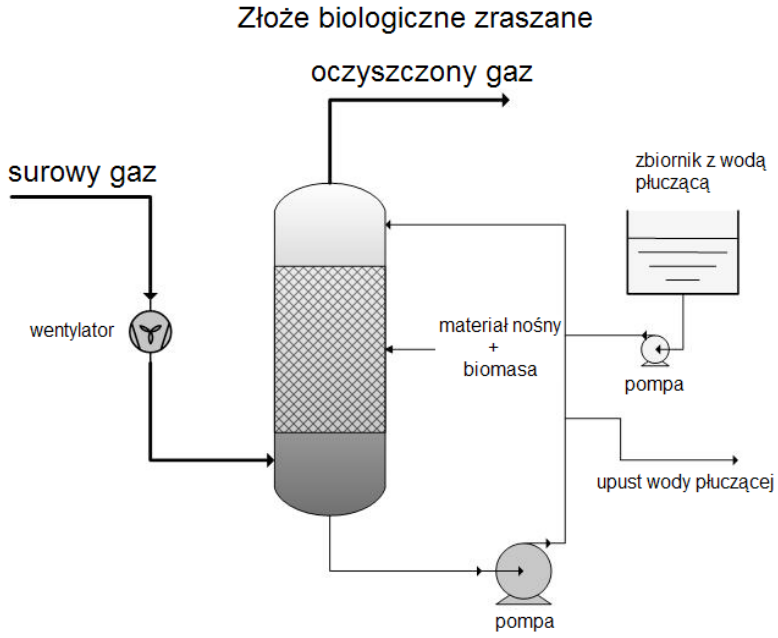
Rys. 5. Sorpcja na węglu aktywnym; (a) struktura porowatości; (b) wygląd mikroskopowy węgla aktywnego [45]

powietrza złowonnego w oczyszczalniach ścieków, lecz najczęściej stosowane są w obiektach gospodarki odpadami, kompostowniach i sortowniach. Istnieje duża różnorodność stosowanych preparatów chemicznych i biologicznych.

5. Złoża biologiczne zraszane w oczyszczaniu powietrza

Na rysunku 6 przedstawiono przykład złoża biologicznego. Złoże biologiczne zraszane jest połączeniem biofiltra oraz bioskrubera. Bakterie stosowane do rozkładu zanieczyszczeń są unieruchamiane na wypełnieniu filtra lub materiale filtracyjnym. Materiał filtracyjny składa się z pianki syntetycznej lub tworzywa sztucznego. Powierzchnia nośnika powinna mieć taką strukturę,

która pozwoli biomasie na skuteczne przywarcie do niego (związanie z materiałem). Jednym z popularniejszych i bardzo trwałych wypełnień złóż biologicznych zraszanych jest lawa wulkaniczna jako materiał naturalny o odpowiedniej porowatości. Nośnik jest pokryty wodą poprzez równomierne rozpylanie nad wypełnieniem filtra. Zanieczyszczenia przedostają się do warstewki cieczy, po czym ulegają rozkładowi przez drobnoustroje bytujące w filtrze. W stosowanej w biofiltrach biomasie znajdują się bakterie m.in. z gatunku *Pseudomonas* oraz grzyby, m.in. *Aspergillus* i *Penicillium*. W celu pielęgnacji biomasy, do wody dodawane są niezbędne składniki odżywcze. Przykłady biofiltracji przedstawiono w pracach Chung, Gałwa-Widera i in. [4, 9, 10, 11]. Zastosowaniu grzybów w technologiach oczyszczania poświęcono pracę Kołwzan i in. [17]. Ciecz płucząca nad wypełnieniem, musi być poddawana kontroli pH, zawartości składników odżywczych oraz stężenia soli. Wskaźnik pH można mierzyć w sposób ciągły i na bieżąco korygować. Składniki odżywcze są stale dawkowane, natomiast dawki okresowo poddawane są analizie.



Rys. 6. Schemat instalacji urządzeń ze złożem biologicznym

W celu utrzymania stężenia soli w dopuszczalnych granicach, jedna z sekcji musi być opróżniana i napełniana świeżą wodą. Przy wykorzystaniu omawianej instalacji mogą być usuwane następujące składniki:
-węglowodory, alkohole, aldehydy i ketony, kwasy tłuszczowe i ich estry, fenole, styren, naftalen,
-składniki zapachowe,
- związki azotu i NH_3, aminy, heterocykliczne związki azotu,
-H_2S, merkaptany, heterocykliczne związki siarki, dwusiarczek węgla,
- dwuchlorometan, 1,2-dwuchloroetan, chlorofenol, trójchloroetan, chlorek winylu.

6. Procesy PhoCatOx i IonActOx

Techniki usuwania związków złowonnych często mają charakter dwu- lub wieloetapowy.

Proces PhoCatOx i IonActOx polega na dwuetapowym traktowaniu gazów odlotowych, w pierwszej kolejności promieniami lamp UV, a następnie złożem katalitycznym z węgla aktywnego (tzw. konwerterem katalitycznym). Podczas tego procesu, z tlenu zawartego w gazach odlotowych powstaje ozon. Rodniki są zawsze znacznie bardziej reaktywne niż nieoczyszczane molekuły i natychmiast początkują utlenianie w obecności dostępnych utleniaczy. Całkowite utlenienie substancji odorotwórczych zawartych w gazach odlotowych wymaga rozwinięcia powierzchni cząstek biorących udział w procesie. Reakcje fizykochemiczne zachodzące podczas procesu PCO mają złożony charakter. Utleniacze, np. ozon, czy rodniki hydroksylowe, są wytwarzane przez promienie UV i służą do rozkładu związków odorowych. Proces polega na utlenieniu siarkowodoru do wolnej siarki. Wyróżnia się etapy – termiczny i katalityczny. Etap termiczny przebiega w wysokiej temperaturze (1000-1400°C). Około jednej trzeciej siarkowodoru spala się według reakcji:

$$3H_2S + 1{,}5O_2 \rightarrow 2H_2S + SO_2 + H_2O$$

Nieprzereagowany siarkowodór przechodzi do etapu katalitycznego i reaguje z wytworzonym w etapie termicznym dwutlenkiem siarki w niższej

temperaturze (200-350°C) prowadzi do otrzymania siarki zgodnie z równaniem (nazywanym często reakcją Clausa):

$2H_2S + SO_2 \leftrightarrow 3S + 2H_2O$

W celu uzyskania konwersji na poziomie 94-98%, niezbędne są 2-4 etapy katalityczne.

Waság i Kujawska [38] przedstawili przebieg usuwania siarkowodoru z powietrza stanowiący element technologii dezodoryzacji.

$H_2S_{gaz} \rightarrow H_2S_{roztwór}$

$H_2S + OH^- \rightarrow HS^- + H_2O$

$2\ Fe^{3+} + EDTA + HS^- \rightarrow S^0 + H^+ + 2\ Fe^{2+} + EDTA$

$2\ Fe^{2+} + EDTA + H_2O + ½\ O_2 \rightarrow 2\ Fe^{3+} + EDTA + 2\ OH^-$

W tabeli 2 przedstawiono wybrane wyniki modelowych badań wybranych czynników mających wpływ na usuwanie siarkowodoru przez warstwę materiału włóknistego.

Metodę usuwania siarkowodoru z powietrza poprzez jego selektywne katalityczne utlenianie do siarki elementarnej z użyciem kompleksu Fe^{3+}-EDTA zmodyfikowano poprzez zastosowanie włóknistych materiałów jonowymiennych Fiban jako nośnika katalizatora. Pozwoliło to na usprawnienie procesu wymiany mas pomiędzy fazą gazową i ciekłą, buforowanie pH roztworu sorbującego i prawdopodobnie na katalizowanie reakcji utleniania siarkowodoru do siarki elementarnej i Fe^{2+} do Fe^{3+}. Warstwy filtracyjne nośników opartych na anionitach włóknistych okazały się bardziej aktywne w stosunku do nośników na bazie kationitów włóknistych i materiałów obojętnych. Wykazano, że zastosowanie układu katalitycznego Fe^{3+} – EDTA/Fiban umożliwia w odpowiednich warunkach praktycznie całkowite usunięcie siarkowodoru z powietrza. Na rysunkach 7-9 przytoczono schematy różnych typów filtrów.

7. Złoża biologiczne zraszane w oczyszczaniu powietrza

Złoże biologiczne zraszane jest połączeniem biofiltra oraz bioskrubera. Bakterie odpowiedzialne za rozkład unieruchamiane są na wypełnieniu fil-

Tabela 2

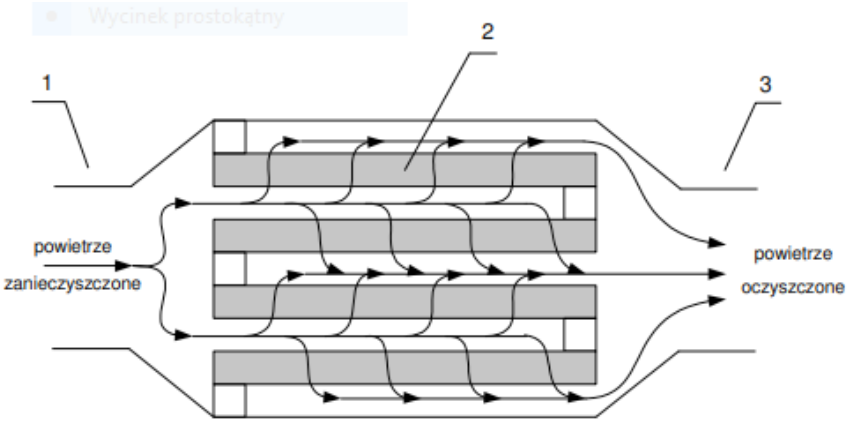
Wybrane uwarunkowania usunięcia siarkowodoru podczas filtracji przez warstwę 5 mm materiału włóknistego z naniesionym katalizatorem Fe^{3+} – EDTA* dla warunków: stężenie początkowe H_2S – 60 mg/m^3; prędkość filtracji 0,05 m/s) [38]

Rodzaj materiału włóknistego – nośnika Fe^{3+} + EDTA	Wilgotność względna (φ) oczyszczanego powietrza	Stopień usunięcia siarkowodoru [%]
Bawełna	60	8
	70	14
	80	27
	90	59
Włókno węglowe Carbapon	60	18
	70	20
	80	37
	90	69
Fiban K-5 (forma Na^+)	60	33
	70	48
	80	55
	90	70
Fiban AK-22 (forma OH^-)	60	38
	70	72
	80	84
	90	95
Fiban AK-5 (forma OH^-)	60	78
	70	92
	80	96
	90	ok.100

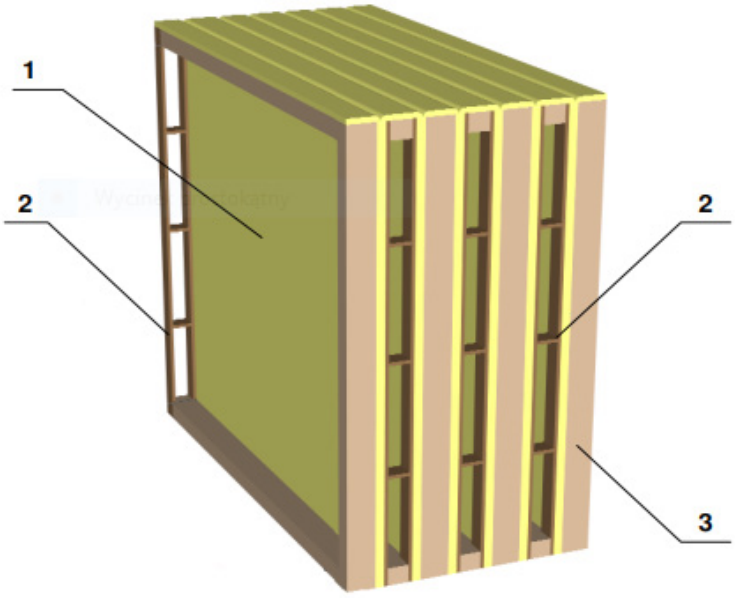
*kwas wersenowy – *ethylenediaminetetraacetic acid*

tra lub materiale filtracyjnym. Powierzchnia nośnika powinna mieć strukturę, która pozwoli biomasie na skuteczne przywarcie do niego (związanie z materiałem). Nośnik jest stale pokrywany wodą. Oznacza to, że woda musi być równomiernie rozpylana nad wypełnieniem filtra. Zanieczyszczenia przedostają się do warstewki cieczy, po czym są rozkładane przez bytujące w filtrze bakterie.

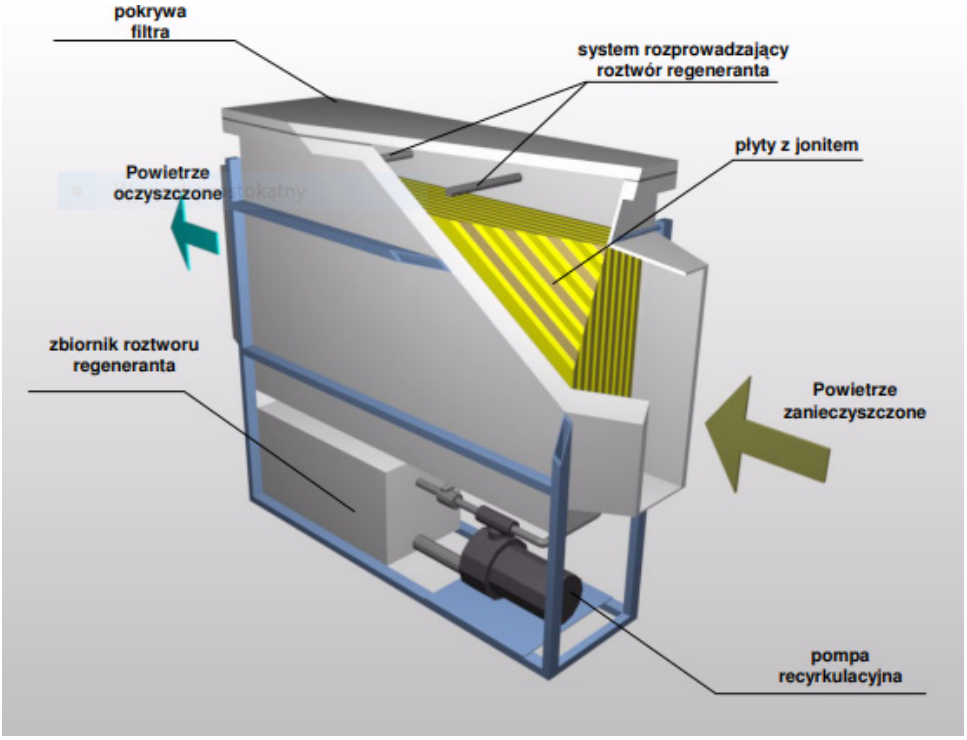
W celu pielęgnowania biomasy, do wody dodaje się niezbędne dla niej składniki odżywcze. Woda ta dodatkowo odprowadza nadmiar osadu/bio-



Rys. 7. Schemat przepływu powietrza przez moduł filtra ramowego (1 – wlot filtra, 2 – warstwa włóknistego materiału jonowymiennego, 3 – wylot powietrza oczyszczonego) [37]



Rys. 8. Budowa modułu jonowymiennego filtra ramowego (1 – warstwa włóknistego materiału jonowymiennego, 2 – elementy dystansowe, 3 – ramka) [37]



Rys. 9. Widok ogólny filtra szczelinowego z włóknistym materiałem jonowymiennym [37]

filmu oraz produkty rozkładu, które mogą hamować rozwój biomasy. Ciecz płucząca, krążąca nad wypełnieniem, jest poddawana kontroli wskaźnika pH, zawartości składników odżywczych oraz stężenia soli. Wskaźnik pH można mierzyć w sposób ciągły i na bieżąco korygować. Dawki składników odżywczych są okresowo poddawane analizie. W celu utrzymania stężenia soli w dopuszczalnych granicach jedna z sekcji musi być opróżniana i napełniana słodką wodą. Proces ten może bazować na zjawisku przewodności właściwej.

Pomiar temperatury gazów zanieczyszczonych pomaga ochronić złoże biologiczne, jeśli istnieje prawdopodobieństwo przekroczenia ustalonych limitów.

Istotne elementy instalacji dezodoryzacji

Wentylatory i separatory to kompletna gama produktów, począwszy od standardowych akcesoriów wentylacyjnych, po produkty wykonywane na życzenie. Wśród dostępnych na rynku wentylatorów znajdziemy m.in.: promieniowe (wydajność od 100 do 150 000 m^3/h), wentylatory dachowe (wydajność od 100 do 60 000 m^3/h) i kanałowe (wydajność od 1000 do 35 000 m^3/h). Wykonuje się je z PP, PE, PVC, PVDF, o dużej odporności na trudne warunki pracy. Separatory kropli stosowane są zazwyczaj przed filtrami węglowymi i działają na zasadzie inercji. Pozwala to na separację aż do 99,9% kropli większych niż 15µ w poziomym strumieniu gazu. Konstrukcje z PPh, PEHD, PVC lub inoxu są przystosowane do kontaktu ze związkami agresywnymi i korozyjnymi. Nie wymagają dużego nakładu pracy. Istnieje wiele możliwości konfiguracji ich kształtu, materiału, dokładności separacji itd.

Systemy wielostopniowe w oczyszczaniu powietrza złowonnego

Obiekty, w których emitowane są mieszaniny różnego rodzaju związków odorowych a otoczenie wymaga szczególnego zabezpieczenia przed przykrymi zapachami, potrzebują często wielostopniowych systemów oczyszczania [16]. Tego typu rozwiązania polegają na szeregowym połączeniu różnych technik usuwania odorów z powietrza złowonnego (opisanych w tym opracowaniu) z możliwością wykorzystania często technik celowanych na konkretne dominujące zanieczyszczenia w strumieniu powietrza złowonnego. Przykładowo, jest nim zastosowanie węgla aktywnego tzw. zmywalnego w filtrach węglowych przystosowanego do usuwania siarkowodoru. Taka konstrukcja filtra pozwala płukać strumieniem zwrotnym złoże węglowe, aby dość łatwo wypłukać skumulowane związki siarkowe. Pozwala to wydłużyć trwałość złoża węglowego.

Przykłady rozwiązań eliminacji odorów

Dobrym przykładem są systemy oczyszczania na oczyszczalni komunalnej w Koziegłowach i Białymstoku (fot. 1 i 2), w których zastosowano:
-LAV – złoża biologiczne zraszane typu LAVA ROCK z filtrami węglowymi francuskiej firmy CMI. Powietrze złowonne przechodzi przez złoże biolo-

giczne zraszane, a następnie przez odkraplacz, aby zmniejszyć wilgotność, na końcu natomiast jest doczyszczane na złożu węglowym.
-NOX – urządzenia NEUTRALOX wykorzystujące procesy PCO niemieckiej firmy Umwelttechnik GmbH. Tu też zastosowano dwustopniowy proces oczyszczania najpierw promieniami lamp UV, a następnie na złożu katalitycznym z węgla aktywnego.

Podsumowanie

Branża zabezpieczeń antyodorowych rozwija się dynamicznie w znacznym stopniu dzięki wzorcom z Europy Zachodniej. Nowoczesne rozwiązania w tej dziedzinie są realizowane szczególnie w ramach inwestycji wspomaganych przez fundusze unijne. Podstawą działań ograniczających emisję odorów z obiektów kanalizacji sanitarnej i oczyszczalni ścieków jest poprawna eksploatacja systemów kanalizacyjnych i utrzymywanie optymalnych parametrów procesów technologicznych. Niemniej istotne okazuje się wyposażenie wybranych obiektów systemu kanalizacji i oczyszczalni ścieków we właściwie dobrane systemy antyodorowe. Oczyszczanie powietrza złowonnego emitowanego przez obiekty gospodarki komunalnej, w tym szczególnie suszarnie osadów ściekowych, może być zapewnione za pomocą różnych technik, jednak najbardziej skuteczne są metody ich szeregowego łączenia. Długa lista zainstalowanych w Polsce systemów hermetyzacji i dezodoryzacji, technicznie opartych częściowo na wyrobach krajowych jednak w większości na zagranicznych, w ostatnim czasie ewoluuje w kierunku najnowszych technik, stosowanych w krajach najbardziej rozwiniętych. Istotne znaczenie dla rozwoju branży mają wyspecjalizowane firmy, które dzięki współpracy z tym sektorem na arenie międzynarodowej, wprowadzają na polski rynek innowacyjne produkty [42]. Treść cytowanych pozycji źródłowych z ostatnich kilkunastu lat stanowi tylko zarys problematyki usuwania związków chemicznych zawartych w odorach. Wymienione przykłady i schematy instalacji mogą być z powodzeniem stosowane także w obiektach inwentarskich i w zakładach przemysłu rolno-spożywczego.

Fot. 1. Instalacja oczyszczania powietrza złowonnego w oczyszczalni ścieków komunalnych w Koziegłowach k. Poznania

Fot. 2. Instalacja oczyszczania powietrza złowonnego w oczyszczalni ścieków komunalnych w Białymstoku

PIŚMIENNICTWO

1. ATV-DVWK M204P., 1996 – Materiały Pomocnicze. Zmniejszenie emisji substancji zapachowych (odorantów) z oczyszczalni ścieków – stan techniki i jej zastosowanie. Wyd. Seidel-Przywecki. Warszawa.
2. BARBUSIŃSKI K., KALEMBA K., KASPERCZYK D., URBANIEC K., KOZIK V., 2017 – Biological methods for odor treatment – A review. ***Journal of Cleaner Production*** 152, 223-241.
3. CHEN L., HOFF S. J., 2009 – Mitigating odors from agricultural facilities: a review of literature concerning biofilters. ***Applied Engineering in Agriculture*** 25(5), 751-766.
4. CHUNG Y. C., 2007 – Evaluation of gas removal and bacterial community diversity in a biofilter developed to treat composting exhaust gases. ***Journal of Hazardous Materials*** 144(1-2), 377-385.
5. LI H., CRITTENDEN J.C., MIHELCIC J.R., HAUTAKANGAS H., 2002 – Optimization of biofiltration for odor control: model development and parameter sensitivity. ***Water Environment Research*** 74(1), 5-16.
6. DOMAGALSKI Z., MAREK P., SOBCZAK J., 2012 – Wykorzystanie komory fitotronowej w ograniczaniu emisji związków odorowych z kurników. ***Problemy Inżynierii Rolniczej*** 20, 127-136.
7. DYBAŁ P., 2021 – Biodegradacja mieszaniny lotnych związków organicznych (LZO) w kompaktowym bioreaktorze trójfazowym (KBT) oraz wstępne badania korozji materiałowej w środowisku reakcji. Praca doktorska. Katowice: Uniwersytet Śląski.
8. GRZELKA A., SÓWKA I., MILLER U., 2018 – Metody oceny emisji odorów z obiektów gospodarki hodowlanej. ***Inżynieria Ekologiczna*** 19(2), 56-64.
9. GAŁWA-WIDERA M., BIEŃ J., WROŃSKA M., KWARCIAK-KOZŁOWSKA A., 2018 – Biofiltracja jako proekologiczna metoda usuwania odorów z procesów kompostowania. ***Przemysł Chemiczny*** 97,9*,* 1463-1466.
10. GAŁWA-WIDERA M.I., 2021 – Reduction of Odors from Composting Processes Using an Ecological Method. ***Journal of Ecological Engineering*** 22(5), 88-95.
11. GAŁWA-WIDERA M., KWARCIAK-KOZŁOWSKA A., 2016 – Sposoby eliminacji odorów w procesie kompostowania. ***Rocznik Ochrona Środowiska*** 18(2), 850-860.
12. JAROSZYŃSKI Ł., JAROSZYŃSKI T., 2017 – Metodologia postępowania przy ograniczaniu uciążliwości zapachowej oczyszczalni ścieków. ***Gaz, Woda i Technika Sanitarna*** 2, 61-64.

13. KENNES C., VEIGA M. C., 2001 – Conventional biofilters. ***In Bioreactors for waste gas treatment*** (pp. 47-98). Springer, Dordrecht.
14. KASPERCZYK D., URBANIEC K., BARBUSIŃSKI K., RENE E.R., COLMENARES-QUINTERO R.F., 2019 – Application of a compact trickle-bed bioreactor for the removal of odor and volatile organic compounds emitted from a wastewater treatment plant. ***Journal of Environmental Management*** 236, 413-419.
15. KHANONGNUCH R., ABUBACKAR H.N., KESKIN T., GUNGORMUSLER M., DUMAN G., AGGARWAL A., RENE E.R., 2022 – Bioprocesses for resource recovery from waste gases: Current trends and industrial applications. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews*** 156, 111926.
16. KODEKS PRZECIWDZIAŁANIA UCIĄŻLIWOŚCI ZAPACHOWEJ, 2016 – Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa.
17. KOŁWZAN B., ADAMIAK W., DZIUBEK A.M., 2018 – Możliwości zastosowania grzybów w technologiach oczyszczania i remediacji wybranych elementów środowiska. ***Ochrona Środowiska*** 40(1), 3-20.
18. KULIG A., KAMIŃSKI A., 2019 – Substancje zapachowe w przemyśle: ich charakterystyka i zwalczanie uciążliwości. ***Forum Eksploatatora*** (pp. 26-32).
19. KWAŚNY J., BALCERZAK W., 2014 – Characteristics of selected indirect methods of reducing the emission of odors. ***Archives of Waste Management and Environmental Protection*** 16(4), 125.
20. KRAWCZYK W., WALCZAK J., SZEWCZYK A., 2016 – Porównanie efektywności redukcji emisji gazowych z chlewni po zastosowaniu biofiltra powietrza i kurtyny wodnej. ***Roczniki Naukowe Zootechniki*** 43(2), 257--266.
21. KRAWCZYK W., WALCZAK J., 2016 – Redukcja emisji gazowych z kurników poprzez zastosowanie biofiltracji powietrza. ***Roczniki Naukowe Zootechniki*** 43(2), 267-275.
22. LEBRERO R., RANGEL M. G. L., MUÑOZ R., 2013 – Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge. ***Journal of Environmental Management*** 116, 50-57.
23. LESON G., WINER A.M., 1991 – Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions. ***Journal of the Air & Waste Management Association*** 41(8), 1045-1054.
24. MAKARA A., KOWALSKI Z., SÓWKA I., 2016 – Possibility to eliminate emission of odor from pig manure treated using AMAK filtration method. ***Desalination and Water Treatment*** 57(3), 1543-1551.

25. MATUSIAK, K., SKÓRA, J., BOROWSKI, S., PIELECH-PRZYBYLSKA, K., NOWAK, A., WOJEWÓDZKI, P., GUTAROWSKA, B., 2017 – Mikrobiologiczne, pyłowe i odorowe zagrożenia na fermach drobiu oraz biologiczna metoda eliminacji. ***Inżynieria Ekologiczna*** 18(3), 184-193.
26. NICOLAI R.E., JANNI K.A., 2001 – Biofilter media mixture ratio of wood chips and compost treating swine odors. ***Water Science and Technology*** 44(9), 261-267.
27. RACKIEWICZ I., PŁUSKA E.,PRZYBYŁA T., ROSICKI M., SCHÖNFELDER T., SOBECKI I., MILLER U., SÓWKA I., 2020 – Bezpieczne odległości od zabudowań dla przedsięwzięć, których funkcjonowanie wiąże się z ryzykiem powstawania uciążliwości zapachowej. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa.
28. SHAREEFDEEN Z., HERNER B., WILSON S., 2002 – Biofiltration of nuisance sulfur gaseous odors from a meat rendering plant. ***Journal of Chemical Technology & Biotechnology***: ***International Research in Process, Environmental & Clean Technology*** 77(12), 1296-1299.
29. SCHLEGELMILCH M., STREESE J., STEGMANN R., 2005 – Odour management and treatment technologies: An overview. ***Waste Managemen*** 25(9), 928-939.
30. SÓWKA I., 2011 – Metody identyfikacji odorotwórczych gazów emitowanych z obiektów przemysłowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. ***Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej*** 90. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej Wrocław, 25-46.
31. SÓWKA I., 2011 – Ocena zasięgu oddziaływania zapachowego zakładu przemysłowego na przykładzie wybranej cukrowni. ***Ochrona Środowiska*** 33(1), 31-34.
32. SÓWKA I., PAWNUK M., MILLER U., GRZELKA A., WRONISZEWSKA A., BEZYK Y., 2020 – Assessment of the Odour Impact Range of a Selected Agricultural Processing Plant. ***Sustainability*** 12(18), 7289.
33. SÓWKA I., MILLER U., KARSKI L., 2019 – Analysis of legal and technical solutions in terms of odours in Poland. ***Environment Protection Engineering*** 45(1), 127-138.
34. SWANSON W.J., LOEHR R.C., 1997 – Biofiltration: fundamentals, design and operations principles, and applications. ***Journal of Environmental Engineering*** 123(6), 538-546.

35. VAN GROENESTIJN J.W., KRAAKMAN N.J.R., 2005 – Recent developments in biological waste gas purification in Europe. ***Chemical Engineering Journal*** 113(2-3), 85-91.
36. WANG Y.C., HAN M.F., JIA T.P., HU X.R., ZHU H.Q., TONG Z., HSI H.C., 2021 – Emissions, measurement, and control of odor in livestock farms: A review. ***Science of The Total Environment*** 776, 145735.
37. WASĄG H., 2012 – Zastosowanie jonitów włóknistych w filtrach do dezodoryzacji powietrza, 255-262. http://wis.pol.lublin.pl/kongres3/tom2/28.pdf
38. WASĄG H., KUJAWSKA J., 2012 – Usuwanie siarkowodoru z powietrza jako element technologii dezodoryzacji, 499-508. http://www.eko-dok.pl/2012/60.pdf
39. WIERZBIŃSKA M., MODZELEWSKI W. E., 2015 – Zastosowanie biofiltrów do dezodoryzacji uciążliwych gazów. ***Inżynieria Ekologiczna*** 41, 125-132.
40. ZWOŹDZIAK J., DZIEWA M., SZAŁATA Ł., KWIECIŃSKA K., CUSKE M., PIECHOCKA A., BARTOSIK M., 2016 – Lista substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa.
41. ŻARCZYŃSKI A., ROSIAK K., ANIELAK P., ZIEMIŃSKI K., WOLF W., 2015 – Praktyczne metody usuwania siarkowodoru z biogazu. II, Zastosowanie roztworów sorpcyjnych i metod biologicznych. ***Acta Innovations*** 15, 57-71.
42. http://ekopartnerzy.pl/news/praktyczne-doswiadczenia-w-oczyszczaniu-powietrza-zlowonnego
43. https://www.kalendarzrolnikow.pl/4886/biofiltry-ratunkiem-dla-ferm
44. https://ecol-unicon.com/odory/
45. https://www.zdpwa.com.pl
46. www.bioteg.com; Biofilter, Biofilter Plants and odor control systems of bioteg Biofilter Systems GmbH

IV. Wnioski

Wnioski są podsumowaniem wygłoszonych referatów i dyskusji przeprowadzonej podczas III Kongresu Zootechniki Polskiej „*Quo vadis* zootechniko?", który odbył się w Warszawie w dniach 9-10 czerwca 2022 roku pod Patronatem Honorowym Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Andrzeja Dudy.

1. Polska zootechnika wnosi ogromny wkład w doskonalenie metod i wdrażanie programów hodowli i użytkowania zwierząt, zarówno tych służących zabezpieczeniu potrzeb żywnościowych oraz innych potrzeb ludzi, jak i tych zwierząt, które towarzyszą ludziom na co dzień. Dokumentuje to ogromny dorobek 65 lat działalności Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury PAN oraz 100 lat działalności Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, który zaprezentowano na Kongresie.
2. Przed polską zootechniką stoją nowe wyzwania, związane z rozwojem nauk i zmianą postrzegania roli zwierząt w życiu człowieka. Zachodzi potrzeba takiego organizowania użytkowania zwierząt, aby zapewniało ono wysokie standardy dobrostanu zwierząt i umożliwiało wytwarzanie żywności bezpiecznej i korzystnej dla zdrowia ludzi oraz wytwarzanej z uwzględnieniem przeciwdziałania zmianom klimatycznym, oraz ochrony środowiska życia ludzi i zwierząt.
3. Coraz większego znaczenia nabierają działania związane z takimi obszarami zainteresowań zootechniki jak:
   - strategie na rzecz zachowania gatunków zwierząt zagrożonych wyginięciem i ochrona bioróżnorodności zwierząt dzikich i udomowionych,
   - rozwiązywania w Polsce problemów odnośnie ekologicznych warunków użytkowania zwierząt i wytwarzania ekologicznych produktów zwierzęcych,
   - zastosowanie nanotechnologii i nanotoksykologii w hodowli i użytkowaniu zwierząt,
   - wykorzystanie biologicznych metod wspomagania wytwarzania żywności w aspekcie ograniczania jego wpływu na środowisko naturalne.
4. W czasie Kongresu wielokrotnie podnoszono problem niedostatecznego informowania społeczeństwa o prawdziwym znaczeniu użytko-

wania i roli zwierząt w funkcjonowaniu społeczeństw. Postulowano, że informowanie gremiów społecznych o aspektach użytkowania zwierząt powinno być prowadzone także przez środowiska kompetentnych zootechników.

5. Sformułowano propozycję wystąpienia do dziekanów wydziałów kształcących studentów na kierunku zootechnika wprowadzenia do programu studiów przedmiotu „Społeczne i etyczne aspekty użytkowania zwierząt", „Prawne aspekty utrzymania i użytkowania zwierząt", „Dobrostan zwierząt".
6. Stwierdzono, że niestety zdarzają się przypadki niewłaściwego traktowania zwierząt, jak również utrzymywania zwierząt w niegodziwych warunkach, zaprzeczających podstawowym zasadom dobrostanu zwierząt, a główną tego przyczyną jest brak wykwalifikowanych kadr w obiektach utrzymujących zwierzęta. Uczestnicy Kongresu uważają za zasadne wprowadzenie do polskiego systemu prawnego zapisu, który zobowiązywałby każdy podmiot, który na terenie Polski komercyjnie użytkuje zwierzęta do zatrudnienia dyplomowanego zootechnika, a w przypadku użytkowania ryb i gospodarki stawowej dyplomowanego ichtiologa.