

**Nauka w służbie przyrodzie  
– wybrane zagadnienia**



# **Nauka w służbie przyrodzie – wybrane zagadnienia**

Redakcja:  
Monika Olszówka  
Kamil Maciąg

Lublin 2015

## **Recenzenci:**

dr hab. inż. prof. nadzw. Marek Babicz

dr Artur Banach

dr Adam Bownik

dr hab. Marian Flis

dr hab. Andrzej Junkuszew

dr hab. Małgorzata Kwiecień

dr Agnieszka Kuźniar

dr Anna Nowak

dr inż. Dariusz Piernikarski

dr Anna Pytlak

dr inż. Ewa Skrzypczak

dr inż. Jarosław Zubrzycki

dr hab. inż. Grażyna Żukowska

Wszystkie opublikowane rozdziały otrzymały pozytywne recenzje.

Skład i łamanie: Monika Olszówka

Projekt okładki: Agnieszka Ciurysek

© Copyright by Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL

ISBN 978-83-65272-05-8

Wydawca:

Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL

ul. Głowackiego 35/348, 20-060 Lublin

[www.fundacja-tygiel.pl](http://www.fundacja-tygiel.pl)

## Spis treści

<i>Agnieszka Piersiak</i> Analiza zagnieżdżeń (Nestedness) w badaniach nad zgrupowaniami wielogatunkowymi .....	7
<i>Magdalena Olcha, Malwina Merska, Maciej Waclaw Bąkowski</i> Efektywność stosowania w dawkach pokarmowych ziół w różnych postaciach u bydła.....	15
<i>Aneta Chrzęszcz</i> Funkcjonowanie konsorcjum w obrocie gospodarczym .....	24
<i>Katarzyna Błaszczuk, Teresa Krzyśko-Lupicka</i> Gospodarka osadami ściekowymi w kontekście aktów prawnych.....	32
<i>Łukasz Kręcidło, Magdalena Koszałkowska, Teresa Krzyśko-Lupicka</i> Metody pobierania i analizy zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza .....	48
<i>Aleksandra Bogusz, Marzena Cejner</i> Mikroplastiki w środowisku wodnym – pochodzenie, akumulacja zanieczyszczeń oraz wpływ na organizmy wodne ...	61
<i>Damian Iwon, Marek Babicz, Kinga Kropiwek, Karolina Kasprzak</i> Nutrigenetyka i nutrigenomika w hodowli i produkcji trzody chlewnej .....	74
<i>Ewelina Flis</i> Problem kulawizny u krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej .....	83
<i>Weronika Wałkowiak, Teresa Krzyśko-Lupicka</i> Próba wykorzystania olejków eterycznych do maskowania uciążliwych zapachów w osadach ściekowych .....	98
<i>Elwira Cybul, Edyta Cybul, Marek Babicz</i> Regionalne zróżnicowanie dochodowości gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji trzody chlewnej.....	107
<i>Marcin Halabis, Marek Babicz, Kinga Kropiwek</i> Składniki bioaktywne w paszach i żywności .....	116
<i>Ewa Wilk, Małgorzata Krówczyńska, Gabriela Ołędzka, Piotr Pabjanek</i> Składowanie i transport wyrobów zawierających azbest w świetle obowiązującego prawa .....	127
<i>Jacek Pranagal, Dorota Tomaszewska-Krojańska, Magdalena Myszuza</i> Właściwości strukturalne gleby po zastosowaniu biowęglu .....	140
<i>Kamil Depo, Monika Pecyna</i> Wpływ form użytkowania maszyn na dochodowość gospodarstw rolnych .....	153
<i>Karolina Joanna Lipińska, Katarzyna Mitura, Paulina Topolińska</i> Wpływ przemysłu cementowego na środowisko przyrodnicze .....	164

<i>Agnieszka Drozd</i>	
Wpływ sposobu metalacji metalotionein na utrzymywanie homeostazy jonów Zn(II) i oddziaływania z innymi białkami.....	174
<i>Kamil Szydłowski, Joanna Podlasińska</i>	
Wstępna próba klasyfikacji jakości wód powierzchniowych oczka śródpolnego	184
<i>Mateusz Kalabun, Paweł Mazurkiewicz</i>	
Występowanie sóweczki i innych gatunków sów na terenie Pogórza Przemyskiego .....	193
<i>Edyta Cybul, Elwira Cybul, Przemysław Kutera</i>	
Zmiany dochodowości gospodarstw zajmujących się produkcją trzody chlewnej w Polsce i Unii Europejskiej .....	207
Indeks autorów: .....	217

# Analiza zagnieźdżeń (Nestedness) w badaniach nad zgrupowaniami wielogatunkowymi

## 1. Rozmieszczenie gatunków w przestrzeni

Ekologia zespołów zajmuje się badaniem modeli rozmieszczenia gatunków w przestrzeni, ich liczebnością i współzależnościami pomiędzy nimi. W zależności od przyjętej skali obserwacji (*spatial scale*) poszczególne układy mogą ulegać zmianom gdyż różne procesy ekologiczne obejmujące interakcje gatunkowe są obserwowane na różnych „poziomach”. Dynamika zespołów w skali lokalnej wpływa na strukturę całego metazespołu w skali regionalnej. Podobnie procesy zachodzące w obrębie metazespołów mogą oddziaływać na bioróżnorodność całego ekosystemu [1].

Metazespół to powiązany przez dyspersję zestaw lokalnych ekologicznych zgrupowań gatunków, zajmujących dane stanowisko (o dowolnej wielkości) zróżnicowane pod względem środowiskowym, pomiędzy którymi zachodzą pewne interakcje w wyniku zmiennych warunków siedliskowych [1, 2]. W celu poznania dynamiki określonego metazespołu oraz jego genezy niezbędna jest wiedza na temat mechanizmów i stopnia integracji lokalnych zespołów gatunków: jakie taksony występują, ile ich tworzy dany zespół, które z nich przeważają, czy ten rozkład jest jednorodny, jak bardzo różnorodny jest skład gatunkowy. Istotną rolę oprócz czynników środowiskowych odgrywają także interakcje międzygatunkowe jak konkurencja, pasożytnictwo, mutualizm, komensalizm [1, 3].

Metody identyfikujące i badające strukturę wielogatunkowych zgrupowań wzdłuż gradientów środowiskowych pozwalają na wyodrębnienie wyidealizowanych wzorców rozmieszczenia organizmów w obrębie metazespołu na podstawie macierzy występowania, w której widoczne jest przyporządkowanie gatunków do odpowiednich stanowisk. Do metod tych zalicza się analizę struktury metazespołu określaną na podstawie koherencji, wymiany gatunków (*species turnover*), „skupiania granic” (*boundary clumping*). Do podstawowych teorii rozmieszczenia organizmów w przestrzeni zaliczamy modele Clementsa i Gleasona, model zagnieźdzonych podzbiorów (*nested subsets*), model równomiernego rozmieszczenia (*evenly spaced gradients*), model szachownicy (*checkerboard*) i model losowy (*randomness*) [2].

Każdy z modeli z wyjątkiem losowego zakłada, że rozmieszczenie gatunków w przestrzeni jest formowane przez zróżnicowane czynniki abiotyczne (wilgotność, temperatura) lub biotyczne (bliskość siedlisk, konkurencja) na określonych stanowiskach. Mimo, że różne gatunki reagują na zmiany środowiskowe w odmienny sposób, to jako zespół odzwierciedlają zmianę danego

---

<sup>1</sup> agnieszka.pk@gmail.com, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

gradientu środowiskowego i wykazują spójność (koherencję). Gdy gatunki jako grupa nie odpowiadają na zmianę gradientu środowiskowego i ich rozmieszczenie nie wykazuje koherentnej struktury to występowanie takich organizmów jest losowe [2].

Niniejsza praca skupia się na jednym z bardziej funkcjonalnych wzorców obserwowanych w lokalnych zespołach gatunkowych jakim jest zagnieżdżony model podzbiorów (*nested subsets*) [4, 5]. Celem jest zapoznanie czytelnika z metodą analizy zagnieżdżeń (Nestedness) oraz sposobami i możliwościami jej wykorzystania w badaniach ekologicznych. Dostępność materiałów na temat tej metody jest dość szeroka jednak sporą trudność stanowi dotarcie do podstaw teoretycznych w języku polskim.

## 2. Zagnieżdżona struktura zespołów

Model zagnieżdżonych podzbiorów po raz pierwszy został uwzględniony w teorii biogeografii wysp w celu przedstawienia rozmieszczenia gatunków w archipelagu wysp oraz określenia tempa ekstynkcji i kolonizacji [4, 6, 7]. Zagnieżdżony model to taki gdzie skład gatunkowy danego zespołu zawiera się w większym zespole. Idealne zagnieżdżenie występuje gdy gatunki z uboższych stanowisk stanowią podzbiory siedlisk bogatych w taksony. Zestrukturyzowane zespoły mogą być określane jako nielosowe, gdzie gatunki są silniej uporządkowane niż oczekuje się tego w przypadkowym systemie [4, 5].

Zasięgi wykazują kompletną spójność (koherentność), ale bez zastępstwa, wtedy jeden zespół jest zagnieżdżony w drugim [2, 8]. Nestedness/ zagnieżdżenie jest rezultatem procesów przestrzennych związanych z regionalną pulą gatunkową, która podlega selekcji w wyniku oddziaływania warunków środowiskowych (rodzaj filtra ekologicznego). Gatunki wchodzą lub opuszczają docelowy zespół wraz z możliwością rozproszenia pośród pozostałych stanowisk [5, 9]. Zagnieżdżone podzbiory w obrębie macierzy geograficznej w głównej mierze mogą być efektem zmian w kolejności zanikania i napływu nowych gatunków wzdłuż środowiskowych lub biologicznych gradientów (powierzchnia, izolacja, jakość stanowisk) na docelowym siedlisku [10]. Większość lokalnych niejednorodnych siedlisk dla występowania gatunków wykazuje model zagnieżdżeń np.: archipelagi wysp, ekosystemy leśne, strumienie, stawy [11, 12, 13, 14]. Hausdorf i Hennig [15] pokazali, że model zagnieżdżonych podzbiorów można zastosować nie tylko do zobrazowania lokalnych zespołów i ograniczonych lokalnych siedlisk ale także dla zasięgów gatunków w skali kontynentalnej.

Zagnieżdżenie zespołów na danych siedliskach może być spowodowane imigracją nowych gatunków lub ich ekstynkcją, zagnieżdżeniem siedlisk (*nested habitats*), niedoskonałością zbierania prób lub heterogenicznością środowisk [4, 5, 16, 17]. Tempo imigracji nowych gatunków wpływa na tworzenie się zespołów o zróżnicowanym stopniu zagnieżdżenia w wyniku zależności rozmiarów siedliska i izolacji geograficznej od zróżnicowanych zdolności dyspersji konkretnych gatunków. Bariery izolacyjne w połączeniu z odmienną mobilnością mogą wpływać na zagnieżdżenie [17]. Izolacja siedlisk ogranicza rozprzestrzenianie się organizmów, gdyż różne gatunki wykazują różną zdolność do kolonizowania



odległych obszarów [6]. Nestedness może być wynikiem odmiennych zdolności do dyspersji różnych gatunków i zróżnicowania docelowych siedlisk ze względu na stopień izolacji. Jeśli gatunki pochodzą z tego samego stanowiska i „lepsi” kolonizatorzy zasiedlają nowe obszary to mniej podatne gatunki na dyspersję będą ograniczane barierami izolacyjnymi [6, 18]. Na najbardziej odosobnionych i odległych obszarach pojawiają się gatunki o dużych możliwościach rozprzetrzenia się. Zarówno taksony o wysokiej jak i niewielkiej dyspersyjności będzie można znaleźć na obszarach słabo izolowanych [6].

Niektóre gatunki są bardziej podatne na wymieranie inne odporne i taka tendencja może być jednolita na wszystkich stanowiskach [6]. Biorąc pod uwagę pierwotną pulę gatunków w danym zespole skutkuje to redukcją izolowanych zespołów w stronę/ku węższemu zestawowi wspólnych gatunków [8].

Szansa stwierdzenia rzadkich taksonów na danym obszarze jest mniejsza niż możliwość pobrania gatunków popularnych i powszechnie występujących, a duże siedliska mogą zawierać więcej taksonów, które znalazły się tam przypadkowo (efekt niedoskonałości prób) [6]. Różnice w kolejności zanikania gatunków, które generują wzorzec zagnieżdżenia, mogą być związane z powierzchnią siedliska gdyż z reguły większe zespoły występują na większych obszarach i wtedy nawet gatunki narażone na wyginięcie mają większe szanse na przetrwanie [19]. Większe siedliska sprzyjają zasiedlaniu przez gatunki zarówno o dużych jak i małych wymaganiach co do minimalnej powierzchni życia, a na małych stanowiskach mogą funkcjonować jedynie gatunki z niewielkimi wymaganiami co do obszaru [5].

Jeśli siedliska są zagnieżdżone same w sobie to generaliści środowiskowi będą występować na wszystkich stanowiskach natomiast specjaliści środowiskowi będą odnotowani na stanowiskach wykazujących tylko szczególne czynniki środowiskowe [20]. Na większych siedliskach z reguły odnotowuje się też większą różnorodność siedlisk dlatego może tam występować więcej gatunków. Obserwuje się także wyższą proporcję generalistów na siedliskach mniejszych i uboższych w zasoby [21]. Mniejsze fragmenty selektywnie tracą gatunki, które są specjalistami środowiskowymi z niewielką obfitością, te same gatunki mają większe szanse przetrwania na większych siedliskach lub mniej izolowanych [10].

W przypadku analizy zagnieżdżeń ważne jest, które gatunki przyczyniają się do wzrostu zagnieżdżenia układu dlatego wyróżnia się gatunki zagnieżdżone, które nie odbiegają od wzorca idealnego zagnieżdżenia i tworzą zagnieżdżoną strukturę oraz gatunki idiosynkratyczne, które zwiększają temperaturę układu [4]. Gatunki idiosynkratyczne mają szerszą tolerancję ekologiczną, większy zasięg siedliskowy i mniejsze wymagania siedliskowe, dlatego należy się spodziewać, że gatunki zagnieżdżone i idiosynkratyczne będą wykazywać różnice co do ekologicznie istotnych cech, niszy realizowanej, szerokości niszy (*niche breadth*) i zasiedlania obszaru w danym regionie oraz odpowiedzi na czynniki powodujące zagnieżdżenie [11, 12].

Czynniki powodujące zagnieżdżoną strukturę np. powierzchnia lub rodzaj siedliska mogą być przestrzenie rozmieszczone w taki sposób, że występowanie pewnych taksonów może wykazywać podobny schemat autokorelacji. W takim wypadku gatunki idiosynkratyczne będą odbiegać od tego modelu i wykazywać odmienną strukturę przestrzenną, jednocześnie wskażą negatywne lub przypadkowe reakcje na czynniki wywołujące uporządkowany układ: imigracja po

okresie izolacji (np. zmiany klimatyczne - pojawienie się dysjunkcji w historii ewolucji struktury metazespołu), konkurencyjne wykluczanie (ekologiczni i behawioralni specjaliści mogą być wyłączeni z większych siedlisk zdominowanych przez konkurencyjnych wyższych, przeważających specjalistów i zepchniętych na mniejsze, peryferyjne siedliska), bariery geograficzne [4]. Gatunki idiosynkratyczne mogą wykazywać silną i aktywną dyspersję więc mogą być szerzej i bardziej przypadkowo rozmieszczone niż taksony zagnieżdżone, które wykazują węższy zakres tolerancji ekologicznej lub ograniczone możliwości dyspersji [12]. Jeśli zgrupowania nie wykazują istotnego zagnieżdżenia i występują gatunki idiosynkratyczne tj. silnie odbiegające od ogólnego schematu uporządkowania nestedness oznacza to, że dane siedlisko jest zasobne w gatunki [4].

### **3. Wyznaczanie stopnia uporządkowania w systemie zgrupowań**

Analizę zagnieżdżeń (Nestedness) wykorzystuje się by przetestować czy gatunki spośród wybranych stanowisk posiadają uporządkowaną strukturę czy też są rozmieszczone losowo (przypadkowo). Dla zebranych taksonów lub poszczególnych grup funkcyjnych przygotowuje się macierze 0-1. Następnie wszystkie macierze zostają uporządkowane wg malejącej częstości występowania gatunków na stanowiskach i malejącej liczby taksonów. Stopień zagnieżdżenia w całym systemie zgrupowań wyznacza się za pomocą specjalnych programów, takich jak kalkulator zagnieżdżeń Nestedness Temperature Calculator Program [4, 22] czy też program ANINHADO 3.0.3 [23, 24].

Kalkulator zagnieżdżeń to pierwszy program stworzony do wykrywania modeli zagnieżdżenia w układach środowiskowych. Dokonuje pomiaru najczęściej stosowanej jednostki termodynamicznej jaką jest temperatura maksymalnie upakowanych układów, tym samym obrazując nieuporządkowanie układu (entropię). Temperatura systemów silnie uporządkowanych - zagnieżdżonych będzie bliska 0 stopni, natomiast temperatura układów całkowicie przypadkowych będzie oscylować wokół 100 stopni. Dla każdej z macryc generuje się za pomocą kalkulatora układy występowania gatunków, w których nie ma uporządkowania, a następnie przy pomocy testu Monte Carlo porównuje różnice dla średniego modelu zerowego (średnia temperatura losowo wygenerowanych macryc) i układu badanego. Gdy temperatura układów otrzymanych empirycznie jest statystycznie wyższa od temperatury modelu zerowego przyjmuje się, że zgrupowania w badanym układzie są nieuporządkowane [4, 22].

ANINHADO 3.0.3 [23] oprócz temperatury macierzy [4] dokonuje także pomiaru parametru NODF [25], który obrazuje spadek stopnia wypełnienia macrycy, to wartość liczona na podstawie „nieobecności” w macrycy. Możliwe jest, że temperatura macierzy T będzie wskazywać na zagnieżdżenie systemu podczas gdy NODF go nie pokaże. Wskaźnik NODF jest bardziej konserwatywnym parametrem. Podobnie jak T przyjmuje wartości od 0 do 100, ale tutaj 0 będzie oznaczać słabe zagnieżdżenie (czyli system nieuporządkowany). NODF oblicza zagnieżdżenie dla rzędów i kolumn niezależnie a następnie na podstawie tych wartości dla całej macrycy [25].

Nestedness jest powszechnie obserwowanym modelem w wielu metazespołach, szczególnie takich, które zasiedlają wyspy i pofragmentowane siedliska [26]. Analiza zagnieżdżeń jest miarą uporządkowania w systemach ekologicznych, metoda ta porównuje podobieństwo składu gatunkowego zgrupowań i w wyniku przeprowadzenia korelacji pozwala na określenie czy gradienty zmian środowiskowych wpływają na lokalny skład gatunkowy i jego strukturę [27]. Mimo wielu zalet i łatwości dostępu do oprogramowania metoda ta ma też wady. Temperatura macierzy zależy od rozmiaru, kształtu i stopnia wypełnienia. W macierzach mniejszych, takich gdzie przeważa wypełnienie lub brak gatunków, macierzach o większej liczbie rzędów lub kolumn możliwe jest błędne określenie uporządkowania systemu [16]. W zależności od przyjętego modelu zerowego stopień zagnieżdżenia ulega zmianie. Temperatura zagnieżdżeń jest pojedynczym parametrem i nie może uchwycić wszystkich właściwości matrycy, tym samym nie uda się wykryć wszystkich zmian ekologicznych modeli [28]. Okazuje się, że metoda ta może popelniać błąd przy szacowaniu nestedness w przypadku artefaktów związanych z wpływem próbkowania (wtedy wykrywa nestedness). A więc kalkulator może przeszacowywać stopień zagnieżdżenia i istotność statystyczną uporządkowania modeli. Rozpatrując niektóre zbiory danych obejmujące zarówno rzadkie jak i wszechobecne gatunki może się okazać w toku badań, że są one istotnie zagnieżdżone choć takie nie są w rzeczywistości. Co oznacza, iż należy krytycznie podchodzić do wyników otrzymanych z kalkulatora [29].

#### **4. Zastosowanie analizy zagnieżdżeń Nestedness**

Analiza zagnieżdżeń Nestedness pozwala sprawdzić czy gradient środowiskowy wpływa na organizację metazespołów badanych gatunków. Określa czy istnieje istotny model zagnieżdżeń w obrębie całego badanego systemu oraz wśród poszczególnych grup funkcyjnych. W związku z tym możliwa jest ocena czy dany czynnik wpływa negatywnie czy też pozytywnie na organizację układów zgrupowań i sukcesję gatunków. Analizie można poddać możliwe mechanizmy kształtujące zagnieżdżone podzbiory w obrębie badanych stanowisk takich jak zanik taksonów (w wyniku różnych zaburzeń gatunki giną lub emigrują bo nie odpowiadają im nowe warunki siedliskowe), napływ taksonów (czy wchodzi nowe czy te same taksony, które z nich wkraczają jako pierwsze), historia życiowa taksonów (zdolności dyspersji pojawiających się gatunków, czy zgrupowania są podzbiorem zgrupowań referencyjnych), preferencje siedliskowe (czy są generaliści lub specjaliści preferujący specjalne siedliska, czy to one generują zagnieżdżenie), korelacja z parametrami środowiskowymi (dla których grup funkcyjnych ważne są odmienne czynniki środowiskowe panujące na stanowiskach, różnice między gatunkami idiosynkratycznymi a pozostałymi, czym się różnią jeśli chodzi o główne wskaźniki środowiskowe) [10].

Metoda ta wykorzystuje matryce pozwalające przyporządkować gatunki do siedlisk ale również zobrazować interakcje międzygatunkowe takie jak drapieżca – ofiara, roślina - zapylacz, gospodarz – pasożyt. Testowanie zagnieżdżonego modelu może doprowadzić do poznania ekologicznych i ewolucyjnych procesów kształtujących zależności międzygatunkowe i rozmieszczenie gatunków pośród

pofragmentowanych siedlisk oraz zastosować metody ochrony jak określenie priorytetów i wyznaczenie obszarów ochrony [18, 30, 31]. Poprzez analizę struktury metazespołów metoda Nestedness pozwala wskazać przyczyny i miejsca wysokiej różnorodności gatunkowej, a także wykazać, które gatunki mogą być wykorzystywane jako wskaźniki bioróżnorodności (te występujące na stanowiskach najbardziej zasobnych w gatunki) [17]. Maksymalnie upakowaną macierz można zastosować do wyznaczania stanowisk gdzie możemy oczekiwać sukcesu reintrodukcyjnego poszczególnych gatunków, matryca może także wskazać miejsca gdzie ochrona nie przyniosłaby efektów [16].

## 5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono podstawowe informacje na temat metody analiz zagnieżdżeń Nestedness oraz sposobu jej wykorzystania w badaniach środowiskowych. Pomimo pewnych ograniczeń metoda ta ma wiele zastosowań. Bardzo często jest wykorzystywana w określaniu wzorców rozmieszczenia organizmów w przestrzeni, o czym świadczą zagraniczne doniesienia literaturowe.

## Literatura

1. Leibold M.A., Holyoak M., Mouquet N., Amarasekare P., Chase J.M., Hoopes M.F., Holt R.D., Shurin J.B., Law R., Tilman D., Loreau M., Gonzales A., *The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology*, Ecology Letters 7 (2004), s. 601-613
2. Leibold M.A., Mikkelsen G.M., *Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure*, Oikos 97 (2002), s. 237-250
3. Weiner J., *Życie i ewolucja biosfery*. PWN Warszawa (2003)
4. Atmar W., Patterson B.D., *The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat*. Oecologia 96 (1993), s. 373-382
5. Wright D.H., Patterson B.D., Mikkelsen G.M., Cutler A.H., Atmar W., *A comparative analysis of nested subset patterns of species composition*. Oecologia 113 (1998), s. 1-20
6. Patterson B.D. & Atmar W., *Nested subsets and the structure of insular mammalian faunas and archipelagos*. Biol. J. Linn. Soc.28 (1986), s. 65-68
7. Patterson B.D., *The principle of nested subsets and its implications for biological conservation*. Conserv. Biol.1 (1987), s. 323-334.
8. Wright D.H., Gonzales A., Coleman D.C., *Changes in nestedness in experimental communities of soil fauna undergoing extinction*. Pedobiologia 50 (2007), s.497-503
9. Schouten M.A., Verweij P.A., Barendregt A., Kleukers R.J.M., de Ruiter P.C., *Nested assemblages of Orthoptera species in the Netherlands: the importance of habitat features and life-history traits*. Journal of Biogeography 34 (2007), s. 1938-1946
10. W. Ulrich, M. Almeida-Neto, N.J. Gotelli *A consumer's guide to nestedness analysis*. Oikos 118 (2009), s. 3-17

11. Heino J., Mykra H, Muotka T., *Temporal variability of nestedness and idiosyncratic species in stream insect assemblages*. Diversity and Distributions 15 (2009), s. 198-206
12. McAbendroth L., Foggo A., Rundle S.D., Bilton T., *Unravelling nestedness and spatial pattern in pond assemblages*. Journal of Animal Ecology 74 (2005), s. 41-49
13. Murakami M., Hirao T., *Nestedness of insect assemblages on small Bahamian islands: importance of spatial processes*. Insect Conservation and Diversity 3 (2010), s. 229-235
14. Selva N., Fortuna M.A., *The nested structure of a scavenger community*. Proceedings of the Royal Society B. 274 (2007), s. 1101-1108
15. Hausdorf B., Hennig C., *Nestedness of north-west European land snail ranges as a consequence of differential immigration from Pleistocene glacial refuges*. Oecologia 135 (2003), s. 102-109
16. Patterson B.D., Atmar W., *Analyzing species composition in fragments*. Bonner Zoological Monographs 46 (2000), s. 9-24
17. Rashleigh B., *Nestedness in riverine mussel communities: patterns across sites and fish hosts*. Ecography 31 (2008), s. 612-619
18. Lomolino M.V., *Investigating causality of nestedness of insular communities: selective immigrations or extinctions?* Journal of Biogeography 23 (1996), s. 699-703
19. Boecklen W.J., *Nestedness, biogeographic theory and the design of nature reserves*. Oecologia 112 (1997), s. 123-142
20. Honnay O., Hermy M., Coppin P., *Nested plant communities in deciduous forest fragments: species relaxation or nested habitats*. Oikos 84 (1999), s.119-129
21. Gaston K.J., Blackburn T.M., *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science, Oxford, UK (2000)
22. <http://aicsresearch.com/nestedness/tempcalc.html>
23. Guimarães P.R., Guimarães P., *Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices*. Environmental Modelling & Software 21 (2006), s. 1512-1513
24. <http://www.guimaraes.bio.br/soft.html>
25. Almeida-Neto M., Guimarães P., Guimarães P.R., Loyola R.D., Ulrich W., *A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement*. Oikos 117 (2008), s. 1227-1239
26. Lomolino M.V., Riddle B.R., Brown J.H., *Biogeography*. 3rd edn. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA (2006)
27. Cook R., Quinn J.F., *The influence of colonization in nested species subsets*. Oecologia 102 (1995), s. 413-424
28. Almeida-Neto M., Guimarães P.R., Lewinsohn T.M., *On nestedness analyses: rethinking matrix temperature and anti-nestedness*. Oikos 116 (2007), s. 716-722
29. Fischer J., Lindenmayer D.B., *Treating the nestedness temperature calculator as a "black box" can lead to false conclusions*. Oikos 99 (2002), s. 193-199
30. Martínez-Morales M.A., *Nested species assemblages as a tool to detect sensitivity to forest fragmentation: the case of cloud forest birds*. Oikos (2005) 108: 634-642
31. Thompson J.N., *The geographic mosaic of coevolution*. University of Chicago Press (2005), s. 34-70

## **Analiza zagnieżdżeń (Nestedness) w badaniach nad zgrupowaniami wielogatunkowymi**

### Streszczenie

Metody identyfikujące i badające strukturę wielogatunkowych zgrupowań wzdłuż gradientów środowiskowych pozwalają na wyodrębnienie modeli rozmieszczenia organizmów w obrębie metaspółów na podstawie macierzy występowania, w których widoczne jest przyporządkowanie gatunków do odpowiednich stanowisk. Jednym z funkcjonalnych wzorców obserwowanych w lokalnych zespołach gatunkowych jest zagnieżdżony model podzbiorów. Analiza zagnieżdżeń (Nestedness) jest miarą uporządkowania w systemach ekologicznych, odnoszącą się do liczby gatunków i ich przywiązania do danego obszaru. Zagnieżdżenie jest wynikiem procesów przestrzennych związanych z występowaniem gatunków ze względu na gradienty środowiskowe w kombinacji z możliwościami dyspersji. Pomiar uporządkowania pozwala określić mechanizmy kształtujące zagnieżdżone podzbiory w obrębie stanowisk badawczych. Możliwe jest określenie kolejności napływu bądź zaniku nowych taksonów, ich historii życiowej, preferencji siedliskowych oraz korelacji z parametrami środowiskowymi. Stopień uporządkowania w systemie zgrupowań wyznacza się za pomocą takich narzędzi jak kalkulator zagnieżdżeń służący do pomiaru temperatury układów uporządkowanych odzwierciedlającej ich entropię. Metoda ta wykorzystuje matryce pozwalające przyporządkować gatunki do siedlisk ale również zobrazować interakcje międzygatunkowe takie jak drapieżca - ofiara, roślina - zapylacz, gospodarz - pasożyt. Analiza zagnieżdżonych modeli może prowadzić do poznania ekologicznych i ewolucyjnych procesów kształtujących interakcje międzygatunkowe i rozmieszczenie gatunków pośród pofragmentowanych siedlisk oraz określenia priorytetów przy wyznaczaniu obszarów ochrony. Poprzez analizę struktury metaspółów metoda Nestedness umożliwia wskazanie przyczyn i miejsc wysokiej różnorodności gatunkowej oraz wykazanie, które gatunki mogą służyć jako wskaźniki bioróżnorodności.

Słowa kluczowe: analizy zagnieżdżeń, modele rozmieszczenia gatunków

## **Nestedness analysis in the studies of multispecies assemblages**

### Abstract

Methods of identifying and examining the structure of multispecies assemblages along environmental gradients allow to estimate the distribution of organisms within metacommunities by using the occurrence matrix which indicate the presence or absence of a species in a site. Nested subsets pattern is observed in local communities where the species composition of the smaller sets is included in a larger assemblages. Analysis of nestedness is a measure of order in ecological systems relating to the number of species and favored habitats. Nestedness is the result of spatial processes associated with the occurrence of the species according to environmental gradients in combination with the dispersion capabilities of species. The measure of order and disorder allow to specify the mechanisms shaping the nested subsets in examined assemblages. It is possible to specify sequence of incoming or disappearing taxons, their life history, habitat preferences and correlation with environmental parameters. Degree of order in a system of assemblages is determined by using tools such as Nestedness Temperature Calculator which measures the temperature of ordered systems. This method uses presence-absence matrices which present assigning species to habitats but also illustrate interactions such as predator - prey, plant - pollinator, the host - parasite. Analysis of nested patterns can lead to ecological and evolutionary knowledge of the processes shaping interactions among species and species distribution in fragmented habitats and identify priorities during designation of conservation areas. Nestedness method enables the identification of the causes and locations of high species diversity and demonstrate which species can serve as indicators of biodiversity.

Keywords: Nestedness analysis, species' distribution model

## **Efektywność stosowania w dawkach pokarmowych ziół w różnych postaciach u bydła**

### **1. Wstęp**

Na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się duże zainteresowanie wykorzystaniem ziół w leczeniu różnych schorzeń u zwierząt, a to za sprawą wprowadzonej w dniu 1 stycznia 2006 roku dyrektywy Unii Europejskiej ( UE 1831/2003) związanej z zakazem stosowania antybiotyków, jako dodatków paszowych. Stosowanie przez lata stymulatorów wzrostu, jako dodatku do pasz dla zwierząt gospodarskich, spowodowało uodpornienie się wielu patogenów na leki. Coraz częściej konsumenci zaczęli zwracać uwagę na pochodzenie i jakość żywności. Rośnie świadomość zagrożeń, wynikających ze stosowania środków chemicznych w rolnictwie oraz szkodliwości ich pozostałości w produktach spożywczych. Wzrasta także popyt na produkty ekologiczne i tradycyjnie wytwarzane. Czynniki te spowodowały wzrost zainteresowania alternatywnymi stymulatorami wzrostu oraz wykorzystaniem ziół w profilaktyce i leczeniu zwierząt [1].

Działanie ziół polega między innymi na regulowaniu procesów trawiennych, wspomaganiu wydzielania enzymów i żółci. Zioła wspomagają apetyt, pobudzają produkcję mleka i zwiększają przyswajanie składników pokarmowych. Zawierają: różne olejki eteryczne, barwniki (karotenoidy, antocyjany), alkaloidy, glikozydy, fitosterole, fawonoidy, które hamują rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych, stymulują układ immunologiczny i rozrodczym pobudzają krążenie krwi, hamują stany zapalne oraz sprzyjają odnowie nabłonków i kosmków jelitowych [2].

Zioła lecznicze zawierają wiele składników farmakologicznie czynnych w unikalnych kombinacjach, dzięki czemu każda roślina posiada swoiste właściwości. Na zawartość substancji czynnych w ziołach ma wpływ wiele czynników. Związki chemiczne są gromadzone w różnych częściach roślin i w określonych fazach jej rozwoju, dlatego też o wartości ziół w dużej mierze decyduje termin zbioru, a często nawet pora dnia [3]. Dlatego uważa się, że zioła mają zastosowanie w żywieniu zwierząt gospodarskich jako alternatywa dla stymulatorów wzrostu, a także profilaktycznie w celu poprawy kondycji zwierząt.

---

<sup>1</sup> magda.olcha@op.pl, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, www. up. lublin.pl

<sup>2</sup> malwina.merska@interia.pl, Katedra Biochemii i Toksykologii, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, www. up. lublin.pl

<sup>3</sup> kermit355@wp.pl, Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, www. up. lublin.pl

## 2. Cel pracy

Celem pracy jest wykazanie zasadności stosowania ziołowych dodatków paszowych w różnych postaciach na wskaźniki odchowu, wskaźniki biochemiczne krwi, jak również jakość mleka i jego przetworów pozyskiwanych od zwierząt na podstawie doniesień literaturowych.

## 3. Zioła w żywieniu zwierząt gospodarskich

Już od czasów starożytnych rośliny, a zwłaszcza zioła były wykorzystywane w profilaktyce i leczeniu ludzi oraz zwierząt gospodarskich. Do ziół zaliczamy rośliny dziko rosnące, pochodzące z naturalnych stanowisk lub pozyskiwane z upraw polowych. Około 230 roślin rosnących w Polsce uważa się za posiadające właściwości lecznicze, z czego ponad 60 gatunków uprawia się jako rośliny zielarskie. Dostarczają one 80% surowców zielarskich, a 20% pochodzi ze stanu naturalnego[4]. Specyficzne właściwości ziół były wykorzystywane we wszystkich starożytnych cywilizacjach: egipskiej, chińskiej, greckiej i rzymskiej. Wykorzystanie konkretnych ziół w leczeniu danego schorzenia było pierwotnie oparte na obserwacji zwierząt oraz tradycji medycyny ludowej. Obecnie rozwój nauki pozwolił na dokładną identyfikację wielu substancji biologicznie czynnych, występujących w ziołach [5]. Zioła dla zwierząt żyjących w naturalnym środowisku są stałym elementem ich diety. W stanie chorobowym można zaobserwować tzw. *sincess behaviour*, który jest specyficznym dla gatunku zachowaniem mającym na celu poprawę kondycji. Może to być nieprzyjmowanie pożywienia lub sen, ale także spożywanie w nadmiernych ilościach określonych roślin. Jest to zachowanie instynktowne, dzięki któremu bez znajomości ostatecznego celu zwierzęta wiedzą, jakich ziół szukać i w jakich ilościach je przyjmować. Zwierzęta potrafią wybierać rośliny zielne pożyteczne, omijając przy tym rośliny toksyczne, które odstraszaają wonią i gorzkim smakiem spowodowanym zawartością glikozydów, alkaloidów czy też kwasów [6]. Zioła w zależności od zamierzonego efektu podawane są w różnej postaci. Spośród dodatków stosowanych w żywieniu zwierząt domowych i gospodarskich wyodrębnić można:

- zioła i przyprawy w formie pojedynczej lub w mieszankach, w postaci świeżej lub suszonej, w formie lizawek, odwaru, naparu czy też maceratu;
- olejki eteryczne, czyli mieszaniny naturalnych związków lotnych;
- preparaty ziołowe – zawierające w swoim składzie różne substancje roślinne, pozyskiwane jako wyciągi wodne, alkoholowe, wodno-alkoholowe, i inne [7].

### 3.1. Związki biologicznie czynne w ziołach

Substancje te występują w roślinach kompleksowo, uzupełniając się wzajemnie i wzmacniając dzięki temu działanie na organizm. Nawet gdy w roślinie znajduje się jedna substancja czynna, działa ona na organizm zwierząt korzystniej od takiej samej substancji otrzymanej syntetycznie. Substancja czynna znajdująca się



w roślinie pozostaje w stanie równowagi fizjologicznej z innymi substancjami, dzięki czemu jest lepiej przyswajana przez organizm zwierzęcia i nie działa na organizm szkodliwie.

Właściwości chemiczne ziół są uwarunkowane zawartością substancji biologicznie czynnych i zaliczamy do nich: [7]:

- Alkaloidy mają właściwości przeciwbólowe (np. morfina), pobudzające i tonizujące układ nerwowy, przeciwnowotworowe (np. taksol), łagodzące kaszel (np. kodeina), wykorzystywane w leczeniu malarii (chinina) [8];
- Glikozydy dzielą się na fenolowe i polifenolowe oraz kumarynowe. Pierwsza grupa wykazuje działania przeciwgorączkowe, przeciwzapalne, przeciwbólowe, i przeciwzakrzepowe. Glikozydy kumarynowe natomiast działają przeciwbakteryjnie na szczepy Gram-dodatnie oraz przeciwkrzepliwie [6];
- Saponiny wpływają drażniąco na błony śluzowe, obniżają napięcie naczyń krwionośnych jelit, zwiększają działalność wydzielniczą błony śluzowej oskrzeli – są środkami wykrztuśnymi (kwiat dziewanny, korzeń lukrecji i mydlnicy). Używane są jako środki moczopędne i dezynfekujące drogi moczowe (ziele połonicznika, liście brzozy) [7];
- Gorczyce pobudzają wydzielanie śliny, soków żołądkowych i trzustkowych, które ułatwiają trawienie, przez co także wzmagają łaknienie [8];
- Garbniki mają właściwości ściągające: koagulują białka błony śluzowej oraz tkanek, tworząc warstwę izolacyjną i ochronną, wskutek czego zmniejsza się podrażnienie i ból; hamują także drobne krwawienia. Garbniki poprzez zmniejszenie przepuszczalności błon śluzowych mogą działać przeciwbiegunkowo. Mają też działanie antybakteryjne i przeciwzapalne, wewnątrznie garbniki stosuje się w przypadku nieżyty jelit, a także jako antidotum na zatrucia alkaloidami roślinnymi [7];
- Flawonoidy uważane są za naturalne przeciwutleniacze (rumianek, dziurawiec, czosnek, kozieradka). Działają rozkurczowo na mięśnie gładkie przewodu pokarmowego i dróg żółciowych, mają właściwości przeciwzapalne [7];
- Olejki eteryczne są to zwykle płynne substancje lotne, składające się głównie z terpenów, odznaczające się charakterystycznym zapachem. Mają one bardzo różnorodne właściwości fizjologiczne. Mogą działać drażniąco na skórę i błony śluzowe (mięta, rozmaryn, lawenda) lub też wykazują właściwości dezynfekujące i antybakteryjne (tymianek pospolity). Olejki eteryczne zawarte w roślinach (biedrzyńca anyżu, koper włoski) w organizmie zwierząt są wydalane przez płuca oczyszczając w ten sposób drogi oddechowe. Niektóre olejki eteryczne pobudzają perystaltykę jelit, mają właściwości żółciopędne i wiatropędne. Wiele ziół dzięki zawartym w nich olejkom eterycznym podnosi walory smakowe paszy np. kminek zwyczajny, koper włoski, biedrzyńca anyżu, majeranek, tymianek, macierzanka piaszkowa, babka lancetowata;

- Śluzę roślinną zawartą w paszy wpływają pozytywnie na perystaltykę jelit, a ze względu na właściwości adsorpcyjne leczą biegunki (tarczownica islandzka, liść i korzeń prawoślazu, kwiat malwy ogrodowej, nasiona lnu) [7].

Istotne są również interakcje antagonistyczne i synergizm, jakie zachodzą między poszczególnymi składnikami czynnymi obecnymi w ziołach. Mieszanki ziół powinny być wprowadzane w żywieniu zwierząt z uwzględnieniem gatunku zwierząt, stanu fizjologicznego, wieku, kierunku produkcji oraz zakładanego celu ich suplementacji. W aspekcie ekonomicznym wprowadzenie ziół ma poprawić efekty produkcji zwierzęcej, zwiększając przyrost masy ciała oraz wykorzystanie paszy. Stosowane są również w celach uzyskania produktów pochodzenia zwierzęcego o zmienionych korzystnie właściwościach sensorycznych i dietetycznych, w tym zmianie profilu kwasów tłuszczowych [9].

Jedną z właściwości ziół jest nasilenie odpowiedzi immunologicznej, o której Pomorska-Mól i Kwit [10] piszą jako o adiuwancyjnych właściwościach ziół. Adiuwanty mają wydłużać i przyspieszać odporność poszczepienną oraz poprawić efektywność szczepionek. Do ważniejszych fitoadiuwantów zaliczamy saponiny, na które składają się glikozydy sterolowe i trójterpenowe [11].

### **3.2. Praktyczne stosowanie dodatków ziołowych**

Wiele badań potwierdza korzystny wpływ ziół na zdrowotność i produktywność zwierząt. W badaniach tych wykazano, że karmiąc krowy mieszankami ziołowymi można zwiększyć ich wydajność mleczną, polepszyć skład chemiczny i wskaźniki fizykochemiczne mleka, jego wartość technologiczną i odżywczą.

Doświadczenie przeprowadzone przez Wawrzyńczaka i in. (2000) z zastosowaniem 0,05 i 1% dodatki ziół (mięta pieprzowa, tymianek pospolity, szaflwia lekarska, fiołek trójbarwny, rumianek pospolity i pokrzywa zwyczajna) do paszy dla cieląt wykazało, że zwierzęta otrzymujące mieszankę ziołową miały istotnie wyższą końcową masę ciała i wyższe średnie dzienne przyrosty. Najlepsze wyniki odchowu cieląt uzyskano w grupie, otrzymującej paszę z 1% udziałem ziół w koncentracie [12].

W 2004 r. Kraszewski i in. przeprowadzili doświadczenie, w którym podawano krowom mlecznym dodatek ziół, składający się z 20% rumianku pospolitego, 15% krwawnika pospolitego, 15% rzepiku pospolitego, 15% pokrzywy zwyczajnej, 10% babki lancetowatej, 10% dziurawca zwyczajnego oraz 15% przywrotnika pasterskiego. W wyniku doświadczenia stwierdzono, że zastosowany dodatek ziołowy wpłynął na zwiększenie zawartości bakterii fermentujących laktozę, obniżył się poziom ogólnej liczby bakterii. Jednoznacznie wskazuje to na lepszą zdrowotność wymion krów. Natomiast mleko charakteryzowało się lepszą wartością technologiczną do produkcji serów, a masło wyższą jakością [13].

Wyniki badań Węglarzego i in. z 2010r. wykazały, że dodatek świeżych ziół jeżówki purpurowej i kminku zwyczajnego nie wpłynął na wydajność mleczną krów, jednak mleko otrzymane od krów wypasanych z dostępem do zielonki jeżówki miało statystycznie istotnie wyższą zawartość tłuszczu i białka. Przy skarmianiu kminku zwyczajnego zaobserwowano natomiast w pewnych okresach tendencję do zwwyżki zawartości białka ogólnego w mleku krów [14].

O korzystnym wpływie mieszanki ziołowej na zdrowotność cieląt świadczą wyniki badań Bombik i in. (2012). Cielęta grupy doświadczalnej, otrzymywały 20% wodny ekstrakt ziołowy, składający się z: pokrzywy zwyczajnej, dziurawca zwyczajnego, melisy lekarskiej, rumianku pospolitego, nagietka lekarskiego i babki lancetowatej, w wyniku czego we krwi tych zwierząt zaobserwowano znacznie wyższą liczbę erytrocytów, wyższe stężenie hemoglobiny i większą objętość krwinek czerwonych, natomiast mniejszą liczbę krwinek białych. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartości hematokrytu pomiędzy grupami [15].

W 2012 r. w ramach grantu naukowego pozyskanego w Ministerstwie Rolnictwa i Rozwoju Wsi pod kierownictwem prof. dr hab. Renaty Klebaniuk przeprowadzono doświadczenie na cielętach, krowach, w których podawano dwie mieszanki ziołowe P1 (oregano, jeżówka purpurowa, cynamon, tymianek) i P2 (tymianek, lukrecja, czosnek, jeżówka purpurowa, kminek) w dawce 3% w s.m. dawki/dzień/szt. Młode zwierzęta, oraz krowy dostawały mieszankę ziołową w formie pudru. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, iż stosowanie dla krów dodatku mieszanek ziołowych pudrowych, już w 8 miesiącu ciąży (kiedy kształtuje się odporność immunologiczna krowy i płodu), wpływa pozytywnie na poprawę jakości siary i późniejszego mleka. Stosowanie dla krów mieszanki ziół w formie pudru (oregano, tymianek, cynamon, jeżówka) od 3-4 tygodnia przed planowanym wycieleniem do końca 3 tygodnia laktacji, poprawia jakość siary oraz skład i jakość mleka, ogranicza występowanie trudnych porodów, wpływa na poprawę żerności krów. Kontynuacja skarmiania analogicznej pudrowej mieszanki ziołowej dla cieląt poprawia ich żywotność, ogranicza występowanie objawów chorobowych, zwłaszcza biegunek, wpływa pozytywnie na uzyskiwane przyrosty i wykorzystanie paszy. Skarmianie dodatku mieszanki ziołowej (czosnek, tymianek, lukrecja, kminek, jeżówka) dla cieląt (w formie pudru), wpływa na poprawę tempa wzrostu, ograniczenie występowania objawów chorobowych, lepsze wykorzystanie paszy, poprawę jakości mięsa [16].

Dwa lata później tj. w 2014 roku Klebaniuk i wsp. prowadziła doświadczenia w trzech certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych na cielaczkach i buhajkach ras mięsnych: Limousin i Hereford, jak również krowach w okresie zasuszenia. Czynnikiem doświadczalnym były dwie mieszanki suszonych ziół, skomponowanych przez autorów doświadczenia, podawane jako dodatek w mieszance treściwej w ilości 3% w przeliczeniu na suchą masę dawki/dz./szt.

Mieszanka pierwsza składała się z tymianku, jeżówki, oregano, cynamonu, natomiast za komponent do drugiej mieszanki posłużyły: tymianek, jeżówka, czosnek, lukrecja, kminek. Dodatek mieszanek ziołowych, stosowanych w dawkach dla krów zasuszonych, miał pozytywny wpływ na skład siary. Jakość siary podawanej cielętom w pierwszych godzinach życia oznaczana była poprzez wykorzystanie prostej zależności pomiędzy ciężarem właściwym siary, a stężeniem zawartych w niej immunoglobulin. Cielęta objęte doświadczeniem miały do dyspozycji dobrą i bardzo dobrą jakościowo siarę. W pierwszych godzinach po wycieleniu poziom immunoglobulin w siarze u krów, otrzymujących mieszanki ziołowe, zwłaszcza mieszankę tymianku, jeżówki, oregano i cynamonu, był najwyższy. U cieląt pozyskanych od krów, otrzymujących dodatki ziołowe

i charakteryzujących się siarą najlepszej jakości, po zastosowaniu bezpośredniego dodatku analogicznych mieszanek ziołowych jako dodatku do pasz stałych stwierdzono znaczne ograniczenie występowania objawów chorobowych, zwłaszcza biegunek.

Autorzy wykazali, iż dodatek mieszanek ziołowych dla cieląt wpłynął korzystnie na przyrosty masy ciała oraz wykorzystanie paszy. Szczególnie u cieląt, pochodzących od matek, które otrzymywały mieszankę ziołową zawierającą tymianek, jeżówkę, czosnek, lukrecję i kminek, w okresie od 4 tygodnia przed planowanym wycieleniem do końca 3 tygodnia laktacji, stwierdzono po zastosowaniu takiej samej mieszanki najwyższe przyrosty masy ciała i najlepsze wykorzystanie mieszanki treściwej.

W osoczu krwi cieląt grup doświadczalnych odnotowano wyższą koncentrację immunoglobulin klasy G (IgG) w porównaniu z grupą kontrolną, co może świadczyć o pozytywnym immunostymulującym wpływie stosowanych dodatków. Koresponduje to z wynikami uzyskanymi z bezpośredniej oceny jakości siary.

W efekcie przeprowadzonych badań, mających na celu określenie wpływu podawania mieszanek ziołowych krowom w różnym okresie zasuszenia na zdrowie i wskaźniki odchowu pochodzących od nich cieląt, autorzy zalecają stosowanie dla krów dodatku mieszanek ziołowych (tymianek, jeżówka, oregano, cynamon lub tymianek, jeżówka, czosnek, lukrecja, kminek) już w 8 miesiącu ciąży, kiedy kształtuje się odporność immunologiczna krowy i płodu. Stosowanie dla krów mieszanki ziół (oregano, tymianek, cynamon, jeżówka) od 3–4 tygodni przed planowanym wycieleniem do końca 3 tygodnia po wycieleniu może dodatkowo poprawić jakość siary.

Kontynuacja skarmiania analogicznej mieszanki ziołowej dla cieląt może poprawić ich żywotność, ograniczyć występowanie objawów chorobowych, zwłaszcza biegunek, co w efekcie pozwoli uzyskać wyższe przyrosty i lepsze wykorzystanie paszy [17].

#### **4. Podsumowanie**

Stosowania ziół w żywieniu zwierząt jest powszechnie cenione ze względu na preferencje smakowe zwierząt, są bogatym źródłem podstawowych składników pokarmowych, ale przede wszystkim wpływają korzystnie na organizm, a wynika to z zawartych w ziołach różnorodnych substancji biologicznie czynnych. Należy również nadmienić, iż pozyskanie surowca jest również ułatwione, gdyż ziołowym dodatkiem paszowym mogą być pozostałości z przerobu ziół na preparaty lecznicze, co niewątpliwie jest ogromnym atutem z punktu widzenia ekonomiki produkcji. Warto także zauważyć, iż podawanie ziół jako dodatków paszowych dla krów ma również swoje pozytywne i długofalowe korzyści, a mianowicie literatura donosi, iż ma to znaczenie dla produktów pozyskiwanych od zwierząt. W przypadku bydła mlecznego głównie dotyczy to jakości pozyskiwanego mleka i możliwości poprawy walorów smakowych produktów pozyskiwanych na bazie tego surowca. Dzięki temu, równocześnie ma to wpływ na człowieka, bowiem tą drogą można przekazać i uzupełnić wiele substancji czynnych w organizmie ludzkim. Suplementacja ziołowa może być stosowana przez pojedyncze zioła, bądź

standaryzowane ekstrakty roślinne. Ze względu na szeroką gamę substancji czynnych zawartych w ziołach sporządza się również mieszanki ziołowe, uzyskując działanie synergistyczne. Bioaktywne substancje czynne korzystnie wpływają na procesy odpornościowe zwierząt oraz mają działanie przeciwutleniające. Substancje czynne stymulują również mikroflorę przewodu pokarmowego, dzięki czemu zasiedlany jest on przez bakterie pożądane, jak również obserwuje się lepsze wykorzystanie składników pokarmowych dawki [18]. Badania wskazują również na wzrost jakości produktów pochodzenia zwierzęcego po wprowadzeniu ziół. Poprzez wpływ na zdrowie zwierząt stosowanie ziół może obniżyć koszty produkcji i poprawić rachunek ekonomiczny chowu oraz hodowli zwierząt.

## **Literatura**

1. Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A., *Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry*. J. Anim. Sci., 2008, 86: 140-148
2. Różański H., Drymel W., *Naturalne alternatywy dla antybiotykowych stymulatorów wzrostu i kokcydiostatyków*. Pol. Drob. 2009, XI: 54-57
3. Kowalczyk E., Klebaniuk R., Lechtańska M., *Dodatki ziołowe w żywieniu bydła*. Hod. Bydła 2008, 9: 28-34
4. Wesołowski M., Radecka I., *Rośliny lecznicze. Skład pierwiastkowy. Źródła składników mineralnych dla roślin. Wskaźniki skażenia środowiska metalami ciężkimi*. Farmacja Pol., 59 (20), 911-919
5. Radkowska I., *Wykorzystanie ziół i fitogenicznych dodatków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich*. Wiadomości Zootechniczne, R.LI (2013), 4, s. 117-124
6. A. Budny, R. Kupczyński, S. Sobolewska, M. Korczyński, W. Zawadzki *Samolecznictwo i ziołolecznictwo w profilaktyce i leczeniu zwierząt gospodarskich*. Acta Sci. Pol., medicina Veterinaria, 11(1) 2012, s. 5-24
7. Grell E.R., Klebaniuk R., *Dodatki w żywieniu bydła*, praca zbiorowa pod. Red. Eugeniusza R. Greli, VIT-TRA, 2001, s. 126-139
8. Sitarska E., Cetnarowicz A., Klucińska W., *Zioła w leczeniu ludzi i zwierząt*. Magazyn Weterynaryjny, 2003, 12(84), s. 54-56
9. Meineri G., Cornale P., Tassone S., Peiretti P.G., *Effects of Chia (Salvia hispanica L.) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits*. Ital. J. Anim. Sci., 2010, 9, s. 45-49
10. Pomorska-Król M., Kwit K., *Adiuwancyjne właściwości ziół*. Med. Wet., 2011, 67(7), s. 449-452
11. Kukhetpitakwong R., Hahnvajanawong C., Homchampa P., Leelavatcharamas V., Satra J., Khunkitti W., *Immunological adjuvant activities of saponin extracts from the pod of Acacia concinna*. Internat. Immunopharmacol 2006, 6, s. 1729-1735
12. Wawrzyńczak S., Kraszewski J., Wawrzyński M., Kozłowski J., *Wpływ skarmiania mieszanki ziołowej na wyniki wychowu cieląt*. Roczn. Nauk. Zoot., 2000, 27, s. 133-142

13. Kraszewski J., Grega T., Wawrzyński M., *Effect of feeding herb mixture on cow performance, modification of milk chemical composition, technological value of milk for processing and nutritive value for humans*. Ann. Anim. Sci. 2004, 4, s. 91-100
14. Węglarz K., Kłęczek Cz., Bereza M., Pellar A., *Znaczenie zastosowania świeżych ziół w żywieniu bydła mlecznego*. Mat. XVIII Szkoły Zimowej Hodowców Bydła 2010, ss. 218-227
15. Bombik T., Bombik E., Frankowska A., *Effect of herbal extracts on some hematological parameters of calves during rearing*. Bull. Vet. Inst. Puławy 2012, 56, s. 655-658
16. Klebaniuk R., Grela E.R., Kowalczyk-Vasilev E., Florek M., Góźdz J., Pecka S., Danek-Majewska A., Olcha M., *Ochrona zdrowia zwierząt. Wpływ ekologicznych dodatków ziołowych w żywieniu zwierząt w tym ryb, na ich zdrowotność z uwzględnieniem efektów produkcyjnych*. 2014 Monografia: Wyniki badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2013 roku. ISBN: 978-83-62178-80-3. MRiRW, Warszawa –Falenty, 419-433
17. Klebaniuk R., Grela E.R., Kowalczyk-Vasilev E., Olcha M., Góźdz J., *Efektywność stosowania mieszanek ziołowych w ekologicznym chowie bydła*. Wiadomości Zootechniczne 2014, R. LII, 3, s. 56-63
18. Jamroz D., *Żywienie zwierząt i paszoznawstwo*. Cz. 3 Paszoznawstwo (praca zbiorowa), 2013, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa

### **Efektywność stosowania w dawkach pokarmowych ziół w różnych postaciach u bydła**

#### Streszczenie

W związku z wprowadzonym z dniem 1 stycznia 2006 roku (rozporządzenie UE 1831/2003) zakazem stosowania antybiotyków, jako dodatków paszowych, producenci stanęli przed koniecznością poszukiwania alternatywnych źródeł stosowania dodatków paszowych, które będą wpływały korzystnie na poprawę efektów produkcyjnych, ale także będą miały pozytywny wpływ na zdrowie zwierząt. Z uwagi na bogactwo i dużą różnorodność związków biologicznie czynnych zawartych w ziołach (olejki eteryczne, alkaloidy, flawonoidy, glikozydy, saponiny, garbniki, terpeny, śluz roślinne, pektyny, kwasy organiczne, witaminy, sole mineralne) na przestrzeni ostatnich lat, obserwuje się ich co raz to częstsze stosowanie jako dodatek do pasz. Zwraca się również uwagę na fakt, aby stosowane dodatki były bezpieczne dla zwierząt je otrzymujących, jak również miały wpływ na lepsze wykorzystanie składników pokarmowych zawartych w paszy, a następowało jak najmniejsze wydalanie ich z odchodami. Zaletą stosowania ziół jest fakt, iż zawierają one substancje organiczne do których zwierzęta są przyzwyczajone od tysięcy lat, a także związki czynne w naturalnej formie. Wymienione związki poprawiają wrażenia smakowe, pobudzają apetyt, regulują funkcje trawienne (np. tymianek, kminek), spełniają funkcje osłonowe (np. prawoślaz), działają jako regulatory funkcji trawiennych (np. kozieradka), przeciwbiegunkowo, antibakteryjnie i przeciwzapalnie (np. czosnek, cebula, szalwia), można także dzięki nim kształtować jakość produktów zwierzęcych. Zioła wykazują również działanie anabolutyczne, zmniejszają podatność na stres, wzmacniają system immunologiczny i niwelują negatywny wpływ substancji przeciwdrożdżyczych (tymianek, cebula, czosnek). Substancje biologicznie czynne zawarte w ziołach w odpowiednich ilościach i proporcjach leczą schorzenia układu pokarmowego, łagodzą bóle, stanowią środek przeciwpasożytniczy. Sposób skarmiania ziół może być różny. Stosuje się zioła pojedyncze lub ich mieszanki, rośliny świeże i wysuszone, jako lizawki, susz, napar, odwar

czy macerat. Dlatego uważa się, że zioła mają zastosowanie w żywieniu zwierząt gospodarskich jako alternatywa dla stymulatorów wzrostu, a także profilaktycznie w celu poprawy kondycji zwierząt.

Słowa kluczowe: bydło, zioła, związki biologicznie czynne

### **The effectiveness of the usage of different herbs forms in cattle diets**

#### **Abstract**

Due to introduced on 1 January 2006 (EU Regulation 1831/2003) prohibition of the antibiotics as feed additives, producers had to look for alternative feed additives which will improve production effects, but also will have a positive impact on animal health. In recent years is observed more frequent usage of herbs as a feed additive, due to the richness and great diversity of biologically active compounds (essential oils, alkaloids, flavonoids, glycosides, saponins, tannins, terpenes, vegetable mucilages, pectins, organic acids, vitamins, mineral salts) which are contained therein. It calls attention that additives used in animal feeding must be safe for them as well as have a positive impact on the utilization of nutrients contained in the feed. An advantage of the use of herbs is the fact that they contain organic substances which the animals for thousands of years are accustomed to, and also active compounds in their natural form. These compounds improve the taste experience, stimulate appetite, regulate the digestive functions (eg. thyme, cumin), have the positive effect on digestive system (eg. marshmallow), act as regulators of the digestive function (eg. fenugreek), antidiarrhoeal, antibacterial and anti-inflammatory (eg. garlic, onion, sage). Through usage of this additives we can also effect on animal products quality. Herbs also have an anabolic effect, reduce susceptibility to stress, have a positive effect on the immune system and eliminate negative impact of anti-nutritional substances (thyme, onion, garlic). Biologically active substances contained in the right amounts and proportions in the herbs treat diseases of the digestive system, relieve pains, have an antiparasitic effect. The method of herbs feeding can be different. Herbs are used singly or mixtures thereof, fresh and dried plants, as licks, droughts, infusion, decoction or macerate. Considered to that the herbs are used in animal feeding as an alternative to growth promoters and also prophylactically to improve the health of the animals.

Keywords: cattle, herbs, biologically active compounds

# Funkcjonowanie konsorcjum w obrocie gospodarczym

## 1. Wstęp

Przedsiębiorcy planując realizację danego przedsięwzięcia, niezależnie od jego rodzaju, zastanawiają się czy będą w stanie sami sprostać wymaganiom. Często potrzebny jest duży potencjał, przekraczający posiadane przez nich zasoby i możliwości. Dochodzą wtedy do wniosku, że by osiągnąć zamierzony cel, potrzebują jeszcze kogoś kto posiada, doświadczenie i wiedzę w tej dziedzinie. Do współpracy z drugim podmiotem mogą wybrać formę konsorcjum.

W zależności od rodzaju przedsięwzięcia, które konsorcjanci będą wspólnie realizować, możemy wyróżnić różne rodzaje konsorcjów<sup>2</sup>. Przedsięwzięciem, na które najczęściej decydują się przedsiębiorcy jest inwestycja budowlana (konsorcjum budowlane), finansowanie w formie dłużnej (konsorcjum kredytowe) bądź zabezpieczenie powodzenia emisji papierów wartościowych (konsorcjum emisyjne) [1]. Umowa konsorcjum stanowi instrument powszechnie wykorzystywany również przez podmioty wspólnie ubiegające się o udzielenie zamówienia publicznego. Przedsiębiorcy realizując inwestycję danego rodzaju łączą swoje potencjały finansowe oraz techniczne, a także korzystają z wzajemnego doświadczenia, przez co wzmacniają swoją konkurencyjność w postępowaniu przetargowym. Znane są także konsorcja naukowe, uczestniczące w konkursach o uzyskanie dotacji do badań naukowych [2].

Konsorcja jako forma współpracy przedsiębiorców mogą więc funkcjonować w różnych dziedzinach życia gospodarczego. Szerokie wykorzystanie w praktyce gospodarczej umów określanych jako umowy konsorcjum i stosunkowo nieliczne wypowiedzi na ten temat w piśmiennictwie dały asumpt do podjęcia tej problematyki. Ze względu na zwięzłą formę tego opracowania, omówione zostały jedynie wybrane aspekty funkcjonowania konsorcjum w obrocie gospodarczym, dając możliwość podjęcia dalszych rozważań dotyczących tej tematyki.

## 2. Cel pracy

Cel pracy stanowi analiza różnych poglądów i próba odpowiedzi na pytanie, czym jest w ogóle umowa konsorcjum. Poza tym zamiarem autorki pracy jest przedstawienie

---

<sup>1</sup> a.chrzaszcz@dydaktyka.pswbp.pl, Katedra Ekonomii i Zarządzania, Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej

<sup>2</sup> Szerzej na temat rodzajów konsorcjów Stecki L., Konsorcjum, Toruń 1994; Herbet A. w: Szajkowski A. (red.), Prawo spółek osobowych. System Prawa Prywatnego, t. 16, Warszawa 2008



w niej zalet konsorcjum, które przesądzą o popularności wyboru właśnie tej formy współpracy przez przedsiębiorców, ale także wskazanie jego wad, które powinny zostać w możliwy sposób zniwelowane w drodze rozwiązań legislacyjno-prawnych.

### 3. Czym jest umowa konsorcjum?

Nie istnieje definicja legalna konsorcjum, a samo pojęcie, choć w innym charakterze, występuje w prawie polskim na gruncie ustawy Prawo bankowe, która w art. 73 ust. 1 wspomina o możliwości wspólnego udzielenia przez banki kredytu poprzez zawarcie umowy konsorcjum bankowego [3]. Z kolei ustawa o zasadach finansowania nauki w art. 2 definiuje konsorcjum naukowe jako grupę jednostek organizacyjnych, w której skład wchodzi co najmniej jeden przedsiębiorca, albo co najmniej dwie jednostki naukowe, podejmującą na podstawie umowy wspólne przedsięwzięcie obejmujące badania naukowe, prace rozwojowe lub inwestycje służące potrzebom badań naukowych lub prac rozwojowych [4]. Nie ma natomiast prawnej definicji konsorcjum, którą można by odnieść do wszystkich rodzajów konsorcjum. W związku z tym, w piśmiennictwie prawniczym posługujemy się jedynie ogólnie przyjętą definicją, według której konsorcjum powstaje w wyniku zawarcia umowy konsorcjalnej pomiędzy przedsiębiorcami. W tej umowie przedsiębiorcy zobowiązują się do podejmowania wspólnych działań w celu realizacji określonego przedsięwzięcia gospodarczego<sup>3</sup>.

Na ogół strony umowy konsorcjum samodzielnie realizują powierzony fragment przedsięwzięcia i nie tworzą wspólnego zasobu, z którego dysponowane byłyby środki na realizację całości przedsięwzięcia [1].

Konsorcjum nie jest podmiotem gospodarczym, nie musi być rejestrowane, nie posiada podmiotowości prawnej, w związku z czym to konsorcjanci mają obowiązek działania na rzecz utworzonej jednostki [5]. Poza tym podmioty tworzące konsorcjum są niezależne w swoich dotychczasowych działaniach nie związanych z konsorcjum. Pozostają więc samodzielnymi uczestnikami obrotu gospodarczego.

Jedynym dokumentem potwierdzającym fakt istnienia konsorcjum jest umowa konsorcjum podpisana przez uczestników konsorcjum [6].

W literaturze przedmiotu występują odmienne poglądy na temat, czym jest umowa konsorcjum. Część przedstawicieli doktryny uznaje umowę konsorcjum za umowę spółki prawa cywilnego [7]. Twórca podstawowej monografii z tego zakresu, L. Stecki uważa konsorcjum za nietypową spółkę prawa cywilnego. Oznacza to, że w zasadzie do konsorcjum powinno się stosować przepisy kodeksu cywilnego dotyczące spółki cywilnej, aczkolwiek w wielu przypadkach powinny być one stosowane jedynie odpowiednio. Poza tym, niektóre z tych norm okazują się w ogóle nieprzydatne do zastosowania przy instytucji konsorcjum [5]. Podobne stanowisko reprezentuje S. Włodyka, według którego umowa konsorcjum należy do umów typu *joint venture* (tzw. umów o wspólne przedsięwzięcie) i stanowi

---

<sup>3</sup> Taka definicja konsorcjum przedstawiona między innymi przez Włodykę S. w: Włodyka S. (red.), Prawo umów w obrocie gospodarczym, Kraków 1994; Doliwę A. w: Mróz T., Stec M. (red.), Prawo gospodarcze prywatne, Warszawa 2005

wzbogaconą umowę spółki prawa cywilnego. Są w niej uregulowane obok typowych postanowień spółki prawa cywilnego (art. 860 i n. KC), także postanowienia dotyczące treści przedsięwzięcia gospodarczego, do realizacji którego konsorcjum powołano [8].

Obecnie dominuje pogląd, że typowa umowa konsorcjum występująca w polskiej praktyce należy do umów nienazwanych, gdyż nie spełnia przesłanek art. 860 § 1 KC. W konsorcjach wątpliwe okazuje się bowiem występowanie wspólności celu. Konsorcjanci uczestniczą wprawdzie we wspólnym przedsięwzięciu, jednak nie muszą działać na wspólny rachunek. Poza tym z reguły uczestnicy konsorcjum nie wnoszą majątku, nie tworzą więc zasobu, który mógłby być objęty wspólnością łączną (art. 863 KC). Brak wyodrębnienia wspólnego majątku dodatkowo osłabia wspólnotę celu uczestników konsorcjum, choć nie wyklucza kwalifikacji konsorcjum jako spółki cywilnej<sup>4</sup>. Zobowiązanie do wniesienia wkładów jest bowiem wprawdzie typowym sposobem współdziałania dla realizacji wspólnego celu, jednak nie należy do *essentialia* stosunku spółki cywilnej [1]. Wkłady nie są więc elementem koniecznym do powstania i funkcjonowania spółki cywilnej, tak samo jak konsorcjum.

Konkludując, możemy uznać, że o ile umowa konsorcjum będzie wyraźnie wskazywać istotne cechy umowy spółki cywilnej określone w art. 860 i n. k.c. będziemy mogli uznać ją za rodzaj umowy spółki cywilnej. Natomiast w pozostałych przypadkach umowa konsorcjum będzie umową nienazwaną zbliżoną do spółki prawa cywilnego i wówczas przepisy o spółce cywilnej stosujemy *per analogiam*. Jej podstawa prawna będzie się wtedy opierała na obowiązującej w prawie polskim zasadzie swobody umów.

#### 4. Zalety konsorcjum

Popularność konsorcjum wynika między innymi ze wspomnianego wcześniej faktu, że umowa konsorcjum nie powoduje powstania odrębnego podmiotu prawa, a uczestnikami obrotu prawnego pozostają poszczególni członkowie konsorcjum. Ma to wpływ na pozycję konsorcjum w postępowaniu cywilnym. Otóż konsorcjum nie posiadając podmiotowości prawnej, nie posiada też zdolności sądowej, w związku z czym stroną postępowania cywilnego są zawsze konsorcjanci, a nie samo konsorcjum. Konsorcjum jest bowiem jedynie stosunkiem zobowiązaniowym łączącym jego członków [9].

Konsorcjum nie musi kierować się wskazaniem zawartymi w Polskiej Klasyfikacji Działalności Gospodarczej. W związku z czym, uczestnicy konsorcjum mogą ustalić w umowie dowolny zakres wykonywanej działalności. Musi on być jedynie zgodny z normami prawa, naturą stosunku prawnego i zasadami współżycia społecznego [2].

W przypadku konsorcjum strony mają niewątpliwie większą swobodę ustalania wzajemnych stosunków w zakresie praw i obowiązków [2]. Wynika to z art. 353<sup>1</sup>

---

<sup>4</sup> Podobny pogląd reprezentują Herbert A.w: Szajkowski A. (red.), Prawo spółek osobowych. System Prawa Prywatnego, t. 16, Warszawa 2008; Wiśniewski A.W., Prawo o spółkach, t. 1, Warszawa 1992; odmiennie Grzybowski S.w: System prawa cywilnego, t. III, cz. 2, Wrocław 1976

KC określającego zasadę swobody umów, która stanowi podstawę zawierania kontraktów, w tym umowy konsorcjum. Według tej zasady strony zawierające umowę mogą dowolnie ukształtować istniejący pomiędzy nimi stosunek prawny, pamiętając jedynie, by jego treść i cel nie przeciwstawiły się właściwości stosunku, ustawie ani zasadom współżycia społecznego. Mogą też w przejrzysty sposób określić podział czynności wynikających z realizacji danego przedsięwzięcia.

Uczestnicy konsorcjum mogą kształtować w nim wewnętrzne zasady odpowiedzialności za wykonanie zobowiązań, niemal dowolnie. Może nawet dojść do przejścia przez niektórych członków konsorcjum odpowiedzialności za działania i zaniechania pozostałych. Nierzadko to lider przyjmuje odpowiedzialność za zobowiązania innych członków konsorcjum. Wyjątek stanowi odpowiedzialność za szkodę wyrządzoną z winy umyślnej, gdyż wówczas takiej odpowiedzialności nie można wyłączyć w żadnym wypadku. Najczęściej umowa konsorcjum zawiera postanowienia, zgodnie z którymi każdy z członków konsorcjum ponosi pełną odpowiedzialność wyłącznie za swoje działania i zaniechania, a także za działania i zaniechania osób, którymi się posługuje [1].

W ramach konsorcjum istnieje podział ryzyka związanego z realizacją wspólnego przedsięwzięcia. W przypadku konsorcjów kredytowych istnieją wyraźne korzyści z połączenia kapitałów banków dla realizacji przedsięwzięć gospodarczych. Utworzenie konsorcjum kredytowego pozwala bowiem na dywersyfikację ryzyka, a także zapobiega nadmiernej koncentracji kredytów i innych wierzytelności. Prawo bankowe zabrania takiej koncentracji [1]. Wydaje się, że założeniem umowy konsorcjum kredytowego jest udzielenie kredytu kredytobiorcy, w zamian za określony w umowie zysk z tytułu oprocentowania i prowizji, w związku z czym konsorcjanci zgadzają się także na ponoszenie określonego ryzyka. Stanowisko, że jeden z konsorcjantów dążył do zagwarantowania drugiemu nieponoszenia ryzyka kredytowego, należałoby uznać za sprzeczne z istotą, a więc naturą konsorcjum [10]. W głosie krytycznej do tego wyroku T. Czech zauważył, że jeżeli w drodze umowy strony mogą zmienić zasadę podziału ryzyka określoną w dyspozytywnym art. 73 ust. 3 Prawa bankowego, to mogą też uczestnika konsorcjum w całości zwolnić z tego ryzyka. Według T. Czecha, brzmienie wspomnianego artykułu nie przewiduje żadnych ograniczeń, jeśli chodzi o możliwość całkowitego przerwania ryzyka niespłacenia kredytu z jednego konsorcjanta na drugiego. Posiłkując się określoną w art. 353l KC zasadą wolności kontraktowania, takie rozwiązanie należy uznać za dopuszczalne w prawie polskim [11].

Ponadto do oczywistych zalet konsorcjum, które zostały wspomniane na samym wstępie, należy możliwość realizacji przedsięwzięć wykraczających poza możliwości pojedynczego członka konsorcjum. Przy współdziałaniu w ramach konsorcjum możliwe jest pełne wykorzystanie potencjału, np. finansowego lub technologicznego każdego z konsorcjantów. Jest to przydatna zaleta, gdyż pozwala skorzystać przy dążeniu do wspólnego celu z komplementarnych zasobów drugiego podmiotu. Ponadto konsorcjum umożliwia realizację złożonych i często kosztownych inwestycji, których żaden z konsorcjantów nie mógłby się podjąć samodzielnie.

## 5. Wady konsorcjum

Brak jednolitego stanowiska dotyczącego natury prawnej konsorcjum, o czym była mowa we wcześniejszym fragmencie opracowania, budzić może wiele problemów w praktycznym stosowaniu tej instytucji. Z jednej strony mamy wyrażony w literaturze pogląd, że konsorcjum jest *sui generis* nietypową spółką prawa cywilnego, a z drugiej strony kształtowany w praktyce model konsorcjum odbiega od ustawowego wzorca spółki cywilnej.

By ukazać problemy wynikające z braku jednolitego stanowiska dotyczącego jurydycznej natury konsorcjum, wystarczy rozważyć kwestię odpowiedzialności konsorcjum za zobowiązania wobec osób trzecich na gruncie prawa zamówień publicznych. Z uwagi na podobieństwo instytucji konsorcjum do spółki cywilnej, odpowiednie zastosowanie znajdzie art. 864 KC przewidujący solidarną odpowiedzialność wspólników za zobowiązania spółki wobec zamawiającego [11]. Polega ona na tym, że wspólnicy spółki są zobowiązani w ten sposób, iż wierzyciel może żądać całości lub części świadczeń od nich wszystkich łącznie, od kilku z nich lub od każdego z osobna, przy czym zaspokojenie wierzyciela przez któregokolwiek z nich zwalnia pozostałych (art. 366 § 1 KC). Jednocześnie wszyscy wspólnicy pozostają zobowiązani, aż do zupełnego zaspokojenia wierzyciela (art. 366 § 2 KC). Przepis art. 864 KC ma charakter bezwzględnie obowiązujący, co skutkuje tym, że konsorcjanci, tak samo jak wspólnicy w spółce cywilnej, nie mogą ze skutkiem wobec osób trzecich zmienić w drodze umowy określonej ustawowo zasady odpowiedzialności solidarnej.

Ponadto, na gruncie ustawy Prawo zamówień publicznych, funkcjonuje art. 141, który określa solidarną odpowiedzialność wykonawców wspólnie ubiegających się o udzielenie zamówienia publicznego (uczestników konsorcjum) za wykonanie umowy i wniesienie zabezpieczenia należytego jej wykonania, w przypadku wybrania ich oferty przez zamawiającego i zawarcia umowy [13]. Jest to również przepis o charakterze bezwzględnie wiążącym, dlatego też konsorcjanci w umowie nie mogą zawrzeć postanowień ograniczających tą odpowiedzialność, gdyż będą one nieskuteczne wobec zamawiającego.

Według T. Czajkowskiego może być to istotną przeszkodą dla podmiotów chcących utworzyć konsorcjum w celu uzyskania zamówienia publicznego. Jeden z podmiotów może obawiać się wziąć pełną odpowiedzialność za działania drugiego i odwrotnie [14]. Pomimo to należy uznać, że solidarna odpowiedzialność dłużników (konsorcjantów) jest słusznym rozwiązaniem, gdyż stanowi dodatkowe zabezpieczenie interesów zamawiającego.

Należałoby się zastanowić, czy art. 141 prawa zamówień publicznych stanowi *superfluum* ustawowe wobec istnienia art. 864 KC. Zgodnie z art. 369 KC źródłem solidarnej odpowiedzialności jest ustawa lub czynność prawna. W tym przypadku odpowiedzialność solidarna członków konsorcjum wynika wprost z art. 141 prawa zamówień publicznych, który przewiduje, że odpowiedzialność ta powstaje z mocy prawa w razie wykonania umowy oraz wniesienia zabezpieczenia należytego wykonania umowy. Podsumowując te rozważania, należy stwierdzić, że nie istnieje możliwość rozszerzenia zakresu odpowiedzialności solidarnej

wykonawców na sytuacje niewymienione w prawie zamówień publicznych. Fakt ten powoduje, że nie każde konsorcjum możemy uznać za spółkę cywilną, bo wówczas byłoby to sprzeczne z art. 864 KC.

Odpowiedzialność solidarna wspólników spółki cywilnej za zobowiązania spółki jest więc obligatoryjna, natomiast w odniesieniu do konsorcjum *sensu stricte*, jako formy współdziałania przy realizacji zamówienia publicznego, wynika z treści art. 141 Prawa zamówień publicznych. Nie ulega wątpliwości, że w praktyce obrotu gospodarczego może dochodzić do zacierania różnic pomiędzy „typową” spółką cywilną, a stosunkiem prawnym wynikającym z umowy konsorcjalnej, co może z kolei budzić wątpliwości co do charakteru prawnego danej formy współdziałania przedsiębiorców [15].

Konkludując kwestie dotyczące odpowiedzialności członków konsorcjum, z jednej strony będziemy mieć wspomnianą odpowiedzialność solidarną konsorcjantów wobec osób trzecich. Z drugiej zaś strony, uczestnicy konsorcjum będą mogli dowolnie w umowie konsorcjum ukształtować swoje relacje wewnętrzne, co zostało omówione przy określaniu zalet konsorcjum.

Kolejną kwestią wartą rozważenia na gruncie rozbieżności występujących pomiędzy konsorcjum a spółką cywilną jest kwestia reprezentacji konsorcjantów w obrocie gospodarczym. Art. 23 ust. 2 Prawa zamówień publicznych nakłada na podmioty wspólnie ubiegające się o zamówienie obowiązek ustanowienia pełnomocnika do ich reprezentowania w postępowaniu albo w postępowaniu i zawarciu umowy finalnej w sprawie zamówienia publicznego.

W odniesieniu do spółki cywilnej określone w art. 866 KC ustawowe zasady reprezentacji wspólników spółki w obrocie gospodarczym oparte są na konstrukcji przedstawicielstwa, a nie pełnomocnictwa [14]. Art. 866 KC określa bowiem, że każdy wspólnik jest umocowany do reprezentowania spółki cywilnej w takich granicach, w jakich umocowany jest do prowadzenia jej spraw [16]. Ustalenia odmienne w zakresie reprezentacji może natomiast określić umowa spółki lub uchwała wspólników [17]. Na podstawie umowy lub uchwały można wyłączyć lub ograniczyć prawo do reprezentowania spółki, zarówno podmiotowo, jak i przedmiotowo, bez wyłączenia lub ograniczenia prawa do prowadzenia jej spraw [16]. Wobec tego, że w przypadku spółki cywilnej mamy do czynienia z przedstawicielstwem ustawowym a nie z pełnomocnictwem, należałoby uznać, że przepis art. 23 ust. 2 Prawa zamówień publicznych dotyczy porozumień innych niż umowa spółki cywilnej, umów konsorcjalnych, zawieranych w ramach korzystania ze swobody umów zobowiązaniowych (konsorcjum będące umową nienazwaną) [15]. Należy jednak pamiętać, że art. 866 KC nie stoi na przeszkodzie udzieleniu przez wspólników spółki cywilnej pełnomocnictwa. Prawo do reprezentowania spółki cywilnej może opierać się bowiem zarówno na upoważnieniu wspólnika do prowadzenia spraw spółki na podstawie art. 866 KC, jak i udzielonym pełnomocnictwie, które podlega ogólnym zasadom dotyczącym pełnomocnictwa. Przy czym pełnomocnikiem może być osoba trzecia, ale także wspólnik działający poza zakresem umocowania wynikającym z art. 866 KC [17].

## 6. Podsumowanie

W praktyce konsorcja sprawdzają się z powodzeniem w zamówieniach publicznych, w sektorze bankowym czy budowlanym, ale także w innych branżach. Umowa konsorcjum należy do szczególnego rodzaju umów zawieranych między przedsiębiorcami, której zawarcie nie oznacza dla nich utraty swej gospodarczej i prawnej samodzielności. Ponadto konsorcjum, w odróżnieniu na przykład od spółek handlowych, powstaje bez potrzeby stosowania dodatkowych wymagań i formalności. Brak konieczności rejestracji konsorcjum stanowi niewątpliwym atrybut tego rodzaju współpracy, gdyż podmioty uczestniczące w obrocie gospodarczym poza formą spółek często są zainteresowane formami mniej sformalizowanymi.

Do zalet konsorcjum należy też fakt, że umowa konsorcjum jest na tyle elastyczna, że można ją w szerokim zakresie dostosować do układu interesów wszystkich uczestników przedsięwzięcia. Przykład stanowi swoboda w kształtowaniu wzajemnych praw i obowiązków konsorcjantów, ustalaniu wewnętrznych zasad odpowiedzialności za zobowiązania czy określania zasad podziału ryzyka.

Wady konsorcjum wynikają z faktu, że coraz częściej stosowana w życiu gospodarczym umowa konsorcjum, może rodzić wiele wątpliwości dotyczących jej funkcjonowania. Wynikają one przede wszystkim ze znikomej regulacji prawnej tej instytucji. Istotną kwestią jest określenie przede wszystkim, czym w ogóle jest umowa konsorcjum. Ustalenie charakteru prawnego konsorcjum ma istotne znaczenie zarówno teoretyczne, jak i praktyczne. Dlatego też rozstrzygnięcie powyższego zagadnienia przez ustawodawcę wydaje się być właściwe i pożądane. Poza tym ważne jest rozwiązanie pozostałych wątpliwości prawnych, które pojawiają się między innymi przy kwestii odpowiedzialności konsorcjantów za zobowiązania konsorcjum wobec osób trzecich oraz reprezentacji konsorcjantów w obrocie gospodarczym.

Konsorcjum jak każde przedsięwzięcie posiada zarówno zalety, jak i wady. Mimo wszystko stanowi niewątpliwie optymalną odpowiedź na potrzeby podmiotów chcących występować razem w obrocie gospodarczym. Świadczy o tym fakt, że ta elastyczna i efektywna forma współdziałania cieszy się coraz większym zainteresowaniem wśród przedsiębiorców.

## Literatura

1. Opalski A. w: Katner W. J. (red.): *Prawo zobowiązań – umowy nienazwane*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2010
2. Niepytalski T., *Konsorcjum. Umowa o współpracy gospodarczej*, Wyd. Difin, Warszawa 2011
3. Ustawa z 29 sierpnia 1997 r. Prawo bankowe (t.j. z 2012 r. Dz. U. poz. 1376 ze zm.)
4. Ustawa 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki (t.j. z 2014 r. Dz. U. poz. 1620)
5. Stecki L., *Konsorcjum, Dom Organizatora TNOiK*, Toruń 1994
6. wyrok Sądu Okręgowego z 20 lutego 2007 r. (sygn. akt IX CA 50/70)

7. Heropolitańska I., Borowska E., *Kredyty i gwarancje bankowe*, Twigger, Warszawa 1994
8. Włodyka S., *Strategiczne umowy przedsiębiorców*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2000
9. postanowienie Sądu Najwyższego z dnia 27 maja 2010, III CZP 25/10
10. wyrok Sądu Najwyższego z 15 grudnia 2005 r. V CK 425/05
11. Czech T., glosa do wyroku SN z 15 grudnia 2005 r. V CK 425/05, *Prawo bankowe*, nr 7-8 (2007)
12. wyrok Sądu Okręgowego z 19 marca 2014 r. (sygn. akt V GC 13/14)
13. Ustawa z 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych (t.j., z 2010 r., Dz. U. Nr 113, poz. 759, ze zm.)
14. Czajkowski T. (red.), *Prawo zamówień publicznych. Komentarz*, Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa 2006
15. Horubski K., Kocowski T., *Konsorcjum jako instrument wsparcia małych i średnich przedsiębiorców w systemie zamówień publicznych w: Niczyporuk J., Sadowy J., Urbanek M. (red.), Nowe podejście do zamówień publicznych – zamówienia publiczne jako instrument zwiększenia innowacyjności gospodarki i zrównoważonego rozwoju. Doświadczenia polskie i zagraniczne, Cz. I, PARP, Kazimierz Dolny 2011*
16. Kumor A., *Spółka cywilna formą działalności gospodarczej. Poradnik*, INFOR, Warszawa 2000
17. Herbet A., *Spółka cywilna. Konstrukcja prawna*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2008

### **Funkcjonowanie konsorcjum w obrocie gospodarczym**

#### Streszczenie

Opracowanie ma przybliżyć czytelnikom mało znaną, choć powszechnie stosowaną w praktyce formę współpracy przedsiębiorców, jaką jest konsorcjum. Ma też zaprezentować konsorcjum jako dogodną formę realizacji wspólnego przedsięwzięcia, przynoszącą konsorcjantom istotne korzyści. W artykule podjęto próbę odpowiedzi na następujące pytania. Czym jest umowa konsorcjum? Ze względu na które swoje cechy konsorcjum jest wybierane przez przedsiębiorców? Jakie są zalety a jakie wady konsorcjum? Opracowania dokonano na podstawie analizy aktów prawnych oraz literatury przedmiotu dotyczącej opisywanej problematyki.

Słowa kluczowe: konsorcjum, spółka cywilna, wspólne przedsięwzięcie, obrót gospodarczy

### **Functioning of consortium in economic turnover**

#### Abstract

The aim of the study is to introduce consortium, which is not a well-known but commonly applied form of cooperation between entrepreneurs. It is also to present consortium as a suitable form of carrying out a joint venture agreement, which brings consortium members crucial benefits. An attempt has been made to answer the following questions. What is consortium deal? Which features of consortium make entrepreneurs choose it? What are the advantages and disadvantages of consortium? What became the basis for the study was the analysis of legal documents as well as source literature concerning the discussed issue.

Keywords: consortium, civil law partnership, joint venture agreement, economic turnover

## **Gospodarka osadami ściekowymi w kontekście aktów prawnych**

### **1. Wprowadzenie**

Osady ściekowe to powstały w procesie biologicznego oczyszczania ścieków nadmiar gromadzonego osadu czynnego. Według obowiązującej Ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, stanowi on odpad z kategorii 190805 [1, 2].

Osady ściekowe cechuje zróżnicowany skład fizykochemiczny i biologiczny, a opisywane parametry są uzależnione od rodzaju ścieków oraz technologii ich oczyszczania [1÷3], co w znacznym stopniu utrudnia ich zagospodarowanie. Zawierają one ponad połowę substancji zawartych w ściekach surowych, w tym zarówno związków szkodliwych dla środowiska przyrodniczego jak i dużo cennych dla rolnictwa składników pokarmowych i substancji organicznych. Generowane w oczyszczalniach ścieków osady wymagają unieszkodliwienia nie tylko z przyczyn prawnych, ale również praktycznych i estetycznych [4]. Zazwyczaj ze względu na silne uwodnienie osady ściekowe wymagają wstępnej obróbki, która ma na celu zmniejszenie objętości, obniżenie w nich zawartości związków organicznych, higienizację i ostateczne przygotowanie do zagospodarowania lub unieszkodliwiania, zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Jednak akty prawne określające warunki, jakie powinny zostać spełnione przy stosowaniu osadów ściekowych zarówno w rolnictwie, jak i przy wykorzystaniu na cele nieprzemysłowe są niepełne i nie określają dokładnego sposobu postępowania. Tylko niewielki procent osadów z małych i średnich oczyszczalni wykorzystywany jest rolniczo. Ten sposób zagospodarowywania osadów z dużych oczyszczalni ze względu na nieodpowiednie właściwości fizykochemiczne, głównie ponadnormatywne stężenia metali ciężkich jest praktycznie niedopuszczalny.

Warunki wprowadzania do ekosystemów osadów ściekowych powinny być jasno określone, zawarte w jednym dokumencie prawnym. Dokument ten powinien opisywać warunki stosowania/utylizacji osadów ściekowych przy wykorzystaniu różnych dotychczas znanych metod utylizacji osadów. Obecnie w Polsce obowiązują trzy główne kierunki zagospodarowania osadów ściekowych [5]. Pierwszy z nich polega na wykorzystaniu przyrodniczym (w rolnictwie, leśnictwie, do rekultywacji terenu i utrwalania powierzchni). Przyrodniczym sposobem wykorzystania osadów ściekowych jest także produkcja nawozów i produktów nawozowych. Drugim sposobem zagospodarowania osadów ściekowych jest ich przeróbka termiczna. Natomiast trzecim i jak dotąd głównym, jest ich składowanie,

---

<sup>1</sup>kblaszczyk37@wp.pl, Wydział Przyrodniczo-Techniczny, Uniwersytet Opolski

<sup>2</sup>teresak@uni.opole.pl, Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Wydział Przyrodniczo-Techniczny, Uniwersytet Opolski



którew związku ze zmianą przepisów prawnych od 1 stycznia 2013 jest znacznie ograniczane [4, 6].

Przymywanie nie tylko wymaga większej powierzchni, ale także jest marnotrawieniem tego bogatego energetycznie materiału. Dodatkowo, składowanie osadów ściekowych stanowi swoistą bombę ekologiczną, ze względu na zawartość substancji niebezpiecznych oraz możliwość rozwoju patogennej flory bakteryjnej. Od 2016 roku składowanie zostanie całkowicie zabronione ze względu na wyższe niż ustalone w dokumentach prawnych wartości spalania osadów ściekowych [7]. Jeżeli nie zostaną wprowadzone przejrzyste i proste zasady dotyczące zagospodarowania osadów ściekowych, Polska narażona będzie na ogromne kary finansowe.

## **2. Cel pracy**

Celem artykułu jest przedstawienie sposobów dezintegracji i kierunków zagospodarowania osadów w kontekście aktów prawnych obowiązujących w Polsce.

## **3. Akty prawne dotyczące osadów ściekowych**

Akty prawne dotyczące zagospodarowania osadów ściekowych są zawarte w wielu różnych dokumentach. W dodatku, każdy sposób zagospodarowania wymaga zagłębiania się w aktualne dokumenty, co przy tak częstych ich zmianach w naszym kraju jest rzeczą dość skomplikowaną.

Akty prawne związane z zagospodarowaniem osadów ściekowych przedstawiono w Tabl.

Tabela 1. Najważniejsze dokumenty prawne dotyczące zagospodarowania osadów ściekowych

Akt prawny	Zakres regulacji
Dyrektywa 91/271/EEC oraz jej poprawka Dyrektywa 98/15/EC	W sprawie nakazu przetwarzania osadów ściekowych, powinny być one wtórnie wykorzystane
Dyrektywa 86/278/EEC (lub EWG) znowelizowana Dyrektywą 91/692/EWG	Wprowadza ograniczenia w zakresie stosowania osadów ściekowych w rolnictwie i po za rolniczo
Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach	Określa zasady postępowania z odpadami
Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r, Prawo ochrony środowiska (tekst ujednolicony 30 października 2014 r.)	Określa zasady ochrony środowiska oraz warunki korzystania z jego przepisów
Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. (uchylony) nowy dokument z dnia 25 lutego 2015 r.	W sprawie komunalnych osadów ściekowych

Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu	Określa, że osady ściekowe nieprzetworzone na kompost lub nawozy organiczno-mineralne nie stanowią nawozów dopuszczonych do obrotu rynkowego
Dyrektywa 2000/76/WE z dnia 4 grudnia 2000 r. w zastąpiona Dyrektywą 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r.	W sprawie emisji przemysłowych
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r.	W sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów
Dyrektywa 99/31/EC z dnia 26 kwietnia 1999 r.	Zabrania składowania osadów po 1 stycznia 2013 r., w których węgiel ogólny wynosi, co najmniej 5% s. m., 8% straty prażenia oraz ciepło spalania wynosi powyżej 6MJ/kg s. m.
Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r.	W sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu. Od 2016 r. będzie obowiązywał całkowity zakaz składowania osadów ściekowych

Źródło: Opracowanie własne

Do najważniejszych aktów prawnych związanych z zagospodarowaniem osadów ściekowych należą dokumenty regulujące:

- przetwarzanie osadów ściekowych w kierunku ich wtórnego wykorzystania (Dyrektywa 98/15/EC);
- rolnicze i poza rolnicze wykorzystanie osadów (Dyrektywa 91/692/EWG, Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska [tekst ujednoczony 30 października 2014 r.], Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 25 lutego 2015 r., Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu);
- emisję spalin do środowiska podczas termicznej przeróbki osadów ściekowych (Dyrektywa 2010/75/UE, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r.);
- składowanie osadów ściekowych (Dyrektywa 99/31/EC, Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r.).

### **3.1. Ustawa o odpadach z 14 grudnia 2012 r [2]**

Jednym z najważniejszych aktów prawnych dotyczących odpadów w tym również osadów ściekowych jest Ustawa o odpadach z 14 grudnia 2012 r., w której zawarto:

- formalne warunki, jakie powinny zostać spełnione podczas wytwarzania odpadów (zezwolenia, prowadzenie rejestrów, ewidencje odpadów, sprawozdawczość w zakresie gospodarki odpadami);
- ogólne zasady postępowania, magazynowania, przetwarzania w instalacjach, planowania zagospodarowania i transportu odpadów;
- opis rodzaju gruntów, na jakich osady ściekowe nie mogą być stosowane;
- kryteria kwalifikacji odpadów w odpowiednie grupy oraz informacje dotyczące odpowiedzialności za powstałe odpady.

Zgodnie z artykułem 17 w/w ustawy gospodarka odpadami powinna być prowadzona w sposób zapewniający ochronę życia i zdrowia ludzi oraz nie powodować zagrożenia dla wody, powietrza, gleby, roślin i zwierząt.

W artykułach 17 i 18 w/w ustawy zawarto także zasady postępowania z odpadami zmierzające do ograniczenia ich negatywnego oddziaływania na środowisko. Są to informacje o działaniach prowadzących do wytworzenia oraz sposobach zapobiegania powstawaniu odpadów, przygotowaniu ich do ponownego użycia, recyklingu i innych sposobach odzyskiwania lub utylizacji [2].

### **3.2. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity 30 października 2014 r.) [8].**

Innym ważnym dokumentem także dotyczącym osadów ściekowych jest m.in. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska z tekstem jednolitym z dnia 30 października 2014 r.

W w/w ustawie zawarto informacje o zasadach ochrony środowiska i warunkach ochrony zasobów, także wprowadzania substancji i energii do środowiska oraz kosztów korzystania ze środowiska. Jest to bardzo ważny dokument aczkolwiek bardzo ogólny i szczegółowych informacji należy szukać w innych dokumentach prawnych.

Ochrona zasobów środowiska realizowana jest na podstawie w/w ustawy i przepisów szczególnych:

- Zasady ochrony wód określają przepisy Ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (tekst ujednolicony 10 grudnia 2014);
- Zasady gospodarowania złożem kopaliny i związanej z eksploatacją złoża ochrony środowiska określają przepisy Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (tekst ujednolicony 24 października 2014 r.);
- Zasady ochrony obszarów i obiektów o wartościach przyrodniczych, określają przepisy Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 25 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych;

- Szczegółowe zasady ochrony lasów i gruntów rolnych – określają przepisy ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (tekst ujednolicony 20 lutego 2015 r.).

Ochrona zasobów środowiska jest realizowana poprzez określenie standardów jakości środowiska oraz sposobów ich kontroli oraz poprzez ograniczanie emisji.

W ustawie tej zawarto informacje, w jaki sposób chronić środowisko stosując:

- ochronę powietrza;
- ochronę wód;
- ochronę powierzchni ziemi;
- ochronę przed hałasem;
- ochronę przed polami elektromagnetycznymi;
- ochronę zwierząt i roślin.

Dokument ten informuje również, w jaki sposób przeciwdziałać Zanieczyszczeniom, jakie stosować urządzenia i instalacje, jakie można wprowadzać substancje do środowiska oraz jak formalnie uzyskać i korzystać z zezwoleń zintegrowanych. Jednak jak już wspomniano informacje te są tylko ogólne bez koniecznych szczegółów [8].

### **3.3. Akty prawne dotyczące przetwarzania osadów ściekowych**

Dyrektywy unijne regulują także sposób przetwarzania osadów ściekowych w celu zapobieżenia szkodliwemu oddziaływaniu na glebę, roślinność, zwierzęta i ludzi [9].

Osady ściekowe ze względu na silne uwodnienie (po odwodnieniu pozostaje ok. 20% s.m.o), wysokie zawartości związków organicznych, metali ciężkich, biogenów (azotu, fosforu, wapnia i magnezu) oraz zanieczyszczeń mikrobiologicznych wymagają wstępnej obróbki. Przetwarzanie osadów ściekowych polega na [1,10÷12]: zmniejszeniu objętości, obniżeniu zawartości związków organicznych, higienizacji oraz ostatecznym ich przygotowaniu do zagospodarowania lub unieszkodliwiania. Sposoby przetwarzania osadów przedstawiono w Dyrektywie 91/271/EEC oraz jej poprawce- Dyrektywie 98/15/EC w sprawie nakazu przetwarzania osadów ściekowych.- główny nacisk położony jest tu na wtórne wykorzystanie osadów, poprzedzone procesem stabilizacji, które najczęściej odbywa się na terenie oczyszczalni.

Procesy stabilizacji osadów na terenie oczyszczalni to [5]:

Zagęszczanie osadów –proces ma za zadanie zmniejszenie objętości osadu poprzez usunięcie wolnej wody. Proces jest ważny zwłaszcza na początku i końcu procesu oczyszczania ścieków.

- Stabilizacja biochemiczna:
- tlenowa stabilizacja osadu;
- beztlenowa stabilizacja osadu (fermentacja metanowa).

Celem stabilizacji jest rozkład masy organicznej, w przypadku fermentacji metanowej dodatkowo otrzymywany jest biogaz (głównie metan i dwutlenek węgla), który można przekształcić w energię.

Odwadnianie osadów ściekowych: mechanicznie-odbywa się głównie w wirówkach i na prasach taśmowych, z dodatkiem flokulantów lub grawitacyjnie-na poletkach osadowych. Proces odwadniania zmniejsza objętość i masę osadów ściekowych.

Przygotowanie osadów do wykorzystania poprzez:

- Wapnowanie- higienizacja osadów oraz pozbycie się mikroorganizmów zwłaszcza potencjalnie chorobotwórczych.
- Kompostowanie- w wyniku tego procesu giną mikroorganizmy potencjalnie chorobotwórcze oraz uzyskuje się pełnowartościowy nawóz w postaci kompostu,
- Odwadnianie hydrofitowe- w procesie tym wykorzystuje się roślinność (trzcinę pospolitą, wierzbę) w celu rozkładu materii organicznej i oczyszczenia osadów ściekowych z metali ciężkich, Metale te akumulowane są jednak przez rośliny.
- Suszenie- pozwala zmniejszyć w znacznym stopniu uwodnienie osadów oraz higienizuje osady. Tę metodę stosuje się głównie przed procesami spalania i współspalania osadów ściekowych lub wykorzystuje po spalaniu w postaci nawozów organiczno-mineralnych.

### **3.4. Akty prawne dotyczące wykorzystania przyrodniczego osadów ściekowych**

#### **3.4.1. Rolnictwo i leśnictwo, rekultywacja terenów zdegradowanych, biologiczne utrwalenia powierzchni, poprawa retencji wodnej, produkcja roślin nie przeznaczonych do spożycia dla ludzi oraz produkcji pasz**

Osady ściekowe wykorzystywane w rolnictwie to tani i prosty sposób zagospodarowania, pozwalający na zmniejszenie ilości stosowania nawozów sztucznych. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia z dnia 25 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych zawiera szereg wymagań, które muszą zostać spełnione na cele rolne i rekultywacje terenów [12]. Są to m.in.: warunki wykorzystania osadów ściekowych dotyczące: właściwości fizykochemicznych, stężenia metali ciężkich, czystości mikrobiologicznej osadów ściekowych, dawek, częstotliwości stosowania osadów ściekowych, zakresów i metod badań gruntów. Przepisy unijne na podstawie Dyrektywy Rady nr 86/278/EWG znowelizowanej Dyrektywą 91/692/EWG w sprawie ochrony środowiska, w szczególności gleby, regulują sposób wykorzystania osadów ściekowych w rolnictwie i poza rolniczo, aby zapobiec szkodliwemu oddziaływaniu na glebę, roślinność, zwierzęta i ludzi [13].

W celu uniknięcia ryzyka:

- Określono limity stężenia niektórych substancji w tych osadach;
- Wprowadzono zakaz stosowania tych osadów ściekowych w niektórych przypadkach;

- Wprowadzono regulacje sposobu przetwarzania osadów.

Podstawowym warunkiem przy stosowaniu osadów ściekowych, jako nawozu jest brak bakterii chorobotwórczych (głównie *Salmonella* oraz jaj pasożytów jelitowych ATT) i ich form przetrwalnikowych, a także nieprzekraczalna graniczna zawartość metali. Zgodnie z w/w dokumentem osady ściekowe, dla których nie wyizolowano w 100g osadów bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella*, ani jaj pasożytów ATT (*Ascarislumbricoides*, *Toxocara sp.*, *Trichuris sp.*) w kg s.m. mogą być stosowane w celach rolniczych [1].

Biorąc pod uwagę zawartość metali ciężkich oraz właściwości fizyczne możemy je wykorzystać przyrodniczo w trzech grupach:

- rolniczo oraz na rekultywację terenu na cele rolnicze;
- na rekultywację terenu na cele nierolnicze oraz pod uprawę roślin przeznaczonych do produkcji kompostu;
- w uprawie roślin nieprzeznaczonych do produkcji żywności i pasz oraz do uprawy roślin energetycznych [1, 12].

W przypadku rolniczego wykorzystania osadów ważne jest zachowanie odpowiedniego odczynu gleb, który nie może przekraczać pH 6. Osady bez dodatku wapna można stosować jedynie do gleb o odczynie obojętnym, natomiast z wapnem ze względu na charakter silnie alkaliczny tylko do odkwaszania gleb. Rolnicze wykorzystanie jest ograniczone przez powierzchnię terenów [5,10÷11,14÷16].

W tabeli2 przedstawiono maksymalną zawartość metali w osadach ściekowych przeznaczonych na cele przyrodnicze.

Tabela 2. Graniczne wartości metali w osadach ściekowych przeznaczonych na cele rolnicze oraz rekultywację terenu

Oznaczenie metalu	Rolnictwo oraz rekultywacja terenu na cele rolne [mg/kg s.m.]	Rekultywacja terenu na cele nierolne [mg/kg s.m.]	Uprawa roślin przeznaczonych do produkcji kompostu lub roślin nieprzeznaczonych do produkcji żywności i pasz [mg/kg s. m.]
Cynk	2500	3500	5000
Ołów	750	1000	1500
Kadm	20	25	50
Chrom	500	1000	2500
Miedź	1000	1200	2000
Nikiel	300	400	500
Rtęć	16	20	25

Źródło:Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia z dnia 25 lutego 2015r. sprawie komunalnych osadów ściekowych [12].

Zgodnie z tym samym Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 25 lutego 2015 r., jeśli ATT wynosi do 300g w kg s.m. osad może być stosowany do rekultywacji terenu na cele nierolnicze (wartość bakterii z rodzaju *Salmonella* jest w tym przypadku nienormowana) [1, 12]. Osady ściekowe można też stosować do rekultywacji terenu w celu ochrony i utrwalania powierzchni popiołów lotnych i odpadów pyłących oraz ochrony powierzchni terenu przed działaniem, wody, wiatru i słońca, poprzez wykorzystanie roślinności oraz osadów ściekowych, jako podłoża glebowego. Osady ściekowe z powodzeniem stosowane są do procesu hydrosiewu. Proces ten stosowany jest na zboczach, gdzie cząstki osadu przyklejają nasiona do gruntu. Hydrosiew dotyczy rekultywacji terenów bezglebowych, wysypisk, hałd i składowisk przemysłowych. Osady ściekowe stosowane, jako nośniki mieszanek siewnych nawożą gleby, lecz proces hydroobsiewu wspomaga także rekultywację terenów przy budowie dróg (np. na żuźlu) [5,10-11]. W przypadku, gdy osad zawiera jaja żywych pasożytów, porastające go rośliny mogą służyć tylko, jako rośliny rekreacyjne lub ewentualnie opałowo-energetyczne [5,16].

Możemy wyodrębnić następujące kierunki rekultywacji terenu [17].

- Rolny;
- Leśny;
- Rekreacyjny;
- Budowlany.

Dawki stosowane do rekultywacji gruntów określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia z dnia 25 lutego 2015 r. sprawie komunalnych osadów ściekowych. Wielkość dawki zależy od konsystencji osadów i sposobów użycia rekrutowanego gruntu.

Przy ustalaniu dopuszczalnej dawki komunalnych osadów ściekowych wykorzystywanych na cele rolnicze oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne uwzględnia się zasady dobrej praktyki rolniczej. W szczególności dostosowując dawkę komunalnych osadów ściekowych pod względem zawartości azotu i fosforu do potrzeb pokarmowych roślin oraz uwzględniając przy tym suplementację nawozową oraz środki wspomagające uprawę roślin i polepszacze gleby. (Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi). Sposób rekultywacji gruntów bezglebowych i gleb zdegradowanych opisuje także Ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. [18].

### **3.4.2. Wykorzystanie nawozowe**

Kompostowanie jest naturalnym, termicznym procesem prowadzący do humifikacji substancji organicznej w wyniku, którego z osadu ściekowego uzyskuje się pełnowartościowy nawóz organiczny w postaci kompostu. Stosunek C/N powinien wynosić jak 22:35 (lub 25:65), dlatego w tym celu dodaje się materiały strukturotwórcze takie, jak słoma, trociny, kora drzewna, wióry, odpady komunalne lub papier (20-50%) [4, 5]. Osady ściekowe wykorzystuje się także pod uprawę roślin przeznaczonych do produkcji kompostu (trawy, rośliny krzyżowe:

rzepak, gorczyca, kapusta pastewna, rzodkiew oleista, rośliny zbożowe, wierzby, topole, trzcina pospolita wierzba i topola). Kompostowanie to także proces higienizacji osadu polegający na usunięciu patogenów pod wpływem temperatury. Jednak jak wynika z danych literaturowych nie ma odpowiednich danych potwierdzających wpływ kompostowania na pełną homogenizację oraz stabilizację osadu [5]. Informacje o wykorzystaniu osadów ściekowych po procesie kompostowania zawarto w Ustawie z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu, która informuje, że osady ściekowe nieprzetworzone na kompost lub nawozy organiczno-mineralne nie są dopuszczone do obrotu rynkowego, jako nawozy [18]. Osady ściekowe, jak wspomniano wyżej mogą stanowić także substrat do produkcji granulatów popiołowo-osadowych. W związku z wysoką zawartością N i P, wykorzystuje się popiół ze spalania węgla brunatnego, jako alternatywę dla naturalnych nawozów organicznych. Musi on jednak spełniać wymogi zgodne z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów, dotyczące wymywalności i wyciągów wodnych

Podsumowując, przy nawożeniu gleby i rekultywacji terenów, należy przestrzegać:

- Odpowiedniego wykorzystania osadów ściekowych na cele rolne i rekultywacje terenów, tylko, gdy są spełnione: dawki, częstotliwość, zakresy i metody badań gruntów i osadów ściekowych, oraz parametry osadów ściekowych, a w szczególności: właściwości fizykochemiczne, zawartość metali ciężkich, czystość mikrobiologiczna. Informacje te zawarto m.in. w: Ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 25 lutego 2015 r., Dyrektywie 86/278/EEC (lub EWG) znowelizowanej Dyrektywą 91/692/EWG w zakresie ograniczenia stosowania osadów ściekowych przyrodniczo w rolnictwie i po za rolniczo;
- Ochrony gruntów i poprawy ich wartości użytkowej- informacje na ten temat zawarto w Ustawie z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych;
- Stosowania odpowiednich dawek nawozów, zapobiegania zagrożeniom dla ludzi i zwierząt, które mogą powstać w trakcie stosowania nawozów w rolnictwie. Informacje zawarto w następujących aktach prawnych: Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu, Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r.- Prawo ochrony środowiska, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.

### **3.5. Akty prawne dotyczące termicznej przeróbki**

#### **3.5.1. Spalanie, współspalania oraz inne procesy termiczne**

Obróbka termiczna, może być przeprowadzona tylko w przypadku, gdy są spełnione standardy emisyjne [4÷5,19÷21], które zestawiono w Tab. 3. dla instalacji spalania i współspalania odpadów - w przypadku, gdy głównym celem jest termiczne przekształcenie odpadów.



Tabela 3. Standardy emisyjne dla instalacji spalania i współspalania odpadów-w przypadku, gdy głównym ich celem jest termiczne przekształcenie odpadów

Lp.	Nazwa substancji	Standardy emisyjne mg/m <sup>3</sup> (dioksyny i furany ng/m <sup>3</sup> ) przy zawartości 11% tlenu w gazach odlotowych- średnie dobowe
1.	Pył	3,00
2.	Substancje organiczne w postaci gazów i par wyrażone, jako całkowity węgiel organiczny	10,00
3.	chlorowodór	10,00
4.	fluorowodór	1,00
5.	dwutlenek siarki	50,00
6.	tlenek węgla- Standard emisyjny tlenu węgla z instalacji spalania odpadów, w których zastosowano technologię złoża fluidalnego, wynosi 100 mg/m <sup>3</sup> jako wartość średnia jednogodzinna	50,00
7.	tlenki azotu	200,00
8.	metale ciężkie i ich związki wyrażone, jako metal	Średnie z próby o czasie trwania od 30 minut do 8 godzin
9.	kadm + tal	0,05
10.	rtęć	0,05
11.	antymon + arsen + ołów + chrom + kobalt + miedź + mangan + nikiel + wanad	0,50
12.	dioksyny i furany	Średnia z próby o czasie trwania od 6 do 8 godzin 0,1 - Jako suma iloczynów stężeń dioksyn i furanów w gazach odlotowych oraz ich współczynników równoważności toksycznej

Źródło:Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów [19]

Najważniejszymi dokumentami opisującymi technologię utylizacjetermicznej przeróbki osadu ściekowego są Dyrektywa 2010/75/UE oraz powstałe na jej podstawie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów [20].

Obróbka termiczna osadów ściekowych ze względu na duże uwodnienie powinna być poprzedzona suszeniem. Suszenie, jako proces energochłonny, jest stosowany głównie przed procesami spalania i współspalania osadów ściekowych. Zmniejsza ono uwodnienie i objętość osadów oraz przygotowuje osad do dalszej obróbki termicznej. Spalanie osadów ściekowych odbywa się głównie w piecach fluidalnych lub półkowych, rzadziej natomiast w instalacjach obrotowych lub w piecach do wytapiania. Współspalanie najczęściej odbywa się: z węglem w elektrociepłowniach, z odpadami, z paliwami, w cementowniach [5, 14, 20÷23].

Innymi procesami termicznymi wykorzystującymi osady ściekowe są:

- mokre utlenianie – proces obróbki cieplnej jednak bez wcześniejszego odwadniania osadu. Wadą procesu jest powstawanie gazu procesowego [20];
- piroliza – proces termicznego rozkładu substancji stałych bez dostępu powietrza w wyniku, którego powstaje koks. Brak tlenu podczas reakcji nie powoduje powstawania dioksyn [23];
- zgazowanie – zachodzi w temperaturze 650°C w obecności tlenu i powoduje przejście do formy koksu oraz powstałego podczas pirolizy gazu syntezowego [23];
- Proces OFS (Oil From Sludge), Proces FFS (Fuel From Sludge) – polega na konwersji osadu ściekowego na nośnik energii- w procesie następuje termochemiczna przemiana osadu wysuszonego lub mokrego w olej/paliwo. Przemiany te pozwalają na przekształcenie węgla organicznego w formę płynną w temperaturze (400-500°C) bez dostępu tlenu. Można w ten sposób otrzymać olej oraz węgiel aktywny [5];
- Inne procesy termiczne to: wykorzystywanie w budownictwie lub utylizacja poprzez współspalanie w koksowniach. Ostatni rodzaj wykorzystania osadów ściekowych jest związany głównie z produkcją materiałów budowlanych z wykorzystaniem metod: zescalanie z cementem, z masami ceramicznymi lub wbudowanie, jako materiał wypełniający beton, zastosowanie, jako materiał porotwórczy do produkcji keramzytu czy klinkieru. Mogą one być także wykorzystywane do produkcji spiekanych granulatów np. do wykorzystania w postaci szkliwa oraz jako wypełnienie w hydrofitowych oczyszczalniach ścieków [5, 14, 22].

Niestety nakłady inwestycyjne na budowę Zakładów Termicznego Przekształcenia Odpadów Komunalnych (ZTPOK), gdzie spala się także osady ściekowe są ogromne i bez pomocy finansowej z zewnątrz np. UE, budowa opisywanych instalacji będzie niemożliwa.

Warunki termicznego przekształcenia osadów ściekowych podczas spalania lub współspalania w ZTPOK z odzyskiem lub bez odzysku energii regulują Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r.- Prawo ochrony środowiska i Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach. Określają one:

- co rozumie się, jako urządzenie do spalania/współspalania odpadów;
- aspekty formalne i prawne, które powinny zostać spełnione do budowy i sprawnego działania instalacji.

Osady ściekowe spalane w instalacji ZTPOK muszą spełniać rygorystyczne standardy emisyjne dotyczące: pyłów, substancji organicznych w postaci gazów

i par wyrażonych, jako całkowity węgiel organiczny, dwutlenku siarki, tlenu węgla, chloro- i fluorowodoru, tlenków azotu, dioksyn, furanów, metali ciężkich, lotnych związków organicznych. Wytyczne na ten temat zawarto w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów oraz w Dyrektywie 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. sprawie emisji przemysłowych [18].

### **3.5.2. Osad ściekowy w produkcji biopaliw**

Strategia rozwoju sektora energetycznego przyjęta przez Sejm RP w 2001 r. zakłada, że do 2020 r. 15% energii będzie uzyskiwane z energii odnawialnej. W związku z globalnym wyczerpywaniem się złóż paliw kopalnych próbuje się do tego celu wykorzystywać osady ściekowe.

Najczęstszymi procesami otrzymywania energii z przetworzenia osadów ściekowych są [5, 12]:

- fermentacja metanowa w wyniku, której powstaje biogaz [ $\text{CH}_4$  (67%) oraz  $\text{CO}_2$  (30%)] i wodór, które mogą być wykorzystywane, jako alternatywne źródło energii [5, 24];
- spalanie roślin energetycznych nawożonych osadami ściekowymi. Rośliny energetyczne nawożone odpadem rosną znacznie szybciej (2-3 lata), niż rośliny w warunkach naturalnych i posiadają znaczną kaloryczność, np. wartość kaloryczna drewna wierzby wynosi 19,12MJ/kg s. m [25]. Głównymi gatunkami są: wierzba energetyczna (zwłaszcza wierzba wiciowa) trawy *Miscanthus*, Ślazier pensylwański, Słonecznik zwyczajny i bulwiasty, Miskant olbrzymi, Mozga trzciniowata, Topola, Spartina, czy Róża) [26];
- spalanie osadu ściekowego. Warunki spalania biomasy, którym jest także osad ściekowy, jako odnawialne źródło energii, określa Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [27].

Aktualny stan prawny dotyczący spalania roślin energetycznych nawożonych osadami ściekowymi nie jest jednoznaczny. Po pierwsze hodowla roślin energetycznych jest określona ściśle jedynie w odniesieniu do wymagań stawianych energetycznemu wykorzystaniu biomasy drzewnej pierwotnej, czyli nie zawierającej żadnych zanieczyszczeń wynikających z procesów przetwórczych, a jak wiadomo osady ściekowe zawierają różne związki (metale ciężkie, czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), które przenikają do tkanek roślinnych i są tam akumulowane. Innym problemem są akty prawne dotyczące zagospodarowania popiołów pochodzących ze spalania biomasy. Obecnie nie ma możliwości wykorzystania osadów ściekowych poprzez spalanie roślin energetycznych nawożonych osadami ściekowymi.

### 3.6. Akty prawne w sprawie składowania osadów ściekowych

Do niedawna wiele oczyszczalni ścieków prowadziło gospodarkę unieszkodliwiania osadów ściekowych przez składowanie. Głównym dokumentem dotyczącym składowania osadów ściekowych jest Dyrektywa 99/31/EC [9] zgodnie, z którą od 1 stycznia 2013 r. zabronione jest składowanie na składowiskach odpadów nie niebezpiecznych osadów komunalnych, w których węgiel ogólny wynosi co najmniej 5% s. m., 8% straty prażenia oraz ciepło spalania wynosi co najmniej 6MJ/kg s. m. Na jej podstawie powstało Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie całkowitego zakazu składowania osadów ściekowych od 2016 roku. Obecnie Polska jest w okresie przejściowym, ale w 2016 roku nie będzie już taryfy ulgowej. Odpady, które nie spełnią warunków wykorzystania rolniczego lub na rekultywację gruntów i nie doczekały się technologii ich wykorzystania będą składowane na wysypiskach odpadów niebezpiecznych, a za składowanie będą pobierane wysokie opłaty karne [6÷7]. Oprócz tych dwóch głównych aktów prawnych przy składowaniu należy stosować się do Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska oraz Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r.-Prawo budowlane. Na podstawie powyższych dokumentów składowisko otrzymuje pozwolenie zintegrowane, w którym są określone warunki działania składowiska.

Działalność związana ze składowaniem odpadów musi również uwzględniać zasady zawarte w:

- Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów;
- Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 9 września 2002 r. w sprawie standardów, jakości gleby i ziemi;
- Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków wprowadzania ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.

Powyższe dokumenty zawierają informację, w jaki sposób prowadzić badania fizykochemiczne na odciekach i jak prowadzić monitoring składowisk.

### 4. Podsumowanie

Wybór metody wykorzystania osadów ściekowych zależy od parametrów fizykochemicznych i składu mikrobiologicznego. Wpływa to w znaczący sposób na środowisko, dlatego warunki ich wprowadzania do ekosystemów powinny być jasno określone i opisane w dokumentach prawnych.

Przeróbka osadów ściekowych powinna prowadzić do maksymalnego zmniejszenia masy powstałego odpadu oraz pozbawienia go wszelkich czynników negatywnie oddziałujących na środowisko.

Tak jak różne są metody zagospodarowania osadów ściekowych, tak samo nie ma jednego dokumentu prawnego określającego zasady przeróbki i utylizacji osadów ściekowych. Istnieje szereg aktów prawnych, które opisują warunki stosowania osadów ściekowych, dotyczą one osobno: wykorzystania

przyrodniczego, termicznej przeróbki osadów czy składowania. Może to w konsekwencji powodować chaos, dając możliwość nadużyć prawnych.

Akty prawne chroniące środowisko częściowo ograniczają metody wykorzystania bogatego materiału biologicznego, chemicznego i energetycznego, jakim niewątpliwie są osady ściekowe.

Osad ściekowy nadal stanowi problem wielu oczyszczalni, gdyż żadna z metod jego wykorzystania nie jest bezodpadowa i nie pozostaje bez wpływu na środowisko.

## **Uwagi ogólne**

Katarzyna Błaszczuk jest stypendystką projektu „*Stypendia doktoranckie-inwestycja w kadre naukową województwa opolskiego II*” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

## **Literatura**

1. Błaszczuk K., Krzyśko-Łupicka T., *Przegląd metod badania osadów ściekowych stosowanych w Polsce*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, T.17, 1(2014), s.117-133, ISSN 1505-3695
2. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 21)
3. Kalisz L., Nechay A., Kaźmierczuk M., Sałbud J., Szyprowska E., Gierczak A., Kostrzewa- Szulc J., *Fizyczno-chemiczne i biologiczne, referencyjne metody badań komunalnych osadów ściekowych*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska (2003)
4. Bień J., Neczaj E., Worwąg M., Grosser A., Nowak D., Milczarek M., Janik M., *Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, T.14, 4 (2011), s. 375-378
5. *Określenie kryteriów stosowania osadów ściekowych poza rolnictwem*. Politechnika Częstochowska, Instytut Inżynierii Środowiska (2004)
6. Dyrektywa 99/31/EC z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu ( Dz.U. 2013 poz. 38)
8. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska- ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy dnia 26 sierpnia 2013 r. (Dz.U. 2013 poz. 1232)
9. Dyrektywa 91/271/EEC oraz jej poprawka Dyrektywa 98/15/EC dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych
10. Siuta J., Koc J., Swierawski A., *Kształtowanie i ochrona środowiska. Uwarunkowania przyrodnicze, techniczne i społeczno-ekonomiczne*, Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej. Inżynieria Ekologiczna, 11(2005) ISBN 83-915241-4-0
11. Siuta J., Wasiak G., *Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe (przyrodnicze)*, Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej. Inżynieria Ekologiczna, 3 (2001), s. 13-42

12. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia z dnia 25 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2015 poz. 257)
13. Dyrektywa 86/278/EEC (lub EWG) znowelizowana Dyrektywą 91/692/EWG w sprawie ochrony środowiska, w szczególności gleby, w przypadku wykorzystania osadów ściekowych w rolnictwie
14. Podedworna J., Heidrich Z., *Kierunki ostatecznego unieszkodliwiania osadów ściekowych*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 3 (2010), s. 25-28
15. Rosik-Dulewska Cz., Karwaczyńska U., Ciesielczuk T., Głowala K., *Możliwość nieprzemysłowego wykorzystania odpadów z uwzględnieniem zasad obowiązujących w ochronie środowiska*, Rocznik Ochrona Środowiska. T.11 (2009), s. 863-873
16. Manczarski P., Grabowski Z., *Wytyczne w zakresie wymagań dla procesów rekultywacji, w tym makroniwelacji, prowadzonych przy użyciu odpadów*, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, (2008)
17. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. 2007 nr 147 poz. 1033)
18. Dyrektywa 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. sprawie emisji przemysłowych
19. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz.U. 2014 poz. 1546)
20. Werle S. *Unieszkodliwianie komunalnych osadów ściekowych na drodze współspalania*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2 (2011), s. 58-92
21. Pająk T., *Wybrane zagadnienie spalania i współspalania komunalnych osadów ściekowych*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1 (2007), s. 26-29
22. Latosińska J., Żygadło M., Łaboda H., *Analiza opłacalności wykorzystania osadów ściekowych w produkcji kruszyw lekkich z perspektywy eksploatatora oczyszczalni ścieków*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1 (2005), s. 29-32
23. Ledakowicz S., Stolarek P., *Piroliza i zgazowanie osadów ściekowych*, Przemysł Chemiczny, 82/8-9 (2003), s. 573-575
24. Sadecka Z., *Energia z osadów do technicznego wykorzystania*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 8-9 (2009), s.14-18
25. Sieciechowicz A., *Osady ściekowe na plantacji wierzby energetycznej*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. 141 (2011), s.41-52
26. Rosikoń K., *Osady ściekowe w nawożeniu wybranych roślin energetycznych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, T.17, 2 (2014), s.339-348
27. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach (Dz.U. 2015 poz. 478)

## **Gospodarka osadami ściekowymi w kontekście aktów prawnych**

### Streszczenie

Osady ściekowe powstające po procesie oczyszczaniu ścieków, w rozumieniu Ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, stanowią odpad z kategorii 190805. Ze względu na zróżnicowany skład chemiczny i biologiczny, uzależniony od rodzaju ścieków oraz metod ich obróbki, trudno jest określić jednoznacznie kierunki zagospodarowania osadów ściekowych. Podstawowym warunkiem ich bezpiecznego stosowania jest wyeliminowanie zagrożenia dla środowiska i ludzi, co zapewniają regulacje prawne

Celem pracy jest przedstawienie sposobów dezintegracji i kierunków zagospodarowania osadów w kontekście aktów prawnych obowiązujących w Polsce.

Akty prawne określają warunki, jakie powinny zostać spełnione przy stosowaniu osadów ściekowych zarówno w rolnictwie, jak i przy wykorzystaniu ich na cele nieprzemysłowe. Wprowadzane akty prawne chroniące środowisko częściowo ograniczają metody wykorzystania tego bogatego materiału biologicznego, chemicznego i energetycznego. Od 2016 r. będzie obowiązywał całkowity zakaz składowania osadów ściekowych ze względu na wyższe od ustalonej wartości ciepło spalania. Jednak niektóre dokumenty prawne opisujące wykorzystanie lub utylizację osadów ściekowych nie zostały odpowiednio dostosowane do nadchodzących zmian i pozostają niepełne lub nie określają dokładnego sposobu postępowania.

Słowa kluczowe: osad ściekowy, ochrona środowiska, akty prawne

## **The sludge management in the legislation context**

### Abstract

Sewage sludge generated after the wastewater treatment process, within the meaning of the Act of the December 14, 2012 on waste, are a waste of 190805 category. Due to differences in the chemical and biological composition, which depends on the type of treatment and methods for their treatment, it is difficult to clearly define the directions of sewage sludge management. The basic condition for their safe use is to eliminate the threat to the environment and people, which provides the legal regulations.

The aim of the study is to present ways of the disintegration and directions of sludge management in the context of the legal acts in Poland.

The legislation lays down the conditions that must be met when sewage sludge is used in agriculture, as well as using them for nonindustrial purposes. Introduced the legal acts protecting the environment, partially restrict the methods of use of this rich biological, chemical and energetic material. In 2016 will be a total prohibition of sewage sludge storage, due to a higher than predetermined value of the heat of combustion. Some legal documents describing the use or utilization of sewage sludge are not well adapted to the upcoming changes and remain incomplete or does not specify the exact procedure.

Keywords: Sewage sludge, Environmental, Legislation

## Metody pobierania i analizy zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza

### 1. Wstęp

Pierwotne cząstki aerozolu biologicznego, nazywane bioaerozolem to cząstki o wymiarach od kilku nanometrów do nawet 100 mikrometrów, które są emitowane z biosfery do atmosfery. W skład bioaerozolu wchodzi wirusy; całe komórki mikroorganizmów takich jak bakterie, grzyby; ich części i metabolity; spory i zarodniki; biopolimery, czyli chityna, celuloza i inne polisacharydy; pyłki kwiatów [1]. Skład bioaerozolu w powietrzu atmosferycznym i wewnątrz budynków zazwyczaj jest różny i zależy od wielu czynników. Są nimi: przeznaczenie użytkowe budynku, system wentylacji i klimatyzacji, wilgotność wewnątrz budynku oraz rodzaj materiałów budowlanych, z których budynek powstał [2]. Niska jakość mikrobiologiczna powietrza wewnątrz budynku, obecność dużej liczby grzybów, ich zarodników i metabolitów jest jedną z przyczyn powstania syndromu chorego budynku (Sick Building Syndrome SBS), czyli zespołu objawów chorobowych związanych z przebywaniem w zamkniętych pomieszczeniach o nieodpowiednim mikroklimacie [3÷5]. Osoby przebywające w takich budynkach zazwyczaj zgłaszają objawy takie, jak bóle głowy, zawroty głowy, zmęczenie czy podrażnienie błon śluzowych oczu, nosa i gardła [6]. Ten zespół symptomów często podobnych do objawów astmy lub przeziębienia szybko zanika po uzyskaniu dostępu do świeżego powietrza.

Innym zespołem objawowo-chorobowym jest zespół chorób związanych z budynkiem (Building Related Illness-BRI). Jest to zespół objawowo-chorobowy, który dotyczy zazwyczaj pracowników jednej branży. Przykładem może być narażenie pracowników oczyszczalni ścieków na legionellozę powodowaną przez *Legionella pneumophila*. [7, 8] czy narażenie rolników na aspergilozę powodowaną przez różne gatunki grzyba rodzaju *Aspergillus*, zwłaszcza *A. fumigatus* [9, 10]. Problem narażenia pracowników różnych branż na bioaerozol, zwłaszcza frakcję

---

<sup>1</sup>mag18-89@o2.pl, Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Wydział przyrodniczo-Techniczny, Uniwersytet Opolski, www.uni.opole.pl

<sup>2</sup>mkoszal@tlen.pl, Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Wydział przyrodniczo-Techniczny, Uniwersytet Opolski, www.uni.opole.pl

<sup>3</sup>teresak@uni.opole.pl, Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Wydział przyrodniczo-Techniczny, Uniwersytet Opolski, www.uni.opole.pl

<sup>4</sup>Stypendyści w programie: Stypendia doktoranckie - inwestycja w kadre naukową województwa opolskiego współfinansowanym przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Socjalnego



związaną z mikroorganizmami i ich metabolitami jest realny i coraz częściej znajduje się korelację pomiędzy jednostką chorobową a warunkami pracy [11, 12].

Stąd pomiar ilościowy jak i jakościowy bioaerozolu powietrza i wyznaczenie wartości granicznych dla różnych środowisk pracy są niezbędne, zwłaszcza w przemyśle spożywczym i branżach z nim związanych. W zakładach produkujących żywność skład bioaerozolu wpływa nie tylko na zdrowie pracowników [13], ale także na jakość końcową produktu [14, 15]. Monitoring czystości mikrobiologicznej powietrza jest również niezbędny w miejscach związanych z opieką zdrowotną i przemysłem farmaceutycznym, zwłaszcza takich, w których należy zachować szczególne warunki sanitarne np. sale operacyjne [16, 17]. Monitorowanie jakości mikrobiologicznej powietrza w wielu branżach jest niezbędne. Natomiast wybór odpowiedniej metodyki pomiaru zawartości bioaerozolu wywołuje dyskusje wśród naukowców. [15, 18÷20].

## **2. Cel pracy**

Celem pracy jest przedstawienie i porównanie dostępnych metod pobierania prób powietrza i ich analizy pod kątem czułości i przydatności.

## **3. Metody pobierania bioaerozolu**

Techniki pomiaru liczebności mikroorganizmów w powietrzu możemy podzielić na pasywne (grawitacyjne) oraz aktywne czyli wolumetryczne. Zasadnicza różnica między obiema metodami dotyczy sposobu pobierania materiału.

W metodzie grawitacyjnej komórki mikroorganizmów i zarodniki opadają swobodnie na płytkę Petriego [19, 21]. Natomiast w metodzie wolumetrycznej znana objętość powietrza pobierana jest do aparatu i w zależności od urządzenia pomiarowego albo zderza się z powierzchnią płytki Petriego z odpowiednim podłożem, albo zostaje przepuszczona przez filtry, na których zatrzymują się komórki mikroorganizmów. W zależności od techniki otrzymuje się wyniki jakościowe, ilościowe lub półilościowe [19].

Metoda sedymentacyjna (grawitacyjna) często jest przedstawiana jako metoda półilościowa albo jedynie jakościowa oceny bioaerozolu [19, 21]. Jest nazywana również metodą bierną i polega na swobodnym opadaniu cząstek zawartych w powietrzu na podłoże, które zazwyczaj stanowi pożywka mikrobiologiczna. Problemem w stosowaniu metody biernej jest brak jednolitej metodyki badań, stąd uzyskiwane wyniki prezentowane są w różnych jednostkach. Ponadto nie określono dokładnie czasu ekspozycji płytki na bioaerozol oraz wysokości na jakiej płytka ma być umieszczona. Źródła podają zupełnie odmienną metodykę co wiąże się z uzyskiwaniem wyników, które trudno jest zinterpretować. (Tabela 1.)

Tabela 1 Porównanie metod pasywnych poboru prób powietrza opisywanych przez różnych autorów oraz jednostek w których otrzymywane są wyniki końcowe

Jednostka	Czas	Wysokość	Źródło
Jtk/m <sup>3</sup>	5-15 min, w zależności od czystości pomieszczenia	1,3 m	[22]
Jtk/płytkę/godzinę	1 godzina	Na wysokości 1 metra i 1 metr od ściany	[19]
Jtk/m <sup>2</sup> /godzinę	1 godzina	Na wysokości 1 metra i 1 metr od ściany	[19],[23]

Zapisując wynik końcowy jako jtk/płytkę nie można ocenić jaka objętość powietrza została przebadana. Stosując metodę grawitacyjną można przeliczyć liczebność mikroorganizmów na płytce na ich zawartość w powietrzu zgodnie z Polską Normą korzystając z założenia Omeliańskiego, że w 10 dm<sup>3</sup> powietrza znajduje się tyle mikroorganizmów ile osiadzie w ciągu 5 minut na powierzchni 100 cm<sup>2</sup>[22, 24÷26]. Liczebność mikroorganizmów w jednym metrze sześciennym powietrza oznacza się wg wzoru w modyfikacji Gogoberidze [24÷26]:

$$L_D = \frac{a \times 100}{b \times t}$$

gdzie

a – liczba kolonii na płytce

b – powierzchnia płytki w cm<sup>2</sup>

100 – przeliczenie powierzchni płytki na 100 cm<sup>2</sup>

t – współczynnik czasu ekspozycji (1 dla 5 minut, 2 dla 10 minut, 3 dla 15 minut)

L<sub>D</sub> – liczba drobnoustrojów w 10 dm<sup>3</sup>

Inny wzór zaproponował Friberg i współautorzy, którzy zauważyli, że w zależności od specyfiki pomieszczenia między wynikami uzyskanymi metodą aktywną i pasywną występuje pewna korelacja [27, 28]. Po ustaleniu stosunku liczebności mikroorganizmów w powietrzu mierzonych metodą aktywną do liczebności uzyskanej metodą pasywną (SAR) można następnie każdy wynik uzyskany w tym pomieszczeniu przeliczyć według wzoru [27]:

$$L = \frac{a \times 100}{SAR \times b'}$$

gdzie

a – liczba kolonii na płytce,

b – powierzchnia płytki w cm<sup>2</sup>

100 – przeliczenie powierzchni płytki na 100 cm<sup>2</sup>,

SAR – stosunek liczebności uzyskanej metodą aktywną do liczebności uzyskanej metodą sedymentacyjną,

L – liczba drobnoustrojów w 1 m<sup>3</sup>.

Największą wadą metody grawitacyjnej jest trudność w określeniu zależności pomiędzy wielkością cząsteczek a czasem ich opadania. Jednakże, część wyników przeczy temu warunkowi [21]. Wyjaśnić to można faktem, że szybkość

swobodnego opadania cząsteczki, gdy nie ma ruchów powietrza, w głównej mierze zależy od jej ciężaru. Natomiast ciężar jest skorelowany z gęstości cząsteczki, czyli stosunkiem masy do jej wielkości (objętości). Szybkość opadania oprócz ciężaru zależy również od ruchów powietrza, wilgotności i sił elektrostatycznych [19, 29].

W metodzie wolumetrycznej sposób poboru próby zależy od użytego sprzętu. Najprostsze jest użycie filtrów, przez które przepuszczana jest znana objętość powietrza. Filtry mogą być wykonane z materiałów żelatynowych, celulozowych, poliwęglanowych ale również teflonowych lub z polichlorku winylu [30].

W przypadku impaktorów wychwyty komórek mikroorganizmów i innych cząstek z powietrza następuje poprzez działanie sił inercji. Dana objętość powietrza jest przepuszczana przez urządzenie, w którym kierunek ruchu strumienia powietrza ulega gwałtownej zmianie. Dzięki działaniu sił inercji cząsteczki wypadają ze strumienia i są deponowane na podłożu, którym może być pożywka mikrobiologiczna, szkiełko mikroskopowe lub powierzchnia pokryta substancją o właściwościach adhezyjnych [19]. Szczególną odmianą tej metody jest impakcja wirowa, gdzie cząsteczki osadzają się na ściankach aparatu pokrytych żelem agarowym w skutek działania siły odśrodkowej oraz impingement czyli impakcja do cieczy [31].

Innym sposobem wychwyty cząstek jest wytrącanie elektrostatyczne, które polega na użyciu pola elektrostatycznego do wyłapywania komórek mikroorganizmów z powietrza [32÷34]. Jedną z głównych zalet impaktora opartego o działanie sił elektrostatycznych jest brak sił mechanicznych powstających w momencie zderzenia komórki z podłożem. W związku z tym mniej komórek ulega uszkodzeniu [35, 36].

Tabela 2 Porównanie różnych aparatów do pobierania prób bioaerozolu metodą aktywną (wolumetryczną)

Metoda	Aparat	Powierzchnia wychwyty	Poziom wykrywalności ( $d_{50}$ )	Źródło
Impakcja	SAS	podłoże mikrobiologiczne, powierzchnia adhezyjna	1-2,3 $\mu\text{m}$	[37]
	MAS		1,62- 1,7 $\mu\text{m}$	[37, 38]
	SMA		>10 $\mu\text{m}$	[37]
	Impaktor Andersena		70 nm-0,65 $\mu\text{m}$	[37, 39]
	RCS	paski agarowe, żelatynowe lub z polimeru adhezyjnego	1,2 $\mu\text{m}$	[37]
Filtracja	Sartorius MD8	filtry żelatynowe, celulozowe, nitrocelulozowe	3 $\mu\text{m}$ średnica porów, efektywność wychwyty komórek 0,5-1,5 $\mu\text{m}$ – 99,9 %	[38, 40]

$d_{50}$ - mediana średnic cząstek deponowanych

W zależności od wybranej metody w użytku są różnego rodzaju impaktory i impingery (Tabela 2.). Jednakże najczęściej stosowane są impaktory Andersena, SAS (*Surface Air Sampler*), MAS (*Microbial Air Monitoring*

System), SMA (*Sterilizable Microbiological Atrium*), pobornik wirowy Reuter RCS (*Reuter Centrifugal Air Sampler*) [31].

MAS oraz SAS są to próbniki wyposażone w jedną lub dwie głowice. Powietrze jest zasysane przez głowicę bezpośrednio na płytkę z podłożem mikrobiologicznym [38]. Natomiast impaktor Andersena może być 2 lub 6 segmentowy. Wraz z kolejnymi segmentami zmniejsza się średnica otworów przez które przepływa powietrze. Wersja 6 segmentowa jest imitacją ludzkich dróg oddechowych. Na najniższy segment przedostają się cząsteczki o średnicy poniżej 3µm, mogące wnikać do pęcherzyków płucnych człowieka [39].

BioSampler i AGI-30 są to próbniki nie zasysające powietrza bezpośrednio na podłoże mikrobiologiczne. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne gromadzone są w specjalnym pojemniku z wodą [32].

#### **4. Wady i zalety poszczególnych metod pobierania prób**

Każda z przedstawionych metod ma zarówno swoje wady jak i zalety (Tabela 3.). Ważne jest aby umiejętnie dobrać metodę oceny czystości mikrobiologicznej powietrza w zależności od potrzeb i branży, w której zostanie ona użyta [21]. Czasami nie ma potrzeby zakupu drogiego sprzętu, jeżeli ocena jakości powietrza nie musi być przeprowadzana z dużą dokładnością.

Do głównych wad przeprowadzenia oznaczeń metodą aktywną należy zakupu drogiego sprzętu (próbników) do poboru prób oraz trudność w porównaniu wyników uzyskanych z wykorzystaniem różnych aparatów. Natomiast najważniejszą wadą techniki sedymentacyjnej jest brak jednoznacznej metodyki badań i różnice w sposobie przedstawiania wyników, co sprawia, że metoda ta wydaje się być niemiarodajna. Jednakże wielu autorów wskazuje, że przy użyciu metody grawitacyjnej i odpowiednim opracowaniu wyników można uzyskać rezultaty porównywalne lub wysoko skorelowane z metodą aktywną

Ważną zaletą technik wolumetrycznych jest możliwość dokładnego określenia objętości badanego powietrza. Natomiast niewątpliwą zaletą metody sedymentacyjnej jest łatwość przeprowadzenia analiz i ich niska cena [21, 23, 27, 28, 40].

#### **5. Porównanie wybranych metod poboru prób**

Yao i Mainelis [42] przeprowadzili badania porównujące efektywność działania 7 różnych próbników wolumetrycznych. W wyniku przeprowadzonych testów stwierdzili, że efektywność przenośnych próbników wolumetrycznych wykorzystywanych do oceny ekspozycji mikrobiologicznej, zależy od konkretnego modelu próbownika oraz gatunków występujących mikroorganizmów [42]. Natomiast Hasegawa i współautorzy [31] wykorzystali test w zamkniętej komorze aby porównać czułość 4 różnych urządzeń do wolumetrycznego próbkowania bioaerozolu i metody filtracyjnej. Nie stwierdzili oni istotnych różnic pomiędzy impaktorami opartymi na metodzie zderzeniowej (SAS, MAS, SMA), różnice w wynikach otrzymanych metodą filtracyjną i zderzeniową, zależały głównie od użytego szczepu bakterii [31]. Ważnym czynnikiem wpływającym na różnice w wynikach uzyskanych różnymi metodami pomiarowymi jest poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego pomieszczenia.

W przypadku gdy liczebność mikroorganizmów jest poniżej 10 jtk/m<sup>3</sup> korelacja pomiędzy metodą zderzeniową a filtracji jest mniejsza [38]. Innym parametrem wpływającym na uzyskane wyniki jest miejsce poboru próby. Przesunięcie miejsca poboru o 1 m może spowodować różnice w uzyskanych wynikach [23].

Tabela 3 Porównanie poszczególnych metod poboru bioaerozolu

Metoda	Wady	Zalety
Grawitacyjna	brak jednoznacznej odpowiedzi, czy jest to metoda ilościowa czy jakościowa [21], trudności w przeliczeniu na objętość powietrza [19]	metoda prosta i tania, najłatwiej zachować sterylne warunki poboru próby [19], możliwość pobrania dużej ilości prób w tym samym czasie, oddaje zależność pomiędzy mikroorganizmami opadającymi na powierzchnię a obecnymi w powietrzu [19, 23]
Zderzeniowa przy użyciu impaktora jednosegmentowego	niska wykrywalność komórek o wielkości poniżej 1 µm [41], potrzeba zakupienia drogich aparatów, trudności ze sterylizacją sprzętu w trakcie dokonywania pomiarów, brak możliwości podzielenia na poszczególne frakcje, duży wpływ prądów powietrza [19, 42]	jest to referencyjna metoda ilościowa, sprzęt łatwy do transportu, przy aparacie dwugłowicowym możliwość poboru dwóch prób na raz, możliwość próbkowania różnej objętości powietrza w zależności od stanu sanitarnego pomieszczenia [42]
Zderzeniowa przy użyciu impaktora Andersena	potrzeba zakupienia drogich aparatów, trudności ze sterylizacją sprzętu w trakcie dokonywania pomiarów, trudność z transportem sprzętu i jego rozłożeniem w miejscu poboru, duży wpływ prądów powietrza [39]	jest to referencyjna metoda ilościowa, możliwość podzielenia wyników na poszczególne frakcje w zależności od średnic oczek wybranego segmentu, wysoka wykrywalność bardzo małych komórek poniżej 0,5µm [37]
Impingement	zakłócenie wyników poprzez ewaporację cieczy w niektórych przypadkach utrata 41 % materiału [32, 40]	możliwość próbkowania nie tylko komórek bakterii czy grzybów ale i ich metabolitów czy wirusów [32], możliwość użycia do analizy pomieszczeń o wysokim zanieczyszczeniu (można wykonać rozcieńczenia otrzymanych prób) [40]
Filtracyjna	niska aktywność wodna filtrów żelatynowych i celulozowych obniża stopień wykrywalności wrażliwych szczepów [23], mniejszy dostęp mikroorganizmów do składników odżywczych [34]	wysoki poziom wykrywalności komórek o rozmiarach poniżej 1 µm na filtrach żelatynowych [23]

Asefa i współautorzy [21] badając skład mikrobiologiczny powietrza metodą aktywną i bierną uzyskali zbliżone wyniki jakościowe – podobną dominację grzybów. Podkreślają iż w przemyśle spożywczym powinno się określać liczbę mikroorganizmów opadających na jednostkę powierzchni (jtk/m<sup>2</sup>). Natomiast aparaty wolumentryczne pozwalają na ilościowe określenie stężenia mikroorganizmów w badanym powietrzu, dlatego zaleca się ich zastosowanie przy badaniach czynników alergizujących [21]. Wysoką korelację pomiędzy metodą sedymentacyjną a zderzeniową uzyskał również Napoli i współautorzy [23]. Autor wskazuje, że również w przypadku sal operacyjnych najważniejsze jest uzyskanie liczebności tych grup mikroorganizmów, które opadają na powierzchnię, gdyż to one wywołują zakażenia pooperacyjne [23].

## 6. Metody analizy prób

Metody analizy bioaerozolu, w zależności od wybranej techniki oceny pobranej próby, można podzielić na [18, 43, 15]:

- Obrazowe;
- Hodowlane;
- Biochemiczne;
- Immunochemiczne;
- Molekularne.

Sposób pobierania prób zależy od techniki analizy materiału biologicznego. W przypadku metod hodowlanych najczęściej próby są pobierane za pomocą metody płytkowej, filtracyjnej lub różnego rodzaju impaktorów i impingerów [31].

Metody hodowlane analizy ilościowej bioaerozolu są szeroko stosowane. Do tej pory to jedyne metody referencyjne oceny jakości powietrza zarówno w służbie zdrowia, jak i w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym. W zależności od metody poboru prób – materiał biologiczny może znajdować się od razu na płytce Petriego z odpowiednią pożywką i wtedy jest inkubowany w odpowiedniej temperaturze w zależności od grupy hodowanych mikroorganizmów – od 24 godzin (bakterie) do 7 dni (grzyby strzępkowe), a w przypadku niektórych mikroorganizmów chorobotwórczych jak np. *Mycobacterium tuberculosis* nawet do 7 tygodni.

Jeżeli natomiast materiał jest zawieszony w cieczy to należy go przenieść na odpowiednią pożywkę i następnie inkubować.

Po okresie inkubacji zlicza się wyrośnięte na płytce kolonie, a wynik podaje w jednostkach tworzących kolonie (jtk) [33]. Niestety jedynie od 1 do 10 % mikroorganizmów obecnych w bioaerozolu formuje kolonie na pożywkach mikrobiologicznych. Reszta stanowi tzw. mikroorganizmy niehodowlane (VBNC- *Viable But Non-culturable*) [43]. Przykładem może być *Legionella pneumophila*, czy też bardzo trudna w hodowli bakteria *Mycobacterium tuberculosis* [44]. Poza tym w przypadku metod hodowlanych wadami są długi czas oczekiwania na wynik oraz skomplikowana i pracochłonna identyfikacja szczepów [33]. W niektórych branżach przemysłu spożywczego, farmaceutycznego, służby zdrowia korzystnie jest by wynik był otrzymany do 24 h od pobrania próby. Dlatego poszukuje się

nowych metod analizy bioaerozolu, które są niezależne od hodowli płytkowych. Przykładem może być zastosowanie zmodyfikowanej spektroskopii masowej do detekcji spor *Bacillus ssp.* Technologia MALDI-TOF (*Matrix Assisted Laser Desorption Ionization Time-of-Flight*) polega na jonizacji próby laserem na matrycy, w wyniku czego otrzymuje się rozkład widma białek bezpośrednio z bakterii. Technika pozwala również na odróżnienie spor *B. anthracis* od spor innych gatunków *Bacillus ssp* [45].

Metody obrazowe polegają najczęściej na analizie próby w mikroskopie świetlnym, fluorescencyjnym czy skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM- *Scanning Electron Microscope*). Nowym rozwiązaniem jest analiza z wykorzystaniem cytometrii przepływowej (FC-*Flow Cytometry*), która pozwala na rozróżnienie żywych i martwych komórek [41]. Cytometria fazy stałej (SPC – *Solid-Phase Cytometry*) jest jednym z rodzajów cytometrii przepływowej polegającym na znakowaniu immunofluorescencyjnym komórek na podłożu stałym, a następnie ocenie fluorescencji materiału na podłożu stałym. Zaletą metody jest wysoka czułość detekcji, gdyż istnieje możliwość wykrycia nawet pojedynczych komórek. Można również zidentyfikować oraz ocenić ilościowo występowanie bioaerozolu poszczególnych gatunków mikroorganizmów [46].

Wśród metod biochemicznych najczęściej stosowane są metody polegające na wykrywaniu estraz oraz ocenie ilościowej ATP [31].

Również stosowane są metody immunochemiczne oparte na pomiarze ilości alergenów i antygenów. Te metody najczęściej są testowane przy wykrywaniu pojedynczych gatunków a nawet szczepów mikroorganizmów, które stwarzają poważne zagrożenie dla zdrowia człowieka. Przykładem może być wykrywanie antygenów Asp fl należącego do *Aspergillus fumigatus* i Asp v13 należącego do *Aspergillus versicolor*[47, 48].

Metody molekularne polegają najczęściej na użyciu reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR – *Polymerase Chain Reaction*) w różnych modyfikacjach lub hybrydyzacji fluorescencyjnej *in situ* (FISH – *Fluorescent In Situ Hybridization*). PCR jest najczulszą techniką wykrywania obecności w bioaerozolu poszczególnych gatunków czy nawet szczepów mikroorganizmów [41, 44].

Do metod opartych na analizie molekularnej, biochemicznej czy obrazowej do pobierania prób najczęściej wykorzystuje się impingery lub filtry z polimerów rozpuszczalnych, co ułatwia analizę [46].

Kolejnym ciekawym rozwiązaniem jest detekcja mikroorganizmów w powietrzu przy użyciu lasera. Brandl i współautorzy [14] wykazali korelację pomiędzy ilością cząstek o wielkości 1-5  $\mu\text{m}$  w powietrzu mierzoną metodą laserową a liczebnością mikroorganizmów w bioaerozolu. Wskazują, że powyższą zależność można wykorzystać do szybkiej ilościowej oceny jakości mikrobiologicznej powietrza [14].

## **7. Podsumowanie**

Istnienie wielu metod wykorzystywanych do analizy składu mikrobiologicznego powietrza, przy jednoczesnym braku określenia nadrzędności jednej z nich sprawia, że w zależności od wybranej metodyki badań uzyskiwane są

rozbieżne wyniki. Powoduje to ograniczenia w możliwości porównania wyników składu bioaerozolu uzyskanych przez różne ośrodki badawcze. Stosując metody aktywne i bierne do oznaczenia składu mikrobiologicznego powietrza, uzyskuje się zbliżone wyniki jakościowe ale zróżnicowane pod względem ilościowym. Dlatego dobór metod badawczych zależy także od celu badań. Zastosowanie metod wolumetrycznych nie jest wskazane, gdyż istotne zagrożenie stanowią mikroorganizmy występujące na powierzchni np. w salach operacyjnych. Wówczas wykorzystanie metod sedymentacyjnych pozwala wyeliminować nie opadające frakcję bioaerozolu. Podobnie w przemyśle spożywczym, do określenia wpływu mikroorganizmów występujących w powietrzu na jakość produktu końcowego można z powodzeniem stosować metody bierne.

## Literatura

1. Després V. R., Alex Huffman J., Burrows S. M., Hoose C., Safatov A. S., Buryak G. et al., *Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review*, *Tellus B*,64,0 (2012):296
2. Lee T., Grinshpun S. A., Martuzevicius D., Adhikari A., Crawford C. M., Luo J. et al., *Relationship between indoor and outdoor bio-aerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes*, *Indoor Air*,16,1 (2006):37-47
3. Jung C.-C., Liang H.-H., Lee H.-L., Hsu N.-Y., Su H.-J., *Allostatic load model associated with indoor environmental quality and sick building syndrome among office workers*, *PloS one*,9,4 (2014): 9579
4. Oh H.-J., Nam I.-S., Yun H., Kim J., Yang J., Sohn J.-R., *Characterization of indoor air quality and efficiency of air purifier in childcare centers*, Korea. *Building and Environment*, 82 (2014):203-14
5. Krzyśko-Łupicka T. *Zagrożenia mikologiczne w budownictwie – problem ogólnościowy*. In: *Problemy w ochronie środowiska w województwie opolskim w latach 2010-2020*, p (red. Oszańca K.), *Opolskie Ekoforum*. *Atmoterm S.A.*,203-222
6. Mentese S., Mirici N. A., Otkun M. T., Bakar C., Palaz E., Tasdibi D. et al., *Association between respiratory health and indoor air pollution exposure in Canakkale*, Turkey, *Building and Environment* (2015), w druku- dostęp online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315000347>
7. Mirzaee S. A., Nikaeen M., Hajizadeh Y., Nabavi B. F., Hassanzadeh A., *Detection of Legionella spp. by a nested-PCR assay in air samples of a wastewater treatment plant and downwind distances in Isfahan*, *Advanced Biomedical Research*, 4 (2015):48
8. Kusnetsov J., Neuvonen L.-K., Korpio T., Uldum S. A., Mentula S., Putus T. et al., *Two Legionnaires' disease cases associated with industrial waste water treatment plants: a case report*, *BMC Infectious Diseases*,10 (2010):343
9. Duchaine C., Gilbert Y., *Bioaerosols in industrial environments: a review*, *Journal of Environmental Engineering and Science*,9,1 (2014):4-19
10. Wéry N., *Bioaerosols from composting facilities - a review*, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*,4 (2014):42



11. Oppliger A., *Advancing the science of bioaerosol exposure assessment*, The Annals of Occupational Hygiene,58,6 (2014):661-3
12. Rim K.-T., Lim C.-H., *Biologically hazardous agents at work and efforts to protect workers' health: a review of recent reports*, Safety and Health at Work,5,2 (2014):43-52
13. Simon X., Duquenne P., *Assessment of workers' exposure to bioaerosols in a French cheese factory*, The Annals of Occupational Hygiene,58,6 (2014):677-92
14. Brandl H., Fricker-Feer C., Ziegler D., Mandal J., Stephan R., Lehner A., *Distribution and identification of culturable airborne microorganisms in a Swiss milk processing facility*, Journal of Dairy Science,97:125-8
15. Beletsiotis E., Ghikas D., Kalantzi K., *Incorporation of microbiological and molecular methods in HACCP monitoring scheme of molds and yeasts in a Greek dairy plant: A case study*, Procedia Food Science,1 (2011):1051-9
16. Hoseinzadeh E., Samarghandie M. R., Ghiasian S. A., Alikhani M. Y., Roshanaie G., *Evaluation of Bioaerosols in Five Educational Hospitals Wards Air in Hamedan, During 2011-2012*, Jundishapur Journal of Microbiology,6,6 (2013): e10704
17. Tang C.-S., Wan G.-H., *Air quality monitoring of the post-operative recovery room and locations surrounding operating theaters in a medical center in Taiwan*, PloS one,8,4 (2013):e61093
18. Jonsson P, Olofsson G, Tjörnhage T. *Bioaerosol detection technologies*, 2014: 63-84
19. Pasquarella C., Pitzurra O., Savino A., *The index of microbial air contamination*, The Journal of hospital infection,46,4 (2000):241-56
20. Thorne P. S., Kiekhaefer M. S., Whitten P., Donham K. J., *Comparison of bioaerosol sampling methods in barns housing swine*, Applied and Environmental Microbiology (1992),58,8:2543-51
21. Asefa D. T., Langsrud S., Gjerde R. O., Kure C. F., Sidhu M. S., Nesbakken T. et al., *The performance of SAS-super-180 air sampler and settle plates for assessing viable fungal particles in the air of dry-cured meat production facility*. Food Control,20,11 (2009):997-1001
22. Krzysztofik B. *Mikrobiologia powietrza*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej; 1992:19-20
23. Napoli C., Tafuri S., Montenegro L., Cassano M., Notarnicola A., Lattarulo S. et al., *Air sampling methods to evaluate microbial contamination in operating theatres: results of a comparative study in an orthopaedics department*, Journal of Hospital Infection,80,2 (2012):128-32
24. Polski Komitet Normalizacyjny, Ochrona czystości powietrza – Badania mikrobiologiczne – Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną, 07.100.99, 13.040.20,PN-Z-04111-02:1989; 1989
25. Polski Komitet Normalizacyjny. Ochrona czystości powietrza – Badania mikrobiologiczne – Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną,07.100.99, 13.040.20,PN-Z-04111-03:1989; 1989

26. Polski Komitet Normalizacyjny. Ochrona czystości powietrza – Badania mikrobiologiczne – Postanowienia ogólne i zakres normy, 07.100.99, 13.040.01, PN-Z-04111-01:1989; 1989
27. Friberg B., Friberg S., Burman L. G., *Correlation between surface and air counts of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation: an experimental study*, The Journal of Hospital Infection, 42,1 (1999):61-8
28. Friberg B., Friberg S., Burman L. G., *Inconsistent correlation between aerobic bacterial surface and air counts in operating rooms with ultra clean laminar air flows: proposal of a new bacteriological standard for surface contamination*, The Journal of Hospital Infection, 42,4 (1999):287-93
29. Kaiser K., Wolski A., *Kontrola czystości mikrobiologicznej powietrza*, Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna (2007), nr 4:158-62
30. Miaskiewicz-Peska E., Lebkowska M., *Comparison of aerosol and bioaerosol collection on air filters*, Aerobiologia, 28,2 (2012):185-93
31. Hasegawa N., Yamasaki S., Horiguchi Y., *A study of bacterial culturability during bioaerosol challenge test using a test chamber*, Journal of Aerosol Science, 42,6 (2011):397-407
32. Han T., Mainelis G., *Investigation of inherent and latent internal losses in liquid-based bioaerosol samplers*, Journal of Aerosol Science, 45 (2012):58-68
33. Zhao Y., Cho S. K., *Microparticle sampling by electrowetting-actuated droplet sweeping*, Lab Chip, 6,1 (2006):137-44
34. Yao M., Mainelis G., *Utilization of natural electrical charges on airborne microorganisms for their collection by electrostatic means*, Journal of Aerosol Science, 37,4 (2006):513-27
35. Xu Y., Zheng C., Liu Z., Yan K., *Electrostatic precipitation of airborne bio-aerosols*, Journal of Electrostatics, 71,3 (2013):204-7
36. Wei K., Zou Z., Yao M., *Charge levels and Gram (±) fractions of environmental bacterial aerosols*, Journal of Aerosol Science, 74 (2014):52-62
37. Yao M., Mainelis G., *Investigation of Cut-Off Sizes and Collection Efficiencies of Portable Microbial Samplers*, Aerosol Science and Technology, 40,8 (2006):595-606
38. Engelhart S., Glasmacher A., Simon A., Exner M., *Air sampling of Aspergillus fumigatus and other thermotolerant fungi: Comparative performance of the Sartorius MD8 airport and the Merck MAS-100 portable bioaerosol sampler*, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 210,6 (2007):733-9
39. Hata M., *Performance Evaluation of an Andersen Cascade Impactor with an Additional Stage for Nanoparticle Sampling*, Aerosol and Air Quality Research (2012):1041-8
40. Parks S. R., Bennett A. M., Speight S. E., Benbough J. E., *An assessment of the Sartorius MD8 microbiological air sampler*, Journal of Applied Bacteriology, 80,5 (1996):529-34
41. Langer V., Hartmann G., Niessner R., Seidel M., *Rapid quantification of bioaerosols containing L. pneumophila by Coriolis® µ air sampler and*

- chemiluminescence antibody microarrays*, Journal of Aerosol Science,48 (2012):46-55
42. Yao M., Mainelis G., *Use of portable microbial samplers for estimating inhalation exposure to viable biological agents*, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology (2006),17,1:31-8,
  43. Pöhlker C., Huffman J. A., Pöschl U., *Autofluorescence of atmospheric bioaerosols – fluorescent biomolecules and potential interferences*, Atmospheric Measurement Techniques,5,1 (2012):37-71
  44. Hubad B., Lapanje A., Rottman M., *The Efficient Method for Simultaneous Monitoring of the Culturable as Well as Nonculturable Airborne Microorganisms*, PloS one,8,12 (2013):e82186
  45. Jeong Y.-S., Choi S., Chong E., Kim J. H., Kim S.-J., *Rapid detection of Bacillus spore aerosol particles by direct in situ analysis using MALDI-TOF mass spectrometry*, Letters in Applied Microbiology,59,2 (2014):177-83
  46. Vanhee, Lies M. E., Nelis H. J., Coenye T., *Rapid Detection and Quantification of Aspergillus fumigatus in Environmental Air Samples Using Solid-Phase Cytometry*, Environmental Science and Technology,43,9 (2009):3233-9
  47. Shi C., Belisle D., Miller J. D., *Quantification of the Aspergillus versicolor allergen in house dust*, Journal of Immunological Methods,372,1-2 (2011):89-94
  48. Dillon H. K., Boling D. K., Miller J. D., *Comparison of detection methods for Aspergillus fumigatus in environmental air samples in an occupational environment*, Journal of Occupational and Environmental Hygiene,4,7 (2007):509-13

## Metody pobierania i analizy zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza

### Streszczenie

Monitorowanie czystości mikrobiologicznej powietrza jest ważnym elementem systemu bezpieczeństwa oraz zapewnienia jakości zarówno w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym i służbie zdrowia. Powietrze jest jednym ze źródeł wtórnego zanieczyszczenia produktu gotowego. W polskim prawodawstwie brak jest jednoznacznych zapisów dotyczących wartości normatywnych dla mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza oraz referencyjnych metod pomiaru. W konsekwencji, w zależności od zastosowanej metody uzyskuje się odmienne rezultaty, które trudno jest porównać.

Celem pracy jest przedstawienie i porównanie niedostępnych badań na temat czułości i przydatności poszczególnych metod pomiaru zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza stosowanych.

Techniki pomiaru liczebności mikroorganizmów w powietrzu możemy podzielić na pasywne (grawitacyjne) oraz aktywne czyli wolumetryczne. Zasadnicza różnica między obiema metodami dotyczy sposobu pobierania materiału. W metodzie grawitacyjnej komórki mikroorganizmów i zarodniki opadają swobodnie na płytkę Petriego. Natomiast w metodzie aktywnej znana objętość powietrza pobierana jest do aparatu i w zależności od urządzenia pomiarowego albo zderza się z powierzchnią płytki Petriego z odpowiednim podłożem, albo zostaje przepuszczona przez filtry np. nitrocelulozowe, na których zatrzymują się komórki mikroorganizmów. Wadą jest konieczność zakupu drogiego sprzętu (próbników) do poboru prób oraz trudność w porównaniu wyników uzyskanych z wykorzystaniem różnych próbników. Ważną zaletą technik wolumetrycznych jest

możliwość dokładnego określenia objętości badanego powietrza. W przypadku metody grawitacyjnej, uznawanej za technikę półilościową lub jakościową, najważniejszym ograniczeniem jest wielkość opadających cząstek, która ma istotny wpływ na uzyskiwane wyniki. Jednakże zwolennicy pomiarów grawitacyjnych stwierdzają, że metoda ta jest najbliższa naturalnej depozycji komórek mikroorganizmów i spor na powierzchnię produkcyjną.

Istnieje potrzeba dopracowania optymalnej metody pomiaru zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza, która będzie czuła i miarodajna oraz uwzględni zapotrzebowanie i specyfikę branży spożywczej.

Słowa kluczowe: bioaerozol, zanieczyszczenia mikrobiologiczne, metody pasywne, metody aktywne

## **Methods for sampling and analysis of microbial contaminants in the air**

### Summary

Monitoring of microbiological purity is an important part of safety and quality assurance systems both in the food industry and in the pharmaceutical industry. Air is one of the sources of secondary contamination of finished product. Both determination of the maximum values which, if exceeded, may lead to contamination of the finished product and monitoring of the airborne microorganisms are an important part of good manufacturing practice. Safety and quality assurance systems require sensitive and reliable methods for monitoring microbial contamination of food. However, in the Polish legislation, there is no pure normative values and reference measurement methods for microbial air contamination. Consequently, depending on the method applied, the obtained results are different and difficult to compare.

The purpose of this *review* is to describe and compare available research about the sensitivity and suitability of particular methods for measuring microbial contamination of air.

Air sampling methods are divided into two categories: passive (gravitational) and active namely volumetric. The essential difference between the two methods relates to techniques of air sampling. In the passive method microbial cells and spores are gravitationally deposited into Petri dishes. In contrast, active samples are performed by drawing a known volume of air through particle collection devices. Cells and spores are collected into Petri dishes with suitable medium, liquid medium or nitrocellulose membranes. The disadvantages of this method are need to purchase expensive devices for sampling and the difficulties in comparing the results obtained using different samplers. An important advantage of the volumetric technique is the possibility to determine the volume of tested air. In the case of gravitational method, recognized as the technique of semi-quantitative or qualitative estimation of airborne microorganisms, the most important limitation is the size of cells and spores, which have a significant impact on the obtained results. However, gravitational method is closest to the natural deposition of microbial cells and spores on the critical surfaces.

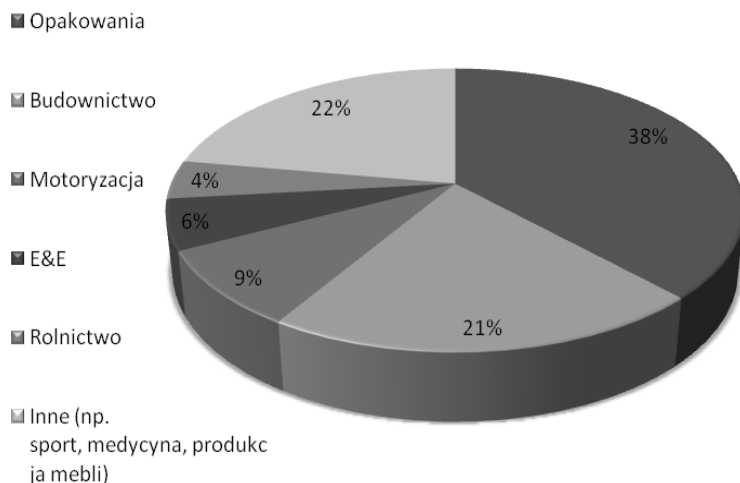
There is a need to polish the method of measuring the microbial contamination of air, which will be sensitive, reliable and take into account the specificities of the food industry.

Keywords: bioaerosol, microbial contaminants, passive methods, active methods

## Mikroplastiki w środowisku wodnym – pochodzenie, akumulacja zanieczyszczeń oraz wpływ na organizmy wodne

### 1. Wstęp

Plastiki są syntetycznymi polimerami, wytwarzanymi na drodze polimeryzacji monomerów [1]. Od momentu wytworzenia pierwszego polimeru, czyli bakelitu w 1907 roku, opracowana została niezliczona ilość metod produkcji tworzyw sztucznych. Materiały te charakteryzują się między innymi wytrzymałością, łatwością formowania i modyfikowania, małą gęstością oraz odpornością na korozję. Dzięki tym cechom możliwe jest wszechstronne wykorzystanie polimerów w różnych gałęziach przemysłu i życiu codziennym (Rysunek 1.)



Rysunek 1. Procentowe zużycie tworzyw sztucznych w różnych sektorach gospodarki w Europie [opracowanie własne]

W 1950 roku globalna produkcja tworzyw sztucznych wynosiła 1.5 miliona ton, natomiast dane na 2013 wskazują, iż przekroczyła ona 299 mln ton, co daje średni roczny wzrost około 9% [1]. Jedną z pożądanych cech tworzyw sztucznych, czyli wytrzymałość, czyni je zarówno atrakcyjnymi jak i problematycznymi

<sup>1</sup>aleksandra0989@gmail.com, Zakład Chemii Środowiskowej, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

<sup>2</sup>marzena.cejner@wp.pl, Zakład Analizy Chemicznej i Analizy Instrumentalnej, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

w kwestii degradacji. Część poużytkowych polimerów poddawana jest procesowi recyklingu, odzyskowi energii, jednak ogromna ich ilość wciąż jest składowana na wysypiskach śmieci, gdzie ulega powolnym procesom rozpadu i degradacji [2]. Z punktu widzenia ochrony środowiska, niezwykle niekorzystne jest to, iż znaczna ilość tworzyw sztucznych trafia do środowiska naturalnego, w szczególności do mórz i oceanów. Dzieje się tak z powodu składowania odpadów plastikowych na nielegalnych wysypiskach oraz nadmiernej eksploatacji terenów przybrzeżnych.

Badania wskazują, iż aż 10% wyprodukowanych plastików trafia do wód morskich i oceanicznych, gdzie ulega akumulacji. Zagadnienie to jest szczególnie istotne ze względu na to, iżdryfujące w wodzie cząstki tworzyw sztucznych są często zjadane przez zwierzęta wodne powodując ich okaleczenie, a nawet śmierć [3]. Największe niebezpieczeństwo wiąże się z obecnością w ekosystemach wodnych drobnych cząstek tworzyw sztucznych, tzw. mikroplastików. Materiały te powstają w wyniku rozpadu większych cząstek plastików najczęściej pod wpływem promieniowania UV. Ich skład oraz duża powierzchnia właściwa umożliwiają sorpcję zanieczyszczeń, zarówno organicznych oraz nieorganicznych czyniąc je jeszcze bardziej niebezpiecznymi dla fauny wodnej [4].

W pracy przedstawiono właściwości oraz źródła mikroplastików w ekosystemach wodnych. Ponadto, omówiono zdolności tychże materiałów do powierzchniowej akumulacji zanieczyszczeń, zarówno organicznych jak i nieorganicznych, oraz określono wpływ mikroplastików na wodne organizmy żywe.

## **2. Źródła mikroplastików w wodach**

Niski współczynnik recyklingu tworzyw sztucznych powoduje nadmierne gromadzenie odpadowych polimerowych w środowisku naturalnym [5]. Rozpowszechnianiu tworzyw sztucznych sprzyjają gwałtowne zmiany warunków pogodowych, ponadto mogą być transportowane na większe odległości przez wiatr, rzeki, pływy, wodę deszczową, powodzie i systemy odprowadzania ścieków do środowiska morskiego [6].

Tworzywa sztuczne są uznawane za materiały biochemicznie obojętne. Biorąc pod uwagę ich duży rozmiar cząsteczkowy nie oddziałują z układem wewnątrzwydzielniczym. Z tego względu penetracja komórek organizmów żywych zostaje skutecznie zahamowana. Niemniej jednak, plastikowe odpady użytkowe obecne w środowisku wodnym składają się z cząstek o mniejszych rozmiarach tzw. mikroplastików, stąd istnieje możliwość łatwego przenikania przez błony komórkowe. Tak więc, praca układu wydzielania wewnętrznego może zostać zaburzona przez wnikięcie niewielkich drobin plastików, które posiadają zdolność do chemicznego oddziaływania z biologicznie istotnymi komórkami organizmu żywego [2, 9, 10].

Rozpad odpadowych tworzyw sztucznych na mniejsze cząsteczki może następować na skutek różnorodnych oddziaływań, głównie mechanicznych (np. ścieranie), biologicznych (dla tworzyw biodegradowalnych) i fotochemicznych (eskpozycja na promieniowanie ultrafioletowe) [11, 12]. Powstałe drobinny zwane mikroplastikami definiowane są jako kawałki tworzywa sztucznego o rozmiarze

mniejszym niż podane zakresy średnic, które są różne w zależności od zaczerpniętego źródła literaturowego:

- <10 mm [12];
- <5 mm [13,14];
- 2-6 mm [15];
- <2 mm [16];
- <1 mm [17÷19].

Niekonsekwencja w klasyfikacji mikroplastików pod kątem rozmiaru cząsteczkowego nastęcza wiele problemów podczas porównywania danych literaturowych. Rozważając wyżej wymienione niedogodności do nomenklatury specjalistycznej wprowadzony został dodatkowy termin "mezoplastiki". Celem tego zabiegu było ułatwienie rozróżniania drobinek tworzyw sztucznych widocznych dla ludzkiego oka i tych, które mogą zostać zidentyfikowane wyłącznie za pomocą mikroskopu [20].

Poużytkowe tworzywa sztuczne mogą być dostarczane do środowiska naturalnego zarówno na sposób bezpośredni jak i pośredni [21]. Udowodniono, iż niemalże 80% mikroplastików znalezionych w wodzie morskiej charakteryzują się lądowym pochodzeniem [20]. Najbardziej rozpowszechnione są opakowania z tworzyw sztucznych, tj. jednorazowe siatki, oraz materiały polimerowe wykorzystywane w kosmetyce. Ponadto, ważnym źródłem tworzyw sztucznych w wodzie morskiej lub oceanicznej są odcieki z wysypisk śmieci. Na Rysunku 2 przedstawione zostały przykłady użytkowych tworzyw odpadowych znajdujących w wodach morskich i oceanicznych.



Rysunek 2. Przykłady odpadowych tworzyw sztucznych znalezionych w wodach naturalnych [22]

Wartym podkreślenia jest fakt, iż prawie połowa ludności świata żyje na terenach przybrzeżnych, w odległości o nie więcej niż 50 mil od brzegu, co sprawia, że transport mikroplastików z obszarów zasiedlonych do środowiska wodnego jest ułatwiony. Główne drogi transportu opierają się na systemie kanalizacyjnym, rzekach. Znaczącą rolę odgrywa także wiatr [23]. Duże ilości użytkowych tworzyw sztucznych zatrzymanych wewnątrz osadów ze ścieków kanalizacyjnych lub stawów utleniających mając odpowiednio niewielkie rozmiary przechodzi przez membrany stosowane w systemach filtracji i są transportowane do środowiska wodnego [24]. Jak wykazano, ekstremalne warunki pogodowe, np. huragany czy powodzie, zwiększają transfer mikroplastików z terenów zurbanizowanych do ekosystemów wodnych [25]. Badania wykonane w wodach

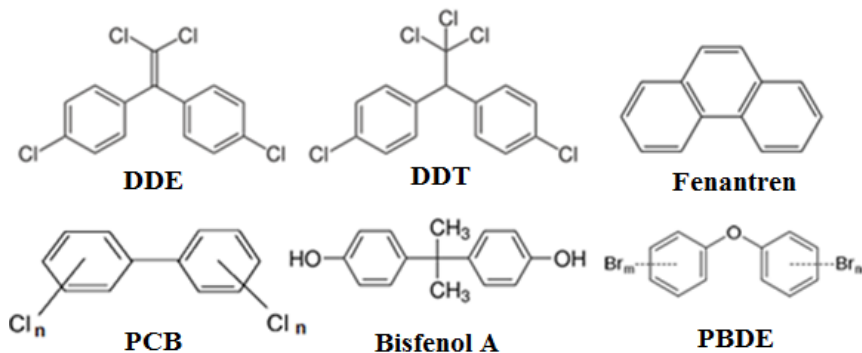
Kalifornii (ujście rzeki Saint Gabriel) wskazują, że ilość użytkowych odpadów plastikowych o średnicy < 4,75 mm drastycznie wzrosła z 10 drobin/m<sup>3</sup> do 60 drobin odpadów/m<sup>3</sup> po przejściu gwałtownej burzy [7]. W ramach doświadczenia pobrano próbki wody w dwóch terminach, pierwszy po 63 dniach bez deszczu oraz drugi bezpośrednio po przejściu burzy. W tym celu ustanowiono pięć miejsc poboru, najbliższe było oddalone o ok. 200 m od brzegu, z kolei najdalsze o 5 km. Po etapie pobrania dokonano podziału na frakcje pod względem rozmiaru cząstek, stosując w tym celu sита o różnej średnicy 0,35 – 4,75 mm. W toku badań ustalono, iż poza wzrostem ilości drobin mikroplastików po przejściu burzy zmieniło się także ich rozmieszczenie przestrzenne. Przed opadem więcej drobin tworzyw sztucznych wykryto w trzech stacjach zlokalizowanych bliżej brzegu, z kolei po przejściu burzy – w trzech najbardziej oddalonych od brzegu stacjach poboru.

Kolejne badania, które także zostało przeprowadzone w wodach kalifornijskich wskazuje na fakt, że stężenie drobin użytkowych plastików w odległości 0,8 km od południowego wybrzeża Kalifornii (Zatoka Santa Monica) zmieniło się od < 1 drobin/m<sup>3</sup> do 18 plastikowych drobin /m<sup>3</sup> po burzy [8]. Próbki zostały pobrane w dwóch terminach, po 6 tygodniach bez deszczu oraz bezpośrednio po przejściu burzy, z dwóch stref poboru. Pierwsza stacja była zlokalizowana w odległości 0,8 km od brzegu, natomiast druga 4,5 km. Ponadto, zastosowano trzy głębokości poboru, tj. 5, 15 oraz 30 m. Etap przygotowania próbki przebiegał wg. schematu z doświadczenia przedstawionego wcześniej. Ustalono, iż w przypadku pierwszej stacji poboru największym stężeniem mikroplastików cechowała się warstwa powierzchniowa (5 m), natomiast badania wody pobranej ze stacji drugiej jednoznacznie wskazują, że największa zawartość drobin tworzyw sztucznych występowała w warstwie najgłębszej (30 m).

### **3. Zanieczyszczenia akumulowane na powierzchni mikroplastików**

Mikroplastiki charakteryzują się dużym stosunkiem powierzchni do objętości. Biorąc tę właściwość pod uwagę, warto podkreślić, iż bezpośrednio wiąże się z tym zdolność do akumulacji szeregu zanieczyszczeń nieorganicznych jak i organicznych, między innymi jonów metali [26], substancji zaburzających działanie systemu wewnątrzwydzielniczego [27], hydrofobowych organicznych zanieczyszczeń (HOC) oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO, angielski akronim POP) [22]. Zarówno mikroplastiki jak i wyżej wymienione zanieczyszczenia w większości występują w warstwie powierzchniowej zbiorników wodnych. Współwystępowanie zanieczyszczeń zwiększa prawdopodobieństwo adsorpcji tychże substancji na powierzchni plastików [28]. Stabilne, lipofilowe związki chemiczne, takie jak POP (w tym polichlorowane bifenyle PCB, wielopierścieniowe węglowodory aromatycznych WWA i pestycydy chloroorganiczne takie jak DDT, DDE) posiadają odpowiednie właściwości fizyko-chemiczne do tego, aby akumulować się na hydrofobowej powierzchni tworzyw sztucznych [28]. Struktury substancji organicznych najczęściej identyfikowanych na powierzchni mikroplastików są przedstawione na Rysunku 3.





Rysunek 3. Wzory strukturalne głównych zanieczyszczeń organicznych zidentyfikowanych na powierzchni mikroplastików [opracowanie własne]

Po raz pierwszy obecność PCB na powierzchni mikroplastików polistyrenowych wykryto w próbkach pochodzących wód z Zatoki Niantic (USA). Jednakże, nie podano żadnych dodatkowych informacji. Kolejne dane literaturowe donoszą, iż granulki żywicy polipropylenowej znalezione w wodach Japonii zawierały kilka różnych rodzajów zanieczyszczeń organicznych na swojej powierzchni, między innymi PCB, DDE i nonylofenol, nawet w wyższych stężeniach niż w te spotykane w przypadku osadów [29]. Do identyfikacji rodzaju oraz ilości zanieczyszczeń zaadsorbowanych na powierzchni drobinek mikroplastików w japońskich wodach zastosowano chromatograf gazowy sprzężony ze spektrometrią mas (GC-MS), który jest najczęściej stosowany w badaniach innych autorów. Badania przeprowadzone w japońskich wodach przybrzeżnych wykazały obecność różnych substancji organicznych na określonym poziomie stężeń, tj. 4,4 – DDE i PCB w stężeniu sięgającym odpowiednio do 5600 ng/g i 1200 ng/g [22]. Badaniom na obecność mikroplastików zostały także poddane tereny dwóch portugalskich plaż. W pobranych próbkach wykryto PAH i PCB o stężeniach w zakresie odpowiednio od 0,2 - 319,2 ng/g i 0,02-15,56 ng/g [30]. Analiza próbek pobranych ze stref nerytycznej i pelagicznej Pacyfiku zawierających fragmenty z tworzywa sztucznego (< 10 mm) wskazuje na obecność szerokiej gamy substancji chemicznych, takich jak PCB, WWA, DDTS i produkty jego metabolizmu, PBDE oraz bisfenol A. Wszystkie substancje zostały zaadsorbowane na powierzchni mikroplastików w stężeniach mieszczących się w zakresie od 1 do 10000 ng/g [31].

Przeprowadzono również szereg badań laboratoryjnych skupiających się na zdolnościach adsorpcyjnych mikroplastików w stosunku do zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. w przypadku akumulacji fenantrenu na powierzchni mikroplastików dokonano oceny współczynników adsorpcji ( $K_d$ ) stosując modelowanie w stanie równowagi dla wielu tworzyw sztucznych w naturalnych osadach i wodzie morskiej [32]. Wykazano, iż fenantren wykazuje zdolność do akumulacji na powierzchni małych cząstek tworzywa sztucznego, zwłaszcza na polietylenie (PE), charakteryzującym się rozległymi porami.

Ponadto, gdy warunki środowiskowe są odpowiednie fenantren chętniej akumuluje się na powierzchni mikroplastików niż osadów. Jednakże, jeśli zanieczyszczone drobiny mikroplastików wejdą w bezpośredni kontakt z czystym niezanieczyszczonym osadem, wówczas ma miejsce desorpcja fenantrenu z powierzchni tworzywa sztucznego do materii organicznej zawartej w osadzie. Proces odbywa się na zasadzie gradientu stężeń.

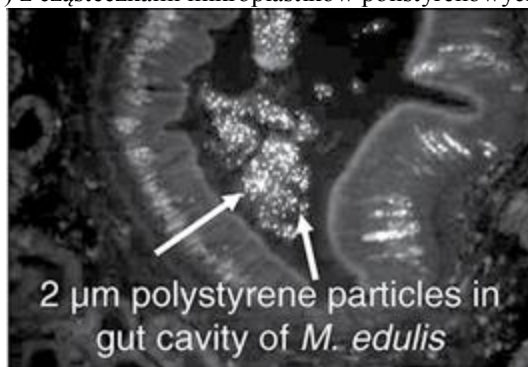
Zbadano także wpływ stanu fizycznego mikroplastików na ich zdolność do akumulacji zanieczyszczeń. Udowodniono, iż mikroplastiki wykazujące zmiany fizyczne w postaci „żółknięcia” zawierają większe stężenia PCB na swojej powierzchni. „Żółknięcie” jest procesem następującym w wyniku utlenienia dodatków fenolowych obecnych w strukturze mikroplastików do produktów degradacji chinonów. Ponadto, efekt ten stanowi wskaźnik czasu przebywania odpadowych tworzyw sztucznych w środowisku. Na podstawie wyżej wymienionych wniosków zaproponowano metodę monitoringu środowiska pod kątem obecności użytkowych odpadów polimerowych. System zwany z języka angielskiego „*Pellet Watch*” bazował na analizie żółknięcia polietylenowych odpadów jako wskaźnika zanieczyszczenia wybrzeża przez hydrofobowe związki [33]. System ten został rozpowszechniony na skalę globalną pod nazwą „*International Pellet Watch*”, a lokalnie działający wolontariusze zbierają z plaż próbki użytkowych odpadów polimerowych. Następnie zebrane próbki są przesyłane do Uniwersytetu w Tokio, gdzie poddawane są analizie na zawartość HOC. Podczas trwania projektu przebadanych zostało 27 próbek zebranych przez wolontariuszy w 16 krajach. Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono, iż najwyższe stężenia PCB występowały w próbkach pobranych na wybrzeżach USA, konkretnie w San Francisco, Los Angeles oraz Bostonie. Następnie, wysoki poziom stężenia zanieczyszczeń charakteryzował próbki pochodzące z wybrzeży Japonii oraz Europy, w tym Holandii, Wielkiej Brytanii oraz Włoch. Znacznie mniejsze zawartości PCB wykryto w próbkach pobranych z Australii, tropikalnej części Azji oraz Południowej Afryki. Otrzymane wyniki są ściśle skorelowane z przemysłowym wykorzystaniem polichlorowanych bifenyli PCB w tych regionach świata [34].

Poza adsorpcją zanieczyszczeń w postaci substancji organicznych mikroplastiki są także zdolne do akumulacji jonów metali. Przeprowadzono doświadczenie, które miało na celu ocenę zdolności odpadowych tworzyw sztucznych do sorpcji zanieczyszczeń nieorganicznych. Niezanieczyszczone, nieprzetworzone plastiki zostały umieszczone w trzech lokalizacjach na terenie Zatoki San Diego (USA) na różny okres czasu 1, 3, 6, 9 oraz 12 miesięcy. Następnie, po zadanym czasie pobrano próbki materiałów oraz zbadano stężenie jonów Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cd i Pb w próbkach poli(tereftalanu etylenu) (PET), polietylenu o dużej (HDPE) oraz niskiej gęstości (LDPE), polipropylenu (PP) oraz poli(chlorku winylu) (PVC). Zakres stężeń badanych metali mieścił się w granicach  $10^{-1}$  do  $10^5$  ng/g [35]. W przeciwieństwie do zanieczyszczeń organicznych, akumulacja metali na mikroplastikach nie jest ściśle tak związana z rodzajem polimeru [36]. Wykazano jedynie, iż HDPE charakteryzuje się znacznie mniejszymi zdolnościami sorpcyjnymi niż reszta materiałów, w stosunku do jonów chromu, niklu, cynku, kadmu oraz ołowiu. Jednakże, ten sam materiał charakteryzuje się największą pojemnością adsorpcyjną w stosunku do PCB, w porównaniu z pozostałymi

polimerami. Warty podkreślenia jest wniosek wspólny zarówno w przypadku zanieczyszczeń organicznych jak i nieorganicznych. Mianowicie, im dłużej dany odpad polimerowy przebywa w zanieczyszczonych wodach tym stopień akumulacji szkodliwych substancji rośnie [37]. W przypadku badań modelowych stan równowagi adsorpcyjnej jest osiągany wolniej niż w warunkach naturalnych w wodzie morskiej [38].

#### 4. Wpływ mikroplastików na organizmy wodne

Biorąc pod uwagę małe rozmiary mikroplastików ich oraz obecność w strefie bentonicznej oraz pelagicznej prawdopodobieństwo ich skonsumowania przez organizmy wodne jest wysokie [39]. Ponadto, strefy te charakteryzują się jednoczesnym występowaniem mikroplastików, zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych oraz zwierząt wodnych, stąd ich wzajemne interakcje są nieuniknione. Udowodniono, że morskie organizmy takie jak bezkręgowce, zooplankton oraz larwy szkarłupni są zdolne do połknięcia mikroplastików [40-42]. Poniższy Rysunek 4 przedstawia zdjęcie mikroskopowe *Mytilusedulis* (Omulek jadalny) z cząsteczkami mikroplastików polistyrenowych w żołądku.



Rysunek 4. *Mytilusedulis* (Omulek jadalny) z cząsteczkami mikroplastików polistyrenowych w żołądku [40]

Ze względu na ważną rolę w sieci troficznej ekosystemów wodnych badany był również wpływ spożywanego mikroplastików na stan zdrowia ptaków. Jednym z zastosowanych organizmów testowych był *Gallus domesticus* (Kura domowa) [43]. Wyniki wskazują, że spożywanie tworzyw sztucznych spowodowało u badanego organizmu zmniejszenie objętości żołądka wskutek akumulacji mikroplastików, a co za tym idzie wielkości przyjmowanych posiłków [43]. Kolejne szkodliwe efekty były związane ze zmniejszeniem bodźca łaknienia, poziomu hormonów steroidowych, blokowaniem enzymów sekrecyjnych żołądka, opóźnieniem cyklu owulacyjnego, w konsekwencji zmniejszeniem reprodukcji [44].

Dowodzono, iż mikroplastiki pełnią rolę medium do przenoszenia zanieczyszczeń nieorganicznych oraz organicznych w kierunku organizmów żywych. Połknięcie małych drobin tworzyw sztucznych z zanieczyszczeniami nagromadzonymi na ich powierzchni przez organizmy wodne, niesie ze sobą ryzyko

desorpcji chemikaliów z powierzchni plastiku do wnętrza organizmu. Prowadzono eksperyment, którego nadrzędnym celem była ocena prawdopodobieństwa przeniknięcia zanieczyszczeń z powierzchni mikroplastików podczas kontaktu z żywymi tkankami wodnej fauny. Jako organizm testowy zastosowano *Arenicola marina* (Piaskówka). Analizowano cztery rodzaje zanieczyszczeń organicznych, tj. fenantren, PBDE, triklosan i nonylofenol naniesione na powierzchnię PVC. Czas kontaktu badanego organizmu z osadami zawierającymi 5% dawkę zanieczyszczonych tworzyw sztucznych wynosił maksymalnie 10 dni. Pozadany czasie stężenie badanych substancji organicznych w tkankach *Arenicola marina* było znacznie wyższe niż w osadach. Stanowiło to potwierdzenie, że mikroplastiki mogą działać jako nośniki dla zanieczyszczeń organicznych [45]. Późniejsze badania Teutena na tym samym organizmie, *Arenicola marina*, potwierdziły wcześniej otrzymane wyniki, iż fenantren obecny na powierzchni mikroplastików po ich spożyciu może być uwalniany z ich powierzchni i nagromadzany w tkankach organizmu żywego [32]. Konsekwencją osiągnięciaprzez organizm stanu równowagi z otaczającym je środowiskiem jest akumulacja w tkankach zanieczyszczeń przenoszonych na powierzchni mikroplastików. Doskonałym sposobem na oszacowanie obciążenia zanieczyszczeniami organizmów żywych jest oznaczanie stężenia zanieczyszczeń w stanie równowagi między lipidami zwierzęcymi a otaczającym je środowiskiem [46]. Powyżej wspomniana metoda jest szeroko stosowana w celu wyjaśnienia zjawiska akumulacji zanieczyszczeń nieorganicznych i organicznych w tkankach organizmów glebowych oraz osadowych [47].

## 5. Wnioski

Niniejsza praca skupia się na stale rosnącej ilości mikroplastików w środowisku wodnym oraz ich negatywnym wpływie na organizmy żywe. Zanieczyszczenie cząstkami tworzyw sztucznych stało się poważnym problemem środowiskowym, który osiągnął już skalę globalną. Intensywna produkcja tworzyw sztucznych jednorazowego użytku jest główną przyczyną tej sytuacji. Nieprawidłowy sposób składowania odpadowych tworzyw sztucznych, np. na niekontrolowanych wysypiskach śmieci, prowadzi do transferu tych materiałów do środowiska naturalnego. Ponadto, wskutek przemian zachodzących w strukturze polimerów pod wpływem zróżnicowanych warunków środowiskowych pogłębiają się ich zdolności do akumulacji zanieczyszczeń. Udowodniono, że tworzywa sztuczne w środowisku wodnym pełnią rolę nośników zanieczyszczeń zarówno organicznych jak i nieorganicznych. W świetle tych doniesień, niepokój budzą także dane dotyczące identyfikacji mikroplastików w przewodach pokarmowych zwierząt morskich, które w tym przypadku stanowią swoisty transporter akumulowanych zanieczyszczeń do organizmów żywych.

Biorąc pod uwagę fakt, iż oczyszczenie wód morskich i oceanicznych z mikroplastików jest niemalże niemożliwe, eksperymenty prowadzone w przyszłości powinny dostarczać szczegółowych informacji na temat czynników warunkujących przenoszenie, akumulację i degradację mikroplastików. Ponadto, istotną kwestią stanowi dokładne określenie źródeł tworzyw sztucznych

w ekosystemach wodnych. Ważnym aspektem podejmowanych w przyszłości badań powinno być ograniczenie lub nawet wyeliminowanie źródeł cząstek tworzyw sztucznych w tych ekosystemach. Informacje dotyczące zdolności do akumulacji zanieczyszczeń zarówno organicznych jak i nieorganicznych, ich uwalniania w kontakcie z żywymi tkankami, a w końcu ich wpływu na organizmy wciąż są skąpo opisane w literaturze. Luki w wiedzy dotyczące tego zagadnienia powinny być uzupełnione jak najszybciej, aby zatrzymać ekspansję mikroplastików w środowisku wodnym i cofnąć negatywne skutki ich oddziaływania.

## Literatura

1. Plastic-Europe, APME, Analysis of Plastics Production, Demand and Recovery in Europe; Association of Plastic Manufacturers: Brussels, 1-20 (2006)
2. Barnes D.K.A., Galgani F., Thompson R.C., Barlaz M., *Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments*, Philosophical Transactions of the Royal Society B- Biological Sciences, 364 (2009) 1985-1998
3. Davidson T.M., *Boring crustaceans damage polystyrene floats under docks polluting marine waters with microplastic*, Marine Pollution Bulletin, 64 (2012) 1821-1828
4. Browne M.A., Crump P., Niven S.J., Teuten E., Tonkin A. et al., *Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks*, Environmental Science Technology 45 (2011) 9175- 9179
5. MCS, Beachwatch 2005 – The 13th Annual Beach Litter Survey, Marine Conservation Society: Ross-on-way, UK, Herefordshire, 150 (2006)
6. Ryan P.G., Moore C.J., van Franeker J.A., Moloney C.L., *Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment*, Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 364 (2009) 1999-2012
7. Moore C.J., Moore S.L., Weisberg S.B., Lattin G.L., Zellers A.F., *A comparison of neustonic plastic and zooplankton abundance in southern California's coastal waters*, Marine Pollution Bulletin 44 (2002) 1035-1038
8. Lattin G.L., Moore C.J., Zellers A.F., Moore S.L., Weisberg S.B., *A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore*, Marine Pollution Bulletin, 49 (2004) 291-294
9. Sivan A., *New perspectives in plastic biodegradation*, Current Opinion in Biotechnology 22 (2011) 422-426
10. Gregory M.R., *Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences 364 (2009) 2013-2025
11. Andrady A. L., *Microplastics in the marine environment*, Marine Pollution Bulletin 62 (2011) 1596-1605
12. Arthur C., Baker J., Bamford H., *Proceedings of the International research workshop on the Occurrence, effects and fate of micro – plastic marine debris*, sept, 9 – 11, NOAA Technical Memorandum NOS – OR&R – 30 (2009)

13. Barnes D. K. A., Walters A., Goncalves L., *Macroplastics at sea around Antarctica*, Marine Environmental Research 70 (2010) 250-252
14. Betts K., *Does a key PBDE break down in the environment?* Environmental Science Technology 42 (2008) 8995
15. Doyle M. J., Watson W., Bowlin N. M., Sheavly S.B., *Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean*, Marine Environmental Research 71 (2011) 41-52
16. Andrady A. L., Neal M. A., *Applications and societal benefits of plastics*, Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 364 (2009) 1977-1984,
17. Ryan P. G., Moore C., Franeker J. A., Moloney C. L., *Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment*, Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 364 (2009) 1999-2012
18. Browne M. A., Galloway T., Thompson R., *Microplastic — An Emerging Contaminant of Potential Concern?*, Intergrated Environmental Assessment and Management 3 (2007) 559-561
19. Classens M., Meester S. D., Landuyt L. V., Clerck K. D., Janssen C. R., *Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast*. Marine Pollution Bulletin 62 (2011) 2199-2204
20. Costa M., Ivar do Sul J., Silva-Cavalcanti J., Araújo M., Spengler Â., Tourinho P., *On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach*, Environmental Monitoring Assessment 168 (2010) 299- 304,
21. Lozano R. L., Mouat J., *Marine Litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and Priorities for Response*, KIMO International (2009)
22. Rios L. M., Moore C., Jones P. R., *Persistent organic pollutants carried by Synthetic polymers in the ocean environment*. Marine Pollution Bulletin 54 (2007) 1230-1237, (2007)
23. Thompson R. C., *Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions*, Krause J. C., Nordheim H., Bräger S. (Eds.), Marine Nature Conservation in Europe, Federal Agency for Nature Conservation, Stralsund, Germany, 107-115, (2006)
24. Browne M. A., Galloway T., Thompson R., *An ecological experimental framework for investigating and managing discharges from buildings using seawater as a coolant*, Intergrated Environmental Assessment and Management 3 (2007) 457-465
25. Thompson R. C., Moore C., Andrady A., Gregory M., Takada H., Weisberg S., *New directions in plastic debris*, Science, 1117b, (2005)
26. Betts K., *Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans*, Environmental Science Technology 42 (2008) 8995
27. Ng K. L., Obbard J. P., *Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment*, Marine Pollution Bulletin 52 (2006) 761-767
28. Teuten E. L., Saquing J. M., Knappe D. R. U., Barlaz M. A., Jonsson S., Björn A., Rowland S. J., Thompson R. C., Galloway T. S., Yamashita R., Ochi D., Watanuki Y., Moore C., Viet P. H., Tana T. S., Prudente M., Boonyatumanond R., Zakaria M. P., Akkhavong K., Ogata Y., Hirai H., Iwasa

- S., Mizukawa K., Hagino Y., Imamura A., Saha M., Takada H., *Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife*. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 364 (2009) 2027-2045
29. Mato Y., Isobe T., Takada H., Kanchiro H., Obtake C. et al., *Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment*, Environmental Science & Technology 35 (2001) 318-324
30. Frias J. P. G. L., Sobral P., Ferreira A. M., *Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast*, Marine Pollution Bulletin 60 (2010) 1988-1992
31. Hirai H., Takada H., Ogata Y., Yamashita R., Mizukawa K., Saha M., Kwan C., Moore C., Gray H., Laursen D., Zettler E. R., Farrington J. W., Reddy C. M., Peacock E. E., Ward M. W., *Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches*, Marine Pollution Bulletin 62 (2011) 1683-1692
32. Teuten E. L., Rowland S. J., Galloway T. S., Thompson R. C., *Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants*, Environmental Science Technology 41 (2007) 7759-7764
33. Endo S., Takizawa R., Okuda K., Takada H., Chiba K., Kanehiro H., Ogi H., Yamashita R., Date T., *Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: variability among individual particles and regional differences*, Marine Pollution Bulletin 50 (2005) 1103-1114
34. Erickson M. D., Analytical Chemistry of PCBs. Boca Raton, CA: Lewis Publisher (1997)
35. Tien C., Chen C. S., *Patterns of Metal Accumulation by Natural River Biofilms During Their Growth and Seasonal Succession*, Arch. Environmental Contamination and Toxicology 64 (2013) 605-616
36. Decho A. W., *Microbial biofilms in intertidal systems: an overview*, Continental Shelf Research 20 (2000) 1257-1273
37. Rochman C. M., Hoh E., Hentschel B. T., Kaye S., *Long-Term Field Measurement of Sorption of Organic Contaminants to Five Types of Plastic Pellets: Implications for Plastic Marine Debris*. Environmental Science & Technology 47 (2013) 1646-1654
38. Fischer A. C., Kroon J. J., Verburg T. G., Teunissen T., Wolterbeek H. T., *On the relevance of iron adsorption to container materials in small-volume experiments on iron marine chemistry: 55Fe-aided assessment of capacity, affinity and kinetics*, Marine Chemistry 107 (2007) 533-546
39. Thompson R., Moore C., vom Saal F. S., Swan S. H., *Our plastic age*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences 364, 2153-2166, (2009a)
40. Bolton T. F., Havenhand J. N., *Physiological versus viscosity-induced effects of an acute reduction in water temperature on microsphere ingestion by trochophore larvae of the serpulid polychaete Galeolaria caespitosa*, Journal of Plankton Research 20 (1998) 2153-2164

41. Brillant M., Mac Donald B., *Postingestive selection in the sea scallop, Placopecten magellanicus (Gmelin): the role of particle size and density*, Marine Biology 141, (2002) 457-465
42. Hart M. W., *Particle captures and the method of suspension feeding by echinoderm larvae*, Biological Bulletin 180 (1991) 12-27
43. Ryan P. G., *Effects of ingested plastics on seabirds: correlation plastics load and body condition*, Marine Pollution Bulletin 19 (1988) 125-128
44. Azzarello M. Y., Van-Vleet E. S., *Marine birds and plastic pollution*, Marine Ecology-Progress Series 37 (1987) 295-303
45. Thompson R. C., Olsen Y., Mitchell R. P., Davis A., Rowland S. J., John A. W. G., McGonigle D., Russell A. E., *Lost at Sea: Where Is All the Plastic?* Science 304, 838-838 (2004)
46. Di Toro D. M., Zarba C. S., Hansen D. J., Berry W. J., Swartz R. C., Cowan C. E., Pavlou S. P., Allen H. E., Thomas N. A., Paquin P. R., *Technical basis of establishing sediment quality criteria for nonionic chemicals using equilibrium partitioning*, Environmental Toxicology and Chemistry 10 (1991) 1541-1583
47. European Chemicals Bureau, Technical guide document on risk assessment, Institute for Health and Consumer Protection (2003)

## **Wpływ mikroplastików na rozwój ekosystemów wodnych**

### Streszczenie

Pomimo prób zagospodarowania użytkowych plastików znaczna ich część trafia do środowiska naturalnego, w tym do ekosystemów wodnych. Badania wskazują, iż 10% z wyprodukowanej ilości tworzyw sztucznych trafia do mórz i oceanów, gdzie ulega akumulacji. Zagadnienie to jest szczególnie istotne ze względu, iż plastiki unoszące się w toni wodnej mogą stać się pożywieniem dla zwierząt powodując ich zranienie, a także śmierć. W tym przypadku największe niebezpieczeństwo związane jest z obecnością mikroplastików w wodach, które powstają z rozpadu makroplastików, najczęściej pod wpływem promieniowania ultrafioletowego. Ich skład oraz duża powierzchnia właściwa ułatwiają sorpcję zanieczyszczeń zarówno organicznych oraz nieorganicznych na ich powierzchni czyniąc je jeszcze bardziej niebezpiecznymi dla organizmów wodnych.

W pracy przedstawiono właściwości oraz źródła mikroplastików w ekosystemach wodnych. Ponadto, omówiono zdolności tychże materiałów do powierzchniowej akumulacji zanieczyszczeń oraz określono wpływ mikroplastików na wodną faunę.

Słowa kluczowe: mikroplastiki, środowiskowodne

## **The influence of microplastics on the development of aquatic ecosystems**

### Abstract

Despite of developing of post-consumer plastics applications much of it goes to the environment, including aquatic ecosystems. Research presents that 10% of the total amount of produced plastics entering to the seas and oceans, where are accumulated. This issue is particularly relevant given that the plastic floating in the water can be mistaken with food by the animals, causing them injury, and moreover death. In this case, the greatest danger is associated with the presence of microplastics in the waters, which are generated from the decomposition of macroplastics, usually under the ultraviolet radiation. Their composition



and a large surface area facilitate the sorption of organic and inorganic contaminants on the surface what makes more dangerous to aquatic organisms.

This paper presents the characteristics and sources of microplastics in aquatic ecosystems. In addition, the ability of these materials to surface accumulation of pollutants is discussed. Moreover, the influence of microplastics on aquatic organisms is determined.

Keywords: microplastics, aquatic environment

## Nutrigenetyka i nutrigenomika w hodowli i produkcji trzody chlewnej

### 1. Wstęp

Obserwowany w ostatnich latach postęp w badaniach naukowych wskazuje na konieczność interdyscyplinarnego podejścia do analizowanych zagadnień. Na przełomie XX i XXI w. nastąpił znaczący rozwój dyscyplin łączących nauki o żywności i żywieniu z biologią molekularną tj. nutrigenetyki oraz nutrigenomiki.

Pierwsze publikacje na temat nutrigenomiki pojawiły się na początku lat 90. XX w. Badania te dotyczyły przede wszystkim zależności pomiędzy gospodarką tłuszczową a genomem określonych organizmów w aspekcie chorób układu krążenia, otyłości oraz nowotworów złośliwych. W 2004 r. powstała Europejska Organizacja Nutrigenomiki (NuGO) skupiająca partnerów z organizacji badawczych, uniwersytetów oraz małych i średnich przedsiębiorstw z czternastu europejskich krajów. Celem organizacji jest ułatwienie dostępu do postnowoczesnych technologii w naukowych badaniach nad żywnością i odżywianiem oraz integracja genomiki, nauk o żywieniu i badań w dziedzinie zdrowia [1].

Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) zdrowie to stan pełnego dobrostanu fizycznego, psychicznego i społecznego, a nie tylko brak choroby czy kalectwa. Oznacza to, że w kwestiach zdrowia nie należy koncentrować się na chorobach i próbach ich zwalczania, ale raczej skupiać na profilaktyce np. stosując odpowiednie żywienie [2, 3]. Trend ten znajduje również odzwierciedlenie w hodowli zwierząt gospodarskich. Zdrowotność stada utrzymywana na wysokim poziomie pozwala na wykorzystanie potencjału genetycznego zwierząt, a w konsekwencji na osiągnięcie zysku ekonomicznego [4, 5, 6]. Prawidłowe żywienie warunkuje pełne wykorzystanie potencjalnych, genetycznie uwarunkowanych możliwości optymalnego rozwoju fizycznego zwierząt, a jednocześnie zapewnia zachowanie homeostazy ustrojowej. Ponadto stosowanie odpowiednich składników żywieniowych może wpływać na cechy określonego organizmu. W przeprowadzonych badaniach doświadczalnych wykazano, że suplementacja diety kwasem foliowym, betainą, choliną lub genisteiną wpłynęła na zmianę umaszczenia potomstwa myszy, zmniejszając również ryzyko otyłości, cukrzycy i nowotworów

---

<sup>1</sup> d.iwon.lublin@gmail.com, Sekcja Hodowli i Biotechnologii Świń, KN Biologów i Hodowców Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>2</sup> marek.babicz@up.lublin.pl, Katedra Hodowli i Technologii Produkcji Trzody Chlewnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup> kingakropiwiec@gmail.com Katedra Hodowli i Technologii Produkcji Trzody Chlewnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>4</sup> karolina.kasprzak@onet.pl Karolina Kasprzak Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła

[7]. W wielu badaniach z zakresu nutrigenetyki i nutrigenomiki wykazano, że niedobory kwasu foliowego, witaminy B12 i B6 odpowiadają za występowanie raka jelit, chorób serca i dysfunkcji mózgu. Niedobór witaminy E sprzyja zwiększeniu ryzyka wystąpienia raka jelita i chorób serca, upośledza odporność. Niedobór witaminy C może skutkować zaćmą i nowotworami, do których również predysponuje niedobór żelaza i cynku [8, 9, 10, 11].

## 2. Nutrigenetyka i nutrigenomika

### 2.1. Nutrigenetyka w hodowli trzody chlewnej

Uzyskane dotychczas informacje w zakresie nutrigenetyki człowieka znajdują coraz szersze zastosowanie w hodowli zwierząt gospodarskich. Dane te stanowią źródło informacji zarówno dla producentów jak i hodowców pozwalając na wykorzystanie genetycznego potencjału zwierząt przy zastosowaniu odpowiedniego żywienia. Obszarem zainteresowań nutrigenetyki są reakcje organizmu na składniki diety i ich powiązanie z polimorfizmami typu SNP (ang. *single nucleotide polymorphism*). Celem nauki badań z tego zakresu jest uzyskanie modelu żywienia dostosowanego indywidualnie do każdego zwierzęcia w zależności od genotypu, warunkowanego ułożeniem zasad w łańcuchu DNA oraz mutacjami powodującymi zmiany w jego obszarze (tzw. mutacje punktowe) [12]. Na podkreślenie zasługuje fakt, że różnice osobnicze w obrębie *Homo Sapiens* wynoszą ok. 0,01% (spośród sekwencji 3 miliardów par zasad tworzących DNA człowieka), co okazuje się wystarczające do posiadania charakterystycznych cech jednostkowych. Zbliżony zakres zanotowano u poszczególnych gatunków zwierząt gospodarskich [13, 14, 15].

Polimorfizm pojedynczych nukleotydów (SNP) obserwowany jest w regionach promotorowych licznych genów. Polimorfizm ten skutkuje wewnątrzosobniczymi różnicami w ilości produkowanego białka, ma więc wpływ na aktywność transkrypcyjną genów. Inne SNP mogą wpływać na zmiany zarówno funkcjonalne, jak i strukturalne genów [16].

Badania z zakresu nutrigenetyki mają na celu również uzyskanie informacji, jak chromosomowy określony genotyp, w restrykcji wybranych składników odżywczych, reaguje na podatność na czynniki stresu- i chorobotwórcze [17].

Odpowiednio dobrane żywienie może nie tylko modyfikować aktywność genów, np. zmniejszając wrażliwość zwierzęcia na stres, ale wykorzystaniu wpływając na potencjał genetyczny zwierzęcia utrzymać lub też zwiększyć jego produktywność. W tym aspekcie istotnym elementem są badania polimorfizmu oraz ekspresji genów, uznanych za ważne z ekonomicznego punktu widzenia oraz markerów pozwalających na ocenę zmienności genetycznej danego gatunku zwierząt gospodarskich [11].

### 2.2. Nutrigenomika w hodowli zwierząt gospodarskich

Celem badań nutrigenomicznych jest analiza różnic w regulacji ekspresji genów przez poszczególne składniki diety. Pozwala to zrozumieć, jak odżywianie wpływa na ogólną homeostazę organizmu i jego zdrowie [17]. Identyfikuje

ponadto zależność przemian metabolicznych organizmu od dostarczonych składników pokarmowych [18]. Wykazano, że określone składniki paszy np. kwas foliowy, metionina czy też selen mogą modyfikować poziom aktywności transkrypcyjnej poprzez regulację stopnia metylacji DNA [19]. Skutkami zaburzeń tego procesu są hiper- lub hipometylacja. Niewłaściwy przebieg procesów transkrypcji i translacji zakłóca uaktywnianie lub wyciszanie odpowiednich genów [20]. Poza dietą na poziom metylacji DNA mają wpływ również czynniki środowiskowe. Właściwa podaż składników do organizmu pozwala na odpowiednią regulację procesów metabolicznych już na poziomie molekularnym. Składniki pokarmowe oraz substancje bioaktywne dostarczane do organizmu mogą podlegać różnym przemianom metabolicznym w zależności od występującego polimorfizmu. Niezależnie natomiast od sposobu metabolizmu składniki te mogą działać na dwóch płaszczyznach procesu ekspresji genów. Wpływają na represję lub aktywację procesu transkrypcji poprzez regulację struktury chromatinu lub też jako czynniki transkrypcyjne, regulujące bezpośrednio aktywność receptorów jądrowych oraz w sposób pośredni poziom transkrypcji genów kontrolowanych przez receptory [21].

### **2.3. Substancje bioaktywne wykorzystywane w żywieniu zwierząt gospodarskich**

Wykorzystanie nutrigenetyki, jak i nutrigenomiki w żywieniu zwierząt gospodarskich jest wielopłaszczyznowe. Istotne jest poszukiwanie powiązań z innymi dziedzinami, jak np. epigenetyką opisującą oddziaływanie czynników środowiskowych na organizm zwierzęcia np. żywienia. Wiele badań naukowych dowodzi o wpływie bioaktywnych składników dawki pokarmowej na funkcjonowanie genów oraz szlaków metabolicznych.

Zgodnie z definicją podaną przez [22] związki bioaktywne to podstawowe składniki odżywcze (np. białka) lub związki nieodżywcze (np. polifenole) występujące naturalnie w surowcu lub w produkcie poddanym procesowi technologicznemu (produkty reakcji Maillarda), które mogą wzmacniać, osłabiać lub modyfikować funkcje fizjologiczne i metaboliczne organizmu. Nowym trendem w badaniach zootechnicznych jest suplementacja paszy w fitogeniczne dodatki paszowe. Są to związki pochodzenia roślinnego, stosowane w celu poprawy zdrowotności i produktywności zwierząt, lepszego wykorzystania paszy poprzez poprawę funkcjonowania układu pokarmowego oraz ograniczenia ich podatności na stres [23]. Zaobserwowano również wpływ składu dawki pokarmowej na jakość sensoryczną i dietetyczną produktów pochodzenia zwierzęcego [24, 25].

Lepszy efekt produkcyjny uzyska się jeżeli dodatki roślinne wykorzystywane w suplementacji paszy zastaną dobrane do określonego gatunku zwierząt ich płci i wieku oraz kierunku produkcji [26]. Dodawane do paszy preparaty roślinne zawierają wiele substancji biologicznie czynnych o pozytywnym wpływie na organizm zwierzęcy m.in. związki aromatyczne, alkaloidy, glikozydy, fitosterole, saponiny, gorycze, garbniki, olejki eteryczne i terpeny [27] (Tabela 1).

Zaburzenia homeostazy organizmu prowadzące do słabszych efektów produkcyjnych, obniżonej odporności na stres i choroby zachodzą na skutek

niedoboru składników pokarmowych. Ich brak w organizmie powoduje destabilizację genomu oraz uszkodzenia struktury łańcucha DNA. Występujące w paszy składniki odżywcze, mineralne, witaminy oraz inne substancje mogą więc modyfikować transkrypcję oraz translację indukując specyficzną odpowiedź immunologiczną, istotną w przebiegu procesu chorobowego. Przykładem jest niedobór kwasu foliowego czy też żelaza prowadzący do pęknięć helisy DNA, niedobór Ca – do pęknięć chromosomów, brak witaminy C, E lub cynku – powodujący utlenianie zasad azotowych, oraz choliny i magnezu – uszkodzenia DNA [21]. Ponadto, jak podaje [9] bioaktywne składniki diety mogą wpływać na procesy naprawy DNA i stabilność genomu. Wpływ wybranych składników diety na funkcjonowanie genomu przedstawiono w tabeli 2 [28, 29, 30, 31].

Jedną z substancji o udowodnionym wpływie na organizm są kwasy tłuszczowe. Jak podają Deckelbaum i Worgall [33] te aktywne biologicznie czynniki związki spełniają w organizmie szereg funkcji: biorą udział w acylacji i sortowaniu białek, aktywacji enzymów, receptorów błonowych, tworzeniu odpowiedzi immunologicznej a także wzroście, różnicowaniu i proliferacji komórek. Wolne kwasy tłuszczowe poza pełnieniem funkcji sygnałowych regulują aktywność czynników transkrypcyjnych oraz mają zdolność hamowania lub aktywacji ekspresji pewnych genów [34]. Regulacja ekspresji genów ma związek z długością łańcucha węglowego jak i ilością występujących w nim wiązań podwójnych. Nieprawidłowe funkcjonowanie organizmu np. zaburzenia w przemianach kwasów tłuszczowych może wynikać z nieprawidłowego żywienia [35]. Długołańcuchowe kwasy tłuszczowe z rodziny *n*-3 PUFA (EPA oraz DHA) pośrednio wpływają na poziom ekspresji genów związanych z metabolizmem energii, glukozy oraz lipidów [21]. Ponadto jak dowodzą wyniki badań [35] istnieje wiele czynników transkrypcyjnych regulowanych działaniem kwasów tłuszczowych. Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe wpływają m.in. na poziom ekspresji genu lipazy lipoproteinowej (LPL) [36] oraz apolipoproteiny A1 [37]. Ponadto, LC PUFA *n*-3 odgrywają dużą rolę w przebiegu procesu zapalnego, wywierając wpływ na ekspresję genów odpowiedzialnych za jego powstawanie [38]. Kwasy te oddziałują także na ekspresję genów związanych z metabolizmem lipidów w organizmie (leptyny, rezystyny) [39].

### **3. Podsumowanie**

Nutrigenomika w badaniach zootechnicznych jest nauką interdyscyplinarną łączącą ze sobą bioinformatykę, genetykę, żywienie, biologię molekularną, zootechnikę oraz weterynarię. Bada wpływ składników pokarmowych na komórki oraz tkanki a także homeostazę organizmu, dostarcza informacji o interakcji składników pokarmowych z genomem, ich wpływu na ekspresję genów oraz innych struktur genomu. Wykorzystanie osiągnięć nutrigenomiki w hodowli zwierząt gospodarskich może pozwolić na efektywniejsze wykorzystanie potencjału genetycznego osobników, poprzez suplementację ich paszy składnikami o udowodnionym pozytywnym wpływie na organizm. Wszystkie substancje występujące w żywności (zarówno pochodzenia zwierzęcego jak i roślinnego) wpływają, więc na kierunek ewolucji określonych genów zwierząt gospodarskich.

Tabela 1. Przykład związków biologicznie czynnych, źródeł występowania oraz oddziaływania na organizm zwierzęcy [32]

Grupa związków	Przykłady związków	Źródło	Przykładowe działanie na organizm zwierzęcy	Źródło literaturowe
Fitosterole	betasitosterol stigmasterol kampesterol	olej słonecznikowy, olej rzepakowy, olej lniany, pokrzywa, orzechy	Wprowadzenie 1% dodatku suszu z pokrzywy w żywieniu kurcząt brojlerów wpłynęło na obniżenie poziomu cholesterolu i triglicerydów w surowicy krwi oraz skutkowało większą masą ciała ptaków na koniec tuczu	Safamehr i wsp. (2012)
Flawonoidy	kwercetyna katechiny genisteiny	czarnuszka, siewna, rumianek, czosnek, pietruska, jabłka	Wprowadzenie suszonej pietruszki i nasion czarnuszki siewnej do paszy dla przepiórek korzystnie wpłynęło na nieśność, przyrosty masy ciała, oraz wskaźniki zapłodnienia i wylęgowości	Tahan i Bayram, (2011)
Olejki eteryczne	tymol	czosnek, imbir, olejki z cynamonu i tymianku	Stosowanie w żywieniu prosiąt mieszanki kwasów propionowego, mrówkowego i mlekowego oraz olejków eterycznych ekstrahowanych np. z cytryny i ruty pozwoliło na 10% poprawę przyrostów oraz 8 % poprawę wykorzystania paszy	Peris i Asensio (2002)
Karotenoidy	karoteny (m.in. b-karoten i likopen) oraz ksantofil (m.in. luteina)	marchew, dynia, zielona, pietruska, pomidory	Dodatek do paszy brojlerów kurzych preparatu zawierającego paprykę meksykańską, cynamon oraz oregano, wykazał pozytywny wpływ na jakościowy i ilościowy skład mikroflory jelitowej oraz zdrowie	Gajewska i in. (2009)

Tabela 2. Wpływ wybranych składników diety na funkcjonowanie genomu [28, 29, 30, 31]

Składnik dawki pokarmowej	Występowanie	Wpływ na funkcjonowanie genomu
Cholina	Soja, orzeszki ziemne	Zapobiega uszkodzeniom DNA
Fisetina	Truskawki	Inhibitor metylotransferazy DNA
Galusan epigallockatechiny	Zielona herbata	Inhibitor metylotransferazy DNA (DNMT1)
Genisteina	Soja	Modulator metylacji DNA
Kwas foliowy	Warzywa liściaste (np. szpinak), zboża	Hamuje pęknięcia nici DNA, modulator metylacji DNA
Kwercetyna	Cebula	Inhibitor metylotransferazy DNA
Magnez	Rośliny strączkowe, orzechy laskowe, zboża	Zapobiega uszkodzeniu jądrowego i mitochondrialnego DNA; Bierze udział w naprawie i replikacji DNA
Myricetyna	Winogron, zioła, orzechy włoskie	Inhibitor metylotransferazy DNA
Niacyna	Drożdże, orzechy ziemne, zboża, rośliny strączkowe,	Jest substratem dla enzymu polimerazy poli(ADP)-rybozy – bierze udział w utrzymaniu struktury telomerów
Resweratrol	Winogrona	Aktywator deacetylasy SIRT1
Sulforafan	Brokuł	Inhibitor deacetylasy histonowej (HDAC)
Wapń	Pietruszka, brokuły, kapusta, nasiona roślin strączkowych	Zapobiega pękaniu chromosomów
Witamina C	Dzika róża, czarna i czerwona porzeczka, brukselka,	Hamuje utlenianie zasad nukleinowych
Witamina E	Olej słonecznikowy, olej sojowy, migdały	Hamuje utlenianie zasad nukleinowych, Receptor steroidów i ksenobioyków
Żelazo	Orzechy, warzywa strączkowe, brokuł,	Zapobiega przerwaniu łańcucha DNA

## Literatura

1. NuGO Nutriogenomics Organisation. <http://www.nugo.org> (21.01.2013)
2. Trujillo E., Davis C., Milner J., *Nutriogenomics, Proteomics, Metabolomics, and the Practice of Dietetics*, Journal of the American Dietetic Association 106 (3), 403-413, 2006
3. Adamska E., Ostrowska L., *Nutriogenetyka i nutriogenomika a leczenie otyłości i chorób towarzyszących*, Forum Zaburzeń Metabolicznych 1 (3), 156-167, 2006
4. Truszczyński M., Pejsak Z., *Praktyczne dane o szczepionkach i szczepieniach przeciw chorobom zakaźnym świń*, Część I. Choroby bakteryjne, Życie Weterynaryjne 88 (12), 1014-1018, 2013

5. Straw B., Zimmerman J. J., D'Allaire S., Taylor D. J., *Diseases of swine*. 9<sup>th</sup> edition, Blackwell Publishing, Ames, Iowa, 2006
6. Fairbrother J. M., Gyles C. L.: Colibacillosis. In: Zimmerman J. J., Karriker L. A., Ramirez A., Schwartz K. J., Stevenson G.W. *Diseases of Swine*, Wiley-Blackwell, 723-749, 2012
7. Koziołkiewicz M., *Koncepcje nutrigenomiki*. Biotechnologia 4 (87) 9-34 2009
8. Afman L., Müller M., *Nutrigenomics: from molecular nutrition to prevention of disease*. J Am Diet Assoc., 106, 569-576, 2006
9. Fenech M., El-Sohehy A., Cahill L., Ferguson L. R., French T-A. C., E. Tai S., Milner J., Koh W-P., Xie L., Zucker M., Buckley M., Cosgrove L., Lockett T., Fung K. Y. C., Head A. R., *Nutrigenetics and nutrigenomics: viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice*, J.Nutrigenet. Nutrigenomics, 4(2), 69-89, 2011
10. García-Cañas V., Simó C., León C., Cifuentes A. *Advances in Nutrigenomics research: Novel and future analytical approaches to investigate the biological activity of natural compounds and food functions*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 51 (2), 290-304, 2010.
11. Ghormade V., Khare A., Baghel R. P. S., *Nutrigenomics and its applications in animal science*, Vet. Res. Forum, 2/3, 147-155, 2011
12. Babicz M. (red.) *Chów i hodowla świń*, Wydawnictwo UP w Lublinie, 168-203, 2014
13. Chen, K., Baxter, T., Muir, W. M., Groenen, M. A. & Schook, L. B., *Genetic resources, genome mapping and evolutionary genomics of the pig (Sus scrofa)*, Int. J. Biol. Sci. 3, 153-165, 2007
14. Rubin C. J., Zody M. C., Eriksson J., Meadows J. R. S, Sherwood E., Webster M. T., Jiang L., Ingman M., Sharpe T., Ka S., Hallböök F., Besnier F., Carlborg Ö., Bed'hom B., Tixier-Boichard M., Jensen P., Siegel P., Lindblad-Toh K., Andersson L., *Whole-genome resequencing reveals loci under selection during chicken domestication*, Nature 464, 587-591, 2010
15. Larson G. Burger J., *A population genetics view of animal domestication*, Trends Genet. 29, 197-205, 2013
16. Johnson J. T., Bielshaw N. J., *Environment, diet and CpG island methylation: epigenetic signals in gastrointestinal neoplasia*, Food Chem Toxicol., 46, 1346-1359, 2008
17. Lao-Villadónig José I., Malinverni R., Castán P., *New genetic analysis for nutritional status: DietChip, towards a personalized diet. [W:] Approaches to Aging Control Medicina Antienvjecimiento*, Journal of Spanish Society of Anti-Aging Medicine and Longevity. SEMAL 13, 8-11, 2009
18. Chadwick R. *Nutrigenomics, individualism and public health*, Proceedings of the Nutrition Society, 63,161-166, 2004
19. Fenech M. *Genome health nutrigenomics and nutrigenetics – diagnosis and nutritional treatment of genome damage on an individual basis*, Food Chem. Toxicol., 46, 1365-1370, 2008
20. Moss T. J., Wallrath L. L. *Connections between epigenetics gene silencing and human disease*, Mutat. Res., 618, 163-174, 2007
21. Pieszka M., Pietras M. P. *Nowe kierunki w badaniach żywieniowych – nutrigenomika*, Roczn. Nauk. Zoot., 37, 2, 83-103, 2010



22. Biesalski H. K., Dragsted L. O., Elmadfa I., Grossklaus R., Müller M., Schrenk D., Weber P. *Bioactive compounds: definition and assessment of activity*, Nutrition, 25, 11, 1202-1205, 2009
23. Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A., *Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry*. Journal of Animal Science 86, 140-148, 2008
24. Karwowska M. *Wpływ zastosowania ekstraktu lucerny w żywieniu świń na barwę mięsa*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5, 60, 282-288, 2008
25. Grela E. R., Pietrzak K., Sobolewska S., Witkowski P. *Effect of inulin and garlic supplementation in pig diets*, Annals of Animal Science, 13, 1, 63-71, 2013
26. Czech A., Kowalczyk E., Grela E.R., *The effect of a herbal extract used in pig fattening on the animals' performance and blood components*, Annales UMCS, Sect. EE, 2, 25-33, 2009
27. Kowalczyk-Vasilev, Matras J., *Zioła w żywieniu zwierząt – funkcje, mechanizm działania*, [http://www.rsi2004.lubelskie.pl/doc/sty5/art/Kowalczyk-Vasilev\\_E\\_art.pdf](http://www.rsi2004.lubelskie.pl/doc/sty5/art/Kowalczyk-Vasilev_E_art.pdf)
28. Ames B. N., *Low micronutrient intake may accelerate the degenerative diseases of aging through allocation of scarce micronutrients by triage*, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 103, 17589-17594, 2006
29. Dashwood R. H., Myzak M. C., Ho E., *Dietary HDAC inhibitors: time to rethink weak ligands in cancer chemoprevention*. Carcinogenesis, 27, 344-349, 2006
30. Ferguson L.vR., Philpott M., *Nutrition and Mutagenesis*, Annual Rev. Nutr., 28, 313-329, 2008
31. Kaput J., Rodriguez R., *Nutritional Genomics: Discovering the Path to Personalized Nutrition*, New York: Wiley & Sons, 2006
32. Kopczyńska E., *Substancje biologiczne czynne w mieszankach paszowych dla drobiu*, Hodowca Drobiu, 5, 2013
33. Deckelbaum R. J., Worgall T. S., Seo T., *N – 3 fatty acids and gene expression*. Am. J. Clin. Nutr., 83, 1520-1525, 2006
34. Jump D. B., *Fatty acid regulation of gene transcription*, Crit. Rev. Clin. Lab. Sci., 41, 4278, 2004
35. Weymann M., Schneider R., *Lipid signalling in disease*. Nature, 9, 162-179, 2008
36. Michaud S. E., Renier G., *Direct regulatory effect of fatty acids on macrophage lipoprotein lipase: potential role of PPARs*. Diabetes, 50, 660-666, 2001
37. Vu-Dac N., Schoonjans K., Laine B., Fruchart J. C., Auwerx J., Staels B. *Negative regulation of the human apolipoprotein A-I promoter by fibrates can be attenuated by the interaction of the peroxisome proliferator-activated receptor with its response element*. J. Biol. Chem., 269, 31012-31018, 1994
38. Calder P. C., *Polyunsaturated fatty acids and inflammation*. Biochem. Soc. Trans., 33, 423-427, 2005
39. Raclot T., Groscolas R., Langin D., Ferre P., *Site – specific regulation of gene expression by n – 3 polyunsaturated fatty acids in rat white adipose tissue*. J. Lipid Res., 38, 1963-1972, 1997

## **Nutrigenetyka i Nutrigenomika w hodowli i produkcji trzody chlewnej**

### Streszczenie

Intensywny rozwój dyscyplin łączących nauki o żywności i żywieniu z biologią molekularną wskazuje na konieczność interdyscyplinarnego podejścia do analizowanych zagadnień. Elementy te podlegają analizom poznawczym w aspekcie dynamicznie rozwijających się dziedzin nauki, tj. nutrigenomiki i nutrigenetyki. Nutrigenomika bada wpływ bioaktywnych składników diety na ekspresję genów oraz funkcjonowanie proteomu i metabolomu. Natomiast nutrigenetyka analizuje reakcje organizmu na składnik diety w powiązaniu z określonym polimorfizmem typu SNP (ang. *single nucleotide polymorphism*). Oznacza to, że każdy składnik diety pokarmowej ma osobniczy (indywidualny) wpływ z uwagi na odrębność genetyczną każdego organizmu. Przeprowadzone badania naukowe wykazały istnienie składników pokarmowych, które zmieniają aktywność genów, wpływając na określone szlaki metaboliczne organizmów. Przykładem jest zależność pomiędzy polimorfizmem w locus RYR1 świni domowej a wykorzystaniem paszy na potrzeby produkcyjne. W tym przypadku osobniki o genotypie RYR1 TT (podatne na stres) wykazują niższe przyrosty dobowe w porównaniu do homozygot odpornych na stres (RYR1 CC), lecz produkują większą ilość masy mięśniowej w przeliczeniu na 1 kg zużytej paszy. Potwierdza to konieczność indywidualizacji żywienia trzody chlewnej w warunkach hodowlanych, lecz względy ekonomiczne nie pozwalają w pełni wykorzystać posiadanych informacji w takim zakresie jak u człowieka.

Słowa kluczowe: nutrigenetyka, nutrigenomika, bioaktywne składniki

## **Nutrigenomics and nutrigenetics in pig farming**

### Abstract

An intense development of disciplines combining study of foods and nutrition with molecular biology indicates the need of interdisciplinary approach to the analyzed issues. These issues are subject to cognitive analysis with respect to dynamically evolving branches, such as nutrigenomics and nutrigenetics. Nutrigenomics is the study of the effects of bioactive food constituents on gene expression, as well as on functions of proteome and metabolome. Nutrigenetics, on the other hand, analyses organism's reactions on food constituents together with single-nucleotide polymorphism (SNP). This implies that, due to genetic distinctiveness of every organism, each food constituent has an individual influence on organisms. According to the study, there are some food constituents which alter gene activity, and therefore, influence particular metabolic pathways. The example is relation between the polymorphism in locus RYR1 of a domestic pig and the use of feed for production purposes. In such case, pigs with genotype RYR TT (susceptible to stress) indicate lower daily gain than stress-resistant homozygotes (RYR1 CC). However, calculated into 1 kilogram of the feed used, RYR TT specimen gain more muscle mass. This underlines the importance and necessity of individualized nutrition of pigs under farming conditions. However, due to economic aspects, application of this knowledge to such a great extent as in case of humans is restricted.

Key words: nutrigenetics, nutrigenomics, bioactive food constituents

## **Problem kulawizny u krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej**

### **1. Charakterystyka kulawizny**

Kulawizna to nieprawidłowy sposób poruszania się, który jest klinicznym objawem wielu różnych chorób i schorzeń. Z medycznego punktu widzenia kulawizna nie jest chorobą tylko jej następstwem, ponieważ chorobą jest zmiana w budowie lub funkcjonowaniu organizmu, a kulawizna to następstwo występowania tych zmian [1÷3].

Krowa wykazująca normalny chód porusza się z płaskim grzbietem, a kończyny miedniczne stawia niemal w tym samym punkcie co kończyny piersiowe. Obserwując poruszającą się krowę można wyróżnić trzy fazy ruchu: fazę wyprowadzania, fazę obarczania oraz fazę cofania [1]. Za prawidłową postawę uznaje się taką, w której oś palców, śródreżca i nadgarstków widzianych z przodu pokrywa się z pionową linią poprowadzoną ze stawu ramieniowego do podłoża. Dla kończyny piersiowej oglądanej z boku linia poprowadzona ze środka łopatki do podłoża powinna pokrywać się z osią przedramienia, nadgarstka i śródreżca, a z podłożem stykać się przy piętce. Prawidłowa postawa kończyn miednicznych oglądanych z tyłu to taka, w której linia poprowadzona z guza kulszowego przez guz piętowy do podłoża pokrywa się z obwodowym odcinkiem kończyny. W prawidłowo ustawionej kończynie tylnej widzianej z boku guz piętowy leży na linii łączącej guz kulszowy z podłożem [4].

Wszelkie odstępstwa od tych wzorców to postawy nieprawidłowe, które mogą być spowodowane źle zaprojektowanymi stanowiskami, dużym wymieniem lub chorobami racic. Każde nieprawidłowe ustawienie kończyn będące próbą zmniejszenia bólu to postawa ulgowa. Wyróżnia się następujące postawy ulgowe: podsiebną, przedsiebną, obsiebną, odwodzenie i przywodzenie kończyn, odwrócenie lub krzyżowanie kończyn, a ponadto skrócony krok, zgięcie pęciny, utrzymywanie jednej strony zadu lub jednego barku powyżej normalnej pozycji, utrzymywanie głowy poniżej zwyczajnej pozycji bądź unoszenie głowy w trakcie obarczania kończyny miednicznej, która jest chora oraz nieobarczanie kończyny [1, 4].

Istnieją różne sposoby oceny kulawizny, ale najbardziej znanym i najczęściej wykorzystywanym jest system punktacji kulawizny opracowany przez Sprechera i wsp. [5]. Opiera się on na pięciopunktowej skali, a w szacowaniu stopnia kulawizny uwzględnia się sposób poruszania i postawę grzbietu w czasie spoczynku i podczas ruchu.

---

<sup>1</sup> eflis91@gmail.com, Studenckie Kolo Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Sekcja Hodowli Bydła, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, <http://www.up.lublin.pl/>

Według tego systemu, za zwierzęta zdrowe uznawane są krowy, które otrzymały ocenę ruchu 1 (stopień kulawizny 1- brak kulawizny) lub 2 (nieznaczna kulawizna). Grzbiet zdrowych krów jest prosty podczas stania, a ruch prawidłowy. Krowy z oceną 1 wykazują prawidłową postawę grzbietu podczas ruchu (zdjęcie 1), natomiast krowy z oceną 2 nieznacznie wyginają grzbiet w czasie przemieszczania się.



Zdjęcie 1. Krowa z 1 stopniem kulawizny poruszająca się z prostym grzbietem  
[Źródło: materiał własny]

Krowy z 3, 4 lub 5 stopniem kulawizny mają widocznie wygięty grzbiet i podczas stania i w czasie ruchu (zdjęcie 2), a oceny stopnia kulawizny (oceny lokomocji) dokonuje się na podstawie sposobu poruszania. Zwierzęta z kulawizną umiarkowaną, tzn. oceną ruchu wynoszącą 3, wykazują w czasie poruszania skrócony krok w co najmniej jednej kończynie. U krów z 4 stopniem kulawizny, opisywanym jako silna kulawizna, występuje odciążenie chorych kończyn (zdjęcie 3). Krowy z oceną 5, czyli z ciężką kulawizną, okazują skrajną niechęć lub nawet niezdolność do przenoszenia ciężaru na chorych kończynach [1, 5].



Zdjęcie 2. Krowa z 3 stopniem kulawizny z karpowato wygiętym grzbietem w czasie stania [Źródło: materiał własny]



Zdjęcie 3. Krowa z 5 stopniem kulawizny unikająca obciążania bolesnej prawej tylnej kończyny [Źródło: materiał własny]

Częstotliwość występowania kulawizny w stadach krów mlecznych waha się od 9 do nawet 70% i wzrasta wraz z wiekiem, a częstość występowania poszczególnych chorób waha się w zależności od warunków w jakich przebywają zwierzęta (Tabela 1) [6÷10]. Choroby takie jak wrzód podeszwy, podwójna podeszwa, zapalenie skóry palca czy zapalenie skóry przestrzeni międzypalcowej występują częściej u krów utrzymywanych w oborach bez dostępu do pastwiska, natomiast u krów utrzymywanych na pastwiskach częściej występują wrzód czubka palca, choroba linii białej, urazy ściany puszki racicy, międzyraciczak, krwawe podbicia w podeszwie oraz wyrastanie racic [11]. W 8 na 10 przypadków kulawizna dotyczy chorób palców. Połowa przypadków dotyczy skóry palców (w 90% skóry kończyn miednicznych), natomiast kolejne 50% zmian występuje w rogu puszki racicowej (60% w kończynach miednicznych i 40% w kończynach piersiowych) [10, 12÷14].

Tabela 1. Częstość występowania chorób racic u krów

Choroba	Częstotliwość chorób (%)			
	Green i wsp. [2014]	Navarro i wsp. [2013]	DeFrain i wsp. [2013]	Winkler i Margerison [2012]
Wrzód podeszwy	38,68	6,84	21,05	17,14
Krwawe podbicia	12,98	10,00	1,43	28,57
Zapalenie skóry palca	10,00	3,68	47,67	22,86
Choroba linii białej	8,28	16,32	17,26	5,71
Międzyraciczak	4,50	6,84	0,19	2,86
Skręcenie racicy/wyrośnięcie	3,11	3,68	1,08	-
Wrzód czubka palca	1,79	3,68	2,61	-
Podwójna podeszwa	7,42	6,84	-	-
Szczeliny w rogu	-	8,42	0,33	-
Nadżerki opuszki	-	6,84	0,04	-
Inne	13,24	26,86	8,34	22,86

Źródło: opracowanie na podstawie [8, 11, 13, 15]

## 2. Przyczyny kulawizn

### Podłoże

Ze względu na niskie koszty inwestycji najczęściej spotykanymi podłożami w oborach są podłogi lite betonowe. Przez pierwszy rok od oddania do użytku charakteryzują się one dużym tarciem i przyczepnością, jednak w miarę upływu czasu stają się śliskie, co powoduje zwiększenie liczby urazów kończyn u krów oraz spadek ścieralności, a w konsekwencji wyrastanie racic. Innym rodzajem podłogi są podłogi rusztowe, których niewątpliwą zaletą jest łatwość w utrzymaniu higieny, szczególnie jeśli na ich powierzchni zamontowane są zgarniacze. Podłogi te charakteryzują się jednak najniższym współczynnikiem tarcia spośród wszystkich podłóg, co czyni je śliskimi i mało komfortowymi dla zwierząt. Krowy niechętnie się po nich przemieszczają, wyraźnie skracając krok,

czego przyczyną jest zwiększone obciążenie punktowe podszwy, jednak na podłogach tego typu stwierdza się mniejszy odsetek zapaleń skóry. Złe wykonanie podłóg (szczeliny większe niż 2,5cm, nierówno ułożone belki) powoduje liczne urazy w obrębie wierzchołka racicy. W obu przypadkach zastosowanie gumowych mat w korytarzach spacerowych obór pozwala na wyeliminowanie problemu śliskich podłóg oraz na zwiększenie komfortu krów, o czym świadczą wydłużony krok, zwiększona prędkość ruchu i pokrycie kroków. Jest to jednak rozwiązanie dość kosztowne [1, 16÷18].

Równie ważnym czynnikiem jest czystość podłóg. Zanieczyszczone kałem podłogi są śliskie, stanowią siedlisko drobnoustrojów chorobotwórczych i powodują rozmiękanie rogu, który staje się mniej odporny na ścieranie. Winkler i Margerison [13] wykazali, że wzrost wilgotności środowiska powoduje wzrost wilgotności rogu puszki racicy, co przyczynia się do obniżenia sprężystości rogu oraz jego odporności na przebicie. Obecność automatycznych zgarniaczy poprawia czystość podłóg, ale zwiększa też liczbę urazów dolnych odcinków kończyn [19].

### **Stanowiska**

Stanowiska w oborze powinny być komfortowe i bezpieczne dla zwierząt. Na krótkich stanowiskach zwierzęta nie mieszczą się, co powoduje wystawianie ciała i kończyn poza jego obręb oraz zwiększenie ryzyka powstania urazów, natomiast zbyt długie bądź zbyt szerokie stanowisko jest trudne w utrzymaniu czystości, co zwiększa ryzyko infekcji bakteryjnych w obrębie racic. Minimalne wymiary stanowisk dla krów o masie ciała powyżej 500 kg powinny wynosić 220 cm x 120 cm w przypadku stanowisk usytuowanych naprzeciw siebie oraz 240 cm x 120 cm dla stanowisk umiejscowionych przy ścianie. Górna część przegrody oddzielającej stanowiska powinna znajdować się na wysokości około 100 cm, dolna na wysokości około 30 cm. Spadek podłoża od przodu do tyłu stanowiska nie powinien przekraczać 4% (ponieważ zwierzęta będą wtedy leżały tylną częścią ciała na korytarzu), z kolei 1-2% spadek w poprzek rzędu stanowisk stymulować będzie krowy do leżenia z kończynami ułożonymi na spadku, co zapobiegnie powstawaniu urazów w czasie podnoszenia się zwierząt. Liczba stanowisk powinna być co najmniej równa liczbie krów w oborze. Ważnym czynnikiem warunkującym zdrowotność kończyn jest również podłoże stanowiska. Miękką i elastyczną powierzchnią legowiska powoduje dwukrotne wydłużenie czasu leżenia oraz skrócenie czasu wstawania. Zastosowanie piasku jako materiału wyścielającego ogranicza ślizganie się zwierząt przy wstawaniu, a jego wysuszające właściwości wpływają na ograniczenie ryzyka wystąpienia infekcji racic [1, 20, 21].

### **Dominacja wśród zwierząt**

Krowy jako zwierzęta stadne wykazują zachowania hierarchiczne, skutkiem czego jest występowanie dominacji pomiędzy poszczególnymi osobnikami. Szczególnie wyraźnie zjawisko to występuje w oborach, w których obsada zwierząt jest zbyt duża w stosunku do możliwości budynku, a sytuacje takie najłatwiej zaobserwować w miejscach zbierania się zwierząt, czyli przy stole paszowym, poidłach i w miejscach krzyżowania się korytarzy. Agresywne zachowanie zwierząt dominujących względem zwierząt niżej ustawionych w hierarchii jest przyczyną powstawania licznych stłuczeń i urazów z powodu



poślizgnięć u krów podległych. Niższe rangą zwierzęta mają także utrudniony dostęp do paszy i wody, co może prowadzić do powstawania chorób metabolicznych, a te z kolei wpływają na pogorszenie jakości rogu racycy. Również utrzymywanie wysokocielnych jałówek z dojnymi krowami wpływa niekorzystnie na liczbę urazów kończyn u młodych zwierząt [1, 19].



Zdjęcie 4. Wrzód podeszwy racycy- skutek nieprawidłowego żywienia i pogorszenia jakości rogu. Widoczny jest dopiero po 4-6 tygodniach od wystąpienia choroby metabolicznej, np. kwasicy [Źródło: materiał własny]

### **Żywnienie**

Wysokie pobranie łatwostrawnych cukrów (NFC) przy jednocześnie niskim pobraniu włókna (NDF) powoduje wzrost pH żwacza i powstawanie histamin oraz endotoksyn, które po przedostaniu się do krwiobiegu niszczą naczynia włosowate w racicach, powodując tym samym wytwarzanie słabej jakości tkanki rogowej [22÷24]. Niedobór siarki, miedzi, cynku, selen, manganu, kobaltu (jako witaminy B<sub>12</sub>), retinolu i biotyny, czyli pierwiastków i witamin biorących udział w metabolizmie keratyny, powoduje obniżenie jakości rogu, co ma niekorzystny wpływ na zdrowie racy. Miedź, cynk, selen i mangan są ponadto składnikami enzymów o działaniu antyoksydacyjnym, które chronią lipidy w tkance rogowej przed działaniem wolnych rodników. Ich niedobór prowadzi do wzrostu stężenia we krwi kwasu siałowego i dialdehydu malonowego powodujących stres oksydacyjny w organizmie, co jest widoczne już u krów z drugim stopniem kulawizny. Stres oksydacyjny powoduje niszczenie naczyń włosowatych racycy, zaburzenia w dostarczaniu tlenu i substancji odżywczych, a w konsekwencji powstawanie rogu o słabej jakości (zdjęcia 4 i 5) [22, 24÷28].





Zdjęcie 5. Złamany wierzchołek racicy- zmiana będąca wynikiem długotrwałego nieprawidłowego żywienia, w czasie którego w ścianie puszki racicy powstała tzw. bruźda niedoborowa. Wyrośnięcie bruźdy w kierunku wierzchołka racicy trwa około 5-6 miesięcy i kończy się jej obłamaniem. [Źródło: materiał własny]

### **Kondycja**

Spadek kondycji poniżej 2,5 w skali BCS określającej otłuszczenie ciała krowy, szczególnie w okresie pierwszych 50 dni po wycieleniu, jest czynnikiem ryzyka dla wystąpienia kulawizny. Zmniejszenie otłuszczenia organizmu następuje w całym organizmie, a więc także w racicy, gdzie tkanka tłuszczowa tworzy poduszczkę palca, której zadaniem jest pochłanianie nadmiaru energii w końcowej fazie obciążania racicy i ochrona kości racicowej przed uszkodzeniem. U krów w kondycji 2,5-3,0 BCS grubość poduszki wynosi około 0,94cm, u krów wychudzonych (BCS poniżej 2,5) wynosi około 0,50-0,86cm, natomiast u krów o kondycji powyżej 3,0 punktu w skali BCS grubość poduszki przekracza 1cm. Bicalho i wsp. [23] wykazali, że grubość poduszki palca jest mniejsza u krów kulawych, pierwiastek i u krów pomiędzy 1 a 5 miesiącem laktacji oraz że grubość poduszki jest skorelowana z podatnością na choroby racic. Cienka poduszcza tłuszczowa nie zawsze powoduje wystąpienie kulawizny, jednak jest wystarczająco bolesna, żeby wpływać na osłabienie aktywności ruchowej, zmniejszenie pobrania paszy oraz obniżenie wydajności mlecznej krów [1, 7, 11, 23]. Krowy w dobrej kondycji uzyskiwały lepsze oceny za postawę kończyn miednicznych (5 punktów w 9-stopniowej skali oceny pokroju bydła mlecznego), odnotowywano u nich również mniejszy odsetek kulawizn i chorób racic, co było związane z optymalnym kątem

nachylenia racycy oraz równomiernym obciążeniem podszwy. U takich krów stwierdzano lepszy ruch w późniejszym okresie życia w porównaniu do zwierząt, których kończyny odbiegały od normy pod względem budowy [29, 30].

### Wydajność i laktacja

Wielu badaczy wykazało, że wysoka wydajność krów jest czynnikiem ryzyka dla kulawizny [6, 7, 30÷35]. Krowy, których wydajność w 305-dniowej laktacji wynosiła ponad 7000 kg mleka były dwukrotnie bardziej narażone na wystąpienie kulawizny niż krowy, których wydajność była niższa niż 6000 kg mleka [34]. Również faza laktacji i wiek krów są czynnikami ryzyka dla kulawizny. Najwięcej przypadków odnotowywane jest w pierwszych 3 miesiącach po wycieleniu oraz u starszych krów (Tabela 2) [9, 13, 33÷36].

Tabela 2. Współczynnik ryzyka dla wystąpienia kulawizny w zależności od wieku krów

Liczba laktacji	Współczynnik ryzyka	
	Wg Bielfelda i wsp.	Wg Haskella i wsp.
1	0,28	0,10
2	0,37	0,20
3		0,24
4	0,80	0,23
≥5		0,33

Źródło: opracowanie na podstawie [33, 34]

## 3. Skutki kulawizn

### Brakowanie w stadzie

Kulawizny spowodowane chorobami racic stanowią około 20% wszystkich zdiagnozowanych chorób i są przyczyną od 13 do 23% wszystkich brakowań w stadzie [36÷38]. Wartości te przyjmują różne wartości w zależności od systemu utrzymania. W oborach uwięzowych stanowią 23,1% wszystkich brakowań, a w oborach wolnostanowiskowych 19,6% brakowań. U krów w 1, 2 lub 3 laktacji kulawizna była jedną z trzech głównych przyczyn brakowania obok problemów z rozrodem i niskiej wydajności, a także głównym powodem brakowań u krów starszych (Tabela 3).

### Aktywność

U krów z kulawizną obserwowano dłuższy o 18 do 72 minut czas leżenia, spadek liczby okresów leżenia o 0,1 do 1,7 razy w ciągu doby i wydłużenie pojedynczych okresów odpoczynku o 2 do 22 minut, co sugeruje mniejszą aktywność ruchową kulawych krów [9, 39]. Stwierdzono ponadto skrócenie czasu przeżuwania, spadek liczby posiłków, wzrost wielkości posiłku, skrócenie czasu pobierania paszy i wydłużenie czasu trwania posiłku oraz spadek pobrania suchej masy w posiłku. Powoduje to powstawanie zaburzeń metabolicznych i przyczynia się do pogłębiania problemów kulawizny poprzez wspomniany wcześniej negatywny wpływ powstających w zwaczu metabolitów na tworzenie rogu w racycy i jego ciągłość [31, 40÷44].

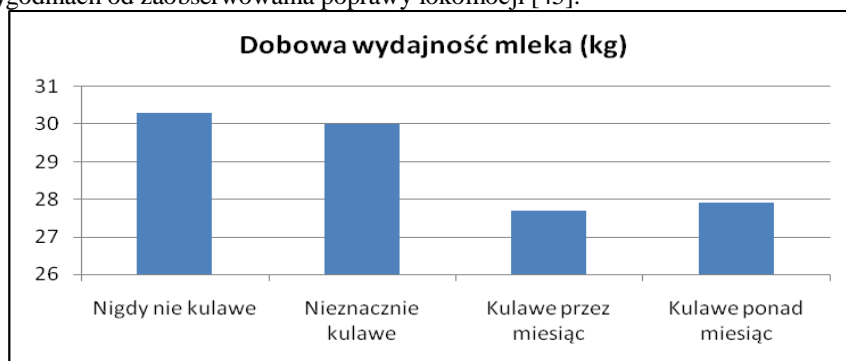
Tabela 3. Procentowe brakowanie krów w zależności od wieku

Przyczyna brakowań	Nr laktacji				
	1	2	3	4	≥5
Kulawizna	19,15	12,68	22,37	25,00	29,17
Rozród	38,30	49,30	27,63	20,00	25,00
Niska wydajność	12,77	14,08	11,84	2,50	-

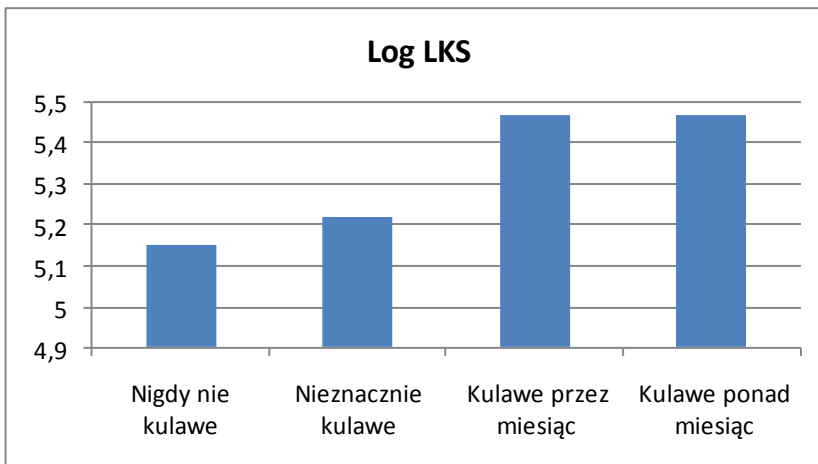
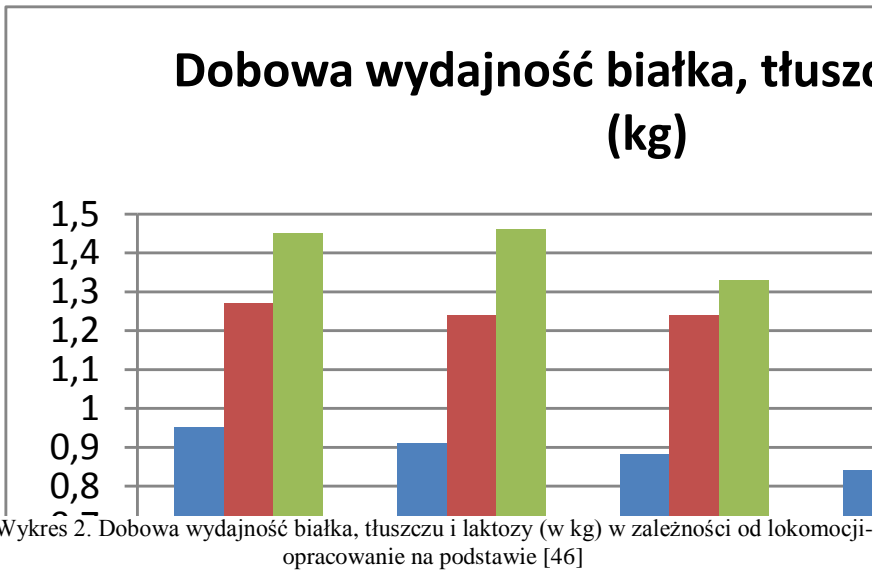
Źródło: opracowanie na podstawie [37]

### Produkcja mleka

Wzrost oceny lokomocji, czyli pogorszenie lokomocji, według wielu badaczy powoduje spadek dziennej wydajności mlecznej krów nawet na 4 do 8 tygodni przed zaobserwowaniem kulawizny [42, 45÷47]. Jednocześnie stwierdzono, że krowy z nieznaczna kulawizną (oceną kulawizny równą 3) były najwydajniejszymi zwierzętami w stadzie, ale krzywa ich laktacji dość szybko opadała. Krowy, u których nigdy nie stwierdzono kulawizny, miały nieznacznie niższą wydajność w stosunku do krów, które ciągle miały 3 stopień kulawizny, ale krzywa ich laktacji spadała powoli, więc były one wytrwalsze w laktacji [31, 32]. Najwyższe spadki wydajności dotyczyły krów, u których kulawizna wystąpiła już na początku laktacji oraz u krów, u których utrzymywała się ciągle [32, 47]. Olechnowicz i Jaśkowski [46] stwierdzili ponadto spadek wydajności tłuszczu, białka i laktozy oraz wzrost zawartości w mleku komórek somatycznych wraz ze wzrostem oceny lokomocji (wykresy 1÷3). Onyiro i wsp. [16] wykazali ujemną korelację wydajności mlecznej z lokomocją ( $-0,04 \pm 0,03$ ) i z podatnością na choroby skóry racic ( $-0,31 \pm 0,02$ ) oraz dodatnią korelację zawartości tłuszczu w mleku z lokomocją ( $0,22 \pm 0,03$ ) i ujemną z podatnością na choroby skóry racic ( $-0,43 \pm 0,02$ ). Kulawe krowy utrzymywane w oborach wyposażonych w roboty udojowe doily się rzadziej ze względu na dyskomfort związany ze stanem i z przemieszczaniem się. Były również bardziej narażone na choroby wymienia i infekcje wewnątrz strzyków spowodowane wysokim wypełnieniem i napięciem wymienia [48]. U krów, u których zaobserwowano powrót do oceny 1, wydajność wzrastała dopiero po około 4 tygodniach od zaobserwowania poprawy lokomocji [45].



Wykres 1. Dobowa wydajność mleka (w kg) w zależności od lokomocji- opracowanie na podstawie [46]



### Rozród

U krów ze stwierdzoną kulawizną odnotowywano pogorszenie wskaźników rozrodu. Zaobserwowano nieznaczne wydłużenie okresu od wycielenia do pierwszej zaobserwowanej rui i wydłużenie okresu od wycielenia do pierwszej inseminacji średnio o 9 dni. O miesiąc wydłużył się okres międzyciążowy, skuteczności pierwszej inseminacji spadła z 54,6 do 41,4%, a wskaźnik zacielen

z 93 do 84% [49÷51]. U kulawych krów stwierdzono również niższą aktywność rujową, wyrażającą się dwukrotnie niższą częstotliwością obskakiwania innych krów w czasie rui oraz prawie 4-krotnie niższą częstotliwością obskakiwania przez inne krowy [49]. Krowy mające problem z lokomocją miały niższe stężenie progesteronu i hormonu luteinizującego w mleku poza okresem rujowym w stosunku do krów o prawidłowym ruchu, natomiast w czasie owulacji stężenie progesteronu było wyższe u krów kulawych. W przypadku stężenia estradiolu w mleku opinie badaczy są różne. Walker i wsp. [49] stwierdzili, że stężenie estradiolu w mleku kulawych krów było nieznacznie wyższe niż stężenie estradiolu u krów zdrowych. Morris i wsp. [52] zaobserwowali natomiast spadek o około 1/3 poziomu estradiolu w osoczu krwi kulawych krów. W swoim badaniu Morris i wsp. [52] zaobserwowali ponadto, że 21% zwierząt ze stwierdzoną kulawizną nie wykazywało zachowań rujowych mimo prawidłowo rozwiniętego pęcherzyka jajnikowego, natomiast kolejne 29% krów z nieprawidłową lokomocją nie było w stanie wytworzyć pęcherzyków jajnikowych, nawet po podaniu hormonów służących synchronizacji rui w stadzie. Onyiro i wsp. [19] wykazali, że długość okresu międzywycieleniowego jest dodatnio skorelowana z lokomocją oraz ujemnie skorelowana z podatnością na choroby skóry racic.

#### 4. Podsumowanie

Kulawizny stanowią poważny problem w wysokowydajnych stadach krów mlecznych. Ich występowanie uzależnione jest od wielu czynników, takich jak system utrzymania i żywienie, wiek, wydajność i kondycja. Kulawizny powodują pogorszenie dobrostanu zwierząt, a także straty ekonomiczne wynikające z obniżenia produktywności i płodności zwierząt oraz ze zwiększonego brakowania krów.

#### Literatura

1. Greenough P. R., *Kulawizny bydła*, Wydawnictwo Elsevier Urban&Partner, Wrocław 2010
2. Porter R. S., Kaplan J. L., Homeier B. P., *The Merck Manual. Objawy kliniczne. Praktyczny przewodnik diagnostyki i terapii*, wydanie I, Wydawnictwo Elsevier Urban&Partner, Wrocław 2010
3. Youngson R. M., *Collins. Słownik encyklopedyczny medycyna* (tłum. Grzybowski W., Grzybowski A.), Wydawnictwo RTW, s.73, 1997
4. Empel W., *Higiena i choroby narządów ruchu bydła*, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa 1984
5. Sprecher D. J., Hostetler D. E., Kaneene J. B., *Lameness scoring system that use posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance*, *Theriogenology*, 47 (1997), s. 1179-1187
6. Koeck A., Loker S., Miglior F., Kelton D. F., Jamrozik J., Schankela F. S., *Genetic relationship of clinical mastitis, cystic ovaries, and lameness with milk yield and somatic cell score in first lactation Canadian Holsteins*, *Journal of Dairy Science*, 97 (2014), s. 5806-5813
7. Alawneh J. I., Stevenson M. A., Williamson N. B., Lopez-Villalobos N., Otley T., *The effects of liveweight loss and milk production on the risk of lameness*

- in a seasonally calving pasture fed dairy herd in New Zealand*, Preventive Veterinary Medicine, 113 (2014), s. 72-79
8. Navarro G., Green L. E., Tadich N., *Effect of lameness and lesion specific causes of lameness on time budgets of dairy cows at pasture and when housed*, The Veterinary Journal, 197 (2013), s. 788-793
  9. Ito K., von Keyserlingk M. A. G., LeBlanc S. J., Weary D. M., *Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows*, Journal of Dairy Science, 93 (2010), s. 3553-3560
  10. Olechnowicz J., Jaśkowski J. M., Antosik P., Bukowska D., Urbaniak K., *Claw diseases and lameness in polish Holstein-Friesian dairy cows*, Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy, 54 (2010), s. 93-99
  11. Green L. E., Huxley J. N., Banks C., Green M. J., *Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd*, Preventive Veterinary Medicine, 113 (2014), s. 63-71
  12. Teter W., Flis E., Bochniak A., Żółkiewski P., Litwińczuk Z., *Lokomocja i schorzenia racic u krów w pierwszym roku użytkowania w oborze rusztowej*, Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, 10 (2014), s. 73-81
  13. Winkler B., Margerison J. K., *Mechanical properties of the bovine claw horn during lactation*, Journal of Dairy Science, 95 (2012), s. 1714-1728
  14. Weaver A. D., Jean G. S., Steiner A., *Zabiegi chirurgiczne i leczenie kulawizn u bydła*, Wydawnictwo Galaktyka, Łódź 2009
  15. DeFrain J. M., Socha M. T., Tomlinson D. J., *Analysis of foot health records from 17 confinements dairies*, Journal of Dairy Science, 96 (2013), s. 7329-7339
  16. Onyiro O. M., Andrews L. J., Brotherstone S., *Genetic parameters for digital dermatitis and correlations with locomotion, production, fertility traits, and longevity in Holstein-Friesian dairy cows*, Journal of Dairy Science, 91 (2008), s. 4037-4046
  17. Flower F. C., de Passillé A. M., Weary D. M., Sanderson D. J., Rushen J., *Softer, higher-friction flooring improves gait of cows with and without sole ulcers*, Journal of Dairy Science, 90 (2007), s. 1235-1242
  18. Telezhenko E., Bergsten C., *Influence of floor type on the locomotion of dairy cows*, Applied Animal Behaviour Science, 93 (2005), s. 183-197
  19. Barker Z. E., Amory J. R., Wright J. L., Blowey R. W., Green L. E., *Management factors associated with impaired locomotion in dairy cows in England and Wales*, Journal of Dairy Science, 90 (2007), s. 3270-3277
  20. van Gastelen S., Westerlaan B., Houwers D. J., van Eerdenburg F. J. C. M., *A study on cow comfort and risk for lameness and mastitis in relation to different types of bedding materials*, Journal of Dairy Science, 94 (2011), s. 4878-4888
  21. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 2 września 2003 r. (Dz. U. Nr 167, poz. 1629) w sprawie minimalnych warunków utrzymania poszczególnych gatunków zwierząt gospodarskich
  22. Lean I. J., Westwood C. T., Golder H. M., Vermunt J. J., *Impact of nutrition on lameness and claw health in cattle*, Livestock Science, 156 (2013), s. 71-87
  23. Bicalho R. C., Machado V. S., Caixeta L. S., *Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional*

- study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion*, Journal of Dairy Science, 92 (2009), s. 3175-3184
24. Bramley E., Lean I. J., Fulkerson W. J., Stevenson M. A., Rabiee A. R., Costa N. D., *The definition of acidosis in dairy herds predominantly fed on pasture and concentrates*, Journal of Dairy Science, 91 (2008), s. 308-321
  25. Al-Qudah K. M., Ismail Z. B., *The relationship between serum biotic and oxidant/antioxidant activities in bovine lameness*, Research of Veterinary Medicine, 92 (2012), s. 138-141
  26. Lean I. J., Rabiee A. R., *Effect of feeding biotin on milk production and hoof health in lactating dairy cows: a quantitative assessment*, Journal of Dairy Science, 94 (2011), s. 1465-1476
  27. Seyrek K., Yaylak E., Akşit H., *Serum sialic acid, malondialdehyde, retinol, zinc, and cooper concentrations in dairy cows with lameness*, Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy, 52 (2008), s. 281-284
  28. Tomlinson D. J., Mülling C. H., Fakler T. M., *Invited review: formation of keratins in the bovine claw: roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity*, Journal of Dairy Science, 87 (2004), s. 797-809
  29. Olechnowicz J., Jaśkowski J. M., Nowak W., *Effect of hind limb conformation on claw disorders in dairy primiparous cows*, Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy, 54 (2010), s. 437-439
  30. van Dorp T. E., Boettcher P., Schaeffer L. R., *Genetics of locomotion*, Livestock Production Science, 90 (2004), s. 247-253
  31. Green L. E., Borkert J., Monti G., Tadich N., *Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for the management of dairy cows worldwide*, Animal Welfare, 19 (2010), s. 419-427
  32. Archer S. C., Green M. J., Huxley J. N., *Association between milk yield and serial locomotion score assessments in UK dairy cows*, Journal of Dairy Science, 93 (2010), s. 4045-4053
  33. Haskell M. J., Rennie L. J., Bowell V. A., Bell M. J., Lawrence A. B., *Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows*, Journal of Dairy Science, 89 (2006), s. 4259-4266
  34. Bielfeldt J. C., Badertscher R., Tölle K.-H., Krieter J., *Risk factors influencing lameness and claw disorders in dairy cows*, Livestock Production Science, 95 (2005), s. 265-271
  35. Hirst W. M., Murray R. D., Ward W. R., French N. P., *Generalised additive models and hierarchical logistic regression of lameness in dairy cows*, Preventive Veterinary Medicine, 55 (2002), s. 37-46
  36. Fleischer P. M., Metzner M., Bayerbach M., *The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows*, Journal of Dairy Science, 84 (2001), s. 2025-2025
  37. Kuczaj M., Zielak A., Blicharski P., *Reasons for the culling of Polish Holstein-Friesian cows in a high yield herd*, Medycyna Weterynaryjna, 64 (2008), s. 1205-1208
  38. Barański W., Janowski T., Zduńczyk S., *Incidence of reproduction disorders, clinical mastitis and lameness in cross-breed HFxBW cows and Jersey cows*

- maintained in the same conditions*, Medycyna Weterynaryjna, 64 (2008), s. 1201-1204
39. Chapinal N., de Passillé A. M., Weary D. M., von Keyserlingk M. A. G., Rushen J., *Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows*, Journal of Dairy Science, 92 (2009), s. 4365-4374
  40. Miguel-Pacheco G. G., Kaler J., Remnant J., Cheyne L., Abbott C., French A. P., Pridmore T. P., Huxley J. N., *Behavior changes in dairy cows with lameness in a automatic milking system*, Applied Animal Behaviour Science, 150 (2014), s. 1-8
  41. Norring M., Häggman J., Simojoki H., Tamminen P., Winkler C., Pastell M., *Short communication: Lameness impairs feeding behavior of dairy cows*, Journal of Dairy Science, 97 (2014), s. 4317-4321
  42. Van Hertem T., Maltz E., Antler A., Romanini C. E. B., Viazzi S., Bahr C., Schlageter-Tello A., Lokhorst C., Berckmans D., Halachmi I., *Lameness detection based on multivariate continuous sensing of milk yield, rumination, and neck activity*, Journal of Dairy Science, 96 (2013), s. 4286-4298
  43. Palmer M. A., Law R., O'Connell N. E., *Relationship between lameness and feeding behaviour in cubicle-housed Holstein-Friesian dairy cows*, Applied Animal Behaviour Science, 140 (2012), s. 121-127
  44. Walker S. L., Smith R. F., Routly J. E., Jones D. N., Morris M. J., Dobson H., *Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle*, Journal of Dairy Science, 91 (2008), s. 4552-4559
  45. Reader J. D., Green M. J., Kaler J., Mason S. A., Green L. E., *Effect of mobility score on milk yield and activity in dairy cattle*, Journal of Dairy Science, 94 (2011), s. 5045-5052
  46. Olechnowicz J., Jaśkowski J. M., *Impact of clinical lameness, calving season, parity, and month of lactation on milk, fat, protein, and lactose yields during early lactation of dairy cows*, Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy, 54 (2010), s. 605-610
  47. Hernandez J. A., Garbarino E. J., Shearer J. K., Risco C. A., Thatcher W. W., *Comparison of milk yield in dairy cows with different degrees of lameness*, Journal of the American Veterinary Medical Association, 227 (2005), s. 1292-1296
  48. Gleeson D. E., O'Brien B., Boyle L., Early B., *Effect of milking frequency and nutritional level on aspects of the health and welfare of dairy cows*, Animal, 1 (2007), s. 125-132
  49. Walker S. L., Smith R. F., Jones D. N., Routly J. E., Dobson H., *Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle*, Hormones and Behavior, 53 (2008), s. 493-501
  50. Kiliç N., Ceylan A., Serin İ., Gökbulut C., *Possible interaction between lameness, fertility, some minerals, and vitamin E in dairy cows*, Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy, 51 (2007), s. 425-429
  51. Melendez P., Bartolome J., Archbald L. F., Donovan A., *The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows*, Theriogenology, 59 (2003), s. 927-937
  52. Morris M. J., Kaneko K., Walker S. L., Jones D. N., Routly J. E., Smith R. F., Dobson H., *Influence of lameness on follicular growth, ovulation,*



*reproductive hormone concentrations and estrus behavior in dairy cows,*  
*Theriogenology, 76 (2011), s. 658-668*

### **Problem kulawizny u krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej**

#### Streszczenie

Celem pracy było przedstawienie na podstawie dostępnej literatury problemu kulawizny w wysokowydajnych stadach krów mlecznych. Kulawizny są klinicznymi objawami wielu chorób. Wśród przyczyn ich występowania wymienia się system utrzymania krów, sposób żywienia, kondycję i wiek krów, fazę laktacji, w której się znajdują, wielkość produkcji oraz zjawisko dominacji. Wystąpienie kulawizny wpływa na zmniejszenie aktywności ruchowej krów, zmniejszenie pobrania paszy, spadek dziennej wydajności mleka oraz na pogorszenie jego jakości. Obecność kulawizny negatywnie wpływa na wskaźniki rozrodu w stadzie, powodując wydłużenie okresu międzywycieleniowego i obniżenie skuteczności inseminacji. Kulawizny są również przyczyną pogorszenia dobrostanu zwierząt, zwiększonego brakowania krów oraz strat ekonomicznych w wysokowydajnych gospodarstwach.

Słowa kluczowe: kulawizna, przyczyny kulawizny, skutki kulawizny

### **Lameness problem in Holstein-Friesian cows**

#### Abstract

The aim of this study was present a problem of lameness in high yielding dairy herds on the basis of the available literature. Lameness in dairy cows are clinical signs of many diseases. The occurrence and causes of lameness are keeping system, feeding, cow's condition and age, lactation stage, milk yield and dominance among cows. Lameness affects reduction of activity, feed intake, daily yield and milk quality. The presence of lameness has a negative influence on reproductive rates and causes increase calving rate and decrease effectiveness of insemination. Lameness is also a cause of decrease welfare of cows, increased culling and economic losses in high yielding herds.

Keywords: lameness, causes of lameness, lameness consequences

## **Próba wykorzystania olejków eterycznych do maskowania uciążliwych zapachów w osadach ściekowych**

### **1. Wstęp**

Osady ściekowe są ubocznym produktem technologii biologicznego oczyszczania ścieków i zgodnie z obowiązującym prawem są traktowane jako odpady. Zawierają ponad połowę substancji zawartych w ściekach surowych, zarówno związków szkodliwych dla środowiska przyrodniczego, jak i dużo cennych dla rolnictwa składników pokarmowych i substancji organicznych [1, 2].

Osady ściekowe cechują się niejednorodnym składem chemicznym m. in. zróżnicowanym stężeniem metali ciężkich, aldehydów, ketonów oraz stopniem zanieczyszczenia mikrobiologicznego i obecnością jaj pasożytów. Ta duża zmienność składu zależy od właściwości ścieków, technologii ich oczyszczania oraz przeróbki osadu. Ze względu na rodzaj oczyszczanych ścieków rozróżnia się osady z oczyszczalni ścieków komunalnych, komunalno-przemysłowych, a także przemysłowych.

Do niedawna problematyka gospodarki osadowej była mało postrzegana i niedoceniana. W ostatnich latach, kiedy do eksploatacji oddano więcej oczyszczalni ścieków na pierwszy plan wysunęły się trudności z unieszkodliwianiem i zagospodarowaniem osadów ściekowych, tym bardziej, że systematycznie wzrasta masa powstających osadów ściekowych, a według szacunków w 2018 roku w Polsce będzie wytwarzanych ponad 700 tys. mg suchej masy tych odpadów.

Chemizm osadów ściekowych wykazuje dużą różnorodność i zmienność powodowaną przez biochemiczne przemiany w czasie lub wywołaną składem ścieków. Osady z oczyszczalni komunalnych są biologicznie niebezpieczne, łatwo zagniwają, co jest związane ze sporą zawartością łatwo rozkładalnych substancji organicznych, a towarzyszy temu wydzielanie nieprzyjemnych zapachów (odorów) [3, 4].

Przed zagospodarowaniem lub unieszkodliwieniem, osad ściekowy musi być poddany odpowiedniej przeróbce.

Celem przeróbki jest przygotowanie osadów do wywozu z terenu oczyszczalni w jak najmniejszej ilości, sanitarnie bezpiecznego, o najniższej zagniwalności, a w przypadku termicznej utylizacji optymalne przygotowanie osadu do spalania (wilgotność, zawartość suchej masy organicznej). Przeróbka osadów powinna być prowadzona w sposób chroniący pracowników i środowisko przed zagrożeniem sanitarnym, szczególnie, gdy odwadniany jest osad niehigienizowany. Przy

---

<sup>1</sup>teresak@uni.opole.pl, Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Wydział Przyrodniczo-Techniczny, www.uni.opole.pl

nieodpowiednim składowaniu lub przetwarzaniu, osady ściekowe mogą być źródłem zanieczyszczeń środowiska przez mikroorganizmy chorobotwórcze oraz ich formy przetrwalnikowe [5].

Przeróbka osadów ściekowych obejmuje zagęszczanie, stabilizację, kondycjonowanie, odwadnianie, higienizację i suszenie. Nie wszystkie te operacje muszą mieć miejsce w jednym obiekcie, ale niektóre z nich mogą być łączone np. odwadnianie z higienizacją wapnem [6].

Podczas odwadniania osadów wydzielają się nieprzyjemne zapachy, które stanowią dużą uciążliwość zarówno dla pracowników oczyszczalni, jak i osób zamieszkujących w sąsiedztwie tych obiektów [7]. Brak polskich norm i przepisów regulujących emisję nieprzyjemnych zapachów do środowiska, przyczynia się do podejmowania badań nad odorami. Wzrasta zainteresowanie efektywnymi środkami neutralizującymi (maskującymi) zapachy. Do tej grupy zalicza się olejki eteryczne zawierające w swoim składzie szereg substancji zapachowych, takich jak: terpeny (monoterpeny i seskwiterpeny), fenole (tymol, karwakrol), alkohole aromatyczne (benzylowy, fenyloetylowy), alkohole terpenowe (nerol, geraniol, cytronelol), etery (anetol, eugenol, cyneol), estry (octan linalilu), aldehydy (cynamowy, benzoosowy), ketony (iron) i węglowodory aromatyczne (p-Cymen) [8, 9].

## **2. Cel pracy**

W pracy wyznaczono dwa cele. Jednym z nich była próba określenia zależności pomiędzy składem fizykochemicznym ścieków komunalnych, a jakością powstałych osadów ściekowych. Drugim celem była ocena skuteczność działania olejków eterycznych takich, jak cytrynowy, grejpfrutowy i sosnowy w maskowaniu odorów wydzielanych w czasie odwadniania osadu ściekowego, w warunkach laboratoryjnych.

## **3. Materiały i metody**

Z dwóch oczyszczalni ścieków komunalnych (A i B) usytuowanych w województwie opolskim pobrano do analizy próbki ścieków surowych i osadów ściekowych powstających w procesie biologicznego oczyszczania tych ścieków.

1. W ściekach surowych i mokrych osadach ściekowych zgodnie z wymogami Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 sierpnia 2002 r. Dz.U.02.134.1140 w sprawie komunalnych osadów ściekowych określono wybrane właściwości fizykochemiczne takie jak: odczyn, zawartość fosforu ogólnego i zawartość azotu ogólnego Kjeldahla (osad ściekowy) oraz BZT<sub>5</sub>, ChZT (ściek surowy) (Tabela 1, Tabela 2). Stopień uwodnienia osadów ściekowych oznaczono metodą zawartości suchej masy w temperaturze 105oC wg normy PN-EN 12880:2004. Natomiast zawartość substancji organicznej oznaczenie jako stratę przy prażeniu suchej masy osadu zgodnie z normą PN-EN 12879:2004.
2. Laboratoryjna ocena możliwości zmniejszenia uciążliwości zapachowej w procesie mechanicznego odwadniania osadów ściekowych po zastosowaniu olejków eterycznych.

Tabela 1. Metody oznaczania wybranych fizykochemicznych właściwości ścieków

Analiza chemiczna	Metoda	Zakres	Jednostka
Odczyn pH	PN EN ISO 10523:2012	2-12	-
ChZT	PN-ISO 6060:2006	30-4000	mg/l
BZT <sub>5</sub>	PN-EN 1899-1:2002	3-6000	mg/l
Zawartość fosforu ogólnego	PN-EN ISO 6878:2006 p.8+Ap1:2010+Ap2:2010	0,025-20	mg/l
Zawartość azotu ogólnego Kjeldahla	PN-EN 25663:2001	0,4-1000	mg/l

Tabela. 2 Metody oznaczania wybranych fizykochemicznych właściwości osadów ściekowych

Analiza chemiczna	Metoda	Zakres	Jednostka
Odczyn pH	PN-EN 12176:2004	1-13	-
Zawartość fosforu ogólnego	PN-EN 13346:2002, PN-EN ISO 11885:2009	0,0005-10	% sm
Zawartość azotu ogólnego Kjeldahla	PN-EN 13342:2002	0,003-8	% sm

Do maskowania odorów wydzielających się podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych zastosowano olejki eteryczne (cytrynowy, grejpfrutowy i sosnowy) w 4 różnych stężeniach (0,05; 0,125, 0,25 i 0,5%). Charakterystykę substancji czynnych w testowanych olejkach eterycznych wykonano metodą GC/MS za pomocą chromatografu gazowego HP 6890 sprzężonego ze spektrometrem masowym HP 5973A (Hewlett – Packard, USA) [10]. Osady komunalne A i B były wzbogacone olejkami przed procesem mechanicznego odwadniania w laboratoryjnej wirówce sedymentacyjnej typu MPW 350.

Efekt maskowania odorów oceniono organoleptycznie, mierząc czas utrzymywania się zapachu typowego dla zastosowanego olejku eterycznego. Kontrolę stanowiła próba bez dodatku olejku. Na podstawie badań ustalono minimalną dawkę olejku neutralizującą uciążliwy zapach osadów ściekowych.

Ocena organoleptyczna została przeprowadzona przez zespół składający się z 3 osób. Każda osoba posiadała kartę, na której dokonywała zapisu wyników. Pozyskane wyniki od wszystkich osób dały wypadkową, która posłużyła do określenia czasu neutralizacji odorów w odwirowanym osadzie po procesie sedymentacji w odśrodkowej w wirówce laboratoryjnej.

#### 4. Wyniki i dyskusja

Badane ścieki komunalne trafiające do oczyszczalni ścieków, która na etapie biologicznym wykorzystuje technologię osadu czynnego, niosły zróżnicowany ładunek zanieczyszczeń. Oznaczone parametry fizykochemiczne takie, jak m. in.: odczyn pH, BZT<sub>5</sub>, ChZT, zawartość fosforu ogólnego i zawartość azotu ogólnego Kjeldahla wskazują, że ścieki pochodzące z oczyszczalni A wykazywały większy stopień zanieczyszczenia (Tabela 3).

Tabela 3. Charakterystyka ścieków trafiających do oczyszczalni komunalnej

<b>Analiza chemiczna</b>	<b>Jednostka</b>	<b>Ścieki A</b>	<b>Ścieki B</b>
Odczyn pH	-	7,4	7,2
BZT <sub>5</sub>	mg/l	421	315
ChZT	mg/l	2165	1279
Zawartość fosforu ogólnego	mg/l	8,72	12,2
Zawartość azotu ogólnego Kjeldahla	mg/l	142	122

Z kolei surowe (rzeczywiste) osady ściekowe powstające po oczyszczeniu ścieków metodą osadu czynnego w oczyszczalni B cechowały się niższym odczynem, ale wyższą zawartością fosforu i azotu w porównaniu do osadu ściekowego A. Osad ściekowy B zawierał także więcej substancji organicznej (74,2% sm) i wykazywał niższy stopień uwodnienia (98,8%) niż osad A (Tabela 4). Bień i wsp. [11], Wolny [12] i Kempa [13] także podkreślają, że skład i charakter komunalnych osadów ściekowych zależy od rodzaju ścieków trafiających do oczyszczalni i sposobu ich oczyszczania. W praktyce nie ma dwóch identycznych osadów ściekowych [14]. Wydaje się, że podwyższone parametry charakteryzujące osad B sprzyjają jego zagniwaniu i powstawaniu odorów.

Tabela 4. Charakterystyka osadów ściekowych

<b>Analiza chemiczna</b>	<b>Jednostka</b>	<b>Osad ściekowy A</b>	<b>Osad ściekowy B</b>
Odczyn pH	-	7,0	6,0
Zawartość fosforu ogólnego	% sm	0,75	1,9
Zawartość azotu ogólnego Kjeldahla	% sm	5,00	>8,00
Zawartość substancji organicznej	% sm	56,0	74,2
Uwodnienie	%	99,2	98,8

Oprócz parametrów fizykochemicznych bardzo ważne dla oceny możliwości przyrodniczego wykorzystania osadów są ich parametry higieniczno-sanitarne oraz efekt ekologiczny.

W procesie biologicznego oczyszczania istnieje wiele czynników, które w krótkim czasie mogą przeszkodzić prawidłowej pracy oczyszczalni, w skutek czego nie osiąga się efektu ekologicznego, a mieszkańcy odczuwają wzmożony odór [15]. Zazwyczaj osady ściekowe są w dużym stopniu uwodnione, dlatego odwadnia się je mechanicznie lub w warunkach naturalnych przez filtrację grawitacyjną z odparowaniem na poletkach osadowych i w lagunach. Osady niestabilizowane biologicznie (surowe lub niedostatecznie przefermentowane) odwadniają się bardzo trudno, a zagniwając wydzielają odory uciążliwe dla środowiska. Zapach osadu zależy od jego ustabilizowania. Chociaż emisja nieprzyjemnych zapachów do środowiska, jak dotychczas nie została prawnie uregulowana, podejmowane są badania nad ograniczeniem wpływu odorów na otoczenie.

Obecnie do typowych metod dezodoryzacji gazów zalicza się: sorpcję, spalanie termiczne i katalityczne, biofiltracja gazów oraz neutralizację zapachu tzw.

maskowanie [16]. Wybór najskuteczniejszej metody dezodoryzacji jest trudny, ale wydaje się, że efektywnymi środkami neutralizującymi (maskującymi) zapachy mogą być olejki eteryczne.

O aktywności biologicznej i skuteczności działania olejków decydują skład jakościowy i ilościowy substancji czynnej zawartej w surowcu [17, 18, 19, 20]. Skład wtórnych metabolitów olejków eterycznych jest zmienny i zależy od wielu czynników takich jak: gatunek, odmiana, wiek rośliny, warunki środowiskowe jej wzrostu i rozwoju, a także metody izolacji [21, 22, 23]. Lis-Balchim [24] podkreśla, że nie mniej ważny jest kraj pochodzenia surowca, z którego otrzymywany jest olejek eteryczny. Jednym z olejków o najbardziej zróżnicowanym składzie chemicznym jest m.in. olejek z *Lavandula angustifolia*. W zależności od kraju pochodzenie cechuje go różne stężenie substancji biologicznie czynnych. W olejku pochodzącym z Bułgarii zawartość ocymenów wynosi do 6,8 do 7,7%, linalolu 30-34%, octanu linalolu 35-38%, natomiast lawandulolu i jego octanu nie zidentyfikowano. Natomiast w olejku pochodzącym z Chin nie zidentyfikowano ocymenów, a głównymi składnikami były: linalol (24-36%), octan linalolu (29-36%), lawandulol i jego octan (1,6-1,7%). W olejku otrzymanym w Indiach także nie zidentyfikowano ocymenów, a udziały głównych składników były następujące: linalol – 10%, octan linalolu – 45%, lawandulol – 0,1% [25, 26]. Według Boelensa [27] istnieje zależność pomiędzy głównymi składnikami olejków, tj. linalolu, octanu linalolu, lawandulolu i ocymenów. Wysoki udział linalolu i jego estrów jest związany z niskim udziałem ocymenów i odwrotnie [27].

Dlatego duże znaczenie w ocenie skuteczności działania olejków eterycznych w maskowaniu odorów ma znajomość ich składu chemicznego wpływającego na zapach. Głównymi składnikami testowanych olejków były: limonen,  $\alpha$  i  $\beta$ - pinen (Tabela 5).

Tabela 5. Substancje zapachowe zawarte w testowanych olejkach eterycznych

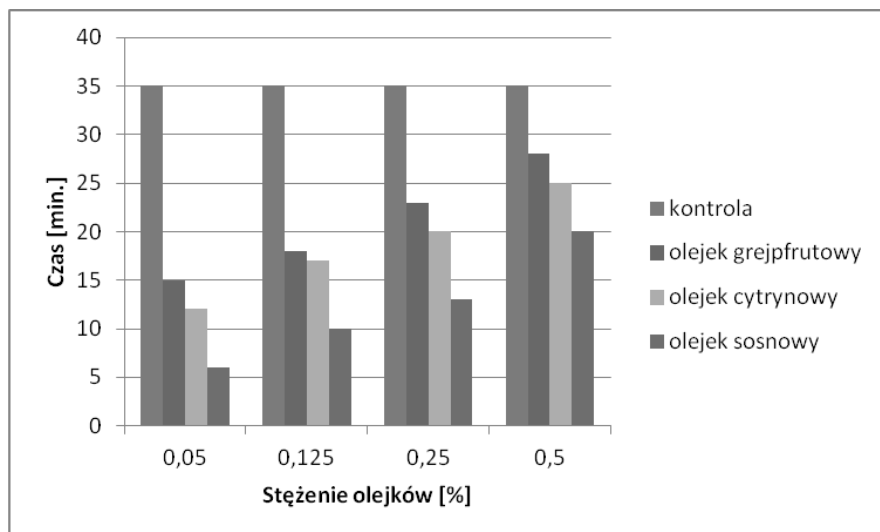
Testowany olejek	Substancja zapachowa
cytrynowy	limonen
grejpfrutowy	limonen
sosnowy	$\alpha$ -pinen, $\beta$ -pinen

Minimalna dawka olejku eterycznego neutralizująca uciążliwy zapach osadów ściekowych zależała zarówno od rodzaju oraz stężenia zastosowanego olejku, jak i rodzaju osadu ściekowego (Tabela 3 i Tabela 4).

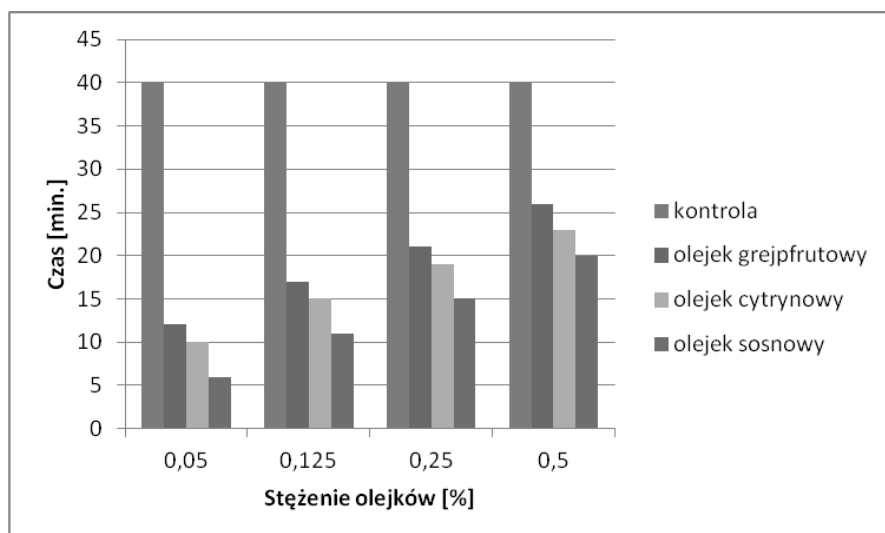
Warto podkreślić, że niezależnie od składu osadu ściekowego olejki cytrusowe, w których główny składnik stanowił limonen działały efektywniej niż olejek sosnowy.

Testowane olejki eteryczne niezależnie od zawartości i rodzaju substancji biologicznie czynnych zastosowane w najniższym stężeniu (0,05%) działały podobnie i nie powodowały odczuwalnego organoleptycznego efektu maskowania uciążliwych zapachów podczas mechanicznego odwadniania osadów ściekowych A i B. (Rysunek 1. Rysunek 2.).

*Próba wykorzystania olejków eterycznych do maskowania uciążliwych zapachów w osadach ściekowych*



Rysunek 1. Wpływ stężenia [%] olejków eterycznych z cytryny, grejpfruta i sosny na czas [min.] skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów w osadzie ściekowym A



Rysunek 2. Wpływ stężenia [%] olejków eterycznych z cytryny, grejpfruta i sosny na czas [min.] skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów w osadzie ściekowym B

Czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu zależał od testowanego olejku i rodzaju osadu ściekowego. Dla wszystkich olejków eterycznych minimalne stężenie skutecznie maskujące zapach wynosiło 0,125%, ale lepszy efekt maskujący cechował olejki cytrusowe (15-19 minut) niż olejek sosnowy (10 i 12 minut). Najlepsze właściwości wykazywał olejek grejpfrutowy. Zastosowanie wyższych stężeń olejków powodowało wydłużenie czasu maskowania, ale i w tym przypadku najlepszy efekt

uzyskano dla olejku grejpfrutowego (26 minut i 28 min). Potwierdzają to badania Kowalczyk (2011), która stosując olejek z ze skórki pomarańczy otrzymany w wyniku destylacji z parą wodną wykazała, że wraz ze wzrostem stężenia olejku wydłużał się czas skutecznej neutralizacji odorów do 23 minut.

W naszych badaniach lepsze właściwości maskujące odory powstające w czasie odwadniania osadów ściekowych wykazały olejki cytrusowe, których głównym składnikiem był limonen, niż olejek sosnowy zawierający  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinen.

## 5. Wnioski

- Testowane olejki cytrynowy, grejpfrutowy i sosnowy są potencjalnymi substancjami do maskowania nieprzyjemnych zapachów powstały w czasie odwadniania osadów ściekowych;
- Minimalne stężenie olejków eterycznych wynosiło 0,125%, a czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu w zależności od testowanego olejku i rodzaju osadu ściekowego wynosił 15-19 minut dla olejków cytrusowych i 10-12 minut dla olejku sosnowego;
- Wraz ze wzrostem stężenia olejków eterycznych wzrastała skuteczność neutralizacji odorów; dla olejku grejpfrutowego do 28minut;
- Najlepsze właściwości maskujące wykazały olejki, których substancję czynną stanowił limonen;
- Na czas skutecznej neutralizacji nieprzyjemnych zapachów wpływa skład chemiczny osadów ściekowych.

## Literatura

1. Żukowska G., Flis-Bujak M., Baran S. *Wpływ nawożenia osadem ściekowym na substancję organiczną gleby lekkiej pod uprawą wikliny*, Acta Agrophysica, 73 (2002), s. 357-367
2. Krutysz-Hus E., Chmura K., *Próby wykorzystania osadów ściekowych w uprawie wierzby krzewiastej dla potrzeb energetycznych*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 528 (2008), s. 397-403
3. Bień B.J. *Osady ściekowe teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa (2002), s.290
4. Wydro U., Łoboda T. *Główne problemy związane z przyrodniczym zagospodarowaniem osadów ściekowych*, Inżynieria Środowiska-Młodym Okiem, 4 (2014), s. 97-120
5. Błaszczyk K., Krzyśko-Łupicka T., *Przegląd metod badania osadów ściekowych stosowanych w Polsce*, Inżynieria i Ochrona Środowiska 17 (1) (2014), s. 117-133. ISSN 1505-3695
6. Malej J., *Odpady i osady ściekowe. Charakterystyka- unieszkodliwianie- zagospodarowanie*, Politechnika Koszalińska, Koszalin (2004)
7. Kowalczyk A., Piecuch T. i Andriyevska L., *Zastosowanie olejku eterycznego z sosny do maskowania uciążliwych zapachów wydzielających się w procesie mechanicznego odwadniania komunalnych osadów ściekowych*, Rocznik Ochrona Środowiska 15 (2013), s. 807-822



8. Trytek M., Paduch R., Fiedurek J., Kandefer - Szerszeń M., *Monoterpeny – stare związki, nowe zastosowania i biotechnologiczne metody ich otrzymania*, *Biotechnologia* 76 (2007), s. 135-155
9. Molski M., *Chemia piękna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2009), s. 88-125
10. Białoń M., Krzyśko-Łupicka T., Koszałkowska M., Wieczorek P., *Chemical composition of lemon essential oils and their fungicidal activity against Candida yeasts*, *Mycopathologia* 177 (2014), s. 29-39. DOI;10.1007/s11046-013-9723-3
11. Bień J. B., Wolny L. i Wolski P., *Działanie ultradźwięków i polielektrolitów w procesie odwirowania osadów ściekowych*, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 4(1) 2001, s. 41-50
12. Wolny L. *Ultradźwiękowe wspomaganie procesu przygotowania osadów ściekowych do odwadniania*, Monografie nr 104. Wydanie Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa (2005)
13. Kempa E.S., *Modeling of wastewater sludges - theoretical conditions and realities*, *I Scientific - Technical Conference*, Częstochowa, Poland (1995), s. 16-23
14. Korzawka-Wojtal A., Wolny L., *Wpływ dawki elektrolitu na charakterystyki osadów ściekowych w procesach sedymentacji w małych oczyszczalniach ścieków*, *Proceedings of ECOpole*, 2 (2008), s. 445-449
15. Kowalczyk A., Kutryn J. Piecuch T., *Neutralizacja nieprzyjemnych zapachów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych w procesie sedymentacji odśrodkowej*, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 12 (2010), s. 365
16. Kowalczyk A. i Piecuch T., *Zastosowanie olejku eterycznego z pomarańczy do maskowania nieprzyjemnych zapachów powstających podczas odwadniania komunalnych osadów ściekowych*, *Inżynieria ekologiczna*, 25 (2011), s. 124-134
17. Wójcik-Stopczyńska B., Jakowienko P., *Antydrobnoustrojowe właściwości olejków i ziół*, *Panacea*, 1 (34) (2011), s. 8-9
18. Cavanagh M. M. A., Wilkinson J. M., *Biological activity of Lavender essential oil* *Phytother Res*, 16 (2002); s. 301-8
19. Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., *Biological effects of essential oils – a review*, *Food Chem Toxicol*, 46 (2008), s. 446-75
20. Sienkiewicz M., Denys P., Kowalczyk E., *Antibacterial and immunostimulatory effect of essential oils*, *Int Rev Allergol Clin Immunol*, 17 (2011), s. 40-46
21. Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P., *Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of Lavandula stoechas L. ssp. stoechas essential oils from stem/leaves and flowers*, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 54 2006, s. 4364-4370
22. Lawrence B. M., *Mint. The Genus Mentha. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles*, CRC Press, London 2007, s. 499
23. Król S. K., Skalicka-Woźniak K., Kandefer-Szerszeń M., Stepulak A. *Aktywność biologiczna i farmakologiczna olejków eterycznych w leczeniu i profilaktyce chorób infekcyjnych*, *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* (online), 67 2013, s. 1000-1007
24. Lis-Balchin M., *Lavander, The genus Lavandula*, Taylor & Francis, London (2002)

25. Adaszyńska M., Swarczewicz M., Markowska-Szczupak A., *Porównanie składu chemicznego i aktywności przeciwdrobnoustrojowej olejku eterycznego otrzymanego z różnych krajowych odmian lawendy wąskolistnej (Lavandula angustifolia L.)*, Borgis - Postępy Fitoterapii, 2 2013, s. 90-96
26. Adaszyńska-Skwirzyńska M., Swarczewicz M., *Skład chemiczny i aktywność biologiczna Lawendy lekarskiej*, Wiadomości chemiczne, 68 (2014), s. 1073-1093
27. Boelens M. H., *Chemical and sensory evaluation of Lavandula oils*, Perf Flav, 20 (1995), s. 23-51

### **Próba wykorzystania olejków eterycznych do maskowania uciążliwych zapachów w osadach ściekowych**

#### Streszczenie

Podczas odwadniania osadów wydzielają się nieprzyjemne zapachy, które stanowią dużą uciążliwość zarówno dla pracowników oczyszczalni, jak i osób zamieszkujących w sąsiedztwie tych obiektów. Wszystko to sprawia, że wzrasta zainteresowanie poszukiwaniem efektywnych środków neutralizujących zapach tzw. maskowanie. Takie preparaty mogą stanowić olejki eteryczne, zawierające w swym składzie szereg substancji zapachowych.

Celem pracy była ocena skuteczność działania olejków takich, jak cytrynowego, grejpfrutowego i sosnowego w maskowaniu odorów wydzielanych w czasie odwadniania osadu ściekowego.

Badania wykonano w laboratoryjnej wirówce sedimentacyjnej. Materiał badań stanowił rzeczywisty osad ściekowy z oczyszczalni komunalnej, do którego dodawano testowane olejki eteryczne w 4 różnych stężeniach (0,05; 0,125, 0,25 i 0,5%). Czas utrzymywania się zneutralizowanego zapachu oceniono organoleptycznie. Kontrolę stanowiła próba bez dodatku olejku.

Wszystkie z testowanych olejków (cytrynowy, grejpfrutowy i sosnowy) skutecznie maskowały nieprzyjemny zapach powstały w czasie odwadniania osadu ściekowego. Wraz ze wzrostem stężenia olejku eterycznego rósł także czas skuteczność neutralizacji odorów. Najlepsze właściwości maskujące wykazały olejki cytrusowe takie, jak cytrynowy i grejpfrutowy.

Słowa kluczowe: maskowanie odorów, olejki eteryczne, ścieki.

### **An attempt to use essential oils to mask odors in sludge**

#### Abstract

During dewatering of sludge odors are released, that are a significant nuisance for both treatment plant workers and people living in the vicinity of these objects. All this makes a growing interest in the search for effective measures neutralizing odor the so called camouflage. Such preparations may be essential oils containing a number of fragrances in their composition.

The aim of the study was to evaluate the effectiveness of essential oils such as lemon, grapefruit and pine oil in masking the odors emitted during dewatering sludge.

The research was performed in a laboratory sedimentation centrifuge. The testing material was a real sludge from a municipal waste water treatment to which tested essential oils were added at 4 different concentrations (0.05, 0.125, 0.25 and 0.5%). The duration of neutralized odor was judged organoleptically. The control was an attempt with no oils added.

All of the tested oils (lemon, grapefruit and pine oil) masked effectively the unpleasant odor formed during the dewatering of activated sludge. The concentration of the essential oil increased as well as the time effectiveness of odor neutralization. The best masking properties were shown by citrus oils such as lemon and grapefruit oil.

Key words: masking odors, essential oils, sewage.

## **Regionalne zróżnicowanie dochodowości gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji trzody chlewnej**

### **1. Wprowadzenie**

Zachodzące w polskim rolnictwie zmiany, a także procesy dostosowujące gospodarkę do unijnych standardów wymuszają głębsze poznanie uwarunkowań ekonomicznych kształtujących cały sektor rolny oraz poszczególne gospodarstwa rolne. Rolnictwo polskie odznacza się dużym zróżnicowaniem pod względem osiąganych dochodów, intensywności produkcji oraz wysokości rolniczej produkcji towarowej. Wykazuje także silne zróżnicowanie regionalne wynikające zarówno z zaszcłości historycznych, jak również uwarunkowań przyrodniczych oraz ekonomiczno-organizacyjnych. Wpływa to na odmienną strukturę produkcji zwierzęcej zwłaszcza trzody chlewnej w poszczególnych regionach kraju, jak również na wyniki ekonomiczne. Celem przeprowadzonych badań była ocena regionalnego zróżnicowania dochodowości gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji trzody chlewnej.

### **2. Materiały i metody**

Ocenę przeprowadzono na podstawie makroregionów FADN (ang. *Farm Accountancy Data Network*), tj. Pomorze i Mazury, Wielkopolska i Śląsk, Mazowsze i Podlasie oraz Małopolska i Pogórze. Regiony te wykazały duże zróżnicowanie pod względem uzyskanego dochodu z gospodarstw specjalizujących się w produkcji trzody chlewnej. Analiza została przeprowadzona w oparciu o informacje gromadzone w ramach europejskiego systemu zbierania danych rachunkowych z gospodarstw rolnych FADN. W niniejszej pracy ocenie został poddany dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego w relacji do kapitału własnego, osób zatrudnionych, kosztów produkcji oraz wartości produkcji żywca wieprzowego, jak również oceniono produkcję zwierzęcą w tym produkcję trzody chlewnej oraz ilość sztuk dużych przypadających na 1 ha użytków rolnych. W badaniach uwzględniono lata 2010-2012. W pracy wykorzystano metodę opisową i porównawczą, natomiast oceny dochodowości gospodarstw dokonano przy pomocy wskaźników określających relacje dochodu do poziomu zatrudnienia,

---

<sup>1</sup> elwira468@wp.pl, Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Wydział Agrobiotechnologii Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>2</sup> edytacybul@wp.pl, Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Wydział Agrobiotechnologii Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup> marek.babicz@up.lublin.pl, Katedra Hodowli i Technologii Produkcji Trzody Chlewnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

do strumienia kapitału (kosztów produkcji) oraz do wartości produkcji. Do prezentacji wyników badań wykorzystano metodę tabelaryczną.

Produkcja żywca wieprzowego jest drugim, co do ważności produktem polskiego rolnictwa. Ma duży wpływ na zróżnicowanie dochodów gospodarstw rolnych w Polsce. Niestety udział trzody w produkcji towarowej systematycznie zmniejsza się. Spadek znaczenia żywca wieprzowego związany jest z wolniejszym w porównaniu do innych produktów tempem wzrostu cen [1].

W tabeli 1. przedstawiono wskaźniki charakteryzujące zasoby ziem oraz produkcję trzody chlewnej na przestrzeni trzech lat. Pierwszym wskaźnikiem, który opisuje dany zasób jest powierzchnia użytków rolnych. Największą powierzchnię użytków rolnych w 2012 roku posiadały gospodarstwa makroregionu Pomorza i Mazur (39,6 ha). W stosunku do lat ubiegłych odnotowano niewielki wzrost tego wskaźnika. Najmniejszą powierzchnię gospodarstw posiada region Małopolski i Pogórza (10,7 ha), w regionie tym występuje duże rozdrobnienie powierzchni. Wynik ten w stosunku do roku poprzedniego nie zmienił się. W regionie Wielkopolski i Śląska w 2012 roku powierzchnia użytków rolnych zmniejszyła się o 0,2 ha.

Kolejnym wskaźnikiem jest wielkość produkcji trzody chlewnej w gospodarstwach rolnych. Regionem gdzie utrzymuje się najwięcej trzody chlewnej w roku 2012 była Wielkopolska i Śląsk – 11, 39 LU oraz Pomorze i Mazury (9,94 LU), natomiast najniższą produkcję prowadziły gospodarstwa z regionu Małopolska i Pogórze – 3,39 LU. Taka sytuacja może być spowodowana wielkością siły ekonomicznej gospodarstw. Regiony, które charakteryzują się wysoką produkcją trzody chlewnej odznaczają się dużą siłą ekonomiczną, co przyczyniło się do powstania nowoczesnych gospodarstw rolnych, zajmujących się masową produkcją trzody chlewnej.

Ostatni wskaźnik w tabeli 1. przedstawia wielkość produkcji trzody chlewnej przypadającej na 1ha użytków rolnych. W 2012 roku najwyższy wynik osiągnął region Wielkopolska i Śląsk 0,44 LU/1ha, zaraz po nim na drugim miejscu plasował się region Małopolski i Pogórze, gdzie na 1ha użytków rolnych przypada 0,30 LU. Najniższe wyniki odnotowano w regionie Pomorza i Mazur (0,25 LU/1ha) oraz Mazowsza i Podlasia (0,27LU/ha) regiony te w danym roku osiągnęły niższe wyniki w stosunku do roku poprzedniego.

Wskaźniki zawarte w tabeli 2. przedstawiają liczbę sztuk dużych w gospodarstwach rolnych w Polsce w badanym okresie czasu oraz udział trzody chlewnej w ogólnej liczbie zwierząt. Regionami które charakteryzują się największą produkcją zwierząt są Pomorze i Mazury (20LU) oraz Wielkopolska i Śląsk (19,6LU). W gospodarstwach tych trzoda chlewna stanowiła ponad 50% udziału wszystkich zwierząt. Pozostałe regiony cechowały się dużo niższą produkcją zwierzęcą. tj. Mazowsze i Podlasie 10,8LU – udział trzody chlewnej wyniósł 39%, natomiast w regionie Małopolska i Pogórze 7,4LU a udział trzody to 44%. Niższy udział trzody chlewnej w tych regionach był spowodowany niższymi cenami skupu, a co za tym idzie niższym zyskiem z produkcji zwierzęcej. Sytuacja ta spowodowała zmniejszenie chowu trzody chlewnej lub całkowitą jego likwidację.

*Regionalne zróżnicowanie dochodowości gospodarstw rolnych  
specjalizujących się w produkcji trzody chlewnej*

Tabela 1. Wielkość powierzchni użytków rolnych i trzody chlewnej w gospodarstwie rolnym według makroregionów FADN w latach 2010-2012

Makroregiony	Powierzchnia użytków rolnych [SE025] ( ha)			Wielkość produkcji trzody chlewnej(LU)			Produkcja trzody chlewnej na 1 ha UR (LU/ha)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Pomorze i Mazury	37,8	38,5	39,6	9,20	10,16	9,94	0,24	0,26	0,25
Wielkopolska i Śląsk	26,3	26,2	26,1	11,16	11,12	11,39	0,42	0,42	0,44
Mazowsze i Podlasie	14,9	15,1	15,5	4,25	4,3	4,18	0,29	0,28	0,27
Małopolska i Pogórze	10,8	10,7	10,7	3,38	3,18	3,22	0,31	0,30	0,30

Źródło: opracowanie własne na podstawie Wyniki standardowe uzyskane przez gospodarstwa rolne uczestniczące w Polskim FADN w 2010, 2011 oraz 2012 roku, Polski FADN, Warszawa

Wartość produkcji zwierzęcej we wszystkich regionach z roku na rok wzrastała. Najwyższy wzrost danego wskaźnika odnotowano w regionie Wielkopolski i Śląska - o 4718 zł, zaś najniższy w regionie Małopolski i Pogórze – o 3186 zł. Region ten jednocześnie uzyskał najniższą wartość produkcji zwierzęcej w 2012 roku, natomiast najwyższą uzyskał region Pomorza i Mazur.

W przypadku wartości produkcji żywca wieprzowego sytuacja była podobna. Najwyższą wartość osiągnęły gospodarstwa należące do regionu Wielkopolski i Śląska – 41719zł natomiast najniższą region Małopolski i Pogórze – 12815zł. Wartość produkcji żywca wieprzowego z roku na rok wzrastała.

Tabela 2. Udział trzody chlewnej w ogólnej liczbie zwierząt w gospodarstwach rolnych według makroregionów FADN w latach 2010-2012

Makroregiony	Zwierzęta ogółem (LU)			Udział trzody chlewnej w zwierzętach ogółem		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Pomorze i Mazury	19,3	20,1	20	48%	51%	50%
Wielkopolska i Śląsk	19,6	19,4	19,6	57%	57%	58%
Mazowsze i Podlasie	10,8	10,7	10,8	39%	40%	39%
Małopolska i Pogórze	7,4	7,2	7,4	46%	44%	44%

Tabela 3. Produkcja zwierzęca oraz udział żywca wieprzowego w produkcji zwierzęcej w przeciętnym gospodarstwie rolnym według makroregionów FADN w latach 2010-2012

Makroregiony	Produkcja zwierzęca (zł)			Produkcja żywca wieprzowego zł			Udział % produkcji żywca wieprzowego w produkcji zwierzęcej		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Pomorze i Mazury	63560	80539	85034	24330	35742	39302	38%	44%	46%
Wielkopolska i Śląsk	65766	77499	82217	29154	3695	41719	44%	48%	51%
Mazowsze i Podlasie	33528	39753	43159	10903	14037	15891	33%	35%	37%
Małopolska i Pogórze	23270	27310	30496	9333	11195	12815	40%	41%	42%

Źródło: opracowanie własne na podstawie Wyniki standardowe uzyskane przez gospodarstwa rolne uczestniczące w Polskim FADN w 2010, 2011 oraz 2012 roku, Polski FADN, Warszawa

Ostatnim wskaźnikiem w tabeli 3. jest udział produkcji żywca wieprzowego w produkcji zwierzęcej. Najwyższym udziałem w badanym okresie odznaczał się region Wielkopolski i Śląska (51%), natomiast najniższym Mazowsze i Podlasie (37%). Na dany wynik może wpływać fakt, że gospodarstwa te zajmują się produkcją na mniejszą skalę. Udział pozostałych regionów wyniósł 42% – Małopolska i Pogórze oraz 46% – Pomorze i Mazury.

Dochód rolniczy jest podstawowym miernikiem efektywności ekonomicznej gospodarstw i oznacza nadwyżkę ekonomiczną uzyskaną z gospodarstwa rolnego po odjęciu kosztów produkcji. Według Zegara dochód rolniczy jest jedną z podstawowych kategorii ekonomicznych wyrażającą zasadniczy cel prowadzenia działalności produkcyjnej przez gospodarstwo rolne [2]. Według systemu rachunkowości rolnej czyli FADN, dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego jest nadwyżką ekonomiczną uzyskaną w wyniku prowadzenia przez gospodarstwo działalności operacyjnej. Stanowi on wynagrodzenie rolnika za zaangażowane w procesie wytwórczym własne czynniki produkcji, tj. pracy, ziemi i kapitału [3]. Oceny dochodowości gospodarstw rolnych dokonano na podstawie wartości dochodu z rodzinnego gospodarstwa rolnego, a także przy wykorzystaniu jego relacji do liczby pełnozatrudnionych w gospodarstwie oraz do kosztów produkcji.

Jak ukazuje analiza danych zawartych w tabeli 3. najwyższy przeciętny dochód w roku 2012 osiągnęli rolnicy z regionu Pomorze i Mazury (78686 zł). Ze względu na to, że region ten charakteryzuje się dużymi obszarowo gospodarstwami

z przewagą produkcji roślinnej, osiągane przez nie dochody były w większej części kreowane przez wsparcie zewnętrzne. Wysokie dochody osiągnęły również gospodarstwa z regionu Wielkopolski i Śląska (57477 zł). Region ten jest w większości zdominowany przez gospodarstwa średniej wielkości, silnie ekonomicznie, nastawione przeważnie na produkcję zwierzęcą, odznaczające się wysokim potencjałem wytwórczym oraz znacznymi powiązaniem z rynkiem. Natomiast zdecydowanie niższe wyniki ekonomiczne uzyskali rolnicy z pozostałych dwóch regionów. Na Mazowszu i Podlasiu średni poziom dochodu na jedno gospodarstwo wyniósł w 2012 roku 36294 zł i był niższy w stosunku do roku 2011 o 1334 zł. W Małopolsce i Pogórzu przeciętny dochód gospodarstwa rolnego wyniósł w 2012 roku jedynie 25 264 zł. Słabsza sytuacja dochodowa w omawianym regionie spowodowana była przede wszystkim niższą siłą ekonomiczną gospodarstw, wynikającą z dużego rozdrobnienia agrarnego.

Zróżnicowanie rolnictwa w makroregionach wyraża się między innymi w poziomie zatrudnienia. Wyższe uzbrojenie techniczne zasobów pracy oraz większa powierzchnia UR przypadająca na jednego zatrudnionego w zachodniej części Polski przekładają się na wyższą dochodowość gospodarstw z tych regionów w przeliczeniu na osobę pełnozatrudnioną. W analizowanym przedziale czasu najwyższy poziom tego wskaźnika osiągały gospodarstwa położone w regionie Pomorza i Mazur, zaś najniższy w regionie Małopolski i Pogórza. Jego średnia wartość w omawianym przedziale czasu w tych częściach Polski wyniosła odpowiednio 43215 zł/AWU i 15788 zł/AWU. Podobnie jak poziom dochodu z gospodarstwa, dochód na osobę pełnozatrudnioną wykazywał duże zróżnicowanie. W 2012 roku różnica pomiędzy makroregionami o najwyższym i najniższym poziomie tego miernika była 3-krotna. Najwyższy poziom dochodu w przeliczeniu na jedną osobę pełnozatrudnioną z rodziny w całym badanym okresie osiągały gospodarstwa rolne z Pomorza i Mazur – 49959 zł w 2012 roku, a także z Wielkopolski i Śląska - 35026 zł w 2012 roku. Stosunek dochodu z gospodarstwa rolnego do kosztów produkcji wynosił w 2012 średnio od 0,35 zł/zł w regionie Wielkopolski i Śląska, poprzez 0,4 zł/zł w regionie Pomorza i Mazur, 0,43 zł/zł w Małopolsce i Pogórzu do 0,52 zł/zł w regionie Mazowsza i Podlasia. W omawianym przedziale czasu relacja dochodów do kosztów produkcji w regionie Małopolski i Pogórza, a także Wielkopolski i Śląska kształtowała się na podobnym poziomie, natomiast duże różnice w badanych latach wystąpiły w regionie Mazowsza i Podlasia.

Tabela 3. Dochodowość w przeciętnym gospodarstwie rolnym według makroregionów FADN w latach 2010-2012

Makroregiony	Dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego w zł [SE 420]			Dochód na osobę pełnozatrudnioną w zł/AWU [SE430]			Relacja dochodu gospodarstwa do kosztów produkcji w zł [SE420/270]		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Pomorze i Mazury	59785	64589	78686	38496	41192	49959	0,42	0,37	0,41
Wielkopolska i Śląsk	50685	55084	57477	30951	33033	35026	0,37	0,36	0,34
Mazowsze i Podlasie	34100	37628	36294	22046	23789	22615	0,56	0,53	0,48
Małopolska i Pogórze	21755	25074	25264	14427	16389	16549	0,43	0,44	0,42

Źródło: opracowanie własne na podstawie Wyniki standardowe uzyskane przez gospodarstwa rolne uczestniczące w Polskim FADN w 2010, 2011 oraz 2012 roku, Polski FADN, Warszawa

Analiza wykazała duże zróżnicowanie w poziomie dochodowości w gospodarstwach rolnych badanych regionów. Wpływ na tę sytuację miało rozdrobnienie agrarne, wielkość ekonomiczna gospodarstw, a także ich struktura według typów rolniczych. Analizując dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego przypadający na osobę pełnozatrudnioną z rodziny zauważono, że jego wielkość była silnie związana z wielkością ekonomiczną. Wraz z jej wzrostem zwiększał się poziom realizowanego dochodu. Największy dochód na osobę pełnozatrudnioną osiągnął region Pomorza i Mazur, najniższy zaś Małopolska Pogórze. Najwyższy dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego w omawianych latach osiągnęły Pomorze i Mazury, zaś najniższy Małopolska i Pogórze oraz Mazowsze i Podlasie. W relacji dochodu do kosztów produkcji najlepsze relacje były w regionie Mazowsze i Podlasie, a najgorsze w Wielkopolsce i Śląsku.

Jak wynika z powyższej tabeli, najwyższy dochód pomniejszony o saldo dopłat i podatków w analizowanym przedziale czasu osiągnął region Pomorza i Mazur – w 2012 roku 33264 zł. Region Wielkopolski i Śląska osiągnął 83% tej wartości,



natomiast regiony Mazowsze i Podlasie oraz Małopolska i Pogórze odpowiednio 53% i 37%.

Dochód gospodarstwa rolnego w relacji do wartości kapitału własnego w regionie Pomorza i Mazur jest najwyższy, gdzie osiągnął 0,090 zł/1 zł, pozostałe regiony osiągnęły podobną wartość wskaźnika: region Wielkopolski i Śląska 0,068 zł/1 zł, Mazowsza i Podlasia 0,067 zł/1 zł oraz Małopolski i Pogórze 0,064 zł/1 zł. Wymienione trzy regiony osiągnęły wartości niższe w stosunku do roku ubiegłego.

Tabela.4. Relacja dochodu gospodarstwa rolnego do wartości produkcji oraz kapitału własnego według makroregionów FADN w latach 2010-2012

Makroregiony	Dochód z gospodarstwa rolnego pomniejszony o saldo dopłat i podatków (zł/1zł) SE420-(SE600+SE405)			Dochód gospodarstwa rolnego w relacji do wartości kapitału własnego (zł/ 1zł) SE 420/SE501			Relacja dochodu gospodarstwa do wartości produkcji żywca wieprzowego(zł/1zł) SE420/SE225		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Pomorze i Mazury	17331	18334	33264	0,081	0,081	0,090	2,46	1,81	2,00
Wielkopolska i Śląsk	21034	24092	27881	0,066	0,069	0,068	1,74	1,49	1,38
Mazowsze i Podlasie	15922	18352	17660	0,072	0,074	0,067	3,13	2,68	2,28
Małopolska i Pogórze	7865	10983	12398	0,063	0,066	0,064	2,33	2,24	1,97

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FADN

Ocenie poddano także relację dochodu gospodarstwa do wartości produkcji żywca wieprzowego. Najniższą wartość wskaźnika osiągnął region Wielkopolski i Śląska (1,38 zł), natomiast najwyższą uzyskały regiony Pomorze i Mazury (2,00 zł) oraz Mazowsze i Podlasie (2,28 zł). Oznacza to, że w dwóch ostatnich regionach z 1 zł produkcji generowano przeciętnie dochód o wartości około 2,00zł.

### 3. Wnioski

1. Skala produkcji jest jednym z czynników wpływających na wielkość uzyskanych dochodów. Regiony o dużej sile ekonomicznej i niższym rozdrobnieniu agrarnym generuje wyższe zyski.
2. Poziom dochodu z gospodarstwa rolnego wykazuje zróżnicowanie zarówno w obrębie poszczególnych regionów, jak i w badanych latach. Dochód

w 2012 roku był we wszystkich regionach wyższy w stosunku do 2010 roku. Najwyższe dochody z gospodarstwa rolnego generowali rolnicy z regionu Pomorza i Mazur gdzie w 2012 roku był on 3-krotnie wyższy niż w regionie o najniższym poziomie dochodów - Małopolska i Pogórze.

3. Mniejsze zróżnicowanie gospodarstw rolnych występuje pod względem relacji dochodu gospodarstwa do kosztów produkcji. Relacja ta wahała się w 2012 roku od 0,34 zł/1zł w Wielkopolsce i Śląsku do 0,48 zł/1zł na Mazowszu i Podlasiu. Jednocześnie zaobserwowano, że przewagę w badanej relacji osiągały gospodarstwa zlokalizowane w regionach Mazowsza i Podlasia oraz Małopolska i Pogórze. Należy to tłumaczyć bardziej pracochłonnymi technikami produkcji, generującymi niższe koszty niż w regionach o technikach bardziej kapitałochłonnych.
4. Porównując wartość produkcji żywca wieprzowego w czterech badanych regionach wykazano znaczące różnice w jej poziomie między zachodnią a wschodnią częścią Polski. Wyższa wartość produkcji żywca wieprzowego w regionach Pomorze i Mazury oraz Wielkopolska i Śląsk jest konsekwencją występującego tu dużo lepszego potencjału produkcyjnego. Województwa południowo-wschodnie charakteryzują się natomiast niekorzystną strukturą obszarową oraz niższym zaangażowaniem kapitału w proces produkcji.

## Literatura

1. Pepliński B., *Wpływ opłacalności produkcji żywca wieprzowego na zmiany pogłowia trzody chlewnej w Polsce*, Analiza regionalna. Roczniki Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich T. 100, z. 2, s.75, 2013
2. Zegar J. St., *Przesłanki i uwarunkowania polityki kształtowania dochodów w rolnictwie*, IERiGŻ-PIB Warszawa 2001, s. 15
3. Judzińska A., Łapciuk W., *Wpływ wspólnej polityki rolnej na zmiany w rolnictwie*, IERiGŻ, Warszawa 2012, s. 31
4. [www.fadn.pl](http://www.fadn.pl)

## Regionalne zróżnicowanie dochodowości gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji trzody chlewnej

### Streszczenie

Rolnictwo polskie odznacza się dużym zróżnicowaniem pod względem osiągniętych dochodów, intensywności produkcji oraz wysokości rolniczej produkcji towarowej. W pracy uwzględniono określone makroregiony, tj. Pomorze i Mazury, Wielkopolskę i Śląsk, Mazowsze i Podlasie oraz Małopolskę i Pogórze. Analizę przeprowadzono w oparciu o informacje gromadzone w ramach europejskiego systemu zbierania danych rachunkowych z gospodarstw rolnych FADN (ang. *Farm Accountancy Data Network*) w latach 2010-2012. Stwierdzono, że dochód z gospodarstwa rolnego wykazywał zróżnicowanie zarówno w obrębie poszczególnych regionów, jak i w badanych latach – w 2012 roku okazał się wyższy we wszystkich regionach w stosunku do 2010 roku. Najwyższe dochody z gospodarstwa rolnego uzyskali producenci z regionu Pomorza i Mazur, gdzie w 2012 roku były one 3-krotnie wyższe niż w regionie o najniższym poziomie dochodów – Małopolska i Pogórze. Przyczyną takiego stanu mógł być fakt, że regiony o dużej sile ekonomicznej

i niższym rozdrobnieniu agrarnym generują wyższe zyski. Duże zróżnicowanie wystąpiło również w przypadku wielkości produkcji trzody chlewnej oraz wartości produkcji żywca wieprzowego. W tym aspekcie należy podkreślić, że skala produkcji jest jednym z czynników wpływających na wielkość uzyskanych dochodów. Najwyższe dochody osiągnęli rolnicy z gospodarstw należących do regionu Wielkopolski i Śląska.

Słowa kluczowe: dochód, trzoda chlewna, produkcja, makroregiony

### **Changes in the profitability of farms involved in the production of pigs in Poland and the European Union**

#### **Abstract**

One of the main criteria for assessing the economic and financial situation of households is income. Income is the difference between revenue and the resulting costs incurred. It expresses the primary objective of production activities, and provides a basis for evaluating the reasonableness of the decision the owners of these farms. The aim of the study was to evaluate the profitability of farms involved in the production of pigs in Poland and 27 countries of the European Union. The assessments were based on data from the EU's data collection system of farm FADN (ang. *Farm Accountancy Data Network*) and the data of the European Statistical Office - EUROSTAT from the years 2010-2012. For the evaluation of the economic situation of farms countries belonging to the European Union method was used indicator showing income from agriculture and farm income accounts for the production of pork. As shown, out of the 27 European Union countries negative income (-9175) generate farm in Slovakia. These units are characterized by high costs, depreciation and salaries, which exceeded the income received. High income from the family farm were characterized by countries such as the Netherlands (65,913 euro in 2012), the United Kingdom and France. The paper presents also participated pig production in animal production in the European Union, and the number of pieces of large pigs per 1 ha of farmland. As indicated by the results of analyzes agriculture in the European Union has a strong differentiation. Income derived by the EU farms showed little change over the period 2010-2012. In contrast, the yield was observed large variations between Member States.

Keywords: European Union, animal production, pigs, farm, income

## Składniki bioaktywne w paszach i żywności

### 1. Wstęp

Przez składniki bioaktywne rozumie się cząsteczki sygnałowe, udzielające organizmowi informacji ze środowiska zewnętrznego, co w efekcie wpływa na poziom ekspresji genów w komórce [1, 2]. Składniki bioaktywne powszechnie występują w paszach dla zwierząt np. w dodatkach paszowych zawierających zioła [3] oraz w żywności np. w pomidorach (lycopen) czy czosnku (allicyna). Składniki bioaktywne ze względu na istotne funkcje jakie pełnią w organizmie są niezbędnym elementem dobrze zbilansowanej diety (rys. 1).



Rys.1. Rola składników bioaktywnych w organizmie

Źródło: opracowanie własne

### 2. Cel pracy

Celem pracy jest zaprezentowanie składników bioaktywnych w żywności i paszach oraz ukazanie mechanizmu działania niektórych z nich. Dodatkowo przedstawiono alternatywne źródła, w których można znaleźć poszczególne składniki żywności funkcjonalnej, a ponadto wykazano, jak istotne w żywieniu zwierząt mogą okazać się składniki bioaktywne, oraz jaki mogą mieć wpływ na wyniki produkcyjne przy zastosowaniu odpowiedniego żywienia.

<sup>1</sup> d.iwon.lublin@gmail.com, Sekcja Hodowli i Biotechnologii Świń, KN Biologów i Hodowców Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>2</sup> marek.babicz@up.lublin.pl, Katedra Hodowli i Technologii Produkcji Trzody Chlewnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup> kingakropiwiiec@gmail.com, Katedra Hodowli i Technologii Produkcji Trzody Chlewnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

### **3. Żywność funkcjonalna**

Według definicji opracowanej w 1998 roku, żywność może być określana jako funkcjonalna, jeśli naukowo udowodniono jej korzyści zdrowotne ponad odpowiednio wystarczający efekt żywieniowy oraz wykazano, że posiada składniki działające w zakresie poprawy jednej lub więcej funkcji człowieka, wpływając korzystnie na stan zdrowia i samopoczucia lub na obniżenie ryzyka choroby [3, 4].

Definiowana jest także jako: „podobna do żywności konwencjonalnej, konsumowanej jako część codziennej diety”, „mająca udowodniony korzystny wpływ na organizm”, „ograniczająca ryzyko chorób przewlekłych” [5, 6].

Żywność funkcjonalną można podzielić na kilka klas, ze względu na:

- oddziaływanie fizjologiczne w organizmie (oddziaływanie na funkcjonowanie przewodu pokarmowego, zmniejszenie stresu, zmniejszenie ryzyka zachorowań);
- ze względu na przeznaczenie (dla matek karmiących piersią, dla niemowląt, dla osób starszych, dla młodzieży dojrzewającej);
- ze względu na pochodzenie składników bioaktywnych (naturalna bogata obecność składników, wzbogacona o składniki lub pozbawiona składników antyżywnościowych) [7].

#### **3.1. Światowy rynek żywności funkcjonalnej**

Żywność funkcjonalna w aspekcie rynkowym zależy w dużym stopniu od zapotrzebowania i popytu. Najprężniej rynek ten rozwinął się w Stanach Zjednoczonych oraz Japonii. Według szacunkowych danych globalna wartość tego rynku wynosiła w 2000 roku ok. 33 mld \$. Połowa wartości przypadała na Stany Zjednoczone, co oznacza, że prawie 50% populacji Ameryki regularnie spożywa suplementy uzupełniające dietę a liczba osób korzystająca z tego typu uzupełnienia diety stale wzrasta. Wartość rynku żywności funkcjonalnej w Stanach Zjednoczonych wynosi około 2% całej wartości handlu żywnością. Największym powodzeniem w Ameryce Północnej cechują się produkty zawierające błonnik, białka pochodzenia roślinnego (głównie soi), estry roślinne powodujące obniżenie zapadalności na choroby sercowo – naczyniowe, oraz produkty zapobiegające nowotworom [8].

Obecną wielkość produkcji i zapotrzebowanie na żywność funkcjonalną prognozuje dalszy, intensywny wzrost zapotrzebowania na tego typu pożywienie. Niewątpliwie w rozwoju tym pomocne są badania naukowe, niestety obecnie brak jest jasno postawionych wymogów prawnych, co do zastosowania i dawkowania składników bioaktywnych (szczególnie w Unii Europejskiej). Pomimo tego, żywnością funkcjonalną zainteresowani są zarówno producenci, jak i konsumenci [9, 6].

#### **3.2. Działanie składników bioaktywnych na organizm**

Jak podają Gętek i in. [7] bioaktywne składniki diety przenoszą informację ze świata zewnętrznego i wpływają na poziom ekspresji genów w komórce, zarówno w sposób ilościowy, jak i jakościowy. Obecnie odkryto wiele efektów działania składników bioaktywnych na organizm (tabela 1, 2).

Tabela 1. Główne grupy składników bioaktywnych i ich działanie

<b>Składniki żywności funkcjonalnej</b>	<b>Przykłady</b>	<b>Korzyści zdrowotne</b>
Probiotyki	Bakterie kwasu mlekowego, Bifidobacterium	Polepszają mikroflorę jelitową, zmniejszają biegunkę i zaparcia, wzmacniają układ immunologiczny, obniżają poziom cholesterolu, redukują choroby jelita grubego i nowotwory
Witaminy	Oligosacharydy (Frukto-, galakto-, ksylo-) skrobia i pektyny	Korzyści zdrowotne podobne jak probiotyków, ale również podwyższają absorpcję wapnia i magnezu (zmniejszają osteoporozę)
Minerały	Wapń, magnez, cynk	Obniżają ryzyko osteoporozy, wzmacniają układ immunologiczny
Przeciwutleniacze	Tokoferole (np. witamina E), witamina C, karotenoidy, flawonoidy, polifenole zielonej herbaty	Zmniejszają ryzyko miażdżycy, ograniczają rozwój nowotworów, obniżają tlenowe uszkodzenia DNA i opóźniają procesy starzenia, mają działanie przeciwzapalne
Proteiny, peptydy i aminokwasy	Tripeptydy pochodzące z mleka białkowego	Obniżają ciśnienie krwi i mogą wpływać na funkcje fizjologiczne i psychiczne
Kwasy tłuszczowe	Omega-3 kwasy tłuszczowe, GLA, CLA	Obniżają ryzyko chorób sercowo-naczyniowych i nowotworowych, symptomy zapalenia stawów oraz problemy klimakteryczne
Fitozwiązki	Fitosterole, $\beta$ -glukan, izoflawonoidy, ligniny	Obniżają poziom cholesterolu oraz regulują gospodarkę hormonalną podczas menopauzy

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Przykłady poszczególnych bioaktywnych składników diety oraz ich działanie

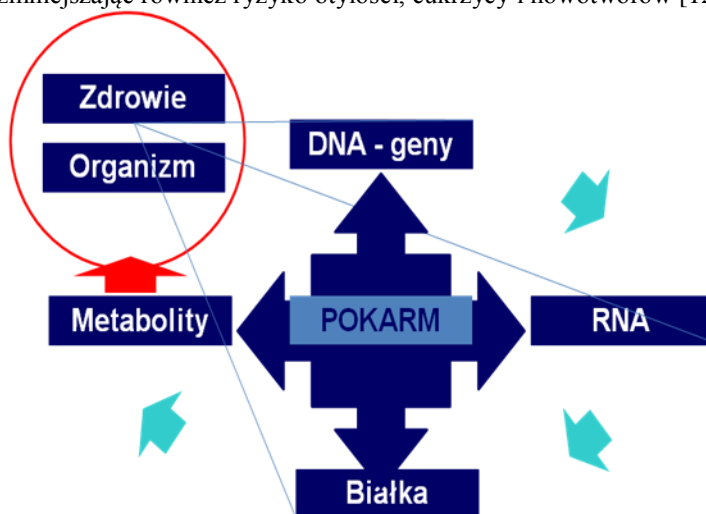
<b>Składnik</b>	<b>Mechanizm</b>	<b>Niedobór</b>	<b>Skutki niedoboru</b>
Kwas foliowy	Hamuje pęknięcia DNA	Pęknięcia DNA	Rak jelita, choroby serca, dysfunkcje mózgu
Witamina C	Hamuje utlenianie zasad nukleinowych	Utlenianie zasad nukleinowych	Zaćma, nowotwory
Witamina E			Rak jelita, choroby serca, upośledzenie odporności
Żelazo	Hamuje pęknięcia DNA	Pęknięcia DNA, utlenienie zasad	Nowotwory, dysfunkcje mózgu
Cynk			

Źródło: opracowanie własne

Żywność funkcjonalną zawierającą składniki bioaktywne produkuje się głównie poprzez wzbogacanie i ograniczanie ilości różnych związków (pożądanych i niepożądanych) w pokarmie, a także stosowanie zamienników na substancje niepożądane. Obecnie żywność funkcjonalną najczęściej stosuje się w celu obniżenia cholesterolu, wzmocnienia układu odpornościowego i poprawy działania układu pokarmowego.

### 3.3. Składniki bioaktywne a nutrigenomika i nutrigenetyka

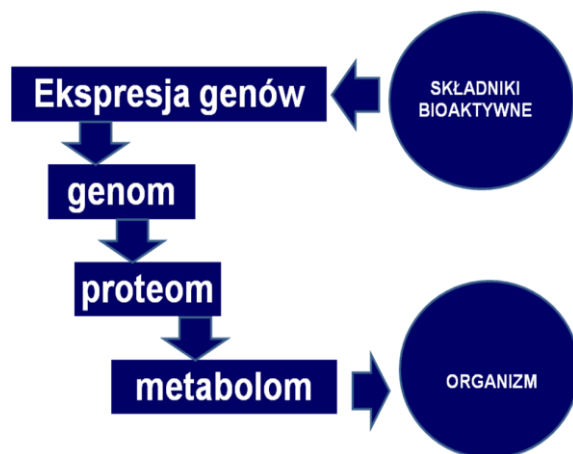
W niewłaściwym odżywianiu oraz nieodpowiednio zbilansowanej diecie swoje źródło ma wiele chorób. m.in.: otyłość, osteoporoza, cukrzyca, zakłócenia funkcji układu sercowo-naczyniowego, nowotwór (rys. 2). Coraz częściej winą obarcza się genom a właściwie określone geny. Przy czym wiedza o samym zapisie informacji genetycznej w DNA jest niewystarczająca. Należy poznać poszczególne elementy aktywności genów związanej z tzw. czynnikami epigenetycznymi kształtującymi genetyczną odpowiedź organizmu [5, 10]. Jak wynika z przeprowadzonych badań i obserwacji jednym z takich bodźców jest pokarm [11]. W przeprowadzonych badaniach doświadczalnych wykazano, że suplementacja diety kwasem foliowym, betainą, choliną lub genisteiną wpłynęła na zmianę umaszczenia potomstwa myszy, zmniejszając również ryzyko otyłości, cukrzycy i nowotworów [12].



Rysunek 2. Wpływ spożywanych pokarmów na organizm

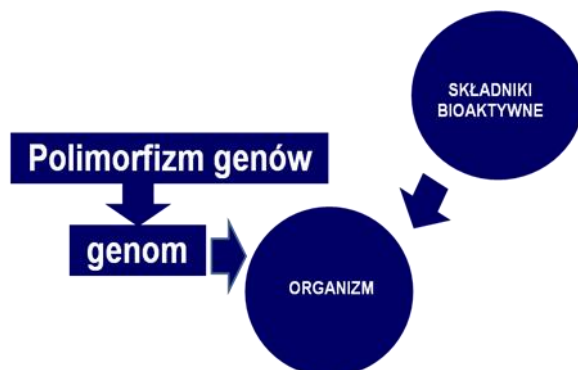
Źródło: opracowanie własne

W tym aspekcie ważnych informacji mogą udzielić nutrigenomika i nutrigenetyka [13]. Nutrigenomika zajmuje się badaniem wpływu bioaktywnych składników diety na funkcjonowanie genomu (ekspresję genów), proteomu oraz metabolom, co kształtuje szereg odpowiedzi organizmu. Badania prowadzone w tym zakresie pozwalają wyjaśnić zależności między żywieniem, a reakcją organizmu na poziomie ekspresji genów (rysunek 3) [4, 14, 15].



Rysunek 3. Nutrigenomika - oddziaływanie składników bioaktywnych na organizm

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 4. Nutrigenetyka - oddziaływanie składników bioaktywnych na organizm

Źródło: opracowanie własne

Nutrigenetyka wyjaśnia reakcję organizmu na składnik diety w powiązaniu z określonym polimorfizmem typu SNP, tj. pojedynczego nukleotydu (ang. *single nucleotide polymorphism*) (rysunek 4). W tym aspekcie należy podkreślić, że reakcja organizmu na składnik dawki pokarmowej zależy od genotypu, który z kolei jest uwarunkowany występowaniem mutacji punktowych (SNP) u danego osobnika [15].

### 3.4. Składniki bioaktywne a nutrigenetyka

Spśród bardziej znanych składników bioaktywnych, które mają istotny wpływ, np. na metylację kwasu DNA są: witaminy C, A, B6, B12, kwas foliowy, betaina, cholina, selen, cynk, magnez, wapń, arsen, genisteina, alkohol etylowy,



metionina, polifenole, izoflawonoidy. Przykładowo, niedobór kwasu foliowego może prowadzić do pęknięć helisy DNA. Ponadto, niedobór innych składników, np. wapnia może doprowadzić do pęknięć całych chromosomów. Kolejno, niedobór cynku, witamin C, E prowadzi do utleniania zasad azotowych, a cholinę lub magnezu - uszkodzeń DNA [16].

### **3.5. Zawartość składników bioaktywnych w żywności pochodzenia naturalnego**

W tabeli 3 zestawiono składniki bioaktywne oraz źródła, z których można dostarczyć je do organizmu [2].

Oprócz wymienionych w tabeli 3. składników istnieje wiele innych, ważnych dla organizmu substancji, które mogą działać w pozytywny sposób na organizm zarówno ludzi, jak i zwierząt. Przykładem jest ekstrakt cynamonu, który wpływa na przebieg reakcji metabolicznych. Ponadto może on wpływać na poprawę wrażliwości na insulinę oraz zwiększać wychwyt glukozy. Może to być efektem wpływu składników diety na geny. Badania tego typu dotyczą również wykorzystania ekstraktu lucerny w mieszankach paszowych dla określonych gatunków zwierząt gospodarskich [17, 18].

Tabela 3. Działanie niektórych składników bioaktywnych i ich źródła w pożywieniu

<b>Składnik</b>	<b>Działanie</b>	<b>Źródło</b>
Kwas foliowy	Zmniejsza ryzyko: raka jelita, chorób serca, dysfunkcji mózgu	Warzywa i owoce, drożdże, wątróbka, pszenica, orzechy, słonecznik
Witamina C	Zmniejsza ryzyko: Zaćmy, nowotworów	Świeże warzywa i owoce (porzeczka, papryka, brukselka itp.), suszona dzika róża,
Witamina E	Zmniejsza ryzyko: raka jelita, chorób serca, upośledzeń odporności	Olej słonecznikowy, kukurydziany i z pestek winogron, orzechy laskowe i migdały, ziarna zbóż, tłuste ryby
Żelazo	Zmniejsza ryzyko: nowotworów, dysfunkcji mózgu	Chuda wołowina, mięso indyka, wątróbka, sardynki, płatki śniadaniowe, gotowana fasola, suszone figi, ziarno sezamu, świeże zielone warzywa.
Cynk	Zmniejsza ryzyko: nowotworów, dysfunkcji mózgu	Ostrygi, kielki pszenicy, ziarna sezamu, wątroba cielęca, nasiona dyni, arbuz, gorzka czekolada, jagnięcina, orzeszki ziemne

Źródło: opracowanie własne

### 3.6. Składniki bioaktywne w żywieniu zwierząt gospodarskich

W celu uzyskania możliwie najwyższego efektu produkcyjnego zaleca się, aby dodatki roślinne używane w suplementacji paszy były możliwie najlepiej dobrane do określonego gatunku zwierząt, a także ich płci, wieku i kierunku produkcji. Preparaty roślinne wykorzystywane przy optymalizacji mieszanek paszowych zawierają wiele substancji czynnych, które mają pozytywny wpływ na organizm, np.: związki aromatyczne, alkaloidy, glikozydy, fitosterole, saponiny, gorycze, garbniki, olejki eteryczne i terpeny (tabela 4).

Tabela 4. Grupa, przykłady oraz pochodzenie i działanie składników bioaktywnych wykorzystywanych w żywieniu zwierząt

Grupa związków	Przykłady związków	Źródło	Przykład/ Działanie na organizm zwierzęcy
Fitosterole	betasitosterol stigmasterol kampesterol	oleje roślinne, pokrzywa, orzechy	Wprowadzenie 1% dodatku suszu z pokrzywy w żywieniu kurcząt brojlerów wpłynęło na obniżenie poziomu cholesterolu i triglicerydów w surowicy krwi oraz skutkowało większą masą ciała ptaków na koniec tuczu.
Flawonoidy	kwercetyna katechina genisteiny	czarnuszka siewna, rumianek, czosnek, pietruszka, jabłka	Wprowadzenie suszonej pietruszki i nasion czarnuszki siewnej do paszy dla przepiórek korzystnie wpłynęło na nieśność, przyrosty masy ciała, oraz wskaźniki zapłodnienia i wylęgowości.
Olejki eteryczne	tymol	czosnek, imbir, olejki z cynamonu i tymianku	Stosowanie w żywieniu prosiąt mieszanek kwasów propionowego, mrówkowego i mlekowego oraz olejków eterycznych ekstrahowanych np. z cytryny i ruty pozwoliło na 10% poprawę przyrostów oraz 8 % poprawę wykorzystania paszy.
Karotenoidy	karoteny (m.in. b-karoten i likopen) oraz ksantofil (m.in. luteina)	marchew, dynia, zielona, pietruszka, pomidory	Dodatek do paszy brojlerów kurzych preparatu zawierającego paprykę meksykańską, cynamon oraz oregano, wykazał pozytywny wpływ na jakościowy i ilościowy skład mikroflory jelitowej

Źródło: opracowanie własne

### 3.7. Działanie składników bioaktywnych na strukturę genów

Istnienie polimorfizmu genetycznego sprawia, że molekularne mechanizmy działania bioaktywnych składników pożywienia mogą występować w zróżnicowany sposób. Polimorfizm genetyczny nie działa jednak na wszystkie mechanizmy genetyczne. Przykładowo, składniki bioaktywne regulują strukturę chromatyny a co za tym idzie aktywują lub ograniczają proces transkrypcji. Regulują także aktywność receptorów jądrowych i poziom transkrypcji genów kontrolowanych (tabela 5). Ponadto, istnieje wiele informacji udowadniających wpływ składników bioaktywnych na efektywność naprawy DNA i poprawę stabilności genomu.

Tabela 5. Wpływ wybranych składników diety na funkcjonowanie genomu

Składnik dawki pokarmowej	Występowanie	Wpływ na funkcjonowanie genomu
Cholina	Soja, orzeszki ziemne	Zapobiega uszkodzeniom DNA
Fisetina	Truskawki	Inhibitor metylotransferazy DNA
Galusan epigallokatechiny	Zielona herbata	Inhibitor metylotransferazy DNA (DNMT1)
Genisteina	Soja	Modulator metylacji DNA
Kwas foliowy	Warzywa liściaste (np. szpinak), zboża	Hamuje pęknięcia nici DNA, modulator metylacji DNA
Kwercetyna	Cebula	Inhibitor metylotransferazy DNA
Magnez	Rośliny strączkowe, orzechy laskowe, zboża	Zapobiega uszkodzeniu jądrowego i mitochondrialnego DNA; Bierze udział w naprawie i replikacji DNA
Myricetyna	Winogron, ziola, orzechy włoskie	Inhibitor metylotransferazy DNA
Niacyna	Drożdże, orzechy ziemne, zboża, rośliny strączkowe,	Jest substratem dla enzymu polimerazy poli(ADP)-rybozy – bierze udział w utrzymaniu struktury telomerów
Resweratrol	Winogron,	Aktywator deacetylazy SIRT1
Sulforafan	Brokuł	Inhibitor deacetylazy histonowej (HDAC)
Wapń	Pietruszka, Brokuły, Kapusta, Nasiona roślin strączkowych	Zapobiega pękaniu chromosomów
Witamina C	Dzika róża, czarna i czerwona porzeczka, brukselka,	Hamuje utlenianie zasad nukleinowych
Witamina E	Olej słonecznikowy, olej sojowy, migdały	Hamuje utlenianie zasad nukleinowych, receptor steroidów i ksenobiotyków
Żelazo	Orzechy, warzywa strączkowe, brokuł,	Zapobiega przerwaniu łańcucha DNA

Źródło: opracowanie własne

#### 4. Podsumowanie

Zgodnie z ogólnie przyjętą definicją, „żywność” (lub artykuły spożywcze) oznacza substancje lub produkty, przetworzone, częściowo przetworzone lub nieprzetworzone, przeznaczone do spożycia przez ludzi lub których spożycia przez ludzi można się spodziewać. Natomiast pod pojęciem „paszy” (lub „materiałów paszowych”) rozumie się substancje lub produkty, w tym dodatki, przetworzone, częściowo przetworzone lub nieprzetworzone, przeznaczone do karmienia zwierząt. Zarówno w żywności jak i w paszach znajdują się składniki bioaktywne, które mają istotne znaczenie w prawidłowym przebiegu procesów metabolizmu.

Składniki bioaktywne stanowią ważny element zarówno diety człowieka, jak i dawki pokarmowej zwierząt. Są dostępne w powszechnie wykorzystywanych pokarmach np. allicyna znajdująca się w czosnku,  $\beta$ -karoteny w marchwi, lycopene w pomidorach, genisteina w soi. Są również takie, które znajdują się w roślinach mających zastosowanie, jako dodatki w żywieniu świń np. emodyna w aloesie, anetol w koprze, gingerol w imbirze, kwas ursolowy w bazylii. Fakt ten można również wykorzystać w hodowli i chowie świń poprzez produkcję pasz (komponentów paszowych) o obniżonej zawartości składników antyżywniowych, a podwyższonej zawartości o działaniu prozdrowotnym, np. kwasów tłuszczowych 3-omega, witamin. Działanie bioaktywnych składników zależy od wielu fizjologicznych procesów, które mogą dotyczyć jednocześnie kilku genów. Z uwagi na to, że bioaktywne składniki diety przenoszą informacje ze środowiska zewnętrznego i wpływają w sensie ilościowym i jakościowym na proces ekspresji genów duże znaczenie ma tutaj odrębność genetyczna poszczególnych gatunków zwierząt gospodarskich oraz zróżnicowanie wewnątrzgatunkowe w aspekcie polimorfizmu typu SNP.

#### Literatura

1. Fenech M., *Genome health nutrigenomics and nutrigenetics – diagnosis and nutritional treatment of genome damage on an individual basis*, Food Chem. Toxicol., 46, 1365-1370, 2008
2. Fenech M., Baghurst P., Luderer W., Turner J., Record S., Ceppi M., Bonassi S., *Low intake of calcium, folate, nicotinic acid, vitamin E, retinol, beta-carotene and high intake of pantothenic acid, biotin and riboflavin are significantly associated with increased genome instability – results from a dietary intake and micronucleus index survey in South Australia*, Carcinogenesis, 26, 991-999, 2005
3. Czech A., Kowalczyk E., Grela E. R., *The effect of a herbal extract used in pig fattening on the animals' performance and blood components*, Annales UMCS, Sect. EE, 2, 25-33, 2009
4. Pieszka M., Pietras M. P., *Nowe kierunki w badaniach żywieniowych – nutrigenomika*. Roczn. Nauk. Zoot., 37(2), 83-103, 2010
5. Hecceg Z., *Epigenetics and cancer: towards an evaluation of the impact of environmental and dietary factors*, Mutagenesis, 22, 91-103, 2007

6. Ołędzka R., *Nutraceutyki, żywność funkcjonalna – rola i bezpieczeństwo stosowania*, 2007
7. Gętek M, Czech N, Fizia K, Białek-Dratwa A, Muc-Wierzgoń M, Kokot T, Nowakowska-Zajdel E., *Nutrigenomika-bioaktywne składniki żywności*, 2014
8. Grajeta H., *Functional Foods in Prevention of Cardiovascular Disease*, Adv. Clin. Exp. Med., 13, 3, 503-510, 2004
9. Kudelka W., *Charakterystyka żywności funkcjonalnej*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, 743, 91-120, 2007
10. Moss T. J., Wallrath L. L., *Connections between epigenetic gene silencing and human disease*, Mutat. Res., 618, 163-174, 2007
11. Pałgan K., Bartuzi Z., *Czynniki genetyczne i środowiskowe w rozwoju alergii na pokarmy Gene and environmental interactions of food allergy*, Postepy Hig. Med. Dosw., 66, 385-391, 2012
12. Koziołkiewicz M., *Koncepcje nutrigenomiki*, Biotechnologia, 4 (87), 9-34, 2009
13. Kaput J., Rodriguez R. L., *Nutritional genomics: the next frontier in the postgenomic era*, Physiol. Genomics, 16, 166-177, 2004
14. Afman L., Müller M., *Nutrigenomics: From Molecular Nutrition to Prevention of Disease*, J. Am. Dietetic Assoc., 106 (4), 569-576, 2006
15. Fenech M., El-Sohehy A., Cahill L., Ferguson L. R., French T-A. C., Tai S. E., Milner J., Koh W-P., Xie L., Zucker M., Buckley M., Cosgrove L., Lockett T., Fung K. Y. C., Head A., *Nutrigenetics and nutrigenomics: viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice*. J. Nutrigenet. Nutrigenomics, 4(2), 69- 9, 2011
16. Tost J., *DNA Methylation: An Introduction to the Biology and the Disease-Associated Changes of Promising Biomarker*, [in] Molecular Biotechnology 44, (4), 71-81, 2009
17. Karwowska M., *Wpływ zastosowania ekstraktu lucerny w żywieniu świń na barwę mięsa*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5, 60, 282-288, 2008
18. Kopczyńska E., *Substancje biologicznie czynne w mieszkach paszowych dla drobiu* Hodowca drobiu 5, 2013
19. Kowalczyk-Vasilev E., Matras J., *Zioła w żywieniu zwierząt – funkcje, mechanizm działania*, [http://www.rsi2004.lubelskie.pl/doc/sty5/art/Kowalczyk-Vasilev\\_E\\_art.pdf](http://www.rsi2004.lubelskie.pl/doc/sty5/art/Kowalczyk-Vasilev_E_art.pdf)

## **Składniki bioaktywne w paszach i żywności:**

### Streszczenie

Jako składniki bioaktywne rozumie się cząsteczki sygnałowe, udzielające organizmowi informacji ze środowiska zewnętrznego, co w efekcie wpływa na poziom ekspresji genów w komórce. Wynik działania takich składników może dotyczyć kilku genów i związany jest z wieloma czynnikami fizjologicznymi, dlatego może być bardzo zróżnicowany, np.: działanie witaminy C może przeciwdziałać nowotworom czy zaćmie, natomiast kwasu foliowego – dysfunkcjom mózgu oraz chorobom serca. Pożywienie, które zawiera w sobie składniki funkcjonalne nazywane jest żywnością funkcjonalną.

Działanie składników bioaktywnych na organizm może przebiegać w zróżnicowany sposób np. poprzez wpływ na strukturę chromatyny. Powoduje to aktywację lub represję procesu transkrypcji. Mogą też zwiększać efektywność naprawy genów oraz poprawiać stabilność genomu.

Żywność funkcjonalną zawierającą składniki bioaktywne produkuje się głównie poprzez wzbogacanie i ograniczanie ilości różnych związków (pożądanych i niepożądanych) w pokarmie, a także stosowanie zamienników na substancje niepożądane. Takie składniki jednak, poza dodawanymi syntetycznie mogą znajdować się naturalnie w produktach spożywanych na co dzień. Przykładowo, warzywa i owoce są źródłem wielu składników bioaktywnych, takich jak kwas foliowy, witamina C czy cynk. Wołowina oraz mięso indyjskie są natomiast bogatym uzupełnieniem zapotrzebowania na żelazo.

Celem pracy jest zaprezentowanie istoty składników bioaktywnych w pożywieniu oraz ukazanie mechanizmu działania niektórych z nich a także źródeł, w których możemy znaleźć poszczególne składniki żywności funkcjonalnej.

Słowa kluczowe: Pasza, składniki bioaktywne, żywność funkcjonalna

## **Bioactive elements in fodder and food.**

### Abstract

The bioactive elements are known as signaling molecules, providing to body information from the external environment, which in affect on the level of expression of genes in a cell. In the result, it may involve several genes and is associated with many physiological factors, so it can be very diverse, eg. : effect of vitamin C can prevent cancer and cataracts. Folic acid can prevent brain dysfunction and heart disease. Food that contains the functional components is called functional food.

The effect of bioactive components on the body can be carried out in different ways. For example by affecting chromatin structure. This results in the activation or repression of the transcription process. The bioactive components can also improve the efficiency of gene repair and improve the stability of the genome.

Functional foods that contains bioactive components are mainly produced by enrichment and the control of some compounds (desired and undesired) in the diet, and the use of substitutes for undesirable substances. Such components, however, can also be synthesized naturally in food. For example, vegetables and fruits are the source of many bioactive compounds, such as folic acid, vitamin C and zinc. Beef and turkey meat are rich while the demand for iron supplement.

Keywords: Fodder, bioactive elements, functional food

# Składowanie i transport wyrobów zawierających azbest w świetle obowiązującego prawa

## 1. Wprowadzenie

Azbesty są minerałami naturalnie występującymi w przyrodzie, należącymi do dwóch grup: azbestów serpentynowych i azbestów amfibolowych [1]. Do azbestów zaliczane są następujące włókniste krzemiany:

- azbest chryzotylowy, nr CAS 12001-29-5;
- azbest krokidolitowy, nr CAS 12001-28-4;
- azbest amozytowy (gruenerytowy), nr CAS 12172-73-5;
- azbest antofilitowy, nr CAS 77536-67-5;
- azbest tremolitowy, nr CAS 77536-68-6;
- azbest aktynolitowy, nr CAS 77536-66-4 [2].

Azbest jest minerałem, posiadającym wyjątkowe właściwości zarówno chemiczne, jak i fizyczne, dlatego na przełomie XIX i XX wieku znalazł on zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu: od okładzin ciernych i taśm hamulcowych, przez tkaniny ognioochronne i koce gaśnicze, aż po płyty azbestowo-cementowe, powszechnie używane w budownictwie. Stosowanie azbestu na skalę przemysłową spowodowało wystąpienie w późniejszym czasie niekorzystnych efektów zdrowotnych zarówno u pracowników bezpośrednio zatrudnionych w gałęziach przemysłu wykorzystujących ten surowiec, jak i u osób ekspozowanych środowiskowo na emisję włókien azbestu.

### 1.1. Wyroby zawierające azbest

Wyrób zawierający azbest to każdy wyrób, w którym zawartość azbestu jest równa lub większa od 0,1%. Biorąc pod uwagę kryterium zawartości azbestu, stosowane spoiwo oraz gęstość objętościową wyrobu, wyroby azbestowe klasyfikowane są w dwóch klasach:

- klasa I (wyroby miękkie), których gęstość objętościowa jest mniejsza niż 1000 kg/m<sup>3</sup>, zawierające powyżej 20% azbestu;

---

<sup>1</sup>ewa.wilk@student.uw.edu.pl, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski.

<sup>2</sup>mkrowczynska@uw.edu.pl, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski.

<sup>3</sup>gabriela.oledzka@wum.edu.pl, Zakład Biologii Medycznej, Wydział Nauki o Zdrowiu, Warszawski Uniwersytet Medyczny.

<sup>4</sup>p.pabjanek@uw.edu.pl, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski.

- klasa II (wyroby twarde), których gęstość objętościowa jest większa niż  $1000 \text{ kg/m}^3$ , zawierające poniżej 20% azbestu [3].

W Polsce wyroby zawierające azbest znalazły zastosowanie m.in. w budownictwie mieszkaniowym jako pokrycia dachowe i okładziny elewacyjne budynków mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych, a także budynków gospodarczych, przemysłowych, użyteczności publicznej i innych. Wyroby zawierające azbest wykorzystywane były także w konstrukcji słupów i rygli, ścian osłonowych, obudów szybów dźwigowych i ścian klatek schodowych. W obiektach użyteczności publicznej stosowano tynki z dodatkiem azbestu oraz natryskowe masy ogniochronne jako izolacje ognioodporne i akustyczne. Rury wykonane z wyrobów zawierających azbest wykorzystywano jako rury ciśnieniowe w wodociągach oraz rury grawitacyjne w kanalizacji. W ciepłownictwie zastosowanie znalazły miękkie wyroby azbestowe [4].

## **1.2. Szkodliwość azbestu dla zdrowia człowieka**

W 1969 r. Międzynarodowa Agencja Badań nad Nowotworami sklasyfikowała azbest jako substancję rakotwórczą [5]. Podejmując działania, mające na celu wyeliminowanie wykorzystywania wyrobów zawierających azbest, Światowa Organizacja Zdrowia i Międzynarodowa Organizacja Pracy opublikowały zalecenia dotyczące zaprzestania stosowania wszystkich rodzajów azbestu [6]. Chorobotwórcze działanie azbestu jest wynikiem wdychania włókien zawieszonych w powietrzu. Szczególną cechą azbestu jest to, że włókna gromadzą się i pozostają w tkance płucnej w ciągu całego życia. Najbardziej powszechnym nowo-tworem złośliwym powodowanym przez azbest jest rak płuca, międzybłoniak opłucnej i otrzewnej, a chorobą zawodową pracowników zakładów przetwarzających azbest jest azbestoza czyli śródmiąższowe zwłóknienie tkanki płucnej o podłożu kolagenowym. Narażenie na pył azbestu może być przyczyną może znacznie zwiększyć ryzyko rozwoju nowotworów krtani, żołądka, okrężnicy i jajników [7].

## **1.3. Azbest jako substancja szczególnie niebezpieczna**

W 1997 r. został wprowadzony w Polsce zakaz produkcji wyrobów zawierających azbest [2]. Na mocy przepisów wykonawczych, wyroby zawierające azbest mogą być wykorzystywane w sposób niestwarzający zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska w terminie do dnia 31 grudnia 2032 r. [8].

W ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska zabroniono wprowadzania do obrotu lub ponownego wykorzystywania substancji stwarzających szczególne zagrożenie dla środowiska, w tym azbestu [9]. Substancje stwarzające szczególne zagrożenie dla środowiska powinny być wykorzystywane, przemieszczane i eliminowane przy zachowaniu środków ostrożności, a instalacje lub urządzenia, w których jest lub był wykorzystywany azbest, powinny zostać oczyszczone lub unieszkodliwione. Azbest jako składnik odpadów został zaliczony do kategorii odpadów niebezpiecznych (C25), a odpady zawierające azbest zostały umieszczone w następujących grupach [10]:



06 07 01*	Odpady azbestowe z elektrolizy
06 13 04*	Odpady z przetwarzania azbestu
10 11 81*	Odpady zawierające azbest
10 13 09*	Odpady zawierające azbest z produkcji elementów cementowo-azbestowych
15 01 11*	Opakowania z metali zawierające niebezpieczne porowate elementy wzmocnienia konstrukcyjnego (np. azbest), włącznie z pustymi pojemnikami ciśnieniowymi
16 01 11*	Okładziny hamulcowe zawierające azbest
16 02 12*	Zużyte urządzenia zawierające wolny azbest
17 06 01*	Materiały izolacyjne zawierające azbest
17 06 05*	Materiały konstrukcyjne zawierające azbest

## **2. Zadania wykonawcy usuwającego wyroby zawierające azbest jako etap przygotowawczy do transportu**

Wytwórca odpadów, który prowadzi działalność polegającą na świadczeniu usług w zakresie budowy, rozbiórki, remontu obiektów, czyszczenia zbiorników lub urządzeń oraz sprzątania, konserwacji i napraw, a więc także firmy świadczące usługi w zakresie usuwania azbestu (poza instalacjami), w świetle ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, nie jest już zobowiązany do uzyskania decyzji zatwierdzającej program gospodarki odpadami, a także programu gospodarki odpadami niebezpiecznymi. Firmy świadczące usługi w zakresie usuwania azbestu zobowiązane są do przestrzegania przepisów ustawy o odpadach w zakresie postępowania z wytworzonymi odpadami, mają obowiązek prowadzenia ewidencji odpadów, a także rocznego składania właściwemu marszałkowi województwa sprawozdania o wytwarzanych odpadach i gospodarowaniu odpadami [11].

Wykonawca prac polegających na zabezpieczeniu i usuwaniu wyrobów zawierających azbest, zobowiązany jest do przeszkolenia zatrudnianych pracowników, osób kierujących lub nadzorujących prace w zakresie ubezpieczeństwa i higieny pracy przy zabezpieczeniu i usuwaniu tych wyrobów oraz przestrzegania procedur dotyczących bezpiecznego postępowania, posiadania niezbędnego wyposażenia technicznego i socjalnego oraz opracowania przed rozpoczęciem prac szczegółowego planu prac usuwania wyrobów zawierających azbest [12].

Aby zapewnić bezpieczne warunki usuwania wyrobów zawierających azbest z miejsca ich wykorzystywania, wykonawca zobowiązany jest do odizolowania obszaru prac przez stosowanie osłon zabezpieczających przenikanie azbestu do środowiska oraz ogrodzenia terenu prac z zachowaniem bezpiecznej odległości od traktów komunikacyjnych dla osób pieszych, nie mniejszej niż 1 m i zastosowania osłon zabezpieczających przed przenikaniem azbestu do środowiska. W strefie prac w widocznym miejscu powinna zostać umieszczona tablica informacyjna o treści:

„Uwaga! Zagrożenie azbestem”, a w przypadku prowadzenia prac z wyrobami zawierającymi krokidolit – „Uwaga! Zagrożenie azbestem – krokidolitem”.

Wykonawca powinien zastosować odpowiednie środki techniczne, ograniczające do minimum emisję azbestu do środowiska oraz odpowiednie zabezpieczenia przed pyleniem i narażeniem na azbest w obiekcie, gdzie prowadzone są prace, tj. uszczelnienie otworów okiennych i drzwiowych, a także wprowadzenie innych zabezpieczeń przewidzianych w planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz do codziennego usuwania pozostałości pyłu azbestowego ze strefy prac przy zastosowaniu podciśnieniowego sprzętu odkurzającego lub metody czyszczenia na mokro. Pomieszczenia, w których zostały przekroczone dopuszczalne wartości stężeń pyłu azbestowego dla obszaru prac, powinny zostać odizolowane. Przy usuwania pyłu azbestowego przekraczającego dopuszczalne wartości stężeń w pomieszczeniach, w których pracownicy podlegają oczyszczeniu z azbestu, należy zastosować zespół szczelnych pomieszczeń [12].

Prace związane z usuwaniem wyrobów zawierających azbest powinny być prowadzone w sposób uniemożliwiający emisję azbestu do środowiska. Po wykonaniu prac, wykonawca ma obowiązek złożenia właścicielowi, użytkownikowi wieczystemu lub zarządcy nieruchomości, urządzenia budowlanego, instalacji przemysłowej lub innego miejsca zawierającego azbest, pisemnego oświadczenia o prawidłowości wykonania prac oraz o oczyszczeniu terenu z pyłu azbestowego, z zachowaniem właściwych przepisów technicznych i sanitarnych. Oświadczenie to powinno być przechowywane przez okres co najmniej 5 lat. [12]

### **3. Zasady transportu odpadów zawierających azbest**

Zasady gospodarowania odpadami, tj. ich zbieranie, transport, przetwarzanie i unieszkodliwianie, zostały określone w ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, według których transport odpadów powinien się odbywać zgodnie z wymaganiami w zakresie ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa życia i zdrowia ludzi, w sposób uwzględniający właściwości chemiczne i fizyczne odpadów oraz zagrożeń, które mogą być spowodowane przez odpady. Do transportu wyrobów i odpadów zawierających azbest stosuje się przepisy obowiązujące przy transporcie towarów niebezpiecznych [12].

Zgodnie z Umową europejską dotyczącą międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR) azbest został zaliczony do klasy 9 pn. „Różne niebezpieczne materiały i przedmioty”. W grupie materiałów, które wdychane w postaci drobnego pyłu mogą zagrażać zdrowiu, azbesty występują pod dwiema pozycjami: UN 2212 azbest niebieski (krokidolit) i azbest brązowy (amozyt, mizoryt) oraz UN 2590 azbest biały (chryzotyl, aktynofilit, antofilit, tremolit). Według zapisów przepisu szczególnego (168) azbest, który jest zanurzony lub unieruchomiony w lepiszczu naturalnym lub sztucznym, np. cement, tworzywo sztuczne, asfalt, żywice lub ruda mineralna, w taki sposób, że uniemożliwione jest uwolnienie podczas przewozu niebezpiecznych ilości włókien azbestu łatwych do wchłaniania drogą oddechową, nie podlega przepisom ADR. Ponadto wyroby zawierające azbest, które nie spełniają tego warunku, ale są zapakowane w taki sposób, że nie jest możliwe uwolnienie podczas przewozu

włókien azbestu łatwych do wchłaniania drogą oddechową, także nie podlegają przepisom ADR [13].

Wobec powyższego transport wyrobów i odpadów zawierających azbest, dla których przepisy o transporcie towarów niebezpiecznych nie ustaliły szczegółowych warunków przewozowych, należy wykonać w sposób uniemożliwiający emisję azbestu do środowiska [12].

Odpady zawierające azbest w trakcie ich przygotowywania do transportu powinny być utrzymywane w stanie wilgotnym. Wyroby i odpady o gęstości objętościowej równej lub większej niż  $1000 \text{ kg/m}^3$  powinny być szczelnie opakowane w folię polietylenową o grubości nie mniejszej niż 0,2 mm, natomiast odpady zawierające azbest o gęstości objętościowej mniejszej niż  $1000 \text{ kg/m}^3$  powinny zostać poddane procesowi zestalenia przy użyciu cementu, a następnie po utwardzeniu powinny być szczelnie opakowane w folię polietylenową o grubości nie mniejszej niż 0,2 mm.

Odpady pozostające w kontakcie z azbestem i zakwalifikowane jako odpady o gęstości objętościowej mniejszej niż  $1000 \text{ kg/m}^3$  powinny zostać szczelnie zapakowane w worki z folii polietylenowej o grubości nie mniejszej niż 0,2 mm, a następnie umieszczone z opakowaniu zbiorczym z folii polietylenowej i szczelnie zamknięte.

Odpowiednio przygotowane do transportu wyroby i odpady zawierające azbest powinny zostać odpowiednio oznakowane, zarówno przed załadunkiem, jak i w trakcie transportu. Wzór oznakowania został przedstawiony na rys. [1].



Rysunek 1. Wzór oznakowania wyrobów, odpadów i opakowań zawierających azbest lub wyrobów zawierających azbest, a także miejsc ich występowania [12]

Odpady zawierające azbest przygotowane do transportu, a wymagające magazynowania, powinny być przechowywane w osobnych miejscach, zabezpieczonych przed dostępem osób niepowołanych. Przed załadunkiem odpadów zawierających azbest środek transportu powinien być oczyszczony z elementów umożliwiających uszkodzenie opakowań w trakcie transportu. Ładunek

odpadów zawierających azbest powinien być tak umocowany, aby w trakcie transportu nie był narażony na wstrząsy, przewracanie lub wypadnięcie z pojazdu.

Ładunek nie może powodować przekroczenia dopuszczalnej masy całkowitej lub dopuszczalnej ładowności pojazdu. Powinien być umieszczony w taki sposób, aby nie powodował przekroczenia dopuszczalnych nacisków osi pojazdu na drogę, nie naruszał stateczności pojazdu, nie utrudniał kierowania pojazdem oraz nie ograniczał widoczności drogi lub nie zasłaniał świateł, urządzeń sygnalizacyjnych, tablic rejestracyjnych lub innych tablic albo znaków, w które pojazd jest wyposażony [17].

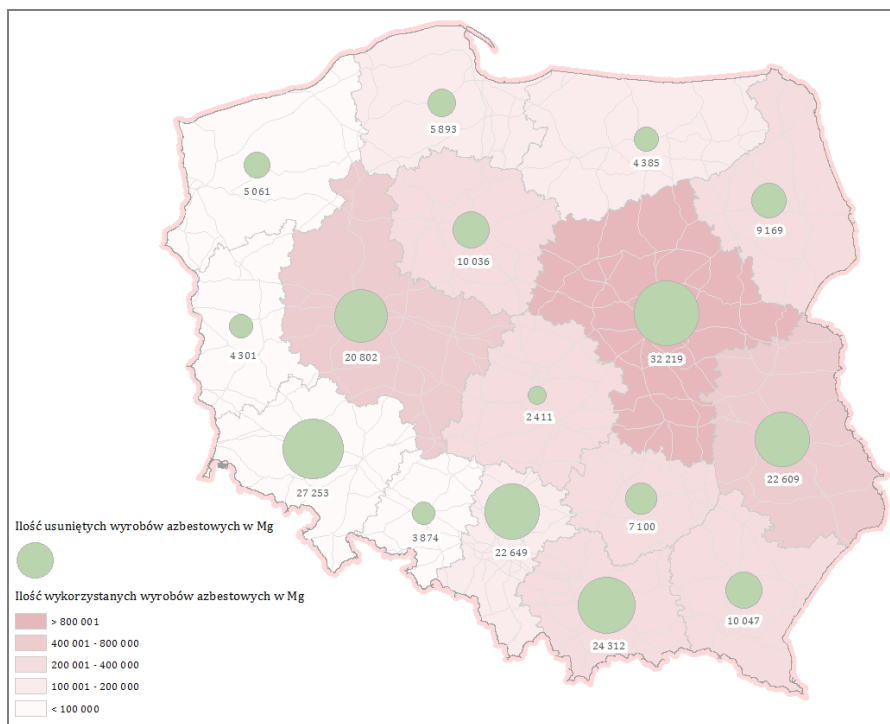
Istotną kwestią jest mocowanie ładunku na pojeździe zgodnie z normą PN-EN 12195, w zakresie doboru liczby i zdolności mocujących elementów służących do zabezpieczenia ładunku na pojeździe w oparciu o maksymalne przyspieszenia działające na ładunek w czasie jazdy [18].

#### **4. Rozmieszczenie wyrobów zawierających azbest i składowisk odpadów niebezpiecznych zawierających azbest**

Z *Programu Oczyszczania Kraju z Azbestu na lata 2009-2032*, przyjętego uchwałą Rady Ministrów, wynika, iż na terenie Polski znajduje się 14 mln Mg wyrobów zawierających azbest. Ilość wyrobów została przyjęta w programie na podstawie szacunkowych danych o imporcie azbestu i produkcji wyrobów azbestowych [14]. Dane dotyczące miejsca wykorzystywania i ilości wyrobów zawierających azbest gromadzone są w bazie azbestowej na mocy rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2012 r. w sprawie sposobu prowadzenia przez marszałka województwa rejestru wyrobów zawierających azbest. Do roku 2015 zinwentaryzowanych zostało 4,7 mln Mg, a usuniętych jedynie 265 tys. Mg [15].

Proces usuwania wyrobów zawierających azbest monitorowany jest z wykorzystaniem Elektronicznego Systemu Informacji Przestrzennej na podstawie geoprzestrzennej bazy danych dla poziomu krajowego, regionalnego i lokalnego [16]. Stosunkowo dużo wyrobów zawierających azbest znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów, które stosowały azbest w produkcji. Na terenie gmin znajdujących się w odległości do 100 km od zakładów, które stosowały azbest w produkcji, ilość wyrobów azbestowych w stosunku do powierzchni gminy jest większa niż 50 Mg/km<sup>2</sup> [4].

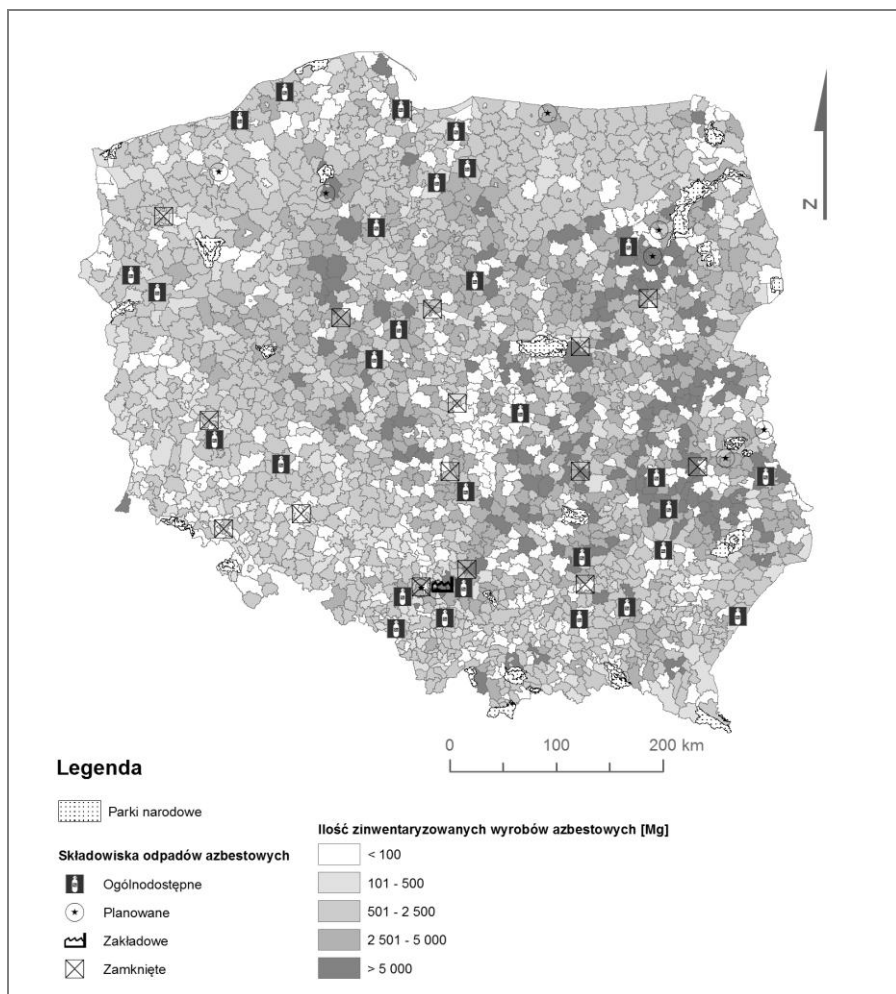
Odpady niebezpieczne zawierające azbest powstają w tych miejscach, w których są wykorzystywane. W celu zaprezentowania przestrzennego rozmieszczenia wyrobów zawierających azbest opracowano mapy rozmieszczenia wyrobów azbestowych [2÷3]. Koncentracja wyrobów zawierających azbest jest znacznie zróżnicowana w poszczególnych województwach, powiatach i gminach, a proces inwentaryzacji jest w trakcie realizacji.



Rysunek 2. Koncentracja wyrobów azbestowych i ilość usuniętych wyrobów w poszczególnych województwach [źródło: opracowanie własne na podstawie danych z [www.bazaazbestowa.gov.pl](http://www.bazaazbestowa.gov.pl)]

Metodą unieszkodliwiania azbestu i wyrobów zawierających azbest jest ich składowanie. Zapewnienie sieci składowisk przyjmujących do składowania odpady zawierające azbest, w tym także składowisk podziemnych, jest ważnym elementem procesu usuwania wyrobów zawierających azbest. Szczególnie istotnym jest budowanie tych obiektów w regionach, w których jest ich brak albo dostępne pojemności zostaną w niedługim czasie wyczerpane. Planowanie gospodarki odpadami w danym województwie jest zadaniem marszałka województwa, który jest zobowiązany do uwzględniania budowy kolejnych obiektów w wojewódzkim planie gospodarki odpadami.

Dane dotyczące ilości wyrobów zeskladowanych na składowiskach, wolnej pojemności w kwaterach odpadów azbestowych, typie i lokalizacji składowiska zostały pozyskane na podstawie badań ankietowych. Badaniem ankietowym zostały objęte podmioty zarządzające składowiskami przyjmującymi odpady azbestowe (tabela 1). Zgromadzono jednolitą informację o funkcjonujących składowiskach przyjmujących odpady azbestowe, o ilości dotychczas zeskladowanych odpadów azbestowych oraz pozostałej wolnej pojemności w poszczególnych składowiskach.



Rysunek 3. Obszary chronione i składowiska w odniesieniu do ilości zinwentaryzowanych wyrobów azbestowych w poszczególnych gminach [źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych i danych z [www.bazaazbestowa.gov.pl](http://www.bazaazbestowa.gov.pl)]

Dodatkowo pozyskane zostały dane o ilości wyrobów do unieszkodliwienia z bazy azbestowej (tabela 2). Z porównania wolnej pojemności na obecnie funkcjonujących składowiska z ilością wyrobów zawierających azbest do unieszkodliwienia wynika, iż pojemność składowisk będzie musiała zostać powiększona lub też powstaną nowe miejsca do składowania odpadów azbestowych. Przeliczając dostępną wolną pojemność 1591142 m<sup>3</sup> z metrów sześciennych na tony odpadów możliwych do przyjęcia otrzymujemy wynik 2148042 Mg. Do zdeponowania na składowiskach, za bazą azbestową, pozostało 4483361 Mg wyrobów, a brakująca pojemność składowisk wynosi 1729866 m<sup>3</sup>.

*Skladowanie i transport wyrobów zawierających azbest w świetle obowiązującego prawa*

Tabela 1 Zarządzający składowiskami przyjmującymi odpady azbestowe objęte ankietami

<b>Lp.</b>	<b>Zarządzający składowiskiem przyjmującym odpady azbestowe</b>	<b>Typ składowiska</b>
1	ARCELORMITTAL POLAND S.A. Oddział w Dąbrowie Górniczej	Zakładowe
2	AS.A. Eko-Radomsko Sp. z o.o.	Zakładowe
3	COFINCO-POLAND Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
4	CZYŚCIOCH Sp. z o.o.	Planowane
5	ECO-POL Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
6	EKO-MYŚL Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
7	Jednostka Ratownictwa Chemicznego Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
8	Lubelska Agencja Ochrony Środowiska S.A.	Ogólnodostępne
9	Miejski Zakład Składowania Odpadów Sp. z o.o. w Sosnowcu	Dla Gminy Sosnowiec
10	Miejskie Przedś. Gospodarki Komunalnej w Świętochłowicach Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
11	Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej Zakład Budżetowy	Ogólnodostępne
12	Miejsko-Przemysłowa Oczyszczalnia Ścieków Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
13	Międzygminne Przedsiębiorstwo Gospodarki Odpadami Sp. z o.o.	Planowane
14	Międzygminny Związek Celowy z/s we Włodawie	Planowane
15	PPHU KOMART Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
16	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
17	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Słupsku	Ogólnodostępne
18	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Zambrowie	Ogólnodostępne
19	Przedsiębiorstwo Gospodarki Miejskiej Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
20	Przedsiębiorstwo Gospodarki Odpadami Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
21	PUK EMPOL Tylmanowa Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
22	ŚRODOWISKO I INNOWACJE Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
23	Trzebnicki Zakład Gospodarki Komunalnej ERGO Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
24	UTYLIZACJA ODPADÓW Zakł. Instal.S.A.nitarnych	Ogólnodostępne
25	WOD-BUD Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
26	Zakład Utylizacji Odpadów Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
27	Zakład Gospodarki Komunalnej BOLESŁAW Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
28	Zakład Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
29	Zakład Gospodarki Mieszkaniowej w Sierpcu	Ogólnodostępne
30	Zakład Gospodarki Odpadami Sp. z o.o.	Planowane
31	Zakład Usług Komunalnych i Rolniczych Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
32	Zakład Usług Komunalnych w Ostrowie	Ogólnodostępne

33	Zakład Utylizacji Odpadów Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
34	Zakład Utylizacji Odpadów Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
35	Zakład Utylizacji Odpadów Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
36	Zakład Utylizacyjny Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
37	Zakład Zagospodarowania Odpadów NOWY DWÓR Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
38	ZGO AQUARIUM Sp. z o.o.	Ogólnodostępne
39	JSW KOKS S.A.	Zakładowe

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 2 Pojemność składowisk i ilość wyrobów do unieszkodliwienia w poszczególnych województwach

Województwo	Całkowita pojemność [m <sup>3</sup> ]	Wolna pojemność [m <sup>3</sup> ]	Ilość wyrobów do unieszkodliwienia [Mg]
dolnośląskie	6 250	4 700	89 244
kujawsko-pomorskie	338 147	215 310	337 233
lubelskie	307 203	106 059	667 342
lubuskie	30 000	9 500	59 038
łódzkie	35 260	23 428	369 333
małopolskie	89 952	56 194	213 273
mazowieckie	45 000	44 300	854 152
opolskie	-	-	54 494
podkarpackie	19 723	10 644	212 104
podlaskie	152 040	146 000	275 425
pomorskie	156 562	148 100	145 925
śląskie	435 320	324 630	188 066
świętokrzyskie	468 972	414 062	291 828
warmińsko-mazurskie	1 000	455	155 811
wielkopolskie	125 000	61 000	479 231
zachodniopomorskie	50 923	26 760	90 864
Suma	2 261 351	1 591 142	4 483 361

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z aniektyzacji i bazy azbestowej

## 5. Wnioski i podsumowanie

Wyroby i odpady zawierające azbest podlegają specjalnym rygorom nałożonym przez ustawodawcę. Zakwalifikowanie wyrobów zawierających azbest jako substancji niebezpiecznych spowodowało nałożenie obowiązków zarówno na wykonawców prac, polegających na usuwaniu wyrobów azbestowych, ale także na



firmy transportujące odpady na specjalnie dedykowane składowiska, przyjmujące odpady zawierające azbest.

Z przeprowadzonych analiz wynika, iż wyroby azbestowe są wykorzystywane na obszarze całego kraju. Natężenie tego zjawiska jest zróżnicowane i nieskorelowane z miejscami składowania wyrobów azbestowych, co powoduje konieczność transportu zdemontowanych wyrobów do miejsc składowania odpadów niebezpiecznych, często znacznie oddalonych od miejsca wytworzenia odpadów. Wiąże się to z ponoszeniem istotnych kosztów przez usuwających wyroby zawierające azbest. Jest to szczególnie istotna kwestia w świetle realizacji *Programu Oczyszczenia Kraju z Azbestu na lata 2009-2032*, w którym to koszty transportu odpadów zawierających azbest stanowią istotną część jego realizacji [14].

Z uwagi na fakt, iż większość wyrobów zawierających azbest znajdujących się na terenie Polski pozostaje do usunięcia około 4,5 mln Mg, w najbliższej przyszłości, warto rozważyć w trakcie planowania nowych składowisk umiejscowienie ich w centralnej i wschodniej części kraju, co mogłoby znacznie ograniczyć koszty transportu. W tych częściach występuje największe skoncentrowanie wyrobów zawierających azbest.

Planowanie nowych miejsc składowania odpadów azbestowych w miejscach największej koncentracji wyrobów zawierających azbest, powinno przyczynić się do obniżenia kosztów transportu odpadów azbestowych.

## **Literatura**

1. Hendry N., *The Geology, Occurrences, and Major Uses of Asbestos*, Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 132, 1965, s. 12-21
2. Ustawa z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest, Dz.U. 1997, Nr 101, poz. 628 z późn.zm.
3. Zbiór przepisów i procedur dotyczących bezpiecznego postępowania z wyrobami zawierającymi azbest, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2001
4. Wilk E., Krówczyńska M., Zagajewski B., *Asbestos manufacturing plants in Poland*, Miscellanea Geographica, vol. 18 no. 2 (2014), s. 53-58
5. IARC *Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans*. Supplement 7: Asbestos, International Agency for Research on Cancer, 1987, s. 106-116
6. *Outline for the Development of National Programmes for Elimination of Asbestos-Related Diseases*, International Labour Organization and World Health Organization, [http://www.who.int/occupational\\_health/publications/Out\\_NPEAD\\_ENG.pdf](http://www.who.int/occupational_health/publications/Out_NPEAD_ENG.pdf), 2007
7. *Elimination of asbestos-related diseases*, World Health Organization, WHO/SDE/OEH/06/03, 2006
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 13 grudnia 2010 r. w sprawie wymagań w zakresie wykorzystywania wyrobów zawierających azbest oraz wykorzystywania i oczyszczania instalacji lub urządzeń, w których były lub są wykorzystywane wyroby zawierające azbest, Dz. U. z 2011 r. Nr 8, poz. 31
9. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska, Dz.U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150 z późn. zm.

10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, Dz. U. Nr 112, poz. 1206
11. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Dz.U. z 2013 r., poz. 21
12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 kwietnia 2004 r. w sprawie sposobów i warunków bezpiecznego użytkowania i usuwania wyrobów zawierających azbest, Dz.U. nr 71, poz. 649, z późn. zm.
13. Oświadczenie Rządowe z dnia 28 maja 2013 r. w sprawie wejścia w życie zmian do załączników A i B Umowy europejskiej dotyczącej międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzonej w Genewie dnia 30 września 1957 r., Dz.U. z 2013 r., poz. 815
14. *Program Oczyszczania Kraju z Azbestu 2009-2032*, uchwała Rady Ministrów Rzeczypospolitej Polskiej nr 122/2009 z dnia 14 lipca 2009 r., zmieniona uchwałą Rady Ministrów nr 39/2010 z dnia 15 marca 2010 r., M.P. 2010 nr 33 poz. 481
15. Baza azbestowa, dostępna: <https://www.bazaazbestowa.gov.pl/stats/index>, 23 marca 2015 r
16. Krówczyńska M., Wilk E., Zagajewski B., *The Electronic Spatial Information System – tools for the monitoring of asbestos in Poland*, *Miscellanea Geographica*, vol. 18 no. 2 (2014), s. 59-64.
17. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym, Dz.U. z 2012 r. poz. 1137 z późn. zm.
18. Norma PN-EN 12195

### **Składowanie i transport wyrobów zawierających azbest w świetle obowiązującego prawa**

#### Streszczenie

Azbest jest substancją sklasyfikowaną jako niebezpieczna, a ze względu na swoje unikalne właściwości fizyczne i chemiczne znalazł szerokie zastosowanie w gospodarce. Szkodliwość azbestu dla zdrowia człowieka spowodowała konieczność usunięcia wyrobów zawierających azbest z terytorium Polski do końca 2032 r.

Wyroby i odpady zawierające azbest podlegają specjalnym rygorom nałożonym przez ustawodawcę. Zakwalifikowanie wyrobów zawierających azbest spowodowało nałożenie obowiązków zarówno na wykonawców prac, polegających na usuwaniu wyrobów azbestowych, ale także na firmy transportujące odpady na specjalnie dedykowane składowiska, przyjmujące odpady zawierające azbest. Zważywszy na fakt, iż odpady niebezpieczne zawierające azbest powstają w wielu, rozproszonych miejscach, powoduje to konieczność ich transportu do miejsc składowania odpadów niebezpiecznych, często oddalonych od miejsca wytworzenia odpadów, co jest przyczyną ponoszenia istotnych kosztów przez usuwających wyroby zawierające azbest. Jest to szczególnie istotna kwestia w świetle realizacji Programu Oczyszczania Kraju z Azbestu na lata 2009-2032, w którym to koszty transportu odpadów zawierających azbest stanowią istotną część jego realizacji. Konieczność transportu usuniętych wyrobów i odpadów zawierających azbest, podlegających rygorystycznym regułom, było celem przedstawienia w niniejszej pracy. Dodatkowo w pracy na podstawie badania ankietowego pozyskano dane o miejscach lokalizacji, wolnych pojemnościach składowisk odpadów azbestowych. Miejsca składowania odpadów azbestowych zaprezentowano w odniesieniu do ilości wyrobów zinventaryzowanych w poszczególnych województwach i gminach. Porównanie danych o ilości wyrobów do unieszkodliwienia i wolnych pojemnościach na przyjęcia odpadów azbestowych, wynika, iż konieczne jest zaplanowanie nowych miejsc do składowania

odpadów azbestowych. W celu zoptymalizowania kosztów związanych z transportem odpadów azbestowych na składowiska, nowe miejsca składowania powinny być zlokalizowane w miejscach znacznej koncentracji wykorzystywanych wyrobów.

Słowa kluczowe: azbest, transport, składowiska

### **Asbestos landfills and transportation of asbestos-containing products**

#### **Abstract**

Asbestos is a substance classified as dangerous. Due to its unique physical and chemical properties asbestos was widely applied in the economy. The harmfulness of asbestos to human health caused the need to remove asbestos-containing products from the territory of Poland by the end of 2032.

Asbestos containing products and waste are the subject of legal regime in Poland. The qualification of asbestos containing products as harmful to human health had the impact on the legal duties of contractor work as well as transportation obligations to the dedicated landfills. Taking into account the fact that asbestos containing waste are produced in many dispersed places, it should be considered that the transportation procedures should be executed to the landfill, located far away from the place of the its generation, which is the cause of incurring significant costs of asbestos-containing products removal. This is the crucial issue in case of the realization of the „Programme for Asbestos Abatement for Poland” where the transport costs are important part of its implementation. Transportation of asbestos-containing products and waste is subject to strict rules the presentation of which was the goal of this work.

Additionally in the undertaken work asbestos landfills were presented in relation to the amount of asbestos-containing products in voivodships and gminas. Asbestos landfills are presented in relation to the volume of products used in various voivodships and gminas. Comparison of data on the volume of products to be disposed of and free capacity of asbestos landfills enables to make arrangements for new landfills. In order to optimize costs associated with the transportation of asbestos waste to landfills, new landfills should be located in a large concentration of used products. **Keywords:** Asbestos, transportation, asbestos landfills

## Właściwości strukturalne gleby po zastosowaniu biowęgla

### 1. Wprowadzenie

Współczesna intensyfikacja w uprawie roli bez należytej dbałości o jakość gleby [1] z czasem przyczynia się do jej degradacji [2]. Gleba w zależności od swoich właściwości może opierać się tym czynnikiem z różnym skutkiem – ma bowiem określoną odporność na różne formy degradacji [3].

Świadomość o ciągle powiększającej się powierzchni gleb, na których występują różne formy degradacji [4] oraz konieczność naprawy takiego stanu jest obecna w wielu pracach badawczych. Sukcesywnie opracowuje się coraz to nowsze techniki agromelioracyjne. Polegają one między innymi na aplikowaniu do gleby (oprócz wymaganych przez poszczególne rośliny dawek nawozów) różnych dodatków [5]. Mogą być nimi materiały o charakterze organicznym, jak i mineralnym. Wielokrotnie aplikuje się również odpady [6]. Do gleby wykorzystuje się na przykład: osady ściekowe [7], kompost wytwarzany z odpadów komunalnych [8], nadtlarki wapnia i magnezu [9], węgiel brunatny [10], czy też odpadową wełnę mineralną [11].

W kontekście aktualnych aktów prawnych Polska musi stopniowo zwiększać ilości odpadów ponownie zagospodarowanych. W związku z tym prowadzi się kolejne doświadczenia, gdzie priorytetem jest poprawa stanu jakościowego gleb uprawnych przez wykorzystanie różnych materiałów odpadowych. To gleba ze względu na funkcje jakie pełni w środowisku, zarówno filtra, jak i magazynu, jest stosownym miejscem składowania odpadów lub materiałów z nich wytworzonych [12]. Udowodniono, że aplikowany biowęgiel do gleby można stosować do oczyszczania środowiska [13]. Umożliwi to pochłanianie dwutlenku węgla w glebie i w konsekwencji zmniejszy emisję dwutlenku węgla do atmosfery. Dodatkowo biowęgiel ma potencjał do rozwiązywania problemów zanieczyszczenia gleby i wody, gdyż wykazuje dobre właściwości sorpcyjne dla zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Jest również odporny na działanie środków chemicznych i rozkład biochemiczny.

---

<sup>1</sup>Email: jacek.pranagal@up.lublin.pl, Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, www.up.lublin.pl

<sup>2</sup>Email: dtomaszewska1989@gmail.com, Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup>Email: magdalena.myszura@gmail.com, Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Doniesienia naukowe podają także informacje o przekształceniach w biowęgiel biomasy uzyskanej z obszarów skażonych metalami ciężkimi. Jest to opcja dla gospodarki [14]. W tych doświadczeniach nie odnotowano podwyższonego stężenia żadnego potencjalnie toksycznego pierwiastka, takich jak Pb lub Cd. Ulatniają się one podczas produkcji biowęgla, zwłaszcza w wyższych temperaturach (700° C). To minimalizuje ryzyko aplikowania kadmu w glebie poprzez dodatek biowęgla. Zwiększa się wchłanianie niezbędnych elementów, takich jak cynk i potas. Ponadto żadne niekorzystne skutki nie oddziałują na mikroorganizmy w glebie gdzie zastosowano biowęgle z zanieczyszczonej biomasy. Właściwości biowęgla pozwalają także używać je jako dodatek do fitostabilizacji gleb, w przypadku nawet ciężkich górniczych zanieczyszczeń.

Dzięki swoim właściwościom biowęgiel może także znaleźć zastosowanie w stabilizacji osadów ściekowych. Dodany biowęgiel w różnych dawkach do osadu zmniejszył zawartość wolnego WWA [15]. Znaczną redukcję tego związku zaobserwowano w dawce biowęgla 2-5%. Większa dawka nie wpłynęła na obniżenie stężenia tego zanieczyszczenia. W wielu przypadkach zredukowany był negatywny wpływ pestycydów na glebach z ich dodatkiem [16].

## **2. Cel pracy**

Celem niniejszej pracy było określenie możliwości rolniczego wykorzystania biowęgla wytworzonego w procesie pirolizy z biomasy odpadowej słomy pszennej, aplikowanego do gleby w różnych dawkach. Pozwoliło to ustalić jak dodatek biowęgla wpływa na zmianę struktury gleby i jak trwałe są potencjalne skutki.

## **3. Materiały i metody**

Założony cel badań realizowano w glebie wzbogaconej biowęgłem zlokalizowanej w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Bezku. Pod doświadczenie polowe wyznaczono obszar o powierzchni około 0,017ha, z którego wydzielono 27 mikropoletek o wymiarach 1,7 × 0,8 m. Zastosowano dwie dawki biowęgla : 45 t · ha<sup>-1</sup> oraz 30t · ha<sup>-1</sup>, które wprowadzono do wierzchniej warstwy gleby (0-10 cm). Poletką obsiano trzema roślinami uprawnymi: grochem siewnym, owsem i jęczmieniem jarym.

Jednym z elementów prowadzonych badań była ocena zmian wybranych właściwości fizycznych gleby. Badania cech fizycznych gleby ograniczono do poletek obsianych jęczmieniem jarym. W celu określenia stanu fizycznego próbki gleby o nienaruszonej budowie [17] pobierano z warstw : 0-10 cm, 10-20 cm i 20-30 cm, do metalowych cylindrów o pojemności 100cm<sup>3</sup>, w sześciu powtórzeniach dla każdego obiektu.

Próbki glebowe pobierano wiosną (10 maja, 7 dni po wprowadzeniu biowęgla do gleby oraz po wysianiu nasion, w fazie początku kiełkowania jęczmienia – I termin, latem w trzeciej dekadzie sierpnia bezpośrednio po zbiorze –II termin oraz w sierpniu następnego roku –III termin.

### 3.1. Materiał glebowy

Badana gleba, do której wprowadzono biowęgiel, usytuowana jest w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Bezku (makroregion Polesie Wołyńskie, mezoregion Pagóry Chełmskie). Jest to obszar zalegania gleb bielicoziemnych; na glebie bielicowej niecałkowitej typowej [18], nawapieniowej, wytworzonej z piasku gliniastego mocnego akumulacji fluwioglacjalnej. Skład granulometryczny warstwy uprawnej tej gleby to: frakcja 1,0-0,1 mm – 60%; frakcja 0,1-0,02 mm – 24% i frakcja <0,02 mm – 16%. Zawartość węgla ogółem TOC = 11,4 · kg<sup>-1</sup>; CaCO<sub>3</sub> w poziomie uprawno-próchnicznym nie stwierdzono.

### 3.2. Materiał biowęglowy

Aplikowany do gleby materiał zawierał 538,5 g kg<sup>-1</sup> węgla organicznego; azotu ogólnego 9,2 g kg<sup>-1</sup> (C:N = 1: 58,5); charakteryzował się odczynem zasadowym – kwasowość wymienna pH<sub>KCl</sub> = 9,9; suma kationów o charakterze zasadowym wynosiła S = 641,2 mmol(+)kg<sup>-1</sup>; powierzchnia właściwa S<sub>A</sub> = 8,6 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, a gęstość ζ = 0,16 Mg m<sup>-3</sup>.

### 3.3. Charakterystyka struktury gleby

W zakresie właściwości opisujących strukturę gleby na potrzeby doświadczenia wyznaczono:

- zagregatowanie gleby – udział agregatów powietrznie suchych przeprowadzając separację próbek na zestawie sit o wymiarach oczek 1,0 mm, 3,0 mm, 5,0 mm i 10,0 mm. W ten sposób uzyskano rozkład elementów i agregatów strukturalnych dla frakcji : φ<1,0 mm, 1,0-3,0mm, 3,0-5,0mm, 5,0-10,0 i φ≥10,0mm;%;
- średnią ważoną średnicę agregatów przesiewanych na sucho dla agregatów o wymiarach 0-10 mm – MWD<sub>d,0-10</sub> [19],  
obliczono ze wzoru  $MWD_d = \sum X_i \cdot W_i$   
gdzie:  
X<sub>i</sub> – średnia dla poszczególnych wymiarów frakcji agregatów separowanych na sucho,  
W<sub>i</sub> – udział (%) poszczególnych frakcji agregatów;
- wodoodporność agregatów - udział agregatów separowanych na mokro w aparacie Bakszejewa dla następujących frakcji agregatów: φ<0,25 mm, 0,25-0,5mm, 0,5-1,0mm, 1,0-3,0mm , 3,0-5,0mm, , 5,0-7,0mm i 7,0-10,0mm;%;
- średnią ważoną średnicę agregatów separowanych na mokro – MWD<sub>w,0-10</sub> [19];mm  
obliczono ze wzoru  $MWD_w = \sum X_i \cdot W_i$   
gdzie:  
X<sub>i</sub> – średnia dla poszczególnych wymiarów frakcji agregatów separowanych na mokro,  
W<sub>i</sub> – udział (%) poszczególnych frakcji agregatów;

- obliczono także wskaźnik potencjalnego rozpadu agregatów  $PSDI = (1 - MWD_{w,0-10} / MWD_{d,0-10}) \cdot 100$  charakteryzujący podatność gleby na rozmywające działanie wody [20];%.

### **3.4. Analiza statystyczna**

Uzyskane wyniki w doświadczeniu poddano analizie statystycznej. Analizę prowadzono dokonując oceny dla każdej cechy statystycznej zmienności wyników.

W tym celu zastosowano następujące testy statystyczne:

- obliczono współczynniki zmienności  $V_z$  według wzoru  $V_z = 100 \sigma / X$  [%],  
gdzie:

$V_z$  – współczynnik zmienności,

$\sigma$  – odchylenie standardowe,

$X$  – średnia arytmetyczna.

Do ich interpretacji przyjęto podział na klasy zmienności [18]:  $V_z \leq 10,0$  % - niska,  $V_z = 10,1-100,0$  % - średnia;  $V_z \geq 100,1$  % - wysoka.

## **4. Analiza wyników**

Agregaty glebowe w zależności od swojej genezy, rozmiarów i kształtu w różny sposób kształtują fizyczne właściwości gleby. Agregacja cząstek elementarnych uważana jest powszechnie za zjawisko bardzo korzystnie wpływające na powietrzno-wodne właściwości gleby. Najcenniejsze dla roślin uprawnych są agregaty o wymiarach średnicy zastępczej 1-3 mm, 3-5 mm i 5-10 mm. To w glebie o przewadze takich agregatów rośliny mają swobodny dostęp do wody i rozpuszczonych w niej składników pokarmowych. Korzenie roślin mogą wówczas bez większych oporów mechanicznych przemieszczać się w masie glebowej. Zapewniona jest jednocześnie odpowiednia wymiana gazowa między glebą, a atmosferą. Aplikacja do gleby biowęgla wytworzonego ze słomy pszenicy, bez względu na zastosowaną dawkę, nie wpłynęła bezpośrednio na zmianę zdolności gleby do łączenia się jej cząstek elementarnych w agregaty (Tab. 1). Należy jednak podkreślić, że próbki pobierane były w siódmym dniu po wprowadzeniu biowęgla – termin I. Był to prawdopodobnie zbyt krótki okres, aby pod wpływem biowęgla nastąpiła koagulacja elementów strukturalnych stałej fazy gleby. Udział poszczególnych frakcji agregatów przesiewanych na sucho dla analizowanych obiektów był zbliżony. Nieznaczne różnice można było zaobserwować między badanymi warstwami, szczególnie dotyczyło to warstwy wierzchniej (0-10 cm). Różnice te najlepiej można było zaobserwować w przypadku wyników średniej ważonej średnicy agregatów ( $MWD_{d,0-10}$ ) (Tab. 1). Najniższymi wartościami charakteryzowała się próbki z warstw 0-10 cm, które mieściły się w granicach 1,96-2,22 mm, gdy dla pozostałych warstw (10-20 cm i >30 cm) zawierała się w przedziale 2,09-2,70 mm. Potwierdzeniem nieznacznych zmian były również rezultaty analizy statystycznej. Rozkład wartości liczbowych charakteryzował się niewielką statystyczną zmiennością (klasa zmienności średnia i niska -  $V_z = 4,00-22,80\%$ ).

Tabela 1. Zawartość agregatów glebowych separowanych w stanie powietrznie suchym i MDW<sub>d,0-10</sub> – termin I

Dawka biowęgla t·ha <sup>-1</sup>	Warstwa gleby cm	Zawartość agregatów według frakcji (%)					MWD <sub>d,0-10</sub> [mm]
		>10	5-10	3-5	1-3	<1	
		[mm]					
45	0-10	11,80	12,60	4,50	16,30	54,80	1,96
	10-20	19,30	18,40	6,00	16,00	39,80	2,66
	20-30	16,70	18,00	5,90	17,00	42,40	2,57
35	0-10	10,50	16,40	4,40	15,80	52,80	2,22
	10-20	20,40	17,80	5,30	17,00	39,50	2,62
	20-30	17,70	18,90	6,30	17,90	39,20	2,70
0	0-10	11,70	13,30	4,00	16,60	54,40	1,99
	10-20	16,10	14,00	4,50	17,10	4,30	2,16
	20-30	14,50	13,30	4,60	17,60	50,00	2,09
σ		3,52	2,54	0,84	0,68	6,23	0,29
V <sub>z</sub>		22,80	16,00	16,50	4,00	13,30	12,30

Źródło: opracowanie Instytutu Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Po upływie 112 dni od aplikacji biowęgla (termin II), gleba wzbogacona tym preparatem w dalszym ciągu nie wykazywała zmian w zakresie agregacji cząstek stałej fazy (Tab. 2). Podobnie jak w terminie I występowały nieznaczne różnice w zawartości agregatów glebowych w poszczególnych poletkach. Największe zmiany zarejestrowano w przypadku frakcji >10 mm i dotyczyło to głównie warstwy 0-10 cm w glebie, do której wprowadzono największą ilość biowęgla (45 t · ha<sup>-1</sup>). Stwierdzono w niej najmniejszy udział procentowy brył. Znalazło to również swój wyraz w wartości MWD<sub>d,0-10</sub>, która wyniosła 1,92 mm (Tab. 2). Ocena statystyczna dostarczyła zbliżonych danych, jak w przypadku wyników uzyskanych w I terminie. Współczynnik zmienności V<sub>z</sub> oscylował w podobnych granicach 12,20-37,70% - klasa zmienności „średnia”.



Tabela 2. Zawartość agregatów glebowych separowanych w stanie powietrznie suchym i  $MWD_{d,0-10}$  – termin II

Dawka biowęgla $t \cdot ha^{-1}$	Warstwa gleby cm	Zawartość agregatów według frakcji (%)					$MWD_{d,0-10}$ [mm]
		>10	5-10	3-5	1-3	<1	
		[mm]					
45	0-10	10.80	11.50	5.40	18.00	54.30	1.92
	10-20	31.20	17.40	5.40	14.70	28.30	2.97
	20-30	25.10	18.40	4.80	16.20	35.60	2.77
35	0-10	13.80	15.50	6.70	19.40	44.60	2.37
	10-20	26.30	15.80	5.30	15.00	37.50	2.56
	20-30	29.20	15.30	3.70	14.90	36.90	2.51
0	0-10	12.10	15.40	4.90	18.30	49.30	2.23
	10-20	18.00	13.60	5.00	13.70	49.70	2.13
	20-30	17.00	13.10	4.80	15.00	50.10	2.08
$\sigma$		7.69	2.13	0.79	1.97	8.69	0.34
$V_z$		37.70	14.10	15.50	12.20	20.20	14.20

Źródło: opracowanie Instytutu Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Analiza właściwości badanej gleby na podstawie agregatów glebowych separowanych w stanie powietrznie suchym i  $MWD_{d,0-10}$  w terminie III wykazała zauważalny wzrost liczby najcenniejszych dla roślin agregatów o wymiarach średnicy zastępczej 1-3 mm, 3-5 mm i 5-10 mm. Stwierdzono także zmniejszenie ilości brył we wszystkich warstwach w porównaniu z wcześniejszymi terminami (Tab. 3). Niewielkie różnice można było zaobserwować między ocenianymi warstwami, szczególnie dotyczyło to warstwy wierzchniej od 0 do 10 cm. Różnice te najlepiej można było zaobserwować w przypadku wyników średniej ważonej średnicy agregatów ( $MWD_{d,0-10}$ ) (Tab. 3). Wartości średniej ważonej średnicy agregatów o wymiarach 0-10 mm przesiewanych na sucho dla agregatów dla poszczególnych warstw i poletek mieściły się w przedziale od 1,57 mm do 1,96 mm. Potwierdzeniem tych zmian były rezultaty uzyskane z analizy statystycznej. Współczynnik zmienności wyników agregatowania przedstawiały się następująco: < 1 mm - 10,6%, 1-3 mm - 6,30%, 3-5 mm - 18,20%, 5-10 mm - 14,70%, >10 - 39,90%. Współczynnik zmienności  $V_z$  oscylował w granicach 6,30-39,90 %. Jest to średnia klasa statystycznej zmienności (Tab. 3).

Tabela 3. Zawartość agregatów glebowych separowanych w stanie powietrznie suchym i MDW<sub>d,0-10</sub>– termin III

Dawka biowęgla t·ha <sup>-1</sup>	Warstwa gleby cm	Zawartość agregatów według frakcji (%)					MWD <sub>d,0-10</sub> [mm]
		>10	5-10	3-5	1-3	<1	
		[mm]					
45	0-10	9,60	11,70	6,00	18,20	54,50	1,94
	10-20	17,20	14,00	6,10	15,90	46,80	2,23
	20-30	11,30	12,20	6,00	15,50	55,30	1,96
35	0-10	6,00	8,40	4,50	14,80	66,30	1,57
	10-20	6,80	9,90	5,10	15,70	62,50	1,66
	20-30	8,80	10,40	4,20	16,10	60,50	1,72
0	0-10	4,90	9,80	3,50	15,40	66,40	1,59
	10-20	8,20	11,00	4,80	15,20	60,80	1,77
	20-30	12,50	11,20	4,60	15,10	56,60	1,84
σ		3,78	1,61	0,91	1,00	6,27	0,21
V <sub>z</sub>		39,90	14,70	18,20	6,30	10,60	11,50

Źródło: opracowanie Instytutu Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

O ile zdolność do agregacji pod wpływem preparatu węglowego nie ulegała większym zmianom, to oceniana odporność agregatów na niszczące działanie wody wykazywała większe zróżnicowanie (Tab. 4 i 5). Trzeba podkreślić, że dodatek biowęgla działał wzmacniająco na trwałość struktury agregatowej, widoczne to było szczególnie w II terminie pomiarowym. Jest to korzystne dla środowiska glebowego i roślinnego. W glebie, gdzie aplikowano biowęgiel wyraźnie wzrosła zawartość cennych pod względem rolniczym agregatów frakcji 1-3 mm, 3-5 mm, 5-7 mm i 7-10 mm. Stwierdzono jednoznacznie, że wierzchnie warstwy gleby poletek wzbogaconych testowanym preparatem, w przypadku obu przyjętych w doświadczeniu dawek (45,0 t·ha<sup>-1</sup> i 30,0 t·ha<sup>-1</sup>) wykazały istotny wzrost MWD<sub>w,0-10</sub> z zakresu 0,67-0,82 mm do 1,18-1,61 mm. Udokumentowaniem tego była też zmiana wskaźnika PSDI z wartości należących do przedziału 63,20-81,60% na wartości mieszczące się w granicach 16,10-50,20%. Świadczy to dobitnie o zmniejszeniu podatności agregatów na rozmywające działanie wody [20]. W konsekwencji zgodnie z przyjętym przez Le Bissonnais [21] podziałem pod względem trwałości agregatów, agregaty badanej gleby z kategorii „nietrwałe” zostały sklasyfikowane jako „średnio trwałe” i „trwałe”.

Tabela 4. Zawartość agregatów glebowych separowanych wodzie i MDW<sub>w,0-10</sub> PSDI–termin I

*Właściwości strukturalne gleby po zastosowaniu biowęglu*

Dawka bio-węgla t·ha <sup>-1</sup>	Warstwa gleby cm	Zawartość agregatów według frakcji (%)							MW D <sub>w,0-10</sub>	PSDI
		7-10	5-7	3-5	1-3	0,5-1,0	0,25-0,5	<0,25		
		[mm]							[mm]	[%]
45	0-10	9,60	0,20	0,50	13,40	25,40	28,00	32,50	0,64	69,70
	10-20	0,20	0,20	0,90	12,90	22,30	29,30	34,20	0,64	77,10
	20-30	0,00	0,10	0,20	11,80	22,60	32,20	33,10	0,58	78,50
35	0-10	0,00	0,40	0,90	13,80	24,70	28,10	32,10	0,66	72,20
	10-20	0,00	0,00	0,30	13,30	22,80	31,10	32,50	0,61	77,70
	20-30	0,00	0,00	0,10	9,10	22,30	34,20	34,30	0,52	81,60
0	0-10	0,00	0,10	0,20	11,20	21,40	33,80	33,80	0,57	73,50
	10-20	0,00	0,10	0,70	10,20	21,60	33,40	33,40	0,57	75,30
	20-30	0,10	0,10	0,30	9,40	19,30	38,40	38,40	0,53	76,20
σ		0,07	0,12	0,31	1,80	1,79	2,44	1,89	0,05	3,57
V <sub>z</sub>		233,30	92,30	67,40	15,40	8,00	7,80	5,60	8,50	4,70

Źródło: opracowanie Instytutu Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Należy również wskazać, że odporność agregatów na destrukcyjne działanie wody w I terminie pomiarowym była dla wszystkich analizowanych poletek i warstw gleby wyraźnie mniejsza (Tab. 4) niż w terminie II (Tab. 5). Uzyskanie takich danych nie powinno jednak wiązać się z oddziaływaniem zaaplikowanego biowęglu, gdyż prawdopodobnie uwidoczniła się sezonowa zmienność omawianej cechy. Jest to pewna prawidłowość [22]. Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych o wymiarach 0,25-10,0 mm zmniejsza się w miesiącach jesiennych i zimowych, osiągając minimum w lutym i w marcu. W miesiącach wiosennych i letnich następuje stopniowy wzrost udziału wodoodpornych agregatów, z najwyższymi wartościami notowanymi w lipcu i sierpniu.

Wartości współczynnika V<sub>z</sub> pozwoliły dane z obu terminów badań sklasyfikować do „średniej” statystycznej zmienności. Przeprowadzona analiza statystyczna również potwierdziła korzystne działanie preparatu węglowego na wodoodporność struktury agregatowej analizowanej gleby.

Tabela 5. Zawartość agregatów glebowych separowanych w wodzie i  $MDW_{w,0-10}$  i PSDI-termin II

Dawka bio-węgla $t \cdot ha^{-1}$	Warstwa gleby cm	Zawartość agregatów według frakcji (%)							$MDW_{w,0-10}$ [mm]	PSDI [%]	
		7-10	5-7	3-5	1-3	0,5-1,0	0,25-0,5	<0,25			
		[mm]									
45	0-10	3,60	4,70	7,90	22,10	22,70	18,40	20,70	1,61	16,10	
	10-20	0,20	1,20	3,00	16,70	29,20	24,80	24,90	0,88	70,40	
	20-30	0,20	0,60	2,60	15,90	24,80	27,00	28,80	0,80	71,10	
35	0-10	1,00	2,10	4,80	24,60	23,70	23,30	23,30	1,18	50,20	
	10-20	0,50	0,90	2,50	15,00	24,50	27,80	27,80	0,83	67,60	
	20-30	0,10	0,70	1,10	15,60	25,70	26,50	30,20	0,67	73,30	
0	0-10	0,90	0,80	2,20	14,40	21,70	31,60	28,30	0,82	63,20	
	10-20	0,10	0,90	2,20	15,00	23,00	29,80	28,90	0,77	63,80	
	20-30	0,40	0,70	1,60	9,80	22,90	31,00	32,90	0,67	67,80	
$\sigma$		1,11	1,32	2,07	4,36	2,22	4,15	3,73	0,30	17,94	
$V_z$		142,3	0	94,30	66,80	26,30	9,20	15,50	13,70	33,00	29,70

Źródło: opracowanie Instytutu Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Analiza zawartości agregatów glebowych separowanych w wodzie,  $MDW_{w,0-10}$  i PSDI w terminie III wykazała korzystne działanie wprowadzonego bio-węgla na badaną glebę, jednak dużo słabsze niż w przypadku terminu II (Tab. 5 i 6).

Współczynnik zmienności wyników zawartości agregatów separowanych w wodzie według frakcji przedstawiał się następująco: <0,25 mm - 11,6%, 0,25 - 0,5 mm - 7,80%, 0,5 - 1,0 mm - 16,70%, 1-3 mm - 18,80%, 3 - 5 mm - 60,10%, 5 - 7 mm - 77,70%, 7 - 10 mm - 101,50%. Wartość współczynnika zmienności  $V_z$  dla agregatów frakcji 7-10 mm klasyfikuje do „wysokiej” zmienności statystycznej. Frakcje agregatów 5-7mm, 3-5 mm, 1-3 mm, 0,5-1,0 mm i <0,25 mm klasyfikują się do „średniej” zmienności, natomiast frakcja 0,25-0,5 mm jako „niska” statystyczna zmienność.

Tabela 6. Zawartość agregatów glebowych separowanych wodzie i  $MDW_{w,0-10}$  PSDI-termin III

Dawka bio- węglu $t \cdot ha^{-1}$	War- stwa gleby  cm	Zawartość agregatów według frakcji (%)							MW $D_{w,0-10}$ [mm]	PSDI [%]
		7-10	5-7	3-5	1-3	0,5-1,0	0,25-0,5	<0,25		
		[mm]								
45	0-10	0,50	1,20	1,90	10,60	23,30	30,80	31,70	0,73	62,37
	10-20	0,10	1,40	3,20	8,70	23,60	33,70	28,80	0,75	63,37
	20-30	0,00	0,00	0,90	7,10	24,90	35,60	31,60	0,54	72,45
35	0-10	0,20	0,90	2,30	10,80	16,10	30,40	39,30	0,66	57,45
	10-20	0,90	0,90	1,40	12,20	22,60	27,30	34,80	0,52	69,23
	20-30	0,20	0,60	0,00	10,20	17,20	31,70	39,60	0,57	66,87
0	0-10	0,40	2,40	2,40	14,00	19,60	29,20	32,00	0,85	46,54
	10-20	0,10	0,30	0,80	10,00	17,20	32,40	39,20	0,56	68,36
	20-30	0,10	0,50	1,60	10,00	17,60	32,20	36,80	0,60	67,39
$\sigma$		0,28	0,71	0,97	1,95	3,37	2,44	4,04	0,11	7,81
$V_z$		101,5 0	77,70	60,1	18,8	16,70	7,80	11,60	17,60	12,20

Źródło: opracowanie Instytutu Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Agregaty glebowe w zależności od swojej genezy, rozmiarów i kształtu w różnym stopniu wpływają na fizyczne właściwości gleby. Najcenniejsze dla roślin uprawnych są agregaty o wymiarach średnicy zastępczej 1-3 mm, 3-5 mm i 5-10 mm. W glebie o przewadze takich agregatów rośliny mają swobodny dostęp do składników pokarmowych i wody [12]. Zapewniona jest wówczas odpowiednia wymiana gazowa pomiędzy wodą a atmosferą. Analiza zawartości agregatów glebowych separowanych w wodzie  $MWD_{w,0-10}$  i PSDI, w analizowanej glebie z dodatkiem biowęglu w dwu dawkach ( $45,0 t \cdot ha^{-1}$  i  $30,0 t \cdot ha^{-1}$ ), wykazała pozytywne działanie dodatku biowęglu na glebę. Zauważalny jest też wzrost cennych pod względem rolniczym agregatów frakcji 1-3 mm, 3-5 mm, 5-7 mm i 7-10 mm (Tab. 4-6). Stwierdzono również, że wierzchnie warstwy gleby (0-10 cm) wykazały wzrost średniej ważonej średnicy agregatów o wymiarach 0-10 mm separowanych w wodzie (MWD). Wartości współczynnika  $V_z$  pozwoliły dane z obu terminów badań sklasyfikować do „średniej” statystycznej zmienności (Tab. 4-6). Zauważalne jest także zmniejszenie wskaźnika PSDI (wskaźnik rozpadu agregatów). Świadczy to dobitnie o zmniejszeniu podatności agregatów na rozmywające działanie wody [20].

## 5. Podsumowanie

Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- dodatek biowęgla działał wzmacniająco na trwałość struktury agregatowej, co widoczne było szczególnie w II terminie pomiarowym; w terminie III stwierdzono zmniejszenie ilości brył we wszystkich warstwach w porównaniu z wcześniejszymi terminami; analiza wykazała zauważalny wzrost liczby najcenniejszych dla roślin agregatów o wymiarach średnicy zastępczej 1-3 mm, 3-5 mm i 5-10 mm;
- analiza zawartości agregatów glebowych separowanych w wodzie,  $MWD_{w, 0-10}$  i PSDI wykazała, iż dodatek biowęgla działał korzystnie na trwałość struktury agregatowej- najbardziej widoczne to było w II terminie pomiarowym; w terminie III analiza wykazała korzystne działanie wprowadzonego biowęgla na badaną glebę, jednak dużo słabsze niż w przypadku terminu II; w glebie, gdzie aplikowano biowęgiel wzrosła zawartość cennych pod względem rolniczym agregatów frakcji 1-3 mm, 3-5 mm, 5-7 mm i 7-10 mm.

## Literatura

1. Karlen D. L., Mausebach M. J., Doran J. W., Cliner R. G., Harris R. F., Schauman G. E., *Soil quality; a concept, definition, and framework for evaluation*, Soil Science Society of America Journal 61(1997), s. 4-10
2. Lal R., *Soil quality and sustainability. In methods for assessment of soil degradation*, CRC Press, Boca Raton – New York (1998), s. 17-30
3. Pranagal J., *Intensywność użytkowania rolniczego a procesy degradacji gleby*, Zeszyt Problemowy Postępów Nauk Rolniczych 535(2009), s. 321-329
4. Lal R., *Soil and sustainability agriculture*, Agronomy for Sustainable Development 28(2008), s. 57-65
5. Horn R., Peth S., Fleige H., *Agrophysical research - an interdisciplinary approach to quantify boundary conditions for landuse systems*, [w: Nowe Trendy w Agrofizyce] Komitet Agrofizyki PAN, Wydawnictwo Naukowe FRNA(2008), s. 27
6. Mazur T., *Rozważania o wartości nawozowej odpadów organicznych*, Acta Agrophysica, 70(2002), s. 257-263
7. Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Żukowska G., *Wpływ osadu ściekowego i wełny mineralnej Grodan stosowanych do rekultywacji gleb silnie zakwaszonych na zawartość form ołowiu i niklu*, Zeszyt Problemowy Postępów Nauk Rolniczych 535(2009), s. 23-30
8. Weber J., Jamroz E., *Wpływ kompostów z odpadów komunalnych na właściwości środowiska glebowego* [w: Komposty z odpadów komunalnych, produkcja, wykorzystanie i wpływ na środowisko. (red.) J. Drozd], PTHS(2004), s. 217-234
9. Barbusiński K., *Nadtlenki wapnia i magnezu – zastosowanie do celów komercyjnych i w ochronie środowiska*, Chemik 9 (2006), s. 433-438
10. Maciejewska A., Kwiatkowska J., *Wykorzystanie węgla brunatnego do użyźniania gleb*, Zeszyt Problemowy Postępów Nauk Rolniczych. 520 (2007), s. 339-343

11. Baran S., *Możliwości wykorzystania wełny mineralnej Grodan do kształtowania właściwości wodnych gleb i gruntów*, Zeszyt Problemowy Postępów Nauk Rolniczych. 533 (2008), s. 15-19
12. Pranagal J., *Stan fizyczny wybranych gleb pyłowych Lubelszczyzny*. Rozprawy Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. 353 (2011), s. 129
13. Conte P., *Biochar, soil fertility, and environment*, Biology and Fertility of Soils. 50 (2014), s. 1175
14. Evangelou W. H. M., Brem A., Ugolini F., Abiven S., Schulin R., *Soil application of biochar produced from biomass grown on trace element contaminated land*, Journal of Environmental Management. 146 (2014), s. 100-106
15. Oleszczuk P., Zielińska A., Cornelissen G., *Stabilization of sewage sludge by different biochars towards reducing freely dissolved polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) content*, Bioresource Technology. 156 (2014), s. 139-145
16. Oleszczuk P., Joško J., Futa B., Pasieczna-Patkowska S., Pałys E., Kraska P., *Effect of pesticides on microorganisms, enzymatic activity and plant in biochar-amended soil*, Geoderma. 214-215 (2014), s. 10-18
17. Polski Komitet Normalizacyjny, 2001b. Polska Norma PN-ISO 11074-2. Jakość gleby. Terminologia. Część 2: Terminy i definicje związane z pobieraniem próbek
18. Marcinek J., *Parametryzacja środowiska glebowego w aspekcie gospodarki wodnej gleb*, Problemy Agrofizyki, 67 (1992), s. 20-53
19. Youker R. E., McGiunness J. L. *A short method of obtaining mean weight diameter values of aggregate analyses of soils*, Soil Science (1957), s. 1-83
20. Igwe C. A., Nwokocho D. *Influence of soil properties on the aggregate stability of a highly degraded tropical soil in Eastern Nigeria*, International Agrophysics, 19(2005), s. 131-139
21. Le Y., Bissonnais *Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I Theory and methodology*, European Journal of Soil Science, 47 (1996), s. 425-437
22. Paluszek J., *Sezonowe zmiany zawartości wodoodpornych agregatów w erodowanych glebach pływowych wytworzonych z lessu*, Acta Agrophysica, 56 (2001), s. 219-231

## **Właściwości strukturalne gleby po zastosowaniu biowęgla**

### Streszczenie

Problemy związane z obowiązkiem przetwarzania coraz większych ilości odpadów oraz powiększająca się powierzchnia obszarów zdegradowanych skutkuje ciągłym poszukiwaniem nowych metod, które zaprzęstałyby tym zjawiskom. W związku z tym do gleby aplikuje się materiały o charakterze odpadowym. W artykule przedstawiono wyniki analizy struktury gleby bielcowej wzbogaconej biowęgłem. Jest nim odpadowa biomasa słomy pszennej, przekształcona w procesie pirolizy. Biowęgiel został dodany w dwóch dawkach:  $45 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  do wierzchniej warstwy gleby. Poletka obsiano jęczmieniem jarym, owsem oraz grochem siewnym. Próbkę pobierano 7 dni po aplikacji biowęgla do gleby, po zbiorze jęczmienia jarego oraz po zbiorze następnego roku. Z przeprowadzonych wstępnych badań wynika, że biowęgiel wpływał korzystnie na właściwości fizyczne gleby. Poprawiła się zdolność do agregacji i trwałość agregatów strukturalnych na rozmywające działanie wody.

Słowa kluczowe: biowęgiel, gleba, odpad, soil struktura

## **The structural properties of the soil after application of biochar**

### Abstract

The problems associated with the obligation to process increasing amounts of waste, and the growing area of degraded areas results in a continuous search for new methods that would cease these phenomena. Therefore, to soil applied to waste materials. The article presents the results of analysis of the structure of podzolic soil where was added biochar. It is the waste biomass of wheat straw, transformed in the process of pyrolysis. Biochar was added in two strengths:  $45 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  and  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  to the topsoil. The plots sown with barley, oats and pea. Samples were taken seven days after application of biochar in the soil after harvest of barley and after harvest of the following year. The conducted preliminary studies suggest that positively affect biochar physical properties of the soil. Improved ability to aggregate and durability of structural units blurring water.

Keywords: biochar, soil, waste, soil structure



## **Wpływ form użytkowania maszyn na dochodowość gospodarstw rolnych**

### **1. Wstęp**

Celem pracy jest przedstawienie najważniejszych form użytkowania maszyn występujących w polskim rolnictwie, wpływu na rozwój oraz dochód gospodarstw.

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat możemy zaobserwować bardzo duże zmiany strukturalne w rolnictwie. Charakter dokonywanych zmian jest widoczny w ilości, powierzchni oraz formach prawnych gospodarstw. Najważniejszy jednak wpływ na rozwój gospodarstw miał rozwój motoryzacji i zmechanizowania produkcji rolniczej.

Postępujące ciągle do przodu zmiany społeczno-gospodarcze wywołały potrzebę podejmowania decyzji dotyczących wyboru racjonalnego korzystania z form użytkowania sprzętu rolniczego w celu obniżenia kosztów produkcji rolniczej. Potrzeby te wywołały konieczność podejmowania decyzji mających na celu poprawienie efektywności nakładów na mechanizację oraz zwiększenie efektywności produkcji. Istotną rolę w tych procesach odgrywają różnego rodzaju formy zespołowego użytkowania maszyn.

Wspólna współpraca rolników przejawiająca się pod postacią różnych form może być jednym z czynników decydujących o pozytywnie idących zmianach w naszym rolnictwie.

Współpracę tą możemy zobaczyć zarówno w sferze produkcji (np. zrzeszenia producentów), marketingu i handlu (np. grupy producenckie), jak również procesów pracy, w tym mechanizacji.

Zespołowe użytkowanie maszyn przynosi wiele korzyści zarówno z zakresu ekonomii i techniki, dzięki którym można zmniejszyć nakłady poniesione na mechanizację, oraz mieć większy dostęp do bardziej rozwiniętych i nowoczesnych technologii, które są w obecnej chwili kosztowne. Wybór racjonalnego korzystania z form użytkowania sprzętu rolniczego jest sposobem umożliwiającym zmniejszenie kosztów produkcji rolniczej, a przez to poprawę efektywności nakładów na mechanizację [1, 2].

Począwszy od lat 90-tych XX w. na polskim rynku nastąpiło wiele istotnych zmian w usługach maszynowych dla rolnictwa. Do niedawna największy udział w tego typu usługach miały spółdzielnie kółek rolniczych. Obecnie, przy tak dużej konkurencji, na rynku utrzymały się tylko najsilniejsze i najsprawniejsze jednostki

---

<sup>1</sup>kamil.depo.up@gmail.com, Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, www.up.lublin.pl

<sup>2</sup>monika.pecyna@gmail.com, Katedra Energetyki i Środków Transportu, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, www.up.lublin.pl

z tej branży. Rozwój mechanizacji pociągną za sobą stopniowy rozwój usług oferowanych przez te jednostki.

Usługami mechanizacyjnymi zajmują się głównie wyspecjalizowane w tym przedsiębiorstwa lub sami rolnicy posiadający nadwyżkę sił roboczych. Dla tego typu rolników wykonywanie usług jest możliwością dodatkowego zwiększenia przychodu gospodarstwa, przy jednoczesnym zmniejszeniu kosztów utrzymania parku maszynowego oraz lepszym jego wykorzystaniu.

Wybór form mechanizacji jest uzależniony zarówno od specyfikacji gospodarstwa, jak również od samego gospodarstwa.

W przypadku gospodarstw produkujących na dużą skalę najlepszym rozwiązaniem są wyspecjalizowane przedsiębiorstwa usługowe zapewniające terminową oraz efektywną pracę. Są to często gospodarstwa z niedoborem siły roboczej, zwłaszcza w terminach zbiorów poszczególnych, często wyspecjalizowanych już roślin. Przy dużym areale użytków rolnych nie ma możliwości posiadania potrzebnego w danej chwili i w określonej ilości sprzętu do przeprowadzenia w jak najkrótszym czasie zbiorów.

W przypadku gospodarstw o mniejszej skali produkcji, posiadających znaczną nadwyżkę siły roboczej lub gospodarstw posiadających ograniczony park maszynowy najlepszym rozwiązaniem jest wzajemna współpraca i pomoc. Współpraca taka pozwala na lepsze wykorzystanie maszyn, zmniejszenie kosztów eksploatacji i wykonanie wszystkich potrzebnych prac [3].

Najbardziej rozpowszechnioną formą użytkowania maszyn w Polsce jest posiadanie własnych środków technicznych w gospodarstwie. Dlatego też wybranie odpowiedniej formy jest dużym dylematem dla rolnika, gdyż przemawia za tym wiele pozytywnych i negatywnych czynników wpływających na tą decyzję.

## **2. Formy użytkowania maszyn**

### **2.1. Maszyny własne**

Posiadanie i dostęp gospodarstwa do nowoczesnych maszyn i urządzeń jest głównym czynnikiem wpływającym na dochodowość. Jest także elementem rozwoju ekonomicznego gospodarstw.

Najbardziej rozpowszechnioną formą mechanizacji wśród rolników jest posiadanie maszyn na własność. Mimo, że wiąże się to z niedostatecznym wykorzystaniem tak liczego parku maszynowego, większość gospodarzy decyduje się na tę formę.

Głównym powodem takiego działania jest możliwość wykorzystania tych maszyn w każdej chwili gdy jest potrzeba wykonania konkretnej pracy, odpowiadają temu warunki pogodowe a rolnik dysponuje wolnym czasem.

Niestety zakup tak dużej ilości środków trwałych wiąże się z bardzo dużymi kosztami ich zakupu, a co za tym idzie pociąga za sobą duże koszty ich utrzymania. Z uwagi na to, że maszyny często nie są w pełni wykorzystywane w takim gospodarstwie zwykle maszyny te są użytkowane przez bardzo długi okres, sięgający nawet 20lat. Gdyby gospodarstwo było w stanie w pełni wykorzystać wszystkie maszyny mogłoby pozwolić sobie wówczas na częstsze

wymiany starych na nowe, a przez to ciągle unowocześnianie parku maszynowego. Mało by to również wpływ na zmniejszenie wysiłku jaki jest wkładany w obsługę tych maszyn.

Po wstąpieniu do Unii Europejskiej wielu rolników ma możliwość korzystania z tzw. dofinansowań do środków mechanizacji. W przypadku zakupu maszyn największym zainteresowaniem cieszą się działania 1.2.1 Modernizacja gospodarstw rolnych prowadzonych w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich. Dzięki takiej pomocy gospodarstwa mają możliwość wprowadzenia nowoczesnej technologii produkcji oraz jej poprawę.

Tab.1. Ilość ciągników w polskim rolnictwie w latach 2000-2010

Ciągniki w tysiącach sztuk						
Wyszczególnienie	2000	2002	2005	2007	2009	2010
Ogółem	1306,7	1338,7	1437,2	1553,4	1577,3	1466,3
W tym gospodarstwa indywidualne	1257,5	1315,4	1415,8	1532,2	1556,1	1443,6

Źródło: Rocznik statystyczny Warszawa rok LXXI

## **2.2. Wspólnota maszynowa**

Wspólnota maszynowa jest od dawna stosowaną formą użytkowania maszyn. Jest to dobrowolny związek najczęściej 10-50 członków. Jednakże w niektórych rejonach, gdzie gospodarstwa mają duże rozdrobnienie możemy zaobserwować zrzeszenie nawet ponad 200 członków. Najczęściej grupa członków jest połączona między sobą podpisaną umową lub ustalonym przez nich regulaminem.

Celem tworzenia wspólnoty maszynowej jest wspólny (zespołowy) zakup, a później użytkowanie maszyn.

Maszyny takie kupowane są za własne pieniądze członków lub za kredyt zaciągnięty w banku przez należących do wspólnoty członków. Przez wspólnotę, zakup maszyn może być kilkunastokrotnie mniejszy niż osoby indywidualnie nabywającej takie maszyny.

Przez ostatnie kilka lat kształtowało się wiele takich zrzeszeń członków. Wszystko miało na celu zwiększenie ilości maszyn oraz ich pełnego wykorzystania.

W obecnej chwili kształtowały się dwa rodzaje wspólnoty maszynowej.

Najważniejszą, a zarazem największą znaną już od kilku lat jest wspólnota licząca ponad 200 członków, która najbardziej jest widoczna we Francji. Sterowana jest przez kierownika, który nadzoruje jej wszystkie procesy. Jest to samodzielna wspólnota maszynowa zakupująca i wspólnotowo użytkująca wszystkie maszyny.

Tab.2. Wyposażenie polskich gospodarstw rolnych prowadzących działalność rolniczą w wybrane maszyny w latach 2002 i 2010

Wyszczególnienie	Gospodarstwa posiadające maszyny		Liczba maszyn	
	2002	2010	2002	2010
Kombajny zbożowe	117688	147190	12119	152140
Kombajny ziemniaczane	80568	78871	81288	79885
Kombajny buraczane	31949	27302	32449	27829
Silosokombajny samobieżne i pozostałe	11918	11069	13057	11831
Rozsiewacze nawozów i wapna	515321	553172	537925	575452
Agregaty uprawowe	242501	441449	283647	767588
Rozrzutniki obornika	491948	474639	501737	484035
Kosiarki ciągnikowe	505889	494755	518509	512978
Ładowacze chwytakowe	199646	216852	208556	241950
Kopaczki do ziemniaków	397455	370760	398846	372299
Sadzarki do ziemniaków	400607	349625	403219	351836
Przyczepy zbierające	93204	92715	95752	96298
Prasy zbierające	142941	187789	147147	198239
Polowe opryskiwacze ciągnikowe	464465	486674	471688	495742

Źródło: Charakterystyka gospodarstw rolnych. Powszechny Spis Rolny 2010

Drugą zasługującą na uwagę formą wspólnotowego użytkowania maszyn jest najczęściej powstająca (zwłaszcza w Niemczech), licząca od 20 do 30 członków forma pozyskiwania i użytkowania maszyn. Najczęściej tworzą ją członkowie kół maszynowych, którzy zrzeszają się w celu wspólnego zakupu i użytkowania maszyn najdroższych, o dużej ich wydajności. Liczebność takich wspólnot zależna jest od powierzchni gospodarstw, jej członków oraz wydajności zakupywanych maszyn.

Do najczęściej kupowanych maszyn przez wspólnoty maszynowe należą: samojezdne kombajny do buraków o szerokości pracy 6 rzędów, ładowarki samojezdne ułatwiające załadowanie korzeni buraków z przyzmy, samojezdne siewczarnie polowe, wozy paszowe z mieszalnikami, opryskiwacze o dużej pojemności, czy też duże ciągniki o mocy przewyższającej 200 kW.

Rozliczenie należności za wykonane usługi, planowanie użytkowania maszyn w ich niedalekiej przyszłości należą do głównych zadań kierownika [4].

### **2.3. Kółka rolnicze**

Pierwsze kółka rolnicze zostały zapoczątkowane w drugiej połowie XIX i na początku XX wieku. Były to chłopskie organizacje, których głównym celem było doskonalenie urządzeń, rozwój gospodarstw rolnych oraz tworzenie infrastruktury rolniczej i wiejskiej. Wszystkie te organizacje miały możliwość rozwijać się przede wszystkim w zaborze austriackim i pruskim. Obejmowały one sieć wiodących wsi i nie były w tym okresie organizacją ogólnie powszechną.

Kółka rolnicze prowadziły działalność gospodarczą, której głównymi celami było zespołowe zaopatrywanie ich członków w środki do produkcji, prowadzenie wspólnych prac, współdziałanie w rozwoju spółdzielni rolniczo – handlowych, banków czy mleczarni. Ich działalność miała bardzo duży wpływ na poprawę uprawy roli oraz rozwój hodowli, pszczelarstwa i sadownictwa.

Kółka zazwyczaj zrzeszały rolników z kilku pobliskich wsi. W dużej mierze broniły one interesów polskich chłopów, chroniły ich przed uciskiem i wynarodowieniem.

W czasie wojny kółka rolnicze borykały się z trudnymi warunkami. Część z nich w powojennym czasie zaczęła się odbudowywać i podejmować działalność według tradycyjnych wizerunków. Dopiero w latach 1956-1959 można było zauważyć duży i dynamiczny rozwój samorządu wiejskiego, który pociągnął za sobą szybki rozwój kółek rolniczych i ich związków. W pierwszych latach ich dynamiczny rozwój możemy zawdzięczać ogólnej aktywności wsi i szukaniu możliwości efektywniejszego wzrostu gospodarki rolnej. Często wzorem dla nowo powstających kółek były kółka przedwojenne. Głównym zadaniem kółek rolniczych, czyli ich członków indywidualnych było zwiększenie produktywności oraz poprawa materialnego oraz kulturowego życia na wsi.

Obecnie założycielami kółek rolniczych musi być co najmniej 9 osób, w tym co najmniej 8 osób posiadających oraz prowadzących własne gospodarstwo.

### **2.4. Pomoc sąsiedzka**

Pomoc sąsiedzka jest najczęściej spotykaną formą usług mechanizacji stosowaną zazwyczaj w mniejszych gospodarstwach. Forma ta jest wykorzystywana od dawna i dzięki temu jest sprawdzona. Usługi te są świadczone zazwyczaj pobliskim sąsiadom przez rolników dysponujących nadwyżką sił roboczych oraz odpowiednimi środkami mechanizacji. Jest to forma występująca mniej lub bardziej oficjalnie. Zarówno w Polsce, jak również w krajach zachodnich. Forma ta ma mniejsze zastosowanie w porównaniu z rolnictwem Włoch. Liczba rolników świadczących takie usługi przewyższa ponad dziesięciokrotnie liczbę prywatnych przedsiębiorstw świadczących takie usługi. Dlatego też świadczenie takich usług we Włoszech jest rejestrowane.

Świadczenie usług sąsiedzkich stanowi dodatkowy przychód do podstawowej produkcji rolniczej. Przez to również pozwala na znacznie większe wykorzystanie środków technicznych. Dlatego też posiadanie dobrze wyposażonego parku maszynowego przy nie odpowiedniej ilości użytków rolnych oraz braku jego

zaangażowania poza gospodarstwem może wiązać się z niedostatecznym ich wykorzystaniem.

Znaczna część gospodarstw rolnych to małe gospodarstwa przekazywane z pokolenia na pokolenie. Rozwój takich gospodarstw jest bardzo powolny, a w niektórych przypadkach gospodarstwa te podejmują decyzje pozostania w obecnym stanie mechanizacji. Jest to warunkowane dużymi kosztami zakupu środków technicznych, niewykorzystaniem ich w odpowiednim stopniu na posiadanym areale, a przez to generowane są duże koszty utrzymania tych urządzeń.

Korzystanie z usług sąsiedzkich pozwala rolnikowi na zmniejszenie nakładów inwestycyjnych na zakup maszyn i urządzeń potrzebnych w gospodarstwie, sprawne wykonanie prac polowych w krótszym czasie oraz poprawę jakości pracy i zmniejszenie kosztów mechanizacji.

Wykonywanie usług przynosi korzyści w postaci obniżenia kosztów utrzymania maszyn przez lepsze ich wykorzystanie. W gospodarstwie świadczącym usługi wyższy stopień wykorzystania maszyn przyczynia się do krótszego okresu ich użytkowania, a przez to do szybszej wymiany starej maszyny na bardziej nowoczesną nową maszynę.

Najczęściej korzystną i najdroższą usługą sąsiedzką jest kombajn do zbioru zbóż oraz prasa zbierająca. Często również możemy spotkać wynajem lub użyczenie przyczep transportowych, rozrzutników obornika, opryskiwaczy, siewników, czy kosiarek.

Rozliczenie za taką pomoc przyjmuje postać określonej kwoty pieniężnej, wymiany maszyn, odrobku pracy lub rozliczenia przy pomocy produktów rolnych. Są to wszystko rozliczenia proste, w większości wypadków nie podawane do opinii publicznej ze względu na obawę o ujawnieniu dodatkowego dochodu z takiego rodzaju działalności.

Podobną formą użytkowania maszyn są międzysąsiedzkie usługi maszynowe, które miały możliwość funkcjonowania w początkowej fazie rozwoju kółek rolniczych. Przez małą liczebność rolników w kółku rolniczym, które tworzyło 30-50 członków z pobliskich wsi, było nie opłacalne zatrudnianie kierownika, nawet na część etatu. Najlepszym i najbardziej opłacalnym rozwiązaniem w takiej sytuacji było utworzenie i pozwolenie na rozwinięcie się grupy międzysąsiedzkich usług maszynowych. Działaniem takich usług zajmował się wybrany na określony okres jeden z rolników. Jego głównym zadaniem było zbieranie zgłoszeń i prowadzenie listy rolników świadczących płatne usługi konkretnymi maszynami oraz rolników potrzebujących takich usług. Koordynator spełniał rolę pośrednika, do którego zainteresowani rolnicy mogą złożyć zgłoszenie o świadczeniu usług lub potrzebie wynajęcia takiej usługi na określony termin. Farma taka jednak może trwać przez krótki okres, gdyż nie ma szans na dotację [5].

## **2.5. Przedsiębiorstwa usług maszynowych**

Szeroko rozpowszechnione w Niemczech oraz powoli rozpowszechniające się w Polsce są przedsiębiorstwa usług maszynowych.

Od początku ich powstania możemy wyróżnić trzy grupy tych przedsiębiorstw.

Pierwsze z nich to grupy spółdzielcze, które pełniły pionierskie funkcje w fazie rozwoju usług maszynowych. Wraz z upływem czasu uległy znacznemu zmniejszeniu i są już nieliczne.

Drugą grupą są prywatne przedsiębiorstwa prowadzone przez rolników posiadających gospodarstwa, którzy w ramach wolnych zasobów świadczą usługi własnymi maszynami. Ich liczba trudna jest do określenia ze względu na to, że większość z nich nie prowadzi ewidencji.

Są to z reguły przedsiębiorstwa świadczące najczęściej pojedyncze prace takie, jak np. zbiór zbóż czy resztek poźniwnych. Usługi te wykonywane są głównie dla rolników mieszkających w niedużych odległościach. Głównym celem udostępniania takich usług jest zwiększenie wykorzystania posiadanych maszyn, a przy tym zmniejszenie kosztów ich utrzymania oraz zwiększenie dochodów gospodarstwa.

Największy udział w prowadzeniu usług maszynowych mają obecnie przedsiębiorstwa prywatne, których właściciele nie posiadają gospodarstwa rolnego, a działalność usługowa należy do ich głównego źródła utrzymania.

Są to głównie przedsiębiorstwa oferujące profesjonalne usługi maszynowe, przy zastosowaniu nowoczesnych i wydajnych maszyn.

Możemy spotkać tu przedsiębiorstwa specjalizujące się tylko w określonym procesie produkcyjnym. Przykładem może być kompleksowy zbiór oraz transport buraków cukrowych czy kompleksowy zbiór kiszonki z kukurydzy.

Występują również takie przedsiębiorstwa, które oferują kompleksowe usługi takie jak przejęcie wszystkich prac w gospodarstwie począwszy od przygotowania gruntu pod zasiew, poprzez kompleksowy siew, aż do zbioru roślin.

Najważniejszym argumentem wpływającym na decyzję złożenia zlecenia wykonania prac tego typu przedsiębiorcom jest brak odpowiedniego sprzętu przystosowanego do takiej pracy, a co najważniejsze zwiększenie efektywności wykonywanej pracy oraz poprawa efektywności ponoszonych nakładów. Przedsiębiorstwa takie mogą w znacznym stopniu skrócić czas zbioru, który jest bardzo ważny w gospodarstwach o dużym areale oraz pozwalają na zmieszczenie się w terminie zbioru danych roślin.

Rolnicy rezygnujący z posiadania części maszyn mogą wykorzystać wolne zasoby kapitałowe na rozwój wyspecjalizowanej dziedziny gospodarstwa [6].

## **2.6. Grupy producentów rolnych**

Wejście Polski do Unii Europejskiej w maju 2004 roku, spowodowało konieczność dostosowania się polskiego rolnictwa do wymagań stawianych przez Wspólną Politykę Rolną.

Do rozwoju wsi i rolnictwa w Polsce w dużej mierze przyczyniały się Ośrodki Doradztwa Rolniczego, które udzielały pomocy w funkcjonowaniu i dalszym rozwoju gospodarstw rolnych.

Rolnictwo w Polsce rozwijało się przez długi okres w różnych warunkach otoczenia gospodarczego. Przyczyniło się to do niechęci wspólnego gospodarowania. Dla odbudowania możliwości współpracy gospodarstw rolnych w Polsce od kilku lat prowadzone jest wsparcie podmiotów gospodarczych z takich branż, jak agrobiznes. Najtrudniejszą sytuację mają gospodarstwa indywidualne, o niewielkim potencjale, w porównaniu do dobrze rozwiniętych gospodarstw w krajach Unii Europejskiej.

Dla wsparcia rozwoju polskiej gospodarki coraz większego znaczenia nabierają Grupy Producentów Rolnych, o których mówi ustawa z dnia 15 września 2000 r. o grupach producentów rolnych (Dz. U. Nr 88, poz. 983 z późn. zm.) [7].

Działanie grup producenckich jest widoczne w Polsce od kilku lat. Jednakże początków tworzenia się grup producentów możemy się doszukać w latach dziewięćdziesiątych XX wieku.

Grupa producentów stwarza nowe możliwości i szanse na poprawę swojej sytuacji finansowej przez wspólne działania.

Zatem najważniejszym zadaniem spełniającym przez grupy producenckie jest przynoszenie zysku zrzeszonym rolnikom. Ważnym zadaniem jest również zawieranie kontraktów, co jest ułatwione dzięki większej stabilności oraz silnej pozycji grupy pozwalającej na negocjacje z innymi partnerami działającymi na rynku. Chodzi tu przede wszystkim o dostawców i odbiorców. Dzięki takiej współpracy możliwe jest uzyskanie lepszych warunków zawieranych kontraktów.

Pożądanym czynnikiem wpływającym na zawiązywanie się takich grup jest zwiększenie skali produkcji przy znacznym zmniejszeniu kosztów.

Grupy producentów rolnych mają możliwość ciągłej współpracy ze stałymi odbiorcami oraz podolewanie stawianych przez nich wymagań, przy jednoczesnej oszczędności czasu na szukanie miejsc zbytu.

Poprzez taką współpracę uzyskują lepsze warunki sprzedaży, wyższe ceny za produkty oraz ograniczenie liczby pośredników.

Wieloletnia współpraca z odbiorcami pozwala na stabilizację pojedynczych gospodarstw oraz wspólne działania pomagające w magazynowaniu, przechowywaniu oraz przygotowaniu do sprzedaży.

Kolejnym argumentem przemawiającym za grupą jest uniknięcie dużej konkurencji na rynku produktów rolnych. Grupa taka ma możliwość nabywania środków do produkcji na znacznie lepszych warunkach poprzez hurtowe ilości i ceny, które są wtedy niższe dla każdego zrzeszonego rolnika chcącego skorzystać z takich usług.

Pomaga to w obniżeniu kosztów prowadzonej produkcji rolniczej.

Współpraca pozwala na lepsze wykorzystywanie budynków gospodarczych, maszyn i urządzeń oraz pomaga w nabywaniu nowego sprzętu [8].

Działania zespołowe w grupie producentów rolnych stawiają rolnikom duże wyzwania i wymagają wiele umiejętności i nowych postaw wobec takiego działania. Niewielu rolników potrafi sprostać tym wymaganiom.



Ci którzy zdecydują się na taką formę współpracy mogą skorzystać z dofinansowań, które grupa producentów rolnych może otrzymać przez marszałka województwa przez 5 lat.

Oprócz wsparcia przez marszałka województwa, grupa producentów może starać się o kredyt na inwestycje, takie jak:

- zakup lub budowa budynków inwentarskich;
- zakup sprzętu rolniczego;
- przebudowa lub rozbudowa budynków inwentarskich;
- zakup linii technologicznych;
- zakup materiałów nasadzeniowych.

Mimo, iż grupy producentów rolnych są coraz bardziej popularyzowane w Polsce przez kilka ostatnich lat i mają wiele pozytywnych czynników przyczyniających się do ich tworzenia, to wielu rolników dostrzega w nich również wiele zagrożeń. Bariery te to niechęć do pokonywania przeszkód formalno-prawnych czy obawa przed dokonywaniem zmian. Rozwój przedsiębiorczości na terenach typowo wiejskich może przyczynić się do zmniejszenia występującego bezrobocia oraz polepszenia bytu mieszkańców. Takiego typu przedsiębiorczość może utworzyć nowe miejsca pracy dla mieszkańców wsi, a zarazem przyczynić się do możliwości rozwoju ludzi młodych chcących realizować się w rolnictwie.

### **3. Podsumowanie**

Biorąc pod uwagę konieczność modernizacji gospodarstw w obecnych czasach możemy zauważyć wiele form użytkowania maszyn. Każdy taki wybór jest dobierany przez gospodarstwa indywidualne, a więc na każde gospodarstwo może działać inaczej. Część form takich, jak pomoc sąsiedzka jest znane od dawna, mimo tego powstało wiele nowych rodzajów działalności takich, jak wyspecjalizowane przedsiębiorstwa usług maszynowych zajmujących się kompleksowo obsługą gospodarstw. Forma ta jest coraz bardziej znaną i rozprzestrzeniającą się formą użytkowania maszyn bez konieczności ponoszenia ogromnych kosztów zakupu oraz utrzymywania ich.

Większość polskich gospodarstw coraz częściej decyduje się na formę użytkowania maszyn jaką jest przedsiębiorstwo usług maszynowych lub pomoc sąsiedzka. Decyzję taką podejmują głównie gospodarstwa posiadające dobrze wyposażony park maszynowy, gospodarstwa samowystarczalne lecz z maszynami o nie wystarczającym wykorzystaniu, co generuje wysokie koszty ich utrzymania.

Zmiana formy mechanizacji wpłynęła na całkowity przestój pewnych maszyn, powoduje to konieczność sprzedaży części posiadanego parku maszynowego, zwiększając jednocześnie dochód gospodarstwa.

Pomimo osiągniętych zysków każdy właściciel nadal chciałby je zwiększać, dlatego przemyślana forma użytkowania maszyn może mieć niebagatelny wpływ na ostateczny dochód gospodarstw, ale jednocześnie maksymalne wykorzystanie maszyn poprzez udzielanie pomocy sąsiedzkiej. Im większe wykorzystanie maszyny tym mniejsze koszty amortyzacji, przechowywania oraz konserwacji, co jednocześnie wpływa na szybsze ich zużywanie i możliwość wymiany na nowe z lepszymi rozwiązaniami technicznymi.

## Literatura

1. Chmielecki R., *Rozwój form zespołowego użytkowania maszyn w rolnictwie Niemiec zachodnich*, Instytut Ekonomiki Rolnictwa Uniwersytet w Getyndze, Inżynieria Rolnicza 13/2006
2. Lorencowicz E., *Wyposażenie techniczne i formy mechanizacji małych gospodarstw rolnych*, AR, Lublin 2005
3. Pawlak J., *Sposoby i możliwości poprawy efektywności nakładów na mechanizację rolnictwa*, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. Falenty 2011
4. Karwowski T., *Podstawy zespołowego użytkowania maszyn w aspekcie efektywności produkcji roślinnej*, IBMER, Warszawa 2008
5. Pawlak J., *Sposoby i możliwości poprawy efektywności nakładów na mechanizację rolnictwa*, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. Falenty 2011
6. Chmielecki R., *Rozwój form zespołowego użytkowania maszyn w rolnictwie Niemiec zachodnich*, Instytut Ekonomiki Rolnictwa Uniwersytet w Getyndze, Inżynieria Rolnicza 13/2006
7. Zawisza S., Szkatulski M., *Znaczenie grup producentów rolnych w rozwoju wsi i rolnictwa*, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego 2010
8. Praca zbiorowa, *Poradnik lidera grup producentów rolnych*, Fundacja Fundusz Współpracy, Program AGROLINIA 2000. Poznań 2001

## Wpływ form użytkowania maszyn na dochodowość gospodarstw rolnych

### Streszczenie

Celem pracy jest opis form użytkowania maszyn oraz wpływu ich na rozwój i dochodowość gospodarstw rolnych. Rolnictwo w obecnych czasach jest w sytuacji ciągłego rozwoju i pod presją wyboru rodzaju mechanizacji, w zależności od prowadzonej produkcji czy też opłacalności prowadzenia gospodarstwa. W pracy zostały przedstawione różne formy mechanizacji, z których rolnicy mogą wybierać. Zmiany strukturalne, które możemy zaobserwować na przestrzeni wieku zaczęły zmuszać gospodarstwa rolne do podejmowania radykalnych decyzji dotyczących prowadzenia i dalszego rozwoju posiadanego gospodarstwa. Potrzeba ciągłego rozwoju oraz zmiany w produkcji wymagały zakupu nowego sprzętu pozwalającego na kompleksową uprawę roślin. Zakup taki wiąże się z ponoszeniem dodatkowych kosztów. Środki trwale generują ponadto koszty utrzymania, koszty eksploatacji, koszty przechowywania, oraz koszty amortyzacji. Próba szukania bardziej opłacalnych rozwiązań przyniosła możliwość założenia wspólnoty maszynowej, kółek rolniczych czy wstąpienia do grup producentów rolnych. Rozwiązania te przyczyniły się do podziału kosztów zakupu maszyny, kosztów eksploatacji oraz znacznego wykorzystania. Czego nie mogliśmy uzyskać sami w gospodarstwie udzielającym sporadyczne usługi. Przy zakupie maszyn do zbioru buraka lub kombajnu do kukurydzy koszty te sięgają ogromnych kwot, dlatego też rolnik ma możliwość skorzystania z usług przedsiębiorstw posiadających takie maszyny i kompleksowo wykonujących tak konkretne prace. Wszystkie te zmiany mają wpływ na dochód gospodarstwa, który wpływa na dalszy jego rozwój oraz możliwości pozyskiwania środków do życia dla rolnika i jego rodzin.

Słowa kluczowe: formy mechanizacji, park maszyn, gospodarstwa rolne, źródła dochodów, współpraca w rolnictwie.

## **Influence of forms of agricultural machines usage on the profitability of agricultural farms**

### **Abstract**

A description of forms of using of machines and the influence them is a purpose of the work to the development and the profitability of agricultural farm. Nowadays, agriculture is still developing and is under constant pressure to choose the type of mechanization, depending on the production or profitability of farming. The thesis presents different forms of mechanization, from which farmers can choose. The structural changes that can be observed over a century, began forcing farms to take radical decisions regarding the conduct and further development of the farming business. The need for continuous development and changes in production require the purchase of new equipment allows for comprehensive. Such purchases associated with additional cost. Fixed assets are generating running costs, operating cost, costs of the storage, and costs moreover of depreciation. Trying to look for more cost-effective solutions bring the community an opportunity to establish machinery, agricultural circles or join a group of agricultural producers. These solutions have contributed to the division of costs of the machine, exploitation costs and significantly used. What we could not get ourselves in a farm granting occasional services. When you buy beet harvesting machinery or maize combine these costs reach huge amounts, so the farmer is able to use the services of companies with such machines and comprehensively so doing concrete work. All these changes have an impact on farm income, which influences the further development and the possibility of obtaining a livelihood for the farmer and his family.

**Keywords:** mechanization forms, machines, farm, income sources, cooperation in agriculture.

## Wpływ przemysłu cementowego na środowisko przyrodnicze

### 1. Wstęp

Rozwój przemysłu powoduje zwiększenie zanieczyszczeń powietrza, wód oraz zmianę parametrów fizyko-chemicznych gleby, wpływając na rozwój roślin [1]. Jedną z gałęzi przemysłu znacznie oddziałującą na środowisko przyrodnicze jest produkcja cementu, będącego podstawowym surowcem stosowanym w budownictwie. Wśród europejskich producentów polski przemysł cementowy znajduje się na siódmym miejscu pod względem wielkości produkcji. W 2014 roku produkcja tego surowca w Polsce wyniosła ponad 14,5 mln ton. Technologia stosowana w produkcji cementu powoduje, że ta gałąź przemysłu stała się ważnym źródłem emisji gazów cieplarnianych (m.in. NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>) oraz pyłów [2, 3].

Negatywny wpływ oddziaływania na środowisko przyrodnicze wywołane zanieczyszczeniami technogennymi, spowodowane jest brakiem stref buforowych w pobliżu cementowni. Ocena zasięgu oddziaływania zakładu na otoczenie jest zadaniem trudnym. Prowadzone w kraju i zagranicą badania wskazują na istotne, ale tylko lokalne oddziaływanie cementowni [4, 5].

W związku z powyższym celem artykułu są badania literaturowe dotyczące wpływu przemysłu cementowego na środowisko przyrodnicze.

### 2. Przemysł cementowy

Struktura przemysłu cementowego w Polsce to 11 cementowni (Małgoszcz, Kujawy, Góraźdże, Grupa Ożarów, Rejowiec, Dyckerhoff Polska Sp. z o.o, Chełmn, Rudniki, Warta, Odra, Kraków- Nowa Huta) 1 przemiałownia (Ekocem) i 1 zakład produkujący cement glinowy (Górka Cement) (Rysunek 1).

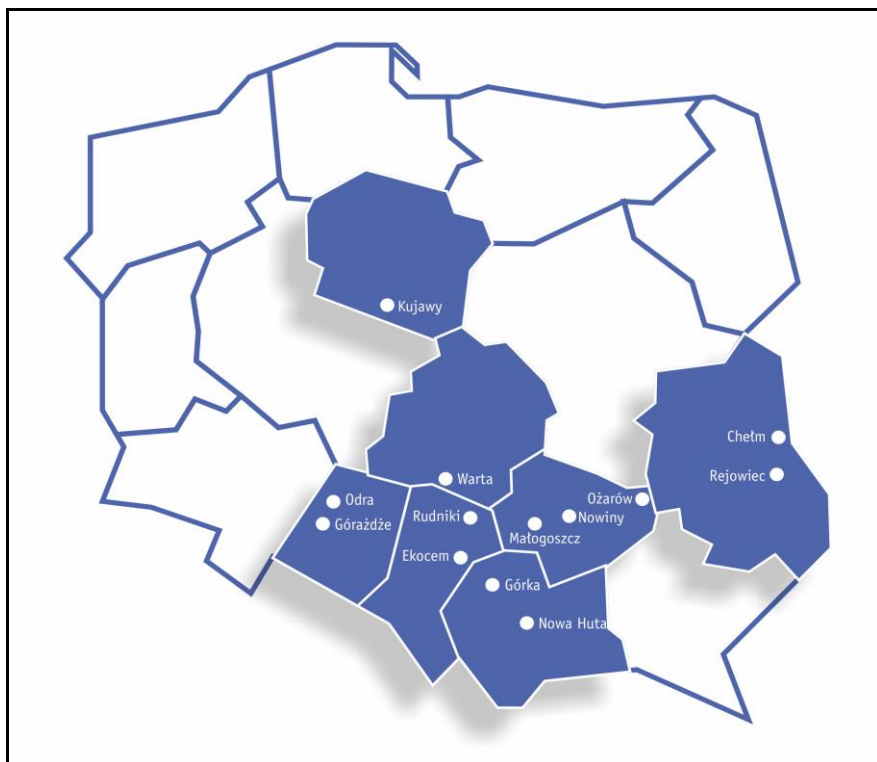
Obecnie polski przemysł należy do czołówki przemysłu cementowego na świecie.

---

<sup>1</sup> lipinska\_karolina@wp.pl, Zakład Chemii Rolnej, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, www.utp.edu.pl

<sup>2</sup> katarzyna.mitura@wp.pl, Zakład Chemii Rolnej, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, www.utp.edu.pl

<sup>3</sup> topolinskap@wp.pl, Katedra Hodowli Bydła i Żywienia Zwierząt, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, www.utp.edu.pl



Rysunek 1. Lokalizacja cementowni w Polsce [6]

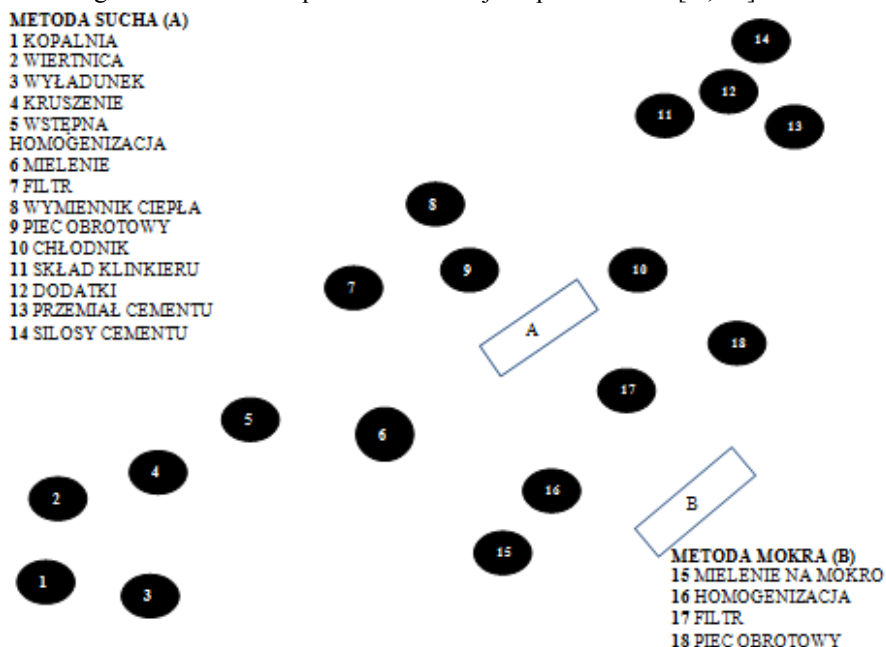
Cement jest podstawowym materiałem stosowanym we wszystkich rodzajach budownictwa. Dzięki swoim właściwościom stosowany jest m. in. do budowy domów, biur, ulic, mostów a także chodników i lotnisk itp. [6].

Surowce do produkcji cementu to kopaliny naturalne, takie jak: wapień, wapień marglisty, margiel, glina. Surowce naturalne mogą być częściowo zastępowane przez popioły z elektrowni oraz inne pozostałości procesowe (popioły lotne, żużle wielkopiecowe, żużle żelazowe, fosfogipsy, masy papierowe, pyły krzemionki, wypalki parytowe) zależnie od ich składu chemicznego. Pierwszym procesem w produkcji po wydobyciu, przemiale i homogenizacji cementu jest kalcynacja węglanu wapnia w temperaturze około 900°C. Drugim etapem jest spiekanie w wysokich temperaturach (1400-1500 °C) otrzymanego tlenku wapnia z krzemionką, tlenkiem żelaza i glinu w celu otrzymania klinkieru, który następnie mieli się m. in. z gipsem w celu uzyskania cementu [2, 6, 7, 8].

Istnieją cztery podstawowe metody wytwarzania cementu: mokra, pół-mokra, pół-sucha i sucha. W Polsce stosowane są dwie metody: sucha, która stanowi 89% i mokra 11% (Rysunek 2) [7, 9]. W metodzie suchej surowce są rozdrabniane i suszone do mąki surowcowej w postaci proszku. Sucha mąka jest podawana do pieca z wymiennikiem ciepła, natomiast w metodzie mokrej surowce o dużej

wilgotności są mielone wraz z wodą i tworzą tzw. szlam, który bezpośrednio jest podawany do pieca lub uprzednio suszony w suszarni szlamu [8].

Ze względu na stosowane procesy przemysł ten jest źródłem emisji gazów cieplarnianych m.in.: tlenków węgla ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), dwutlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ), tlenków azotu ( $\text{NO}_x$ ) oraz pyłów. Bezpośredni wpływ na ilość i jakość emisji zanieczyszczeń pyłowych z cementowni i wapienników ma rodzaj zastosowanej technologii oraz szczelność procesów takich jak np. załadunek [ 9, 10].



Rysunek 2. Metoda sucha i mokra pozyskiwania cementu [6]

### 3. Emisje podczas produkcji cementu

Jednym z głównych problemów związanych z produkcją cementu jest emisja do atmosfery gazów i pyłów [8]. W tabeli 1 wymieniono zanieczyszczenia oraz poziomy ich rocznej emisji powstające w procesie produkcji cementu w Europie. Należy zaznaczyć, że wymienione wartości w dużej mierze zależą od wykorzystanych surowców, paliw i instalacji [8].

Główne gazy kierowane są z systemów piecowych do atmosfery. Powstają one podczas reakcji fizycznych i chemicznych, które są powiązane z surowcami (zawartością frakcji organicznej) jak i spalaniem paliw [8].

Przemysł cementowy należy do jednego z największych emitatorów gazów cieplarnianych i wynosi 5% światowej emisji powstałej w wyniku działalności człowieka. Największy udział mają tlenki węgla, które powstają podczas procesu kalcynacji  $\text{CaCO}_3$  i spalania paliw oraz pośrednio poprzez produkcję energii elektrycznej wykorzystywanej w cementowni. Należy zaznaczyć, że przemysł

cementowy stale dąży do ograniczenia emisji CO i CO<sub>2</sub> m. in. przez stosowanie paliw alternatywnych, przechodzenie z metody mokrej na suchą [2, 8, 11].

Istotne znaczenie ze względu na zanieczyszczenie powietrza mają tlenki azotu, których emisja zależy od procesu technologicznego. Istnieją dwa źródła NO<sub>x</sub>: proces spalania, gdzie N<sub>2</sub> reaguje z tlenem tworząc różne tlenki oraz spalanie paliw, które zawierają azot. Inne czynniki, jakie mogą wpływać na tworzenie się tych związków to kształt i wysokość płomienia, geometria komory spalania, wilgotność, czas reakcji [8].

Tabela 1. Zakresy emisji zanieczyszczeń towarzyszących produkcji cementu

Rodzaj zanieczyszczenia	Emisja
NO <sub>x</sub>	400-600 t·rok <sup>-1</sup>
SO <sub>2</sub>	< 20- 7000 t·rok <sup>-1</sup>
CO	1000-4000 t·rok <sup>-1</sup>
CO <sub>2</sub>	0,8- 1,04 mln t·rok <sup>-1</sup>
HF	< 0,8 -10 t·rok <sup>-1</sup>
HCl	< 2 - 50 t·rok <sup>-1</sup>
PCCD, PCCF	0,2 - 1 g·rok <sup>-1</sup>
HG, CD, TI	20- 600 kg·rok <sup>-1</sup>
As, Co, Ni, Se, Te,	2 - 200 kg·rok <sup>-1</sup>
Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, Sn, Zn	10 - 600 kg·rok <sup>-1</sup>
Pyły	10- 400 t·rok <sup>-1</sup>

Źródło: [8, 13]

Emisja dwutlenku siarki zależy przede wszystkim od jej zawartości w surowcach. SO<sub>2</sub> stanowi główny związek siarki jednak powstają również niewielkie ilości SO<sub>3</sub>, a także H<sub>2</sub>S [8].

Obecność chloru w materiale organicznym może prowadzić do formowania się takich związków jak polichlorowane dibenzodioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF). Powstają one w wyniku chłodzenia gazów opuszczających instalację piecową w zakresie temperatur od 450 do 200 ° C.

Za główne zagrożenie ze strony przemysłu cementowego uważa się emisje pyłów takich jak: pyły margli, wapieni, cementu, węgla, skaleni itp. zawierających mieszaninę minerałów wapniowych, krzemianowych i glinowych. Głównymi emitarami są piece obrotowe, młyny czy chłodniki klinkieru. Technologie stosowane w zakładach pozwalają na ograniczenie emisji pyłów, jednak może mieć miejsce tzw. emisja niezorganizowana, powstająca podczas składowania, transportu materiałów oraz paliw a także z powierzchni dróg. Ten typ emisji może mieć zasięg lokalny, natomiast emisje z produkcji (z kominów) wpływają, na jakość powietrza na większym obszarze [5, 6, 7, 8].

### 3.1. Wpływ emisji na właściwości fizyczne i chemiczne opadów atmosferycznych

Zanieczyszczenia znajdujące się w powietrzu mają wpływ na skład chemiczny opadów atmosferycznych występujących w postaci ciekłej i stałej. Wykazano, że na terenach znajdujących się pod wpływem silnych oddziaływań cementowni odczyn opadów może być obojętny, a nawet zasadowy oraz zauważono większą zawartość tych samych metali ciężkich, które występują w pyłach [5]. Wielu autorów przeprowadziło badania potwierdzające zmiany właściwości chemicznych opadów atmosferycznych w pobliżu zakładów produkujących cement [5, 9, 10, 14].

Na przestrzeni wielu lat prowadzono badania nad zanieczyszczeniami powietrza, wykorzystując pokrywę śnieżną [5, 16, 17, 18]. Jest to źródło informacji o rodzaju i ilości dostarczanych zanieczyszczeń do gleb, wód powierzchniowych i podziemnych. W wyniku topnienia pokrywy śnieżnej, która magazynuje zanieczyszczenia suche i mokre, a ich ilość zależy od czasu zalegania śniegu. Jest to dobry indyktor zanieczyszczeń powietrza w aspekcie przestrzennym, a dodatkowo nie wymaga posterunków pomiarowych jak w przypadku opadów deszczu [14].

W tabeli 2 przedstawiono wybrane parametry fizyczne i chemiczne pokrywy śnieżnej. Wynika z nich, że zakłady przemysłu cementowego mają istotny wpływ, na jakość powietrza. W najbliższym otoczeniu zakładu obserwuje się wyższe wartości badanych parametrów a niżeli tych próbek, które zostały pobrane w znacznej odległości. Jednak należy zauważyć, że miejsce deponowania zależy przede wszystkim od kierunku wiatrów, ukształtowania terenu czy temperatury otoczenia oraz zmienności ładunku emisji [5, 9, 8].

Tabela 2. Wybrane parametry właściwości fizycznych i chemicznych pokrywy śnieżnej w zależności od odległości od emitora (wyrażone w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) [5, 9]

Parametr	Odległość do 2 km od emitora	Odległość 8 km od emitora
pH	7,75	5,10
Ca <sup>+</sup>	3,72	0,23
Mg <sup>2+</sup>	0,66	0,03
Na <sup>+</sup>	0,53	0,04
K <sup>+</sup>	0,70	0,01
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,65	0,16
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,48	0,16
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,01
Cl <sup>-</sup>	0,63	0,27
Br <sup>-</sup>	0,05	0,01
F	0,15	0,01



Z przeprowadzonych badań wynika, że przemysł cementowy modyfikuje właściwości fizyczno-chemiczne wód opadowych. Wartość pH opadu bezpośredniego nie odbiega od normy natomiast zauważono podwyższenie parametrów przewodności elektrolitycznej. W przypadku wyniku analiz dotyczących wód spływających po pniach drzew wykazano, że ulegały zakwaszeniu, co wynika ze zmywania zanieczyszczeń, zdeponowanych w koronach. Sugerować to może obecność substancji zakwaszających w powietrzu atmosferycznym [10].

### **3.2. Wpływ emisji na właściwości chemiczne i fizyczne gleby**

Gleba obok powietrza i wody stanowi jeden z podstawowych komponentów środowiska. Jako skomplikowany układ: części organicznych, mineralnych oraz powietrza i wody jest trudny do odbudowy w przypadku degradacji. Ze względu na określone właściwości fizyczne i chemiczne gleba może przeciwdziałać bądź sprzyjać potencjalnej toksyczności mikroelementów. Wszelkie wpływy antropogeniczne mogą powodować modyfikację właściwości gleby zakłócając jej naturalny proces glebotwórczy. Jednym z takich czynników jest wysokie uprzemysłowienie, które wpływa na wzrost zawartości pyłów w powietrzu atmosferycznym a co za tym idzie ich opad na powierzchnię ziemi. Cementownie należą do grupy zakładów produkcyjnych, które znacznie przyczyniają się do zawartości pyłu w powietrzu [19, 20].

Badania wykazują wpływ emisji pyłów z cementowni na zmianę właściwości fizycznych i chemicznych gleb z uwzględnieniem obszaru poddanego oddziaływaniu zakładu [1, 3, 4, 19, 20]. Pierwszym etapem jest pozytywna faza odkwaszania, po której następuje trwała alkalizacja powierzchniowych poziomów glebowych, posiadających największą aktywność biologiczną [20].

Oddziaływanie przemysłu można łatwo zaobserwować przez wzrost wartości pH w glebach (powyżej pH 7,0), gdzie najwyższe wartości wykazują próbki pobrane z najbliższego sąsiedztwa cementowni. Jest to efekt wieloletniej emisji. Potwierdzają to badania prowadzone na glebach z okolic cementowni Małgoszcz, Góraźdze, Odra i Nowiny. Wykazano, że odczyn był bardziej zasadowy w miejscach najbliższej emitora a wraz z odległością malał [1, 4, 19, 20].

Wielkość zdeponowanych w glebie zanieczyszczeń zależy od procesu technologicznego czy kierunków wiatrów. W przypadku zawartości mikroelementów w próbkach glebowych można zauważyć, że największe ilości spośród analizowanych zanieczyszczeń stwierdzono w przypadku cynku (najwyższa zawartość to  $363,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), co jest charakterystyczne dla emisji z zakładów cementowych. Kolejnym pierwiastkiem, występującym w znacznych ilościach był ołów, o maksymalnej zawartości  $138 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W odniesieniu do innych metali zanotowano następujące maksymalne zawartości: Cu  $50,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , Cr  $4,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , Cd  $2,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , Ni  $27,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i Hg  $0,222 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Tabela 3) [3, 4, 19, 21].

Tabela 3. Średnie zawartość wybranych mikroelementów w glebie otaczającej zakłady przemysłu cementowego [1, 3, 4, 19, 20]

Mikroelementy (mg·kg <sup>-1</sup> )						
Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	Ni	Hg
358,60	43,66	138,00	4,15	1,23	20,18	0,202
203,41	42,89	133,00	2,21	2,03	21,09	0,206
363,03	41,30	102,25	3,74	1,02	27,08	0,222
255,20	50,30	130,64	3,08	1,30	15,16	0,126

### 3.3. Wpływ emisji na rośliny

W ocenie stanu środowiska przyrodniczego stosuje się kompleksowe badania skał, gleb czy roślin. Są one pomocne w śledzeniu zmian, jakie zachodzą w ekosystemach pod wpływem oddziaływania antropopresji. Dobrym bio wskaźnikiem jest sosna zwyczajna, której igliwie i kora mogą wskazywać na zanieczyszczenia [3]. Według badań przeprowadzonych na igliwiu i korze sosny wynika, że w tych częściach roślin występuje nienaturalna wysoka zawartość Ca, K i Mg przy jednocześnie obniżonej zasobności w Fe, Mn i Al. Jak twierdzi Świercz (2003) jest to spowodowane trwającą stale emisją alkaliczną, która wpływa na funkcjonowanie ekosystemu w tym zdrowotność badanych drzewostanów [3].

Badania wpływu cementowni na rośliny badano również za pomocą owoców leśnych. Z przeprowadzonych badań wynikało, że zawartość kadmu została przekroczona we wszystkich badanych owocach (borówka czarna, malina właściwa, poziomka pospolita), rośliny wykazywały również większą koncentrację ołowiu, kadmu, cynku, żelaza i manganu a niżeli owoce pozyskane spoza terenu oddziaływania cementowni [22].

Poza negatywnym wpływem przemysłu cementowego można również znaleźć pozytywne aspekty jego oddziaływanie na środowisko przyrodnicze. Dobrym tego przykładem jest storzan bezlistny (*Epipogium aphyllum* Sw.). Jest to gatunek z rodziny Orchidaceae objęty całkowitą ochroną prawną. Na Pomorzu Zachodnim został uznany, jako gatunek wymierający. Zanik stanowisk tej rośliny jest spowodowany niszczeniem siedlisk. Odnotowano 17 stanowisk omawianego gatunku na Pomorzu Gdańskim. Jednak jak wynika z badań odnotowano jeszcze jedno stanowisko w okolicy Cementowni Wejherowo (w odległości około 1 km). Prawdopodobnie jest to najliczniejsza populacja, znaleziona w tym regionie a nawet w skali kraju. Jak twierdzi Święczkowska (2010) tak liczne stanowisko powstało w wyniku antropopresji człowieka. Jednym z czynników, który

przyczynił się do tego był zakład przemysłu cementowego, który poprzez wieloletnią emisję pyłów doprowadził do użyznienia gleby, co spowodowało powstanie antropogenicznie zniekształconego siedliska i fitocenozy o bardzo specyficznych właściwościach idealnych dla rozwoju *Epipogium aphyllum* Sw. [23]. Jak możemy zauważyć emisja pyłów z cementowni może sprzyjać tworzeniu się nowych siedlisk rzadkich gatunków roślin. Jednak obiektywnie rzecz ujmując przekształceniu ulega naturalnie powstały, również unikatowy pod wieloma względami, ekosystem.

#### **4. Podsumowanie**

Przemysł cementowy ze względu na stosowane procesy technologiczne jest źródłem emisji pyłów i gazów cieplarnianych. Emisje te wpływają na środowisko przyrodnicze zmieniając jakość sanitarną powietrza atmosferycznego, składu chemicznego wód opadowych oraz gleb, a co za tym idzie również roślin.

Ocena oddziaływania źródeł zanieczyszczeń na otoczenie jest zadaniem trudnym. Prowadzone w kraju i za granicą badania wykazują istotne, ale tylko lokalne oddziaływanie przemysłu cementowego. Ciągłe udoskonalenia procesów produkcji i modernizacji urządzeń czy oczyszczania gazów odlotowych prowadzą do zmniejszenia emisji. Jednak należy zauważyć, że pomimo technologii, jakie są stosowane w zakładach nadal obserwuje się istotny wpływ na środowisko.

#### **Literatura**

1. Dobrzański B., Gliński J., Misztal M., *Wpływ pyłów z cementowni na niektóre właściwości gleb*, Roczniki Gleboznawcze, T. XXI, 2 (1970), s. 409-420
2. Uliasz-Bocheńczyk A., Mokrzycki E., *Emisja dwutlenku węgla w przemyśle cementowym*, Polityka energetyczna – Zeszyt Specjalny, T. VI (2003), s. 367-375
3. Świercz A., *Zawartość pierwiastków metalicznych w glebie, igliwiu i korze sosny po zmniejszeniu emisji alkalicznej*, Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 4 (2003), s. 107-113
4. Kusza G., Ciesielczuk T., Gołuchowska B., *Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach obszarów przyległych do zakładu przemysłu cementowego w mieście Opolu*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 40 (2009), s. 70-75
5. Sporek M., Sporek K., *Monitoring odczynu śniegu w aglomeracji miejskiej Opola*, Proceedings of ECOpole, 2 (2008), s. 489-492
6. Stowarzyszenie Producentów Cementu- źródło internetowe: [www.polskicement.pl](http://www.polskicement.pl) (data dostępu 28.03.2015)
7. Bożym M., *Alternatywne metody wykorzystania pyłów z pieców wapienniczych i cementowych, ze szczególnym uwzględnieniem gospodarki osadowej*, Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, 8 (2011), s. 59-68
8. Dokument Referencyjny dla najlepszych dostępnych technik w przemyśle cementowo-wapienniczym. *Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń (IPPC)*, Ministerstwo Środowiska (2004)
9. Kozłowski R., Jarzyna K., Józwiak M., Szwed M., *Wpływ przemysłu cementowo-wapienniczego na właściwości fizyczno-chemiczne i chemiczne*

- pokrywy śnieżnej na terenie "Białego Zagłębia" w lutym 2012 roku, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 13 (2012), s. 71-80*
10. Kozłowski R., *Wpływ przemysłu cementowo- wapienniczego na właściwości fizyczno- chemiczne opadów atmosferycznych na terenie "Białego Zagłębia" Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 13 (2012), s. 63-70*
  11. Uliasz- Bocheńczyk A., Mokrzycki E., *Możliwości ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> w przemyśle cementowym, Polityka energetyczna- Zeszyt Specjalny, T. VII (2004), s. 555-564*
  12. Strzyszczyński Z., Bzowski Z., *Ekologiczne aspekty zanieczyszczenia gleb i roślin talem, Roczniki Gleboznawcze T. XLII, 3 (1991), s. 241-247*
  13. Gołuchowska B. J., Kusza G., *Podatność magnetyczna i zawartość metali ciężkich w pyłach z cementowni stosującej metodę suchą, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 58 (2009), s. 87-95*
  14. Stachnik L., Plenzler J., Żelazny M., *Zakłady przemysłowe wschodniej części aglomeracji krakowskiej, jako źródło zanieczyszczeń pokrywy śnieżnej, Przegląd geograficzny 82,3 (2010), s. 389-408*
  15. Zając P. K., Grodzińska K., *Snow contamination by heavy metals and sulphur in Cracow agglomeration (Southern Poland) Water, Air and Soil Pollution, 17,3 (1982) s. 269-280*
  16. Lenart W., Nowicki W., *Chemizm pokrywy śnieżnej, jako rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza, Przegląd Geograficzny, XXIX, 2 (1984), s. 171-179*
  17. Polkowska Ż., Demkowska I., Cichała-Kamrowska K., Namieśnik J., *Zanieczyszczenia obecne w próbkach śniegu pobranego z warstw, jako źródło informacji o stanie środowiska w dużej aglomeracji miejskiej, Ecological Chemistry and Engineering Vol. 17, 2 (2010), s. 204-2013*
  18. Kasina M., *Zróżnicowanie chemizmu pokrywy śnieżnej na obszarze między Górnośląckim Okręgiem Przemysłowym a Krakowem, Prace Geograficzne, 120 (2008) s. 51-64*
  19. Jaworska H., Bartkowiak A., *Zawartość cynku w poziomach powierzchniowych gleb o naturalnej i antropogenicznie podwyższonej zawartości węglanu wapnia, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 48 (2011), s. 197-203*
  20. Kowalkowski A., Świercz A., *Zmiana kwasowości gleb leśnych pod wpływem emisji przemysłu wapienniczego- cementowego w zlewni rzeki Bobrzyczki, Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego, 1 (1993), s. 109-115*
  21. Szostka M., *Alkaliczność gleb w rejonie oddziaływania Zakładów Cementowo- Wapienniczych "Rudnik", Cement- Wapno- Gips, 1 (1986), s. 10-12*
  22. Rusinek E., Sembratowicz I., Ognik K., *Zawartość wybranych metali w owocach leśnych w zależności od miejsca pozyskania, Roczniki Polskiego Zakładu Higieny 2 (2008), s. 155-161*
  23. Święczkowska E., *Masowy pojaw Epipogium aphyllum Sw. na stanowisku w sąsiedztwie Cementowni Wejherowo w świetle dotychczasowych notowań na Pomorzu Gdańskim, Acta Botanica Cassubica, 7-9 (2010), s. 177-187*

## **Wpływ przemysłu cementowego na środowisko przyrodnicze**

### Streszczenie

Rozwój uprzemysłowienia powoduje zwiększenie wpływu antropopresji na środowisko przyrodnicze powodując między innymi zanieczyszczenie powietrza, wód oraz zmianę składu chemicznego gleby a co za tym idzie nie pozostaje bez znaczenia dla roślin. Jednym z gałęzi przemysłu, który nie pozostaje bez wpływu na otaczające środowisko jest z pewnością produkcja cementu. W pracy została przybliżona tematyka przemysłu cementowego oraz przedstawiono rodzaje zanieczyszczeń, jakie mogą przenikać do środowiska w wyniku produkcji surowca. Opisano również wpływ emisji na: skład chemiczny opadów atmosferycznych, zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleby a także roślin, które mogą stanowić bazę informacji o ilości deponowanych zanieczyszczeń w ekosystemie.

Pomimo iż w przemyśle cementowym stale dąży się do ograniczenia emisji poprzez stosowanie nowszych technologii to nadal obserwuje się istotny wpływ tej gałęzi przemysłu na środowisko przyrodnicze. Ocena aktywności cementowni na ekosystem nie należy do zadań łatwych. Prowadzone w kraju i za granicą badania wykazują istotne, ale tylko lokalnie oddziaływanie.

Celem artykułu jest przegląd literatury dotyczący wpływu przemysłu cementowego na środowisko przyrodnicze w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów produkcji cementu.

Słowa kluczowe: przemysł cementowy, emisja, pyły

## **The impact of the cement industry on the environment**

### Abstract

The development of industrialization increases the impact of human pressure on the natural environment causing inter alia air and water impurities, changes the chemical composition of the soil what is not insignificant for plants. Without doubt cement production is one of the industrial sector that has a significant impact on the natural environment. The article presents cement production industry and types of impurities, which can penetrate into the environment as a result of its production. It also describes the impact of emissions on: chemical composition of precipitations, changes in physical and chemical properties of soil and plants, which all can be a database of information about the amount of impurities deposited in the ecosystem.

Despite of the effort to reduce emission of impurities by using new technologies in cement industry, we can still notice a significant impact of this branch of industry on the natural environment. The evaluation of impact of cement production facilities on the ecosystem is very difficult task. A domestic and foreign researches show a significant, but only local impact cement production facilities on the ecosystem. The aim of the article is a review of the literature concerning cement industry impact on the natural environment in the immediate vicinity of the cement production facilities.

Keywords: cement industry, emission, dust

# **Wpływ sposobu metalacji metalotionein na utrzymywanie homeostazy jonów Zn(II) i oddziaływania z innymi białkami**

## **1. Wstęp**

Ludzkie metalotioneiny (MT) są to białka o niskiej masie cząsteczkowej wynoszącej ok. 6-7 kDa, składają się z 60-68 aminokwasów, w tym 20 konserwowanych cystein, charakterystyczny jest brak aminokwasów aromatycznych. Występują powszechnie we wszystkich tkankach organizmów wyższych. Metalotioneiny posiadają zdolność wiązania metali. Pełnią funkcje ochronne wiążąc toksyczne jony metali i chronią przed ich szkodliwym wpływem. Najważniejszą rolą MT jest udział w homeostazie jonów cynku i regulacja ich stałego poziomu tzw. buforowanie. Jest to możliwe dzięki wiązaniu siedmiu jonów Zn(II) z różnym powinowactwem a także heterogenności metalotionein. To ostatnie oznacza jednoczesne występowanie metalotionein w komórce w formach o różnym stopniu wysycenia metalem np: Zn<sub>4</sub>MT, Zn<sub>5</sub>MT, Zn<sub>6</sub>MT [1]. Utrzymywanie homeostazy jonów cynku zapewnia prawidłowe funkcjonowanie organizmu, ponieważ białka i enzymy cynkowe regulują wiele podstawowych procesów komórkowych. Szacuje się, że ok. 10% genów w organizmie człowieka to białka cynkowe pełniące funkcje: strukturalne, enzymatyczne i regulatorowe[2].

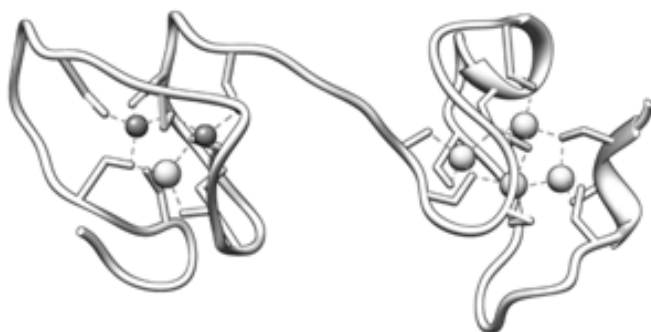
## **2. Struktury metalotionein ssaczych**

### **2.1. Struktura krystaliczna**

W 1990 roku stosując techniki krystalografii ustalono jedyną dotychczas strukturę ssaczej metalotioneiny MT2a (PDB: 4MT2), która obrazuje wiązanie siedmiu jonów metali przez MT. Nie wiadomo jak wygląda struktura tego białka przy niepełnym nasyceniu jonami Zn(II), które cysteiny odpowiadają za wiązanie kolejnych równowżników jonów. Dostępna struktura krystaliczna białka MT2a jest kompleksem mieszanym (Rysunek 1).

---

<sup>1</sup>drozd@biotech.uni.wroc.pl Pracownia Chemii Biologicznej, Wydział Biotechnologii, Uniwersytet Wrocławski



Rysunek 1. Struktura krystaliczna szczurzej metalotioneiny MT2a. Organizacja przestrzenna białka ukazuje dwie odseparowane domeny wiążące odpowiednio 4 jony metalu ( $\alpha$ -domena) i 3 jony ( $\beta$ -domena). Koloryjaskny szary i ciemny szary odpowiadają kolejno jonom Cd(II) oraz Zn(II)

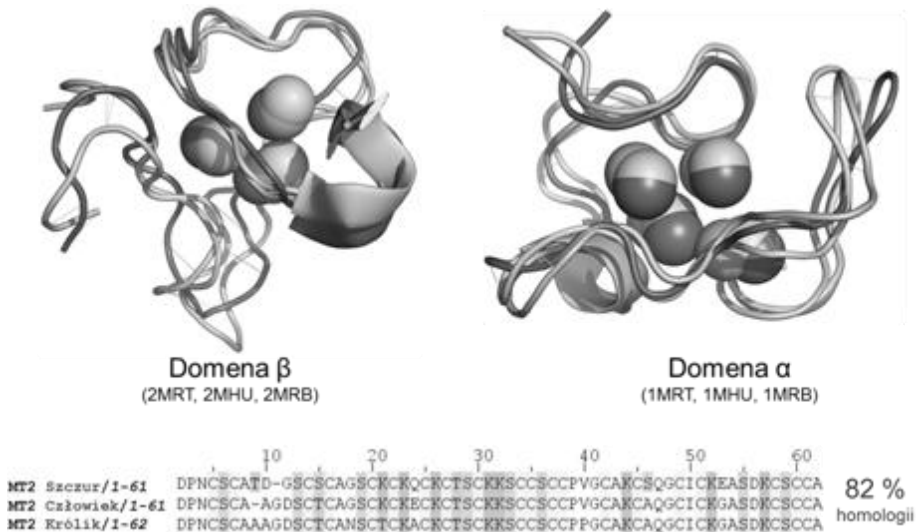
W domenie alfa MT2a związane są cztery jony Cd(II), natomiast w domenie beta MT2a: dwa jony Zn(II) i jeden jon Cd(II). Eksperyment krystalizacji został przeprowadzony na MT2a wyizolowanej z wątroby szczura, którego poddano działaniu kadmu ( $\text{CdSO}_4$ ) w określonych odstępach czasu. Stres wywołany jonami Cd(II) powoduje u ssaków wzmószoną produkcję metalotionein. Co ciekawe, zwierzęta poddane działaniu odpowiedniej dawki Cd(II) przeżywają, radząc sobie z nadmiarem tuczyny. Wyizolowana i oczyszczona metalotioneina zawiera zmienną ilość Zn(II) na 1 mol białka i wynosi ona od 1 do 2,5. Resztę jonów stanowią jony Cd(II). Zjawisko to nie zostało wyjaśnione do tej pory. Mimo, że przeprowadzono szereg pomiarów spektroskopowych mieszanej  $\text{Zn}_x\text{Cd}_y\text{MT}$  nie wiadomo dlaczego białko wyizolowane ze szczurów poddanych działaniu dużej ilości Cd(II) zawierało nadal jony Zn(II) [3]. Choć całkowite wysycenie MT jest możliwe od strony chemicznej, to jednak nie wiadomo dlaczego mieszana forma okazała się w tym przypadku bardziej stabilna. Jedną z hipotez badawczych mówi o konieczności występowania Zn(II) w metalotioneinie w organizmie poddanemu toksycznemu działaniu Cd(II) ze względu na kluczową rolę tego białka w regulacji homeostazy jonów Zn(II). Całkowite pozbawienie metalotioneiny jonów Zn(II) prawdopodobnie doprowadziłoby do śmierci szczura. Nie bez znaczenia wydaje się również fakt, że jony Zn(II) u badanego szczura były związane przez domenę beta MT2a, która według danych eksperymentalnych wiąże jony Zn(II) słabiej niż domena alfa [4]. Opisane słabe miejsce wiązania jonu Zn(II) jest także określane jako miejsce regulatorowe metalotioneiny i mające decydujące znaczenie dla jej właściwości buforujących [5]. Dogłębne badania nad wymianą Zn-Cd w metalotioneinie i stabilnością formy  $\text{Zn}_2\text{Cd}_5\text{MT}$  potwierdziły powyższą hipotezę. Jony Cd(II) i prawdopodobnie innych metali toksycznych, wiążą się właśnie do domeny alfa, aby zmniejszyć ich toksyczność i zapobiec wypieraniu Zn(II) z ważniejszych miejsc w metalotioneinie (tych słabiej wiążących metale), co mogłoby interferować z prawidłowym metabolizmem cynku w komórce [6].

## 2.2. Struktury NMR

Kolejne informacje o strukturze metalotionein pochodzą ze struktur NMR, ale nie całych białek, tylko pojedynczych domen alfa i beta, które ponadto wiążą jony Cd(II) zamiast jonów Zn(II). To sprawia, że rzeczywista struktura białka czy pojedynczej domeny metalotioneiny wiążącej jony Zn(II) może się nieznacznie różnić. Promień atomu kadmu wynosi 155 pikometrów i jest większy niż promień atomu cynku, który wynosi 135 pikometrów. Z tego powodu struktura „kadmowa” MT2a jest większa, rozciągnięta, natomiast struktura „cynkowa” ściślej upakowana.

Powstało kilka struktur NMR ssaczych metalotionein, które stanowią cenne informacje o konformacji tych białek wywołanej wiązaniem jonów kadmu. Do tej pory opisano struktury NMR alfa i beta ludzkiego białka MT2a (PDB: 1MHU, 2MHU) [7] oraz domeny alfa MT3 (PDB: 2FJ4, 2FJ5 (not published), mysiej alfa domeny białka MT3, (PDB: 1J19 [8], 1DFS) i mysiej beta domeny (1DFT) [9], a także szczurzej domeny alfa MT2a (PDB: 1MRT) oraz domeny beta (2MRT) [10]. Porównanie struktur ssaczych metalotionein ze sobą pokazuje, że homologia strukturalna jest wysoka tak jak homologia sekwencyjna wynosząca 82%. (Rysunek 2).

Porównanie struktury krystalicznej białka Cd<sub>5</sub>Zn<sub>2</sub>MT2a ze strukturą NMR Cd<sub>7</sub>MT2a ze szczura wskazuje na wysokie podobieństwo, niemalże identyczność geometrii wokół metali [11]. Minimalne różnice występują w łańcuchu głównym, największe dla Thr-9 do Ser-12 i Cys-24 do Lys-30 spowodowane kontaktami atomów w sieci krystalicznej.



Rysunek 2. Porównanie struktur NMR domen beta i alfa białek MT2a: szczurzej (1MRT, 2MRT), ludzkiej (1MHU, 2MHU) i króliczej (1MRB, 2MRB). Porównanie sekwencji aminokwasowych białek MT2a [opracowanie własne]



### **2.3. Struktura apo metalotioneiny**

W ostatniej dekadzie pojawiły się doniesienia, że apo metalotioneina, czyli całkowicie pozbawiona jonów metali, posiada szczątkową strukturę. Apo-MT jest stabilna w warunkach fizjologicznych i jej ilość jest porównywalna z ilością całkowicie naładowanej MT w komórce [12]. Duncan i Stillman sugerują, że ssacze apo-MT adaptują strukturalne motywy, które pozwalają na bardzo wydajne wiązanie metali. Fałdowanie MT do ostatecznej konformacji zachodzi poprzez indukowaną metalem ścieżkę metalacji zależnej od indywidualnych właściwości jonu metalu. Jest to szczególnie konieczne, ponieważ preferowana liczba i geometria wiązań koordynacyjnych decydują o orientacji cystein zawierających atomy siarki odpowiedzialnych za wiązanie metali. I tak, dla jonów  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{In}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Sb}^{2+}$  i  $\text{Zn}^{2+}$  wiązanie przyjmuje geometrię tetraedryczną; dla jonów  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  geometrię trygonalną; dla jonów  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Au}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  geometrię dygonalną; dla  $\text{Ar}^{3+}$  geometrię piramidy trygonalnej [13]. Zdolność chelatowania różnego rodzaju metali sprawia, że MT jest bardzo niespecyficzna. Zatem jej łańcuch polipeptydowy musi posiadać zdolność dostosowania się do koordynowanego metalu, co wpływa na wysoki stopień elastyczności metalotionein.

### **3. Zróżnicowanie powinowactw wiązaniu jonów Zn(II)**

Metalotioneina została wyizolowana w 1957 roku z rdzenia nerki konia przez Margoshes i Vallee [14] – uznanych później za „ojców” metalotioneiny. Nie wiadano jeszcze, że ma ona zdolność do wiązania i utrzymywania w homeostazie jonów cynku. Pierwsze badania powinowactwa wykonane w 1983 roku wykazały, że ludzka izoforma MT2a wiąże wszystkie siedem jonów Zn(II) z jednakowym powinowactwem wynoszącym  $2 \times 10^{-12} \text{M}$  [15]. Kolejne badania przeprowadzone 20 lat później pokazały dualny charakter MT2a przejawiający się zróżnicowanym powinowactwem względem jonów Zn(II). MT2a podobnie jak inne ssacze MT wiążą maksymalnie do siedmiu jonów Zn(II). Badania z użyciem sondy FluoZin-3 pozwoliły na identyfikację trzech grup jonów Zn(II) w tym białku. W pierwszej znajdują się cztery atomy związane bardzo mocno i kooperatywnie ze stałą  $K_d = 1.58 \times 10^{-12} \text{M}$ , dwa kolejne nazywane pośrednimi ze stałymi  $3.16 \times 10^{-11} \text{M}$  i  $3.16 \times 10^{-10} \text{M}$ . Ostatni, siódmy jon Zn(II) związany jest najslabiej ze stałą  $K_d = 1.58 \times 10^{-8} \text{M}$  [5]. To zróżnicowanie w powinowactwie ukazuje wysoce heterogenny charakter metalotionein w zależności od dostępności jonów Zn(II). Stężenie dostępnego i wolnego cynku w komórce ssaczej jest kontrolowane przez białka homeostatyczne i wynosi w zależności od komórek oraz lokalizacji komórkowej od kilku do kilkaset pM [16]. To natomiast ukazuje, że przy fizjologicznym stężeniu wolnego Zn(II) metalotioneina MT2a nie występuje, jak to przypuszczano przez 50 lat od jej odkrycia, w postaci formy  $\text{Zn}_7\text{MT}$ , ale form pośrednich, głównie  $\text{Zn}_6\text{MT}$ . Eksperymentalnie potwierdzono, że pula metalotioneiny znajdująca się w komórkach nie jest całkowicie wysycona przez jony cynku w eksperymencie przeprowadzonym na homogenatach tkanek szczura oraz linii komórkowych [17].

#### 4. Buforowanie jonów Zn(II) w komórce

Wiele białek posiada wyłączną funkcję kontrolowania komórkowej homeostazy niezbędnych jonów metali. W komórce wyewoluowały wysoce specyficzne mechanizmy do dystrybucji każdego jonu zapewniające jego biodostępność w każdym miejscu i czasie. Jednym z aspektów homeostazy jest kontrola (buforowanie) stężenia wolnych jonów metali, które są wysokie dla magnezu czy wapnia, ale całkiem niskie dla jonów metali przejściowych, które cechuje wysoka stała powinowactwa do biologicznych ligandów. Białka opiekuńcze eskortują niektóre jony metali np. miedź i czynią je dostępnymi dla innych białek [18]. Komórkowa dystrybucja cynku wymaga innego systemu. Transport cynku do setek białek cynkowych i enzymów nie może być oparty na jednakowej liczbie białek opiekuńczych, ponieważ wymagałoby to zbyt dużej ich liczby [19]. Rodzina błonowych transporterów cynkowych systematycznie powiększa się o nowe białka [20], a kontrola stężenia cynku została przypisana kilkudziesięciu białkom i jest dowodem na istnienie kompleksowego systemu regulacyjnego. Wewnątrzkomórkowe stężenie cynku wynosi 150-200  $\mu\text{M}$  [16, 21]. Natomiast stężenie wolnego dostępnego cynku musi być ściśle kontrolowane w komórce i utrzymywane na stałym poziomie  $10^{-8}$ - $10^{-11}$  M, żeby uniknąć toksycznego działania tych jonów na inne białka poniżej i powyżej tego stężenia (Rysunek 3) [2]. Centralną funkcję w buforowaniu jonów Zn(II) w komórce pełni metalotioneina dzięki posiadaniu słabego (lub słabych) miejsca wiązania. Jon ten wiąże się do MT ze stałą powinowactwa ( $K_d = 1,58 \times 10^{-8}\text{M}$ ) niższą niż większość stałych powinowactwa w białkach strukturalnych i enzymach cynkowych. Ponieważ wewnątrzkomórkowe powinowactwo Zn(II) do innych białek jest wysokie i mieści się w zakresie  $K_d: 10^{-8} - 10^{-13}$  M [2]. Maksymalnie siedem jonów wiązanych przez metalotioneinę, może zostać uwolnionych i przekazanych do innych białek lub do puli wolnego Zn(II), aby utrzymać stężenie cynku na stałym poziomie. W przypadku gdy stężenie cynku w komórce wzrasta, to wzrasta również w jądrze. Tam wiąże się z czynnikiem transkrypcji MTF-1 [22], który następnie wiąże się z miejscem MRE [23] (*ang.* metal responsive element) na promotorze genów metalotioneiny i transporterów cynku i daje sygnał rozpoczęcia transkrypcji. W ten sposób nadmiar jonów Zn(II) w komórce zostanie związany przez nowo zsyntezowaną metalotioneinę i jego stężenie zostanie utrzymane na dopuszczalnym poziomie  $10^{-9}$ - $10^{-11}$  M (Rysunek 3).



Rysunek 3. Zakres stężeń dostępnych jonów Zn(II) w komórce oraz ich wpływ na funkcje białek [2]

## 5. Przebieg procesu metalacji

Rozwiązanie struktury MT pokazało, że posiada onadwudomenową konformację. Zaczęto intensywnie badać sposób i kolejność tworzenia się domen. W 1983 roku wykonano eksperyment [24], w którym apo-MT2a nasycano kolejnymi równoważnikami jonów Cd(II) i poddano trawieniu subtylizyną. Jest to niespecyficzny enzym, który trawi wiązania peptydowe, ale wiązanie metali chroni łańcuch polipeptydowy MT2a przed trawieniem. Następnie próbki rozdzielono na żelu poliakrylowamidowym. W doświadczeniu porównywano domenę alfa i całe białko MT2a. Wnioski jakie zaobserwowano jasno dowodziły, że dodanie dopiero 3 równoważnika jonu Cd(II) powoduje tworzenie się domeny alfa. Ilość powstającego produktu rosła w miarę dodawania 4 i 5 równoważnika Cd(II). W przypadku całego białka tworzenie się widocznej struktury obserwowano na żelu przy 4 równoważnikach i intensywność prążka rosła przy 5, 6, 7 równoważnikach. Odpowiedź jakie struktury się wtedy tworzyły przysła kilka lat później, kiedy do badania sposobu metalacji zastosowano metodę ESI-MS (*ang.* electrospray ionization mass spectrometry), powszechnie dziś stosowaną do tego typu eksperymentów. Dzięki badaniom przeprowadzonym na ESI wykazano, że forma  $Zn_4MT$  jest bardzo stabilna i dominuje wśród innych form w domenie alfa:  $Zn_1MT$ ,  $Zn_2MT$ ,  $Zn_3MT$ . Natomiast w przypadku całego białka MT2a najbardziej stabilne formy to  $Zn_4MT$  oraz  $Zn_7MT$ , a pozostałe formy tworzą się tylko w małym procencie [25]. Z obydwóch eksperymentów płynie wniosek, że wiązanie metali przebiega dwuetapowo i cechuje określona kolejność: najpierw wysycana metalem jest domena alfa, następnie domena beta.

Następnym dowodem na niestabilność różnych form nasycenia jonami Cd(II) są wyniki naukowców z Uniwersytetu w Teksasie. Na podstawie miareczkowania białka MT2a kolejnymi równoważnikami jonów Cd(II) i detekcji powstających form metodą ESI-MS obliczono stabilność kolejnych form i wyznaczono stałą dysocjacji:  $K_1:K_2:K_3:K_4:K_5:K_6:K_7 = 15: 3.0: 1.0: 16: 3.2: 1.0: 3.9$ . Wyniki wskazują, że forma przejściowa  $Cd_4MT$  jest bardzo stabilna podczas eksperymentów *in vitro* [26].

### 5.1. Stabilność pojedynczych domen

W 2000 r. przeprowadzono badania nad izolowanymi domenami beta i alfa białka MT2a w celu poznania ich właściwości biofizycznych [4]. Domena beta reaguje szybciej z odczynnikiem Ellmana, co oznacza, że reszty cysteinowe są bardziej reaktywne. Ma większy potencjał transportu jonów Zn(II) do chelatora (PAR, Zincon) lub enzymu np. apo dehydrogenazy sorbitolowej (SDH) [4]. Należy zaznaczyć, że obydwie domeny badane niezależnie od siebie wykazują odmienny charakter, a taki dualizm utrudnia opisanie struktury lub funkcji obu domen w całym białku metalotioneinie.

Kolejny dowód na mniejszą stabilność domeny beta dostarczyła praca Babu i współautorów (2014), w której zastosowano model dysocjacji jonów Zn(II) z MT. Obliczono, że w domenie beta dyspersja całkowitego ładunku jest mniejsza i są dłuższe wiązania Zn-S, co sumarycznie wpływa na mniejszą stabilność [27].

W innym eksperymencie monitorowano formowanie domen Cd<sub>4</sub>alfa i Cd<sub>3</sub>beta poprzez rekonstytucję MT kolejnymi molowymi równoważnikami jonów Cd(II) stosując chemiczną różnicową modyfikację cystein za pomocą jodoacetamidu<sup>14</sup>C [28]. Przy zakresie około 2-3 związanych jonów Cd(II) na mol białka, nie obserwowano żadnej ochrony cystein przez metal ani także preferencyjnego wiązania do jakiegokolwiek fragmentu sekwencji. Przy zakresie pomiędzy 3 a 5 równoważników Cd/mol MT, profil modyfikacji wyglądał na kooperatywne wiązanie na C-końcu łańcucha białkowego, wskazując na formowanie się struktury domeny Cd<sub>4</sub>alfa. Przy wyższym wysyceniu jonami Cd(II) zaczynało się formowanie domeny Cd<sub>3</sub>beta na N-końcu białka. Porównanie danych z różnic w modyfikacji pomiędzy Cd<sub>6</sub>MT a Cd<sub>7</sub>MT sugeruje, że ostatni wiązany jon Cd(II) jest koordynowany przez ligandy cysteinowe ułożone między pozycjami 20 a 30 w sekwencji MT2a. Analiza stopnia modyfikacji różnych cystein podczas eksperymentu wskazuje, że ligandy wchodzące w skład domeny beta są trzy razy bardziej podatne na działanie jodoacetamidu niż te w domenie alfa. Można to interpretować jako większą termodynamiczną i kinetyczną stabilność domeny alfa, w przeciwieństwie do domeny beta [28].

## 6. Słabe miejsca wiązania jonów Zn(II)

Wiązanie siedmiu jonów Zn(II) do metalotioneiny ze znacząco różnym powinowactwem demonstruje, że MT udostępnia Zn(II) w szerokim zakresie stężeń wolnego cynku. Przeprowadzono eksperyment przywracania funkcjonalności enzymu apo-SDH w wyniku inkubacji z MT, dla którego stała powinowactwa do cynku wynosi  $6.3 \times 10^{-12}$  M, czyli czterokrotnie mniej niż najmocniej wiązane jony przez MT ( $K_d = 1.58 \times 10^{-12}$  M). SDH do swojej aktywności wymaga tylko jednego jonu Zn(II), ale przy odpowiednio zastosowanym nadmiarze apo-SDH nad MT, transferowi ulegają maksymalnie trzy jony Zn(II) [29]. W kolejnym eksperymencie zastosowano układ: MT-PTP 1B (białkowa fosfataza tyrozynowa,  $K_d = 1.58 \times 10^{-8}$  M), w którym najsłabiej związany jon Zn(II) wiąże się z PTP 1B inhibując jej aktywność enzymatyczną [29]. Tylko jeden jon Zn(II) z MT może zostać przetransferowany do PTP 1B, ponieważ pozostałe sześć jonów ma wyższe stałe powinowactwa ( $K_d = 1.58 \times 10^{-12}$  M,  $3.16 \times 10^{-11}$  M,  $3.16 \times 10^{-10}$  M).

## 7. Podsumowanie

Porządek wiązania kolejnych jonów do metalotioneiny a także mechanizm i kolejność tworzenia się klastrów czyli – sposób metalacji interesuje naukowców od dawna. Wykonano wiele badań polegających przede wszystkim na miareczkowaniu apo-formy MT kolejnymi równoważnikami jonów Zn(II) lub Cd(II) i obserwowaniu tworzących się form za pomocą ESI-MS, żelu poliakrylamidowego, chemicznej modyfikacji jodoacetamidem, NMR. Znaczna część badań została poświęcona wymianom kadmowo-cynkowym, które również rzuciły światło na stabilność powstających form mieszanych oraz szybkość ich tworzenia. Zastosowanie tak licznych metod jest potrzebne, ponieważ metalotioneina jest bardzo trudnym obiektem badawczym m in. ze względu na dużą zawartość reaktywnych cystein, które szybko ulegają utlenieniu. Ponadto

tworzenie się klastrów jest bardzo dynamiczne i towarzyszy im nieustanna rotacja jonów wewnątrz klastrów oraz wymiana jonów z roztworem zachodzące nawet po całkowitym nasyceniu białka metalem. Z pewnością dlatego sposób metalacji w metalotioneinie nie został do tej pory szczegółowo opisany, a pojawiające się publikacje dostarczają tylko szczątkowych informacji o tym procesie. Więc pytanie jak dokładnie przebiega sposób metalacji w metalotioneinie pozostaje nadal otwarte i do pełnej odpowiedzi potrzebne są dodatkowe badania.

## **Podziękowania**

Zadanie współfinansowane przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

## **Literatura**

1. Petering D. H., Zhu J., Krezoski S., Meeusen J., Kiekenbush C., Krull S., Specher T., Dughish M., *Apo-metallothionein emerging as a major player in the cellular activities of metallothionein*, *Exp Biol Med*, 9 (2006), s. 1528-34
2. Kochańczyk T., Drozd A., Krężel A., *Relationship between the architecture of zinc coordination and zinc binding affinity in proteins – insights into zinc regulation*, *Metallomics*, 2 (2015), s. 244-257
3. Robbins A. H., McRee D. E., Williamson M., Collett S. A., Xuong N. H., Furey W. F., Wang B. C., Stout C. D., *Refined crystal structure of Cd, Zn metallothionein at 2.0 Å resolution*, *Journal of Molecular Biology*, 4 (1991), s. 1269-1293
4. Jiang L. J., Vasak M., Vallee B. L., Maret W., *Zinc transfer potentials of the a- and b-clusters of metallothionein are affected by domain interactions in the whole molecule*, *PNAS*, 6 (2000), s. 2503-2508
5. Krężel A., Maret W., *Dual nanomolar and picomolar Zn(II) binding properties of metallothionein*. *J. Am. Chem. Soc.*, 129 (2007), s. 10911-10921
6. Nettesheim D. G., Engeseth H. R., Otvos J. D., *Products of metal exchange reactions of metallothionein*, *Biochemistry*, 24 (1985), s. 6744-51
7. Messerle B. A., Schtiffer A., Vasak M., Kagi J. H. R., Wiithrich K., *Three-dimensional Structure of Human [113Cd] Metallothionein-2 in Solution Determined by Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*, *J. Mol. Biol.*, 214 (1990), s. 765-779
8. Oz G., Zangger K., Armitage I. M., *Three-dimensional structure and dynamics of a brain specific growth inhibitory factor: metallothionein-3*, *Biochemistry*, 40 (2001) s. 11433-41
9. Zangger K., Oz G., Otvos J. D., Armitage I. M., *Three-dimensional solution structure of mouse [Cd7]-metalothionein-1 by homonuclear and heteronuclear NMR spectroscopy*, *Protein Science*, 12 (1999), s. 2630-8
10. Schultze P., Wörgötter E., Braun W., Wagner G., Vasák M., Kägi J. H., Wüthrich K., *Conformation of [Cd7]-metalothionein-2 from rat liver in aqueous solution determined by nuclear magnetic resonance spectroscopy*. *Journal of Molecular Biology*, 203 (1988), s. 251-68

11. Braun W., Vasak M., Robbins A. H., Stout C. D., Wagner G., Kagi J. H. R., Wuthrich K., *Comparison of the NMR solution structure and the x-ray crystal*, PNAS, 89 (1992), s. 10124-10128
12. Yang Y., Maret W., Vallee B. L., *Differential fluorescence labeling of cysteinyl clusters uncovers high tissue levels of thionein*, PNAS, 98 (2001), s. 5556-9
13. Rigby K. E., Duncan M. J. Stillman, *Metal-dependent protein folding: metallation of metallothionein*, Journal of Inorganic Biochemistry, 100 (2006), s. 2101-7
14. Margoshes M., Vallee B. L., *A cadmium protein from equine cortex*, J. Am. Chem. Soc., 79 (1957), s. 4813-4814
15. Vasak M., Kagi J. H. R., *Spectroscopic properties of metallothionein*, Metal ions in biological systems, 15(1993), s. 213-273
16. Krezel A., Hao Q., Maret W., *The zinc/thiolate redox biochemistry of metallothionein and the control of zinc ion fluctuations in cell signaling*, Arch Biochem Biophys, 463 (2007), s. 188-200
17. Krezel A., Maret W., *Different redox states of metallothionein/thionein in biological tissue*, Biochem Journal, 402 (2007), s. 551-8
18. O'Halloran T. V., Culotta V. C., *Metallochaperones, an intracellular shuttle service for metal ions*, J Biol Chem, 275 (2000), s. 25057-60
19. Thompson R. B., *Studying zinc biology with fluorescence: ain't we got fun?* Curr Opin Chem Biol, 9 (2005), s. 526-32
20. Huang L., Tepasamordech S., *The SLC30 family of zinc transporters – a review of current understanding of their biological and pathophysiological roles*. Mol Aspects Med, 34 (2013), s. 548-60
21. Kreżel A., Maret W., *Zinc-buffering capacity of a eukaryotic cell at physiological pZn*, J Biol Inorg Chem, 11 (2006), s. 1049-1062
22. Saydam N., Adams T. K., Steiner F., Schaffner W., Freedman J. H., *Regulation of metallothionein transcription by the metal-responsive transcription factor MTF-1: identification of signal transduction cascades that control metal-inducible transcription*, The Journal of Biological Chemistry, 277 (2002), s. 20438-45
23. Chen X., Chu M., Giedroc D. P., *DP MRE-Binding transcription factor-1: weak zinc-binding finger domains 5 and 6 modulate the structure, affinity, and specificity of the metal-response element complex*, Biochemistry, 39 (1999), s. 12915-25
24. Nielson K. B., Winge D. R., *Order of metal binding in metallothionein*, The Journal of Biological Chemistry, 258 (1983), s. 13063-9
25. Gehrig P. M., You C., Dallinger R., Gruber C., Brouwer M., Kägi J. H., Hunziker P. E., *Electrospray ionization mass spectrometry of zinc, cadmium, and copper metallothioneins: evidence for metal-binding cooperativity*. Protein Science, 9 (2000), s. 395-402
26. Chen S. H., Chen L., Russell D. H., *Metal-induced conformational changes of human metallothionein-2A: a combined theoretical and experimental study of metal-free and partially metalated intermediates*, Journal of the American Chemical Society, 136 (2014), s. 9499-508
27. Babu C. S., Lee Y. M., Dudev T., Lim C., *Modeling Zn<sup>2+</sup> release from metallothionein*. The Journal of Physical Chemistry A, 118 (2014), s. 9244-52

28. Bernhard W. R., Vasak M., Kagi J. H. R., *Cadmium Binding and Metal Cluster Formation in Metallothionein: A Differential Modification Study*, *Biochemistry*, 25 (1983), s. 1975-1980
29. Krezel A., Maret W., *Thionein/metallothionein control Zn(II) availability and the activity of enzymes*. *J Biol Inorg Chem*, 13 (2008), s. 401-9

### **Wpływ sposobu metalacji metalotionein na utrzymywanie homeostazy jonów Zn(II) i oddziaływania z innymi białkami**

#### **Streszczenie**

Cynk jest składnikiem setki enzymów i tysięcy białek, stąd musi być ściśle redystrybuowany po wszystkich kompartmentach komórowych oraz łatwo dostępny dla nowo syntezowanych apo-metaloprotein wymagających Zn(II) do osiągnięcia określonej struktury (np. palce cynkowe) lub do pełnienia funkcji katalitycznej. Kontrola wewnątrzkomórkowej puli jonów Zn(II) zachodzi przy udziale skomplikowanej maszyny białek homeostatycznych włączając: transportery cynku (importery i eksportery), sensory cynku i metalotioneiny (MT) – białka magazynujące cynk. MT aktywnie biorą udział w procesie kontrolowania dostępnego cynku poprzez zdolność wiązania siedmiu jonów Zn(II) do 20 ewolucyjnie konserwowanych reszt cysteinowych współtworzących dwie domeny (alfa: wiąże cztery a beta trzy jony Zn(II)). Izoforma MT2a wiąże jony cynku w sposób zróżnicowany z powinowactwem wysokim ( $K_d = 10^{-12}$  M), średnim ( $K_d = 10^{-11}$ ,  $10^{-12}$ ) oraz niskim ( $K_d = 10^{-8}$ ). Najsłabsze miejsce wiązania zostało zidentyfikowane w domenie beta, a najsłabiej wiązany jon jest uważany za miejsce regulatorowe metalotioneiny. Nie są poznane dokładne miejsca wiązania kolejnych równoważników metali w MT, chociaż w literaturze są dostępne liczne doniesienia na temat sposobu metalacji w metalotioneinie i kolejności tworzenia się klastrów.

Słowa kluczowe: metalotioneiny, jony cynku, metylacja

### **Modeling the metalation of metallothionein in the context of the zinc ion homeostasis and the interaction with other proteins**

#### **Abstract**

Zinc is a constituent of hundreds of enzymes and thousands of proteins and it needs to be redistributed and made available to supply newly synthesized apo-metalloproteins with the Zn(II) until reaching desired structure (e.g. zinc fingers) or performing catalytic functions. Control of intracellular Zn(II) pool occurs by homeostatic machinery that includes zinc transporters (importers and exporters), zinc sensors and metallothioneins (MTs) –zinc storage proteins. MTs actively participate in the process of control of available zinc due to binding up to 7 Zn(II) to 20 evolutionarily conserved cysteine residues divided into two clusters (alpha: 4 Zn(II) and beta: 3 Zn(II)). MT2a isoform binds its zinc with various affinity: high ( $K_d=10^{-12}$  M), medium-high ( $K_d=10^{-11}$ M,  $10^{-12}$ M) and weak ( $K_d=10^{-8}$  M). The weakest binding site was identified in the beta cluster and the weakly bound ion is responsible for the metallothionein regulatory function. There are no known exact binding sites in the MT sequence for each metal equivalent. Nevertheless, numerous conducted studies report about model of metalation and the order of the cluster formation.

Keywords: metalotioneine, zinc ion, methylation

## Wstępna próba klasyfikacji jakości wód powierzchniowych oczka śródpolnego

### 1. Wprowadzenie

Istotnym elementem krajobrazu rolniczego są niewielkie bezodpływowe zagłębienia terenu zwane również jako oczka wodne stanowiące swego rodzaju „wyspy biotopów” w monotonnym krajobrazie rolniczym [1]. Obecnie coraz większe znaczenie przypisuje się jakości wód oczek wodnych, nie tylko w ujęciu sanitarnym ale przede wszystkim z punktu widzenia stanu środowiska. Ze względu na swoje znaczenie w funkcjonowaniu jako obiekty ekologiczne i krajobrazowe, powinny charakteryzować się odpowiednią jakością wody. Jednakże ze względu na niewielką powierzchnię względem zlewni, obiekty te są silnie narażone na utratę swoich funkcji i walorów przyrodniczych [2]. Oczka wodne wyróżnia swoista oraz specyficzna różnorodność zbiorowisk roślinnych strefy przybrzeżnej, które są ozdobą krajobrazu rolniczego ze względu na charakterystyczne bogactwo przyrodnicze. Liczne prace wskazują na szczególną rolę, tych małych zbiorników wodnych w krajobrazie, jednak funkcjonowanie tych obiektów nie jest do końca poznane i dlatego należy poszerzać wiedzę na ich temat [3÷5]. Intensyfikacja rolnictwa w Polsce w dużym stopniu zagraża ekosystemom wodnym, w szczególności oczkom wodnym, na skutek docierania do wód składników mineralnych. Szczególne znaczenie mają związki biogenne azotu i fosforu, które nasilają eutrofizację wód. Proces ten charakteryzuje się przyspieszonym rozwojem masy glonów oraz zwiększeniem udziału procesów gnilnych w warunkach beztlenowych. Składniki biogenne ingerują w naturalne procesy biochemiczne występujące w środowisku wodnym, co przyczynia się do zaburzenia funkcjonowania ekosystemu. Stężenia składników biogennych w wodach powierzchniowych małych zbiorników oraz cieków wodnych zależą od rodzaju użytkowania przyległych terenów. Presja człowieka jest najmniejsza na terenach leśnych, większa na rolniczych, a największa w obszarze zagospodarowanym przez osadnictwo i przemysł. Na terenach gdzie prowadzona jest gospodarka rolna, źródła zanieczyszczeń docierających do oczek mają charakter obszarowy przy czym rolnictwo ekologiczne w mniejszym stopniu zagraża zbiornikom wodnym, niż rolnictwo intensywne. Również wzrost ilości docierających do wód ścieków

---

<sup>1</sup> Kamil.Szydłowski@zut.edu.pl, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (www.zut.edu.pl), Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Ekologii, Ochrony i Kształtowania Środowiska

<sup>2</sup> Joanna.Podlasińska@zut.edu.pl, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (www.zut.edu.pl), Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Ekologii, Ochrony i Kształtowania Środowiska

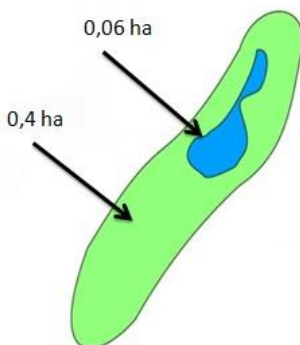


bytowo-gospodarczych i przemysłowych wpływa na przyspieszenie procesów eutrofizacji [6÷8]. Chemizm wód powierzchniowych zależy także od tła geochemicznego zlewni [9÷11].

Celem pracy jest klasyfikacja jakości wód powierzchniowych oczka śródpolnego na podstawie składników biogennych oraz próba określenia stanu wód powierzchniowych.

## **2. Materiały i metody**

Oczko wodne, będące obiektem prezentowanych badań zlokalizowane jest w województwie zachodniopomorskim na terenie gminy Barlinek, w obrębie miejscowości Mostkowo (53°00'19.4"N 15°03'36.4"E). Zbiornik położony jest w obrębie gleb murszowych. Obszar oczka wodnego, oznaczony jako nieużytek rolny (rysunek 1) przylega do terenów po byłym Państwowym Gospodarstwie Rolnym (PGR), gdzie przez wiele lat stosowano nawożenie mineralne. Obecnie, obszar ten zajmowany jest przez gospodarstwo prowadzące ekologiczne uprawy. W okresie badań (2014 r.), na terenie przylegającym do obiektu uprawiano pszenicę, bez stosowania uprzednio żadnego nawożenia. W okresie badań poziom lustra wody ulegał wahaniom. Brak zwierciadła wód powierzchniowych odnotowano od lipca do września. Próbę zbiorczą pobierano z warstwy wody 0–10 cm z dwóch stron oczka (N, S) w odległości 0,5 m od brzegu. Wodę pobierano z częstotliwością raz w miesiącu (w połowie każdego miesiąca). Również w obrębie oczka wodnego zainstalowano deszczomierz, z którego pobierano próbę wody. Następnie próby wody przewożono do laboratorium Katedry Ekologii, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, gdzie przeprowadzono analizy chemiczne. Przewodność elektrolityczną oraz pH badano konduktometrem/pehametrem CPC – 501 firmy Elmetron. Metodą potencjometryczną za pomocą elektrody jonoselektywnej badano stężenia  $N-NH_4^+$  oraz  $N-NO_3^-$ , natomiast do oznaczenia  $P-PO_4^{3-}$  i  $N-NO_2^-$  wykorzystano metody kolorymetryczne. Metodą Molibdenową oznaczano  $P-PO_4^{3-}$ , natomiast  $N-NO_2^-$  oznaczano przy pomocy odczynnika Griss. Wyniki przedstawiono w tabeli 1. Badane wody poddano klasyfikacji na podstawie kryteriów określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 11 lutego 2004 roku w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. 2004, Nr 32, poz. 284) oraz oceniono stan wód, który przedstawiono w tabeli 2. Dla analizowanych parametrów obliczono również podstawowe parametry statystyczne tj.: średnią, odchylenie standardowe, medianę, wariancję oraz współczynnik zmienności, które zestawiono w tabeli 3.



Rysunek 1. Powierzchnia nieużytku rolnego oraz zwierciadła wody powierzchniowej oczka śródpolnego [opracowanie własne]

#### 4. Wyniki i dyskusja

Wody powierzchniowe badanego obiektu charakteryzowały się pH w zakresie od 6,99 do 7,34 (tabela 1). Przewodność elektrolityczna wahał się od  $301,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}$  (czerwiec) do  $521,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}$  (październik), podwyższona wartość przewodności elektrolitycznej świadczy o zwiększonej ilości rozpuszczonych w niej jonów, co może wynikać ze zwiększonego dopływu substancji do wód oczka śródpolnego wraz z wodami spływającymi z otaczających pól (tabela 1).

Fosfor jest pierwiastkiem koniecznym do życia oraz rozwoju organizmów. Na zawartość fosforu w wodach powierzchniowych oczek śródpolnych znaczący wpływ ma wielkość akumulacji fosforu w osadach dennych [8]. Badany obiekt pod względem zawartości  $\text{P-PO}_4^{3-}$  charakteryzował się dużym współczynnikiem zmienności na poziomie 48,6 % (tabela 3).

Stężenie  $\text{P-PO}_4^{3-}$  na początku okresu badań było mniejsze następnie wraz z kolejnymi miesiącami wzrastało, aż w ostatnim miesiącu badań ponownie zmalało. Pod względem stężeń wodę zbiornika klasyfikowano od drugiej do piątej klasy jakości wód powierzchniowych ( $1,236 \text{ mg P-PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Dobrą jakość wód powierzchniowych odnotowano jedynie w marcu ( $0,245 \text{ mg P-PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), natomiast wody w pozostałych miesiącach charakteryzowały się niezadowalającym bądź złym stanem. Średnie stężenie  $\text{P-PO}_4^{3-}$  ( $0,836 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) klasyfikowało oczko wodne do IV klasy jakości wód powierzchniowych (tabela 2).

*Wstępna próba klasyfikacji jakości wód powierzchniowych oczka śródpolnego*

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne wody powierzchniowej oczka śródpolnego oraz opadu atmosferycznego

Miejsce poboru prób	Miesiące poboru prób	pH	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$	P- $\text{PO}_4^{3-}$	N- $\text{NH}_4^+$	N- $\text{NO}_3^-$	N- $\text{NO}_2^-$
				[mg dm <sup>-3</sup> ]			
Oczko	III	6,99	389,1	0,245	0,524	1,000	0
	IV	7,02	354,1	0,779	0,812	1,512	0,014
	V	7,34	325,4	1,202	0,044	0,861	0,015
	IV	7,25	301,2	1,236	0,032	0,421	0,011
	VII						
	VIII						
	XI						
X	7,25	521,4	0,720	0,842	1,889	0,011	
Opad atmosferyczny	III						
	IV						
	V	6,09	53,22	2,312	0,700	1,012	0,024
	IV	5,80	124,38	8,128	0,310	6,421	0,013
	VII	5,91	60,33	9,265	0,480	3,542	0,014
	VIII	5,79	59,04	5,313	0,450	0,922	0,014
	XI	6,46	54,44	0,595	0,050	0,963	0,010
X	5,98	62,45	0,383	0,050	0,991	0,012	

Źródło: Opracowanie własne

W badanym obiekcie średnie stężenie P- $\text{PO}_4^{3-}$  w okresie wiosennym (marzec – czerwiec) wyniosło 0,742 mg · dm<sup>-3</sup> i wahało się w zakresie od 0,245 do 1,202 mg P- $\text{PO}_4^{3-}$  · dm<sup>-3</sup>. Dla porównania w badaniach Gałczyńskiej i in. (2009) wiosną, średnie stężenie P- $\text{PO}_4^{3-}$  w wodzie oczka śródpolnego, zlokalizowanego na obszarze gdzie prowadzono również uprawę pszenicy było około dwunastokrotnie niższe i wyniosło 0,070 mg P- $\text{PO}_4^{3-}$  · dm<sup>-3</sup>. Może to dowodzić, że w obrębie analizowanego przez Gałczyńską i in. (2009) oczka we wcześniejszych latach prowadzono bardziej zrównoważone nawożenie pól. W przypadku obiektu prezentowanego w bieżącej pracy, przyczyną podwyższonego stężenia fosforu w wodzie może być jego uwalnianie z osadów dennych, gdzie zakumulował się w znacznych ilościach w okresie intensywnego nawożenia otaczających pól podczas ich użytkowania przez PGR.

Tabela 2. Klasyfikacja jakości oraz stan wody powierzchniowej oczka śródpolnego

Związek	Klasa wód	Stan wód
P- $\text{PO}_4^{3-}$	IV	niezadawalający
N- $\text{NO}_3^-$	I	bardzo dobry
N- $\text{NO}_2^-$	I	bardzo dobry
N- $\text{NH}_4^+$	I	bardzo dobry

Źródło: Opracowanie własne, [12]

Azot amonowy obecny w wodzie pochodzi przede wszystkim z biochemicznego rozkładu organicznych związków azotowych, zwierzęcych i roślinnych. Stężenia jonów amonowych w ciągu roku ulegają wahaniom. W okresach występowania wyższych temperatur stężenia jonów amonowych osiągają mniejsze wartości, spowodowane jest to procesem nitryfikacji oraz zużywaniem azotu amonowego przez rośliny. Natomiast w okresie występowania niższych temperatur stężenie jonów amonowych wzrasta [8]. W wodach badanego oczka wodnego, stężenie jonów amonowych wykazało bardzo duże zróżnicowanie (88,0%). Ze względu na ich koncentracje, woda mieściła się od pierwszej (0,032 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> · dm<sup>-3</sup>) do drugiej klasy (0,842 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> · dm<sup>-3</sup>) czystości. W miesiącach, takich jak: maj i czerwiec, osiągnęła niższe stężenia, zaś wyższe stężenia odnotowano w miesiącach, takich jak: marzec, kwiecień oraz październik. Wody oczka wodnego w okresie badań charakteryzowały się bardzo dobrą (maj, czerwiec) lub dobrą (marzec, kwiecień, październik) klasą jakości wód powierzchniowych. Średnie stężenie N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> wyniosło 0,451 mg · dm<sup>-3</sup> i mieściło się w zakresie I klasy jakości wód powierzchniowych. Średnie stężenie N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> w badanym obiekcie w okresie wiosennym wyniosło 0,353 mg · dm<sup>-3</sup>, a zakres stężenia wynosił 0,032 do 0,812 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> · dm<sup>-3</sup>. W badaniach Gałczyńskiej i in. (2009) wiosną średnie stężenie N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> wyniosło 0,119 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> · dm<sup>-3</sup> i było około trzykrotnie niższe. Wody oczka śródpolnego w okresie od marca do października pod względem jonów azotanowych mieściły się w pierwszej klasie jakości wód powierzchniowych (0,421 – 1,889 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · dm<sup>-3</sup>). Współczynnik zmienności w badanym okresie wyniósł 44,8 % (tabela 3), co świadczy o dużej zmienności badanego parametru. Wyższe stężenia N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> występowały na początku (marzec, kwiecień), jak i na końcu okresu wegetacyjnego (październik), natomiast mniejsze stężenia wystąpiły w okresie od maja do czerwca.

Azotany (III) w środowisku są wynikiem procesu rozkładu amoniaku i w obecności mikroorganizmów przekształcają się w azotany (V) [8]. Woda powierzchniowa oczka wodnego, również pod względem zawartości w niej N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> w okresie badań od marca do października (2014 r.) mieściła się w pierwszej klasie jakości, co klasyfikowało te wody w zakresie wód bardzo dobrych (tabela 2). Współczynnik zmienności dla badanego obiektu w okresie badań wyniósł 60 %, co świadczy o dużym zróżnicowaniu stężeń N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> w wodzie powierzchniowej w okresie badań (tabela 3). Wiosną średnie stężenie N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> wyniosło 0,010 mg N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> · dm<sup>-3</sup> i było porównywalne z prezentowanymi przez Gałczyńską i in. (2009) 0,014 mg N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> · dm<sup>-3</sup>.

Tabela 3. Ogólna charakterystyka podstawowych parametrów statystycznych wód powierzchniowych oczka śródpolnego oraz opadu atmosferycznego

Badany związek	Średnia [mg dm <sup>-3</sup> ]	Odch. Standard. [mg dm <sup>-3</sup> ]	Mediana [mg dm <sup>-3</sup> ]	Wariancja [mg dm <sup>-3</sup> ]	Wsp. zmienn. [%]
Oczko śródpolne					
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,077	0,483	1,000	0,234	44,8
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,010	0,006	0,011	0,145	60
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,451	0,397	0,524	0,157	88,0
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,836	0,406	0,779	0,165	48,6
Opad atmosferyczny					
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,309	2,262	1,002	5,117	98,0
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,015	0,005	0,014	0,00002	33,3
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,340	0,257	0,380	0,066	75,6
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	4,333	3,830	3,813	14,669	88,4

Źródło: Opracowanie własne

W okresie od marca do października analizowano również parametry fizykochemiczne opadów atmosferycznych (tabela 1, 3). Opad atmosferyczny miał odczyn lekko kwaśny. Zakres pH mieścił się w zakresie od 5,79 do 6,46 i różnił się od zakresu pH wody powierzchniowej. Średnie pH badanych wód opadowych w okresie prowadzonych badań wyniosło 6,01. Współczynnik zmienności dla pH wyniósł 4,16 %, co świadczy o małym jego zróżnicowaniu. Przewodność elektrolityczna opadu atmosferycznego średnio wynosiła 57,90  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Podwyższoną wartość przewodności elektrolitycznej zauważono jedynie w czerwcu (124,38  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ). Współczynnik zmienności dla przewodności elektrolitycznej wyniósł 6,79%, co również dowodzi o małym zróżnicowaniu badanego parametru w okresie badań. Podwyższone stężenia P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> w wodach opadowych występowały od czerwca do sierpnia (5,313 – 9,265 mg P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> · dm<sup>-3</sup>). Woda opadowa charakteryzowała się bardzo dużym współczynnikiem zróżnicowania względem P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> wynoszącym 88,4 %. Stężenia jonów amonowych w okresie wiosennym charakteryzowały się początkowo wyższymi wartościami N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, które wraz z kolejnymi miesiącami stężenia ulegały zmniejszeniu. Średnie stężenie N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dla opadu atmosferycznego wynosiło 0,257 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> · dm<sup>-3</sup>, przy bardzo dużym współczynniku zróżnicowania. Największy współczynnik zmienności w dla opadu atmosferycznego, wynoszący 98,0 % (bardzo duże zróżnicowanie) odnotowano jednak dla N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Najmniejszy współczynnik zmienności zanotowano dla N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> wynoszący 33,3 %, co świadczy o średnim zróżnicowaniu stężeń tego związku podczas prowadzonych analiz (tabela 3).

Reasumując, można zauważyć, że związkami w odniesieniu do których, stwierdzono bardzo dobry poziom jakości wód powierzchniowych (I klasa) w okresie od marca do października były N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> oraz N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, co może świadczyć o tym, iż spływy powierzchniowe nie oddziałują w dużym stopniu na naturalne procesy biochemiczne występujące naturalnie w ekosystemach wodnych. Również

pod względem zawartości  $\text{N-NH}_4^+$  akwen wodny posiadał wody powierzchniowe klasyfikowane w zakresie dobrych i bardzo dobrych (I i II klasa). Tak dobre klasy wody powierzchniowe świadczą o braku dopływu związków azotu z zewnątrz do oczka wodnego. W badanej wodzie zauważono natomiast podwyższone stężenia  $\text{P-PO}_4^{3-}$ . Pod względem zawartości tego związku woda posiadała niezadawalający lub zły stan. Jedynie w marcu wody powierzchniowe występowały na poziomie dobrym. Można wnioskować, iż pogorszony stan wód pod względem zawartości  $\text{P-PO}_4^{3-}$  mógł być spowodowany nieodpowiednią gospodarką rolną prowadzoną przez byłego użytkownika tych terenów (PGR), a polegającą na stosowaniu dużych dawek nawozów naturalnych (obornik) i mineralnych (NPK) na tym obszarze. W odróżnieniu do biogennych związków azotu, fosfor ma predyspozycję do akumulowania się w osadach dennych. Dlatego też można uważać, że stosowane w przeszłości duże dawki nawozów są przyczyną obecnych podwyższonych stężeń  $\text{P-PO}_4^{3-}$  w wodzie powierzchniowej oczka.

### 3. Wnioski

Prowadzone badania pozwalają sformułować następujące wnioski:

1. Dobry i bardzo dobry stan wód powierzchniowych w trakcie prowadzonych badań zaobserwowany w stosunku do trzech form azotu ( $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ), jest prawdopodobnie skutkiem ograniczonego wpływu antropogenicznych czynników zewnętrznych.
2. Podwyższone stężenia w wodzie związków  $\text{P-PO}_4^{3-}$  mogą świadczyć o dużych dawkach nawozów we wcześniejszych latach, a także o tendencji fosforu do akumulacji w osadach dennych i uwalniania się w sprzyjających warunkach do toni wodnej.

### Literatura

1. Kochanowska R., Raniszewska M., *Jak chronić śródpolne i śródleśne oczka wodne?*, Przegląd Przyrodniczy X (1999), 3-4, s. 69-76
2. Skwierawski A., Szyperk U., *Wpływ rolnictwa na jakość wody w małych zbiornikach wodnych pojezierza Olsztyńskiego*, Fragmenta Agronomica, XIX (2002), nr 2 (74), s. 236-243
3. Podlasińska J., *Zróżnicowanie i chemizm osadów małych zbiorników wodnych w krajobrazie młodo glacialnym*, Praca habilitacyjna, Wydawnictwo Uczelniane ZUT w Szczecinie, s. 7-15
4. Wesołowski P., Brysiewicz A., *Zdolność przybrzeżnej roślinności szuwarowej śródpolnych oczek wodnych do kumulacji makro- i mikrośladników*, Woda Środowisko Obszary Wiejskie, (2014) T. 14, z. 1 (45), s. 111-119
5. Koc J., Cymes I., Skwierawski A., Szyperk U., *Znaczenie ochrony małych zbiorników wodnych w krajobrazie rolniczym*, (2001) Zesz. Prob. Nauk Rol. 476, s. 397-407
6. Adamczyk W., Jachimowski A., *Wpływ składników biogennych na jakość i eutrofizację powierzchniowych wód płynących, stanowiących źródło wody pitnej dla Krakowa*, (2013) Żywność. Nauka Technologia Jakość, nr 6(91), s. 175-190

7. Cholewiński A., Błaulciak R., *Oczka wodne Pomorza zachodniego i ocena zawartości wybranych składników chemicznych ich wód*, (1995) *Wszechświat*, t. 96, nr 5/1995, s. 124-127
8. Gałczyńska M., Burczyk P., Gamrat R., *Próba określenia wpływu rodzaju uprawy na stężenie związków azotu i fosforu w wodach wybranych śródpolnych oczek wodnych na Pomorzu Zachodnim*, 2009, *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 9, z. 4(28), s. 47-57
9. Brysiewicz A., Wesołowski P., Rawicki K., *Porównanie stężenia składników chemicznych w wodzie ze śródpolnego oczka wodnego oraz w wodzie gruntowej z przylegających terenów rolniczych*, 2013, *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, T. 13, Z. 2 (42), s. 17-31
10. Pietrzak S., Wesołowski P., Brysiewicz A., Dubil M., *Chemizm polowego splotu powierzchniowego na tle uwarunkowań agrotechnicznych, w wybranym gospodarstwie województwa zachodniopomorskiego*, 2013, *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 13, Z. 3 (43), s.: 115-129.
11. Tarnawski M., *Stan zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów dennych zbiornika w Zesławicach*, 2012, *Inżynieria Ekologiczna*, Nr 3, s. 119-127
12. Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 11 lutego 2004 roku w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. 2004, Nr 32, poz. 284)

## **Wstępna próba klasyfikacji jakości wód powierzchniowych oczka śródpolnego**

### Streszczenie

Oczka wodne występujące licznie na terenach użytkowanych rolniczo stanowią cenne enklawy ważnych i rzadkich gatunków flory, fauny. Do badanego obiektu przylega zlewnia użytkowana przez rolnictwo, gdzie prowadzono uprawę ekologiczną pszenicy. W pracy skupiono się na składnikach biogennych takich jak:  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ . Oczko wodne w okresie badań charakteryzowało się bardzo dobrą (maj, czerwiec) lub dobrą (marzec, kwiecień, październik) klasą jakości wód powierzchniowych pod względem  $\text{N-NH}_4^+$ . Badana woda pod względem  $\text{N-NH}_4^+$  mieściła się od pierwszej ( $0,032 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$ ) do drugiej ( $0,842 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$ ) klasy czystości wód powierzchniowych. Jony azotanowe od marca do października mieściły się w pierwszej klasie jakości wód powierzchniowych ( $0,421\text{--}1,889 \text{ mg N-NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Także woda powierzchniowa pod względem zawartości w niej  $\text{N-NO}_2^-$  w okresie badań od marca do października (2014 r.) występowała w pierwszej klasie jakości wód powierzchniowych, co stawiało te wody w zakresie wód bardzo dobrych. Ze względu na stężenia  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , badane oczko wodne dobrą jakość wód powierzchniowych posiadało jedynie w marcu ( $0,245 \text{ mg P-PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), natomiast w pozostałych miesiącach wody tego zbiornika charakteryzowały się niezadawalającym bądź złym stanem jakości wód powierzchniowych. Stwierdzono, iż rodzaj prowadzonej gospodarki rolnej może wpływać na stężenia składników biogennych w wodzie powierzchniowej oczek śródpolnych. Niższe stężenia  $\text{N-NO}_3^-$  i  $\text{N-NO}_2^-$  mogą być związane z brakiem nawożenia mineralnego na obszarach przylegających do oczka wodnego. Natomiast podwyższone stężenia  $\text{P-PO}_4^{3-}$  świadczyć mogą o zdolności akumulacji się tego związku w osadach wodnych oraz o uwalnianiu się tego związku w sprzyjających warunkach.

Słowa kluczowe: rolnictwo ekologiczne,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$

## **The preliminary attempt to classification of small water body surface water quality**

### **Abstract**

Ponds occurring frequently in agriculture areas are valuable enclaves of important and rare species of flora and fauna. The tested object is located in the agricultural catchment, where the ecological cultivation of wheat was carried out. The paper focuses on biogenic components such as  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ . The good quality of pond surface water was found only in March ( $0.245 \text{ mg} - \text{P-PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), while in the remaining months the water of this reservoir was characterized by unsatisfactory or poor condition of surface water quality. Taking into account the average concentration of  $\text{P-PO}_4^{3-}$  ( $0.836 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) in the pond waters the investigated pond could be classified to the IV class of surface water quality. The tested surface water in respect of concentration of  $\text{N-NH}_4^+$ , was classified between the first ( $0.032 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$ ) to second ( $0.842 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$ ) class of surface quality. The concentrations of nitrate ions in pond water from March to October allowed to classify it to the first class of surface water quality ( $0.421\text{-}1.889 \text{ mg N-NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Also, in respect of  $\text{N-NO}_2^-$  concentration the examined water was at the first class of surface water quality during the whole study period (from March to October 2014 year). The form of farming (extensive or intensive) can affect the concentration of nutrients in surface midfield pond water. Lower concentrations of  $\text{N-NO}_3^-$  and  $\text{N-NO}_2^-$  may be associated with a lack of fertilization in areas adjacent to the pond. In contrast, elevated levels of  $\text{P-PO}_4^{3-}$  can indicate on the accumulation capacity of this compound in aquatic sediments and the release of this compound in favorable conditions.

Keywords: organic farming,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$



## Występowanie sóweczki i innych gatunków sów na terenie Pogórza Przemyskiego

### 1. Wstęp

Sowy (*Strigiformes*) są jedną z najciekawszych dla badaczy grup ptaków żyjących w Polsce. W naszym kraju regularnie gniazduje 9 z 17 gatunków sów europejskich [1]. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu stan wiedzy o sowach był bardzo niekompletny z powodu ich skrytego trybu życia, w większości nocnej aktywności, jak również relatywnie niewielkich zagęszczeń osobników przypadających na daną powierzchnię [1]. Jednak w ostatnich dekadach metodyka badań sów uległa znacznemu rozwojowi. Przykładowo, porównanie szacowanych liczebności lęgowych gatunków sów na terenie Polski w roku 1990 i 2003 [2] pokazuje, że liczebności populacji poszczególnych gatunków były wielokrotnie niedoszacowane. Publikowane w ostatnich latach poradniki metodyczne dotyczące monitoringu i inwentaryzacji sów [1, 3, 4] otworzyły rzeszom przyrodników dostęp do specjalistycznej wiedzy. Baza danych o krajowych sowach jest dość duża, jednak kolejne badania rzucają nowe światło na obecnie dostępną wiedzę, szczególnie w świetle zmian zachodzących w krajobrazie oraz gospodarce rolnej i leśnej, które mogą znacząco wpływać na stan populacji [1, 2].

Jednym z ciekawszych obszarów, na którym występują liczne gatunki sów jest obszar Pogórza Przemyskiego. Wcześniejsze prace inwentaryzacyjne analizujące liczebność sów na terenie Pogórza Przemyskiego prowadzone były regularnie [5, 6] i obejmowały swym zasięgiem teren dawnego województwa przemyskiego. Podczas ostatnich badań w zachodniej części Pogórza Przemyskiego [7] odnotowano sześć gatunków sów (wymienione w kolejności od najczęściej do najrzadziej obserwowanych): puszczyka uralskiego (*Strix uralensis*), puszczyka zwyczajnego (*Strix aluco*), sóweczkę (*Glaucidium passerinum*), włochatkę (*Aegolius funereus*), uszatkę (*Asio otus*) oraz pójdzkę (*Athene noctua*). Z kolei podczas programu „Bubobory” realizowanego na terenie Leśnego Kompleksu Promocyjnego Lasy Birczańskie [2], odnotowano obecność pięciu gatunków sów: puszczyka zwyczajnego, puszczyka uralskiego, sóweczki, uszatki i włochatki.

---

<sup>1</sup> Studenckie Koło Ochrony Środowiska Uniwersytetu Warszawskiego, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, I. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa, Polska

<sup>2</sup> Kolegium Międzywydziałowych Indywidualnych Studiów Matematyczno-Przyrodniczych, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Polska

<sup>3</sup> e-mail: mkałabun@gmail.com, Pracownia Ekotoksykologii, Wydział Biologii, ul. I. Miecznikowa 1, 02-096 Warszawa, Polska

<sup>4</sup> e-mail: p.mazurkiewicz@student.uw.edu.pl, Pracownia Etologii, Zakład Neurofizjologii, Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego, Polska Akademia Nauk, ul. Ludwika Pasteura 3, 02-093 Warszawa, Polska

Pomimo znacznego rozwoju wiedzy na temat zasiedlenia obszaru Pogórza Przemyskiego przez sowy, posiadana wiedza wciąż jest niedostateczna.

Niniejsza praca przedstawia wyniki inwentaryzacji leśnych gatunków sów na terenie Pogórza Przemyskiego, nie objętego wcześniej pełnymi badaniami: sóweczki, puchacza, włochatki, puszczyka zwyczajnego oraz puszczyka uralskiego. W opracowaniu zebrano także podstawowe dane z piśmiennictwa na temat inwentaryzowanych gatunków sów.

Uzyskane podczas badań wyniki porównano z danymi inwentaryzacyjnymi sów zebranymi na sąsiednich obszarach, przez innych badaczy. Zidentyfikowane typy siedlisk, na których wykryto obecność sów, porównano z dotychczasowymi opracowaniami dotyczącymi preferencji danego gatunku względem zamieszkiwanego drzewostanu. Na podstawie uzyskanych danych podjęto także próbę wyznaczenia rewirów występowania sów stwierdzonych na części obszaru Pogórza Przemyskiego i Gór Słonnych.

## **1.1. Biologia gatunków objętych badaniami**

W pracy, ze względu na specyfikę obszaru badań Pogórza Przemyskiego uwzględniono występowanie jedynie gatunków szczególnie związanych z terenami leśnymi: sóweczki, puchacza, włochatki, puszczyka zwyczajnego oraz puszczyka uralskiego. W trakcie badań inwentaryzacyjnych nie uwzględniono uszatki, pomimo stwierdzania jej we wcześniejszych badaniach na obszarze Pogórza Przemyskiego, gdyż unika ona krajobrazów zdominowanych przez zwarte drzewostany, wybierając lasy pofragmentowane z dużym udziałem terenów otwartych i rolniczych [7]. W badaniach inwentaryzacyjnych nie uwzględniono także występowania puszczyka mszarnego, który zalatuje do Polski z Ukrainy i Białorusi wyprowadzając nieregularnie lęgi, co odnotowano jedynie w Lasach Sobiborskich [8].

### **1.1.1. Sóweczka (*Glaucidium passerinum*)**

Sóweczka to jedna ze słabiej poznanych sów Polski, pomimo że w ostatnich latach wiedza na temat tego gatunku znacząco wzrosła [1]. Rozmieszczenie sóweczki na mapie Polski jest plamowe [4]. Gatunek ten występuje: w Puszczy Białowieskiej, Sudetach, Karpatach, na Dolnym Śląsku oraz na Przedgórzu. Populację krajową sóweczki ocenia się na 400–500 par [9].

Sóweczka jest najmniejszą sową Polski, wielkością dorównującą skowronkowi [1]. Wyjątkowość tego gatunku polega między innymi na jego dziennej aktywności. Największą aktywność głosową wykazuje w marcu i kwietniu, głównie o zmierzchu i o świcie [4]. Sóweczka żywi się głównie małymi ptakami, takimi jak sikora, rudzik czy zięba, znacznie rzadziej natomiast małymi gryzoniami [1].

Sóweczka występuje zarówno w borach, jak i lasach mieszanych, przy czym preferuje stare, wielowiekowe drzewostany z licznymi dziuplami oraz dobrze wykształconą piętrowością. W rejonach górskich optymalnym siedliskiem sóweczki są bory jodłowo-świerkowe ze zróżnicowanym udziałem buka, zwykle na wysokości 500–800 m n.p.m. [10, 11]. W Puszczy Białowieskiej sóweczka wybiera bory świerkowe oraz lasy mieszane. Z kolei w borach dolnośląskich

sóweczka żyje w borach sosnowych z niewielkim udziałem świerka [12]. Poza okresem lęgowym sóweczka częściej jest spotykana w lasach liściastych, a nawet poza obszarem leśnym [3].

Samica sóweczki składa jaja głównie w drugiej połowie kwietnia, w liczbie od 3 do 7 [3]. Samica wysiaduje jaja przez około miesiąc, podczas gdy samiec donosi pokarm. Strefa ochronna dla gniazd lęgowych sóweczki stanowi okrąg o promieniu 50 metrów. Dodatkowo w drzewostanach szczególnie sprzyjających występowaniu tego gatunku postuluje się zaniechanie prac leśnych w okresie od marca do czerwca [1]. Zagrożeniem dla sóweczki poza niszczeniem jej naturalnych siedlisk jest drapieżnictwo ze strony większych gatunków, np. puszczyków.

### **1.1.2. Puszczyk uralski (*Strix uralensis*)**

Puszczyk uralski jest jedną z największych sów w Europie. Długość jego ciała dochodzi do 60 cm, a rozpiętość skrzydeł do 130 cm. Puszczyk uralski dorównuje rozmiarami myszołowowi [1].

Populację krajową puszczyka uralskiego szacuje się na 750–1000 par, z czego większość zamieszkuje Polskę południowo-wschodnią. Gatunek ten stopniowo zwiększa swoją liczebność oraz zasięg występowania [9].

Puszczyk uralski preferuje jako siedlisko lasy liściaste – na niżu grądy i dąbrowy, w górach natomiast buczyny, niekiedy z domieszką gatunków iglastych [3]. W obrębie rewirów występowania tego gatunku pożądane są tereny otwarte, jak np. polany i zręby, które stanowią dobry teren na pozyskiwanie pokarmu [1]. Pożywieniem puszczyka uralskiego są głównie małe ptaki i ssaki oraz inne gatunki sów [9].

Puszczyk uralski gniazduje w dużych półotwartych dziuplach stanowiących zwykle wierzchołek złamanego drzewa [4]. Aktywność głosowa tego gatunku trwa od lutego do połowy maja, a okres lęgowy przypada głównie na marzec. Samica składa 2-4 jaja, z których po niecałym miesiącu wykluwają się pisklęta [9]. Tak, jak w przypadku sóweczki strefa ochronna dla puszczyka uralskiego rozciąga się na 50 m wokół gniazda, a w okresie godowym i lęgowym (od lutego do maja) należy zaniechać prac w lesie w okolicy występowania tego gatunku.

### **1.1.3. Włochatka (*Aegolius funereus*)**

Włochatka jest sową małą, preferującą stare buczyny z udziałem świerka, niekiedy również starodrzewie sosnowe. W kraju zasiedla pas północny od Warmii i Mazur po Pomorze, gniazduje także na południu – obszar gór i przedgórz [4]. Populacja tego gatunku jest bardzo zmienna i wynosi od 1000 do 2000 par [9].

Włochatka, podobnie jak puszczyk uralski, wymaga obecności terenów otwartych, takich jak polany i wiatrołomy, gdzie może efektywnie polować [1]. W diecie włochatki dominują nornikowate, znacznie rzadziej żywi się ona innymi małymi ptakami, czy też ssakami. Włochatka, podobnie jak sóweczka, na lęg wykorzystuje dziuple po dzięciołach [1]. Okres składania jaj przypada u włochatki najczęściej na początek kwietnia, a czas inkubacji jaj wynosi 25–32 dni [9, 4].

#### **1.1.4. Puchacz (*Bubo bubo*)**

Puchacz jest największą sową Europy. Osobniki tego gatunku osiągają masę w przedziale 2-4 kg i średnią długość ciała wynoszącą 60–70 cm [1, 3]. Puchacz żywi się głównie ssakami, choć w okolicach jezior preferuje polowanie na ptaki. W jego diecie można znaleźć wiewiórki, krety, jeże, kaczki, kuropatwy, a nawet sowy i ptaki szponiaste [1].

Populację krajową puchacza szacuje się na około 250–280 par [9]. Większe zagęszczenie terytoriów puchacza notowano w Polsce południowej, północnej i wschodniej [3]. W trakcie prowadzenia badań nad puchaczem należy pamiętać, że jest to najmniej odporna sowa na niepokojenie i łatwo porzuca lęg.

Optymalne siedlisko puchacza jest bardzo zróżnicowane i obejmuje tereny otwarte, luźne, stare drzewostany (teren polowań), jak również obszary trudno dostępne, gdzie może wyprowadzać lęgi (tereny górzyste i bagienne) [1].

Okres lęgowy puchacza przypada na czas od stycznia do czerwca, jednak część par nie wyprowadza lęgów każdego roku [9]. Gniazdo puchacza może być zlokalizowane na półce skalnej, w starych gniazdach dużych ptaków, np. bociana, lub też na ziemi między korzeniami [1, 3]. Puchacz chętnie zasiedla również sztuczne platformy lęgowe lub kosze wybudowane specjalnie dla tego gatunku, np. w ramach projektu „Bubobory” [2, 9, 15, 16]. Samica puchacza składa zwykle od 2 do 3 jaj. Młode opuszczają gniazdo na piechotę w 5 tygodniu życia, ukrywając się pojedynczo w okolicach gniazda aż do osiągnięcia lotności [1, 9].

#### **1.1.5. Puszczyk zwyczajny (*Strix aluco*)**

Puszczyk zwyczajny jest średniej wielkości sową. Jego liczebność w Polsce jest duża, wynosi około 65-75 tysięcy par i mocno zmienia się wraz z liczebnością gatunków gryzoni, które są jego pożywieniem [9].

Rozmieszczenie tego gatunku w Polsce jest równomierne, szczególnie w porównaniu z innym gatunkami sów. Puszczyk zwyczajny preferuje stare grądy, ale można go spotkać także w innych typach lasów liściastych. Często zasiedla również parki miejskie i aleje drzew. Okres lęgowy u tego gatunku trwa od stycznia do czerwca, jednak jaja składane są najczęściej w marcu, w liczbie od 3 do 4 [9].

## **2. Cel pracy**

Przeprowadzone badania dotyczyły oceny występowania sów leśnych w części Pogórza Przemyskiego i Gór Słonnych. Celem pracy było poszerzenie wiedzy na temat rozmieszczenia leśnych gatunków sów na terenie Pogórza Przemyskiego: sówecki, puchacza, włochatki, puszczyka zwyczajnego oraz puszczyka uralskiego.

### 3. Materiały i metody

#### 3.1. Obszar badań

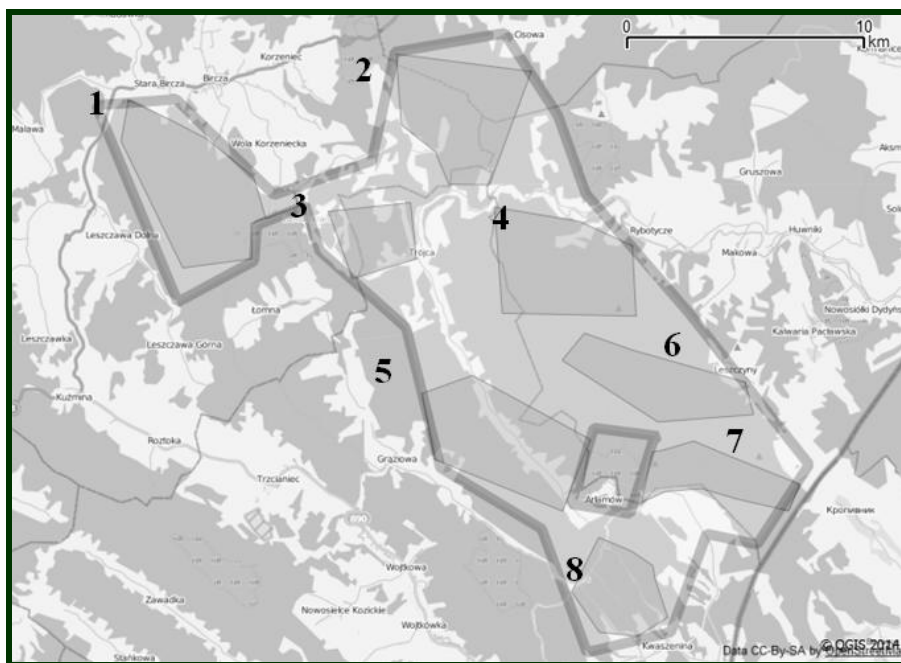
Ocenę stanu populacji sów na terenie obszaru natura 2000 Pogórze Przemyskie przeprowadzono w marcu i kwietniu 2013 r. Obszar badań stanowił wschodni fragment województwa podkarpackiego, obejmujący głównie część Pogórza Przemyskiego i Gór Słonnych (rys. 1). Jest to teren górzysty, w większości porośnięty przez zbiorowiska buczyny karpackiej i drzewostany jodłowe.



Rysunek 1. Mapa Polski z zaznaczonym obszarem badań (czarny prostokąt) [opracowanie własne]

Obszary objęte badaniami są słabo zaludnione oraz w niewielkim stopniu użytkowane gospodarczo. Związane jest to między innymi z wysiedleniami po II Wojnie Światowej oraz upadkiem PGR-ów [7]. Na skutek tych i innych przemian wiele obszarów uległo powtórnemu zdziczeniu, a na dawne pola i łąki powróciły lasy. Powstałe drzewostany stanowią obecnie korytarze ekologiczne dla wielu organizmów, w tym sów, co uważa się za bardzo korzystne dla zachowania stanu żyjących tu populacji [7].

Na badanym obszarze wyznaczono osiem powierzchni próbnych (rys. 2). Wyboru transektów dokonano poprzez porównanie podobieństwa znalezionych drzewostanów do podanych w literaturze preferowanych siedlisk sów, głównie sóweczki. Zabieg ten miał na celu zwiększenie szansy na stwierdzenie tego gatunku w terenie. Sóweczka jest dziuplakiem wtórnym. Gnieździ się najczęściej w dziuplach wykonanych i zamieszkałych wcześniej przez dzięcioły, głównie dzięcioła dużego (*Dendrocorpus major*) [13]. Obecność dzięciołów na danym obszarze silnie koreluje z udziałem martwego drewna w drzewostanie [14]. Występowanie martwego drewna w lasach może być zatem pomocne w pośredniej ocenie możliwości zamieszkiwania przez sóweczkę danego siedliska. Przy wyznaczaniu powierzchni skorzystano również z wiedzy lokalnej organizacji – Fundacji Dziedzictwo Przyrodnicze – na temat występowania sów w poprzednich latach na terenie Pogórza Przemyskiego i Gór Słonnych.



Rysunek 2. Badany obszar (gruba linia) z orientacyjnym zasięgiem ośmiu powierzchni próbnych (cienkie linie) [opracowanie własne]

Cechą wspólną większości badanych transektów był fakt, że na płatach o znacznym nachyleniu terenu (wąwozy, jary) udział starych drzew oraz ilość pozostawionego martwego drewna była większa niż na płatach o mniejszym nachyleniu terenu. Jest to prawdopodobnie spowodowane trudniejszym dostępem do tego typu obszarów.

W tabeli 1 zawarto wykaz dominujących rodzajów drzewostanów na ośmiu powierzchniach badawczych.

Tabela 1. Dominujący typ drzewostanu na badanych powierzchniach próbnych. Punktacja: dominacja – 1 pkt, duża domieszka – 0,5 pkt, niewielki udział lub brak – 0 pkt

Nr powierzchni	Dominujące gatunki w drzewostanie	Sosna	Jodła	Buk
1	Przewaga jodły ze znacznym udziałem buka oraz sosny	0,5	1,0	0,5
2	Głównie jodła, jak również płaty z przewagą sosny oraz buczyny	0,5	1,0	0,5
3	Drzewostan jodłowy oraz liczne płaty sosnowe	0,5	1,0	0,0
4	Głównie sosna, domieszka buczyn	1,0	0,0	0,5
5	Przewaga jodły	0,0	1,0	0,0
6	Dominacja buczyn	0,0	0,0	1,0
7	Jodła i buk, domieszka sosny	0,5	1,0	1,0
8	Przewaga jodły	0,0	1,0	0,0
	Suma	3,0	6,0	3,5

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2. Metody badawcze

Na obszarach objętych inwentaryzacją przeprowadzono nasłuchy odgłosów godowych terytorialnych samców, zarówno spontanicznych, jak i po uprzednio wykonanej stymulacji głosowej. Kontrole powierzchni próbnych prowadzono podczas pieszych wędrówek w 2–3 osobowych zespołach. Przy stwierdzeniu danego osobnika wykonywano wpis do GPS z godziną i dodatkowymi uwagami. Oprócz sóweczki (główny obiekt badań), notowano również aktywność głosową innych gatunków sów, z odpowiednią adnotacją w GPS.

Termin badań marzec–kwiecień został ustalony ze względu na fakt, że szczyt aktywności głosowej sóweczki przypada właśnie na ten okres [1]. Aktywność głosowa sóweczki ogranicza się do około 30 minut w okolicy wschodu i zachodu Słońca, przy czym jest ona znacznie większa w czasie zmierzchu niż świtu [4]. Na czas badań wybrano aktywność wieczorną.

W okresie wzmożonej aktywności sóweczki prowadzono stymulację głosową jedynie tego gatunku. Ze względu na słaby wzrok sóweczki po zachodzie Słońca, jak również obecność polujących na nią puszczyków, po zmierzchu rezygnowano ze stymulacji głosowej tej sowy na rzecz samych nasłuchów. W godzinach późniejszych prowadzono stymulację głosową pozostałych, nocnych gatunków sów, tj. włochatki oraz puszczyka uralskiego. Nie przeprowadzono wabienia głosowego puszczyka zwyczajnego, jako najbardziej pospolitej sowy w kraju. Odnotowywano jednak spontaniczne odezwania tego gatunku podczas inwentaryzacji.

## 4. Analiza wyników badań

### 4.1. Wyniki

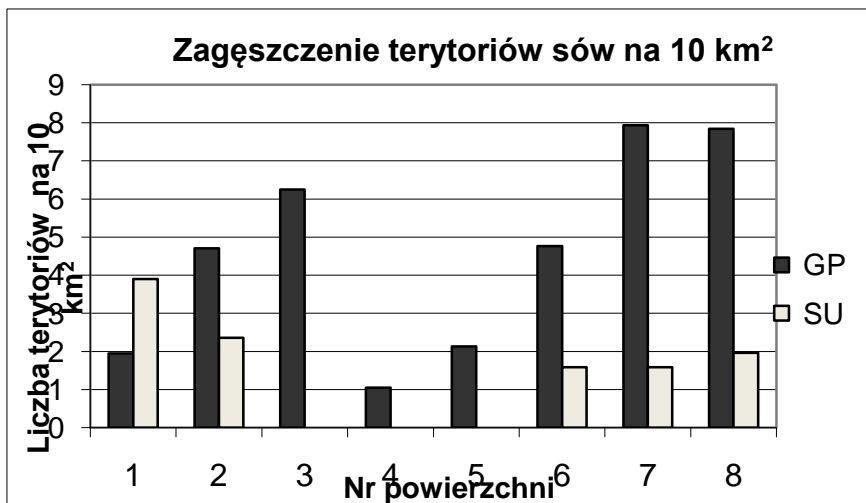
W trakcie przeprowadzonych badań na wyznaczonych transektach stwierdzono obecność sówecki i puszczyka uralskiego. Stwierdzenia nawołujących samców badanych sów w kolejnych kontrolach przetworzono na terytoria o kształcie okręgu o powierzchni zgodnej z danymi literaturowymi. Wielkość rewiru łęgowego puszczyka uralskiego kształtuje się na poziomie 1-4 km<sup>2</sup> [9], jednak głównie jest to niewiele ponad 1 km<sup>2</sup>. W przypadku sówecki terytorium łęgowe to około 1 km<sup>2</sup>, a minimalna stwierdzona odległość między dziuplami to około 600 m [1]. Dlatego też, ustanowiono rozmiar jednego terytorium dla obu gatunków równy 1 km<sup>2</sup> (odpowiada to okręgowi o promieniu około 564 m). W sumie wyznaczono dwadzieścia trzy rewiry dla sówecki oraz dziewięć rewirów dla puszczyka uralskiego (rys. 3). Oprócz wspomnianych dwóch gatunków sów, stwierdzono także obecność włochatki (dwa stwierdzenia na powierzchni nr 2) i puszczyka zwyczajnego (trzy stwierdzenia na powierzchniach nr 1, 2 i 6). Brak powtórzonych stwierdzeń w kolejnych kontrolach uniemożliwił jednak zaproponowanie prawdopodobnych rewirów łęgowych włochatki i puszczyka zwyczajnego.



Rysunek 3. Rozmieszczenie terytoriów nawołujących samców sówecki (ciemne kółka i puszczyka uralskiego (jasne kółka) [opracowanie własne]



Kolejnym krokiem było przybliżone oszacowanie rozmiarów każdej z powierzchni próbnych i wyliczenie liczby terytoriów sów przypadających na 10 kilometrów kwadratowych. Uzyskane wyniki zamieszczono na wykresie 1.



Wykres 1. Zagęszczenie wyznaczonych terytoriów sówecki (GP) i puszczyka uralskiego (SU) na 10 km<sup>2</sup> powierzchni próbnej na poszczególnych transektach [opracowanie własne]

Tabela 2. Zagęszczenie wyznaczonych terytoriów sówecki (GP) i puszczyka uralskiego (SU) na 10 km<sup>2</sup> powierzchni próbnej na poszczególnych transektach

Nr powierzchni	Zagęszczenie na 10 km <sup>2</sup>	
	GP	SU
1	1,9	3,9
2	4,7	2,4
3	6,3	0
4	1,0	0
5	2,1	0
6	4,8	1,6
7	7,9	1,6
8	7,8	2,0
Średnia	3,9	1,5

Źródło: Opracowanie własne

Wartość średnia zagęszczenia sów dla ośmiu powierzchni wyniosła 3,9 terytoriów na 10 km<sup>2</sup> w przypadku sówecki i 1,5 na 10 km<sup>2</sup> w przypadku puszczyka uralskiego (tab. 2). Pomiędzy poszczególnymi transektami można zauważyć silne zróżnicowanie tego parametru. Jeśli chodzi o sóweckę wartość zagęszczenia wahała się pomiędzy 1,0 a 7,9 terytoriów na 10 km<sup>2</sup>. Z kolei zagęszczenie puszczyka uralskiego kształtowało się w przedziale od 0 do 3,9 terytoriów na 10 km<sup>2</sup> (tab. 2).

dużą wartość siedliskową obszarów z dużym udziałem starego drzewostanu i martwego drewna dla sówecki. Jednak nie stwierdzono ścisłej korelacji pomiędzy typem drzewostanu a obecnością sówecki i puszczyka uralskiego na preferowanych przez nie siedliskach.

## **4.2. Dyskusja**

Najliczniejszym gatunkiem lęgowym wśród stwierdzanych sów na badanym obszarze (część obszaru Pogórza Przemyskiego i Gór Słonnych) była sówecka. Uzyskane zagęszczenia na powierzchniach próbnych były dość wysokie w porównaniu z innymi wynikami. Maksymalne zagęszczenie sówecki wynosi według różnych źródeł 5 lub nawet 7 terytoriów na 10 km<sup>2</sup> [1, 4, 11, 17]. Dane literaturowe pozwalają na krytyczne spojrzenie na otrzymane wyniki, szczególnie w przypadku powierzchni nr 7 i 8, gdzie zagęszczenie sówecki osiągało odpowiednio 7,9 i 7,8 terytoriów na 10 km<sup>2</sup>. Warto zauważyć, że empiryczna reguła 600 metrów jako minimalnej odległości między dwoma dziuplami lęgowymi sówecki [1] została spełniona na wspomnianych transektach (powierzchnie nr 7 i 8) nawet przy tak dużym zagęszczeniu. W przeciwieństwie do puszczyka uralskiego, sówecka była obecna na każdej z ośmiu powierzchni badawczych.

Puszczyk uralski nie wydawał odgłosów godowych na trzech z ośmiu badanych powierzchni. Tylko na powierzchni nr 1 obliczone zagęszczenie (3,9 terytoriów na 10 km<sup>2</sup>) można uznać za wysokie. Na pozostałych czterech transektach, gdzie potwierdzono występowanie puszczyka uralskiego, zagęszczenie oscylowało wokół 2 terytoriów na 10 km<sup>2</sup>, czyli znacznie poniżej średniej dla tego regionu. Typowe zagęszczenie terytoriów puszczyka uralskiego wynosi 3 terytoria na 10 km<sup>2</sup> dla Polski południowo-wschodniej, jednak może być ono nawet dwa razy większe w wyjątkowo sprzyjających warunkach, jak na przykład w Magurskim Parku Narodowym [4, 18, 1].

Dane literaturowe przedstawiające wyniki badań zachodniej części Pogórza Przemyskiego [7] stawiają puszczyka uralskiego jako dominujący gatunek sowy z bardzo wysokim zagęszczeniem w przedziale 5,2–7,3 terytoriów na 10 km<sup>2</sup>. W tych samych badaniach, zagęszczenie sówecki było bardzo niskie i wynosiło zaledwie 0,5 terytoria na 10 km<sup>2</sup>. Liczebności tych dwóch gatunków sów przedstawione dla zachodniej części Pogórza Przemyskiego [7] są zatem w odwrotnym stosunku w porównaniu z wynikami niniejszych badań, pomimo występowania na obu obszarach zbliżonego siedliska, złożonego głównie z buczyn i drzewostanów jodłowych.

Poza stwierdzeniem sów na danym obszarze istotne było również powiązanie obecności danego gatunku sowy z dominującym typem drzewostanu na danej powierzchni. Dwa z trzech transektów, na których nie stwierdzono puszczyka uralskiego stanowiły bory iglaste złożone głównie z płatów jodłowych i sosnowych, które odpowiadają mu w znacznie mniejszym stopniu jako siedlisko niż buczyna karpacka. Jednak puszczyk uralski stwierdzany był w Polsce również w obrębie borów mieszanych, nawet ze znacznym udziałem sosny [4]. W przypadku sóweczki, dane literaturowe przedstawiające preferencje siedliskowe tego gatunku nie tłumaczą niskiej na tle pozostałych powierzchni liczby terytoriów w obrębie transektów nr 1, 4 i 5. Obszary te obfitowały w gatunki iglaste, gdzie w dziuplach sóweczka mogłaby zakładać swoje gniazda. W niniejszych badaniach nie stwierdzono ścisłej korelacji pomiędzy typem drzewostanu a obecnością sóweczki i puszczyka uralskiego na preferowanych przez nie siedliskach.

Uzyskane podczas badań dane pozwalają tylko na częściową ocenę stanu populacji sów, ponieważ badaniem nie objęto obszarów najtrudniej dostępnych oraz objętych ścisłą ochroną – rezerwatów przyrody. Kontrole, na niektórych powierzchniach miały bardzo niską efektywność stwierdzeń sów. Przyczyną tego stanu rzeczy były między innymi szczególnie warunki meteorologiczne podczas prowadzenia nasłuchów – bardzo niskie temperatury w drugiej połowie marca oraz pierwszej dekadzie kwietnia 2013 roku. Duża pokrywa śnieżna wielokrotnie utrudniała dotarcie do części terenów badawczych. Dane literaturowe potwierdzają, że niekorzystne warunki pogodowe mogą wpływać negatywnie na efektywność badań sów [1]. Nie bez znaczenia była również pora prowadzenia nasłuchów, przypadająca na okres zmierzchu i pierwsze godziny nocy. Ukierunkowanie badań na sóweczkę jako jedyną sowę o aktywności dziennej, mogło potencjalnie zaniżyć wyniki liczebności pozostałych gatunków, głównie puszczyka uralskiego i włochatki.

Sóweczka wydaje intensywnie odgłosy godowe przy temperaturach oscylujących w okolicach zera [4]. Przy temperaturach oscylujących wokół -20°C panujących na przełomie marca i kwietnia 2013 roku, aktywność głosowa sóweczki była ograniczona. W połowie kwietnia 2013 r., wraz ze wzrostem temperatury aktywność głosowa badanych gatunków sów była wyższa, jednak w części transektów odgłosy ptaków mogły być zagłuszone przez szum spływającej wody w potokach pochodzący z roztopów. Mogło się to przyczynić do zaniżenia części uzyskanych w tym okresie wyników. Monitoring badanych obszarów powinien zostać rozszerzony i powtórzony w celu weryfikacji uzyskanych danych.

Ostatnie 20 lat przyniosło znaczące zmiany w składzie i liczebności gatunków sów na terenie badań. Przed rokiem 2000 na obszarze Pogórza Przemyskiego nie były notowane sóweczka ani włochatka, był za to spotykany puchacz (*Bubo bubo*), którego liczebność Hordowski określił na poziomie 9 stanowisk [5]. Próba znalezienia śladów obecności puchacza podczas programu „Bubobory” w regionie Pogórza zakończyła się niepowodzeniem [2]. Sztuka ta udała się rok później [19], nie zmienia to jednak faktu, że największy gatunek sowy w Polsce występuje obecnie znacznie rzadziej niż kiedyś. Innym zjawiskiem występującym w obrębie pogórzy jest osiąganie przewagi liczebnej puszczyka uralskiego nad zwyczajnym [7] i jego ekspansja w Karpatach, Małopolsce i przedgórzu [20].

## **5. Podsumowanie**

Sóweczka była najliczniej stwierdzanym gatunkiem sowy w części Pogórza Przemyskiego objętej badaniami. Gatunek ten występował w obrębie iglastych borów jodłowych z udziałem sosny oraz zmienną domieszką buka. Średnio licznym gatunkiem okazał się być puszczyk uralski, nieobecny na trzech z ośmiu badanych powierzchni próbnych. Zajmował on siedliska zbliżone do sóweczki, unikając jednak czysto iglastych borów. Z kolei puszczyk zwyczajny i włośchatka tylko sporadycznie dawały oznaki swojej obecności. Nie stwierdzono innych gatunków sów.

Obszary w małym stopniu przekształconym przez człowieka z dużym udziałem starego drzewostanu i martwego drewna prezentują dużą wartość siedliskową dla badanych gatunków sów. Taki charakter ma obszar powyższych badań, co potwierdza ogromne znaczenie obszaru Pogórza Przemyskiego i Gór Słonnych w kontekście ochrony rodzimej awifauny i potrzebę jego ścisłej ochrony. Na obszarze tym stwierdzono bowiem wystąpienie licznych gatunków sów.

## **Podziękowania**

Realizacja projektu Studenckiego Koła Ochrony Środowiska UW nie doszłaby do skutku, gdyby nie pomoc i zaangażowanie wielu osób. W pierwszej kolejności dziękujemy wszystkim, którzy pomogli w badaniach terenowych: Pawłowi Pstrokońskiemu, Karolowi Torzewskiemu, Marcie Czarnockiej-Cieciurze, Katarzynie Czajkowskiej, Szymonowi Paczkowskiemu, Markowi Strojnowskiemu, Katarzynie Topolskiej, Magdalenie Siemaszko, Oldze Bemowskiej, Katarzynie Roguz oraz Maciejowi Winiarskiemu. Szczególne podziękowania należą się również Dorocie Kotowskiej i Jackowi Stawnickiemu, którzy pomogli w opracowaniu map. Ponadto chcielibyśmy podziękować Panu Mgr Łukaszowi Kuberskiemu z Fundacji Dziedzictwo Przyrodnicze za wsparcie, którego udzielił nam podczas badań oraz za udzielone informacje na temat gatunków sów stwierdzanych w poprzednich latach na badanym przez nas obszarze. Chcielibyśmy podziękować również Nadleśnictwu Bircza za mapy GPS badanych obszarów, pozwolenie poruszania się po terenie nadleśnictwa oraz wszelkie udzielone wskazówki.

Artykuł jest efektem projektu realizowanego przez Studenckie Koło Ochrony Środowiska UW pt.: „Ocena stanu populacji sów na terenie obszaru natura 2000 Pogórze przemyskie (PLB180001)”, który został dofinansowany przez Radę Konsultacyjną ds. Studenckiego Ruchu Naukowego UW (34/III/2012) oraz Komisję ds. Finansowania Kół Naukowych i Artystycznych Wydziału Biologii UW.

## Literatura

1. Mikusek R., *Metody badań i ochrony sów*, Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych, Kraków 2005
2. Anderwald D., Metody lokalizacji i ochrony puchacza *Bubo Bubo* oraz innych sów leśnych. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo Leśnej* 2006 4 (14): 275-298
3. Grzywaczewski G., Szczepaniak P., *Sowy polski*, Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych, Kraków 2007
4. Chylarecki P., Sikora A., Cenian Z., *Monitoring ptaków lęgowych*, Poradnik metodyczny dotyczący gatunków chronionych Dyrektywą Ptasia. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2009
5. Hordowski J., *Rozmieszczenie i liczebność ptaków lęgowych w woj. Przemyskim*, Zakład Fizjogr. i Arbor. W Bolestraszczykach, Bolestraszyce 199.
6. Hordowski J., Kunysz P., *Ptaki Ziemi Przemyskiej*, Notatki Ornitologiczne 1991, 32: 5-90
7. Bylicka M., *Sowy terenów leśnych zachodniej części Pogórza Przemyskiego*, Chronimy Przyrodę Ojczystą, 2011, 67(5): 415-425
8. Keller M., Chodkiewicz T., Woźniak B., *Puszczyk mszarny *Strix nebulosa* nowym gatunkiem lęgowym w Polsce*, *Ornis Polonica* 2011, 52: 150-158
9. Anderwald D., *Wszystkie sowy naszych lasów*, CILP, Warszawa 2010
10. Gramsz B., Zajac T., *Liczebność i rozmieszczenie sówecki *Glaucidium passerinum* w Karkonoszach polskich w latach 2000-2004.*, *Przyroda Sudetów* 2006, 9: 1451-50
11. Mikusek R., *Biologia rozrodu i występowanie sówecki (*Glaucidium passerinum*) w Górach Stołowych*, *Notatki Ornitologiczne* 2001, 42 (4): 219-231
12. Stawarczyk T., Mikusek R., Domaszewicz A., *Sówecka *Glaucidium passerinum**. (w:) *Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985-2004*, Sikora A., Rohde Z., Gromadzki M., Neubauer G., Chylarecki P. (red.). Bogucki Wyd. Nauk., Poznań 2007: 268-269
13. Pałucki A., *Sówecka *Glaucidium passerinum* w Polskiej części Karkonoszy*, *Wyniki wstępne*, *Opera Corcontica* 2000, 37: 347-350
14. Zawadzka D., Zawadzki J., *Ptaki jako gatunki wskaźnikowe różnorodności biologicznej i stopnia naturalności lasów*, *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo Leśnej* 2006, 4 (14): 249-262
15. Zawadzka D., Zawadzki J., Zawadzki G., Zawadzki S., *Sowy Puszczy Augustowskiej – Wykorzystanie inwentaryzacji w ramach programu „Bubobory”*, *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej* 2009, 3(22): 86-94
16. Anderwald D., Sitkiewicz J., *Bubobory w Lasach Państwowych. Inspiracje, problemy, realizacja*, *Studia i Materiały CEPL w Rogowie R.* 2010, 12. 1 (24): 200-211

17. Mikusek R., *Sowy Parku Narodowego „Bory Tucholskie”*, Kudowa-Zdrój, 15.11.2012
18. Czuchnowski R., Wasilewski J., Bonczar Z., Kulczycki A., Stój M., Pikulas K., *Awifauna lęgowa Magurskiego Parku Narodowego*, Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody 200322: 449-471
19. Kunysz P., *Występowanie oraz stan zbadania nocnych ptaków szponiastych na Podkarpaciu*, Ptaki Podkarpacia 2007, 11: 25-33
20. Głowaciński Z., Stoj M., *Puszczyk uralski Strix uralensis*. (w:) *Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985-2004*, Sikora A., Rohde Z., Gromadzki M., Neubauer G., Chylarecki P. (red.). Bogucki Wyd. Nauk., Poznań 2007, 274-275

### **Występowanie sóweczki i innych gatunków sów na terenie Pogórza Przemyskiego**

#### Streszczenie

W polskich lasach występuje siedem gatunków sów: sóweczka (*Glaucidium passerinum*), uszatka (*Asio otus*), puchacz (*Bubo bubo*), włochatka (*Aegolius funereus*), puszczyk zwyczajny (*Strix aluco*), puszczyk uralski (*Strix uralensis*) oraz puszczyk mszarny (*Strix nebulosa*). Ich występowanie na polskim pogórzu potwierdzone jest jedynie na wybranych terenach. Przeprowadzono badania mające na celu określenie miejsca występowania poszczególnych gatunków sów leśnych na Pogórzu Przemyskim. Badania przeprowadzono na ośmiu powierzchniach zlokalizowanych na terenie nadleśnictwa Bircza oraz dokonano obserwacji w wybranych fragmentach Gór Słonnych. Stwierdzono występowanie następujących gatunków: sóweczki, puszczyka uralskiego, puszczyka zwyczajnego oraz włochatki. Wyznaczono 23 rewiry dla sóweczki oraz 9 rewirów dla puszczyka uralskiego, które oznaczono na mapie oraz przeanalizowano je pod kątem typu drzewostanu i jego wartości siedliskowej. Pozostałe gatunki notowano jedynie na pojedynczych stanowiskach. Uzyskane dane pozwoliły w sposób ogólny ocenić stan populacji różnych gatunków sów na badanym obszarze.

Słowa kluczowe: sóweczka, puszczyk uralski, monitoring, Pogórze Przemyskie

### **Occurance of Eurasian Pygmy Owl and other forest owl species on the ‘Pogórze Przemyskie’ region**

#### Summary

There are seven forest owl species in Poland: Eurasian Pygmy Owl (*Glaucidium passerinum*), Long-eared Owl (*Asio otus*), Eurasian Eagle Owl (*Bubo bubo*), Tengmalm Owl (*Aegolius funereus*), Tawny Owl (*Strix aluco*), Ural Owl (*Strix uralensis*) and Great Grey Owl (*Strix nebulosa*). Their presence in the Pogórze Przemyskie region has been confirmed only in selected territories. Therefore, we conducted field research in order to determine the places of appearance of particular species of forest owls in the Pogórze Przemyskie. We carried out the research in 8 areas located in the Bircza forest inspectorate and made observations in selected spots of the Słonne mountains. Our research revealed the presence of Eurasian Pygmy Owl, Ural Owl, Tawny Owl and Tengmalm Owl in the region. We marked 23 territories of individual males of *Glaucidium passerinum* and 9 of *Strix uralensis*, that were marked on the map and were analyzed in terms of forest stand type and habitat value. Other owl species were observed only on individual positions. The data obtained in our research served as a basis for general assessment of the condition of different owl species populations in the examined region.

Keywords: Eurasian Pygmy Owl, Ural Owl, monitoring, the Pogórze Przemyskie region

## **Zmiany dochodowości gospodarstw zajmujących się produkcją trzody chlewnej w Polsce i Unii Europejskiej**

### **1. Wprowadzenie**

Jednym z głównych kryteriów oceniających sytuację ekonomiczno-finansową gospodarstw jest dochód. Dochód jest różnicą pomiędzy uzyskanym przychodem a poniesionymi kosztami [1]. Wyraża on najważniejszy cel prowadzenia działalności produkcyjnej, a także stanowi podstawę do oceny racjonalności decyzji właścicieli tych gospodarstw. Głównym źródłem dochodu jest proces produkcyjny.

Według Kisielea dochód oznacza przyrost wartości będący różnicą między wartością produkcji i usług, a kosztami materialnymi gospodarstwa w określonym czasie. Przyrost ten może występować w formie pieniężnej lub majątkowej, czyli w postaci zwiększenia wartości majątku [2]. Bez odpowiedniego poziomu dochodu nie można uzyskać równowagi gospodarstwa.

Produkcja trzody chlewnej stanowi podstawową gałąź produkcji zwierzęcej a także jedną z głównych gałęzi produkcji rolnej [3]. Jest zatem istotnym źródłem dochodu rolnika. Wśród 27 krajów Unii Europejskiej istnieje duże zróżnicowanie w zakresie dochodów w produkcji trzody chlewnej.

### **2. Cel pracy**

Celem przeprowadzonych badań była ocena zmian dochodowości gospodarstw zajmujących się produkcją trzody chlewnej w Polsce i Unii Europejskiej.

### **3. Materiały i metody**

Analizę przeprowadzono w 27 krajach Unii Europejskiej. Oceny dokonano w oparciu o dane z unijnego systemu zbierania danych rachunkowych z gospodarstw rolnych FADN (ang. Farm Accountancy Data Network) oraz dane z Europejskiego Urzędu Statystycznego- EUROSTAT. Badania obejmują lata 2010-2012. W pracy wykorzystano metodę opisową i porównawczą. Do oceny sytuacji ekonomicznej gospodarstw rolnych państw należących do Unii Europejskiej wykorzystano metodę wskaźnikową ukazującą dochód z gospodarstwa rolnego

---

<sup>1</sup> edytacybul@wp.pl, Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet przyrodniczy w Lublinie

<sup>2</sup> Elwira468@wp.pl, Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup> przemek.kutera1@gmail.com.pl, Koło Naukowe Biologów i Hodowców Zwierząt, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet przyrodniczy w Lublinie

oraz relacje dochodu gospodarstwa rolnego do wartości produkcji żywca wieprzowego. Dokonano również porównania w postaci procentowego udziału produkcji rolniczej oraz zwierzęcej z uwzględnieniem produkcji trzody chlewnej w całej UE. Ukazano również procentowy udział produkcji trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej oraz sztuka duża trzody chlewnej przypadająca na 1ha powierzchni użytków rolnych.

#### **4. Wyniki badań**

Omawianą kategorią jest dochód gospodarstwa rolnego [4]. W metodologii FADN dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego jest nadwyżką ekonomiczną uzyskaną w wyniku prowadzenia przez gospodarstwo działalności operacyjnej. Stanowi on wynagrodzenie rolnika za zaangażowane w procesie wytwórczym własne czynniki produkcji [5]. Spośród dwudziestu siedmiu krajów Unii europejskiej krajem o ujemnym, dochodzie z rodzinnego gospodarstwa rolnego była Słowacja. W 2012 roku przeciętnie jedno gospodarstwo uzyskało dochód - 9175 €. Gospodarstwa w Słowacji charakteryzowały się wysokimi kosztami amortyzacji i wynagrodzeń, które przewyższały uzyskiwane przychody. Wysokimi dochodami z rodzinnego gospodarstwa rolnego charakteryzowały się takie kraje, jak Niderlandy (65913 € w 2012 roku), Wielka Brytania (51632 € w 2012 roku) oraz Francja (47403 € w 2012 roku).

Interesujący przykład stanowi Republika Czeska, która w 2010 roku uzyskała 23384 € dochodu na gospodarstwo, a w roku kolejnym wzrósł on o 54,3%. Polska uzyskała wynik prawie 2-krotnie niższy od średniej unijnej przypadającej na rok 2012. Poddając analizie dane z powyższej tabeli można zauważyć, że najwyższe wartości w relacji dochodu gospodarstwa rolnego do wartości produkcji żywca wieprzowego odnotowano w Grecji, gdzie w roku 2012 wynosiły ona 396 €, a także w Irlandii 186 €. Wynika to z faktu, że dochód z gospodarstwa jest dużo wyższy w tych krajach, aniżeli wartość żywca wieprzowego. Należy również zwrócić uwagę, że średnia Unijna z roku na rok była coraz niższa. W 2010 roku wynosiła 3,31 € i do roku 2012 spadła do 0,4 €. Tylko w 8 krajach, tj. Belgii, Niemczech, Estonii, Niderlandach, Danii, Portugalii, Rumunii oraz Wielkiej Brytanii zauważono, że relacja dochodu z gospodarstwa rolnego do wartości żywca wieprzowego była wyższa w 2012 roku w stosunku do poprzedniego. W Polsce z roku na rok wskaźnik ten wykazywał tendencję spadkową, w 2010 roku wynosił 2,59 € natomiast w 2012 roku uzyskał wartość 1,97 € i był niższy od średniej Unijnej o 32%.

W tabeli 2. zamieszczono informacje na temat produkcji rolniczej, w tym produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem trzody chlewnej w krajach Unii Europejskiej. Na podstawie przedstawionych danych, zaobserwowano duże zróżnicowanie pomiędzy nimi w tym zakresie, co może wynikać z warunków przyrodniczych, czy wielkości i predyspozycji gospodarstw rolnych.



Tabela 1. Dochód z gospodarstwa rolnego oraz relacja dochodu gospodarstwa rolnego do wartości produkcji żywca wieprzowego UE-27

Wyszczególnienie	Dochód z gospodarstwa rolnego (€/gospodarstwo)			Relacja dochodu gospodarstwa rolnego do wartości produkcji żywca wieprzowego(€)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Belgia	65391	51895	64250	1,68	1,17	1,28
Bułgaria	8248	7863	8669	6,00	4,65	4,40
Cypr	12377	12431	9573	2,68	2,42	1,71
Republika Czech	23382	51180	50501	1,20	2,57	2,47
Dania	9232	31364	62308	0,09	0,27	0,48
Niemcy	34651	35913	45381	1,13	1,07	1,16
Grecja	13846	12228	11500	46,15	509,50	396,55
Hiszpania	22081	21806	21075	4,38	4,80	4,68
Estonia	18395	22841	25903	3,31	3,59	3,46
Francja	43702	47173	47403	4,92	4,58	4,26
Węgry	13188	21671	18821	4,11	6,42	4,15
Irlandia	17316	23949	22532	194,56	225,93	186,21
Włochy	22964	22715	22469	12,69	11,79	7,48
Litwa	15401	15692	17131	7,43	6,56	6,11
Luksemburg	26693	50548	37284	2,36	3,06	2,06
Łotwa	10583	12947	13161	3,92	3,97	2,37
Malta	9680	7411	8560	2,09	2,24	1,68
Niderlandy	60014	40570	65913	1,23	0,73	1,06
Austria	23320	30037	27779	2,78	3,24	2,66
Polska	9985	10887	10681	2,59	2,23	1,97
Portugalia	12720	12541	12839	10,71	9,87	11,68
Rumunia	4895	5775	5861	7,08	9,96	11,19
Finlandia	24071	21758	21966	4,20	3,08	2,88
Szwecja	16807	16964	16492	1,43	1,54	1,18
Słowacja	-44158	15220	-9175	-4,79	1,26	-0,76
Słowenia	6980	7016	5417	6,85	5,04	3,47
Wielka Brytania	52544	61764	51632	5,53	6,46	6,80
UE-27	18058	19065	19560	3,31	3,19	2,91

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych z FADN-EU

Tabela 2. Produkcja rolnicza w krajach Unii Europejskiej w latach 2010-2012

Wyszczególnienie	Produkcja rolnicza (UE=100%)			Produkcja zwierzęca (UE=100%)			Produkcja trzody chlewnej (UE=100%)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Belgia	2,20	2,06	2,22	2,85	2,82	2,91	4,52	4,63	4,54
Bułgaria	0,99	1,05	1,05	0,76	0,79	0,74	0,38	0,41	0,39
Republika Czech	1,13	1,23	1,21	1,14	1,13	1,09	1,16	1,08	1,02
Dania	2,73	2,76	2,98	3,95	4,08	4,30	8,30	8,66	8,72
Niemcy	13,08	13,61	13,35	14,96	15,19	14,49	18,67	17,42	18,10
Estonia	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25	0,23	0,22	0,26	0,24
Irlandia	1,60	1,73	1,78	2,70	2,89	2,90	1,06	1,16	1,19
Grecja	2,83	2,60	2,55	1,95	1,85	1,65	0,82	1,00	0,74
Hiszpania	11,17	10,35	10,31	9,69	9,68	9,90	15,93	16,51	16,29
Francja	18,85	18,49	18,93	16,26	16,16	15,84	9,21	9,48	9,39
Włochy	12,60	12,46	12,40	10,08	10,10	10,25	7,95	8,36	8,14
Cypr	0,19	0,18	0,17	0,23	0,21	0,21	0,20	0,19	0,19
Łotwa	0,25	0,26	0,32	0,27	0,27	0,28	0,23	0,23	0,20
Litwa	0,55	0,64	0,71	0,57	0,59	0,56	0,46	0,41	0,46
Luksemburg	0,09	0,08	0,10	0,12	0,11	0,11	0,07	0,07	0,08
Węgry	1,71	1,97	1,85	1,53	1,61	1,61	1,96	1,94	1,98
Malta	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03
Niderlandy	6,96	6,49	6,57	6,59	6,43	6,49	7,49	7,61	7,84
Austria	1,69	1,77	1,74	2,05	2,06	2,05	2,33	2,31	2,35
Polska	5,60	5,89	5,84	6,43	6,38	6,42	7,73	7,63	7,47
Portugalia	1,79	1,63	1,65	1,80	1,70	1,69	1,76	1,65	1,72
Rumunia	4,02	4,38	3,32	2,55	2,48	2,43	2,93	2,49	2,37
Słowenia	0,32	0,32	0,29	0,35	0,35	0,32	0,20	0,18	0,15
Słowacja	0,50	0,57	0,58	0,57	0,56	0,58	0,42	0,41	0,39
Finlandia	1,06	1,11	1,15	1,59	1,53	1,57	0,93	0,91	0,89
Szwecja	1,42	1,45	1,54	1,69	1,69	1,65	1,30	1,26	1,24
Wielka Brytania	6,45	6,70	7,15	9,05	9,05	9,69	3,72	3,71	3,88
UE 27	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych z Eurostat

Z informacji zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że najwyższa produkcja rolnicza występuje we Francji (prawie 19% produkcji UE) oraz we Włoszech (12,40% produkcji UE) i Niemczech (13,35% produkcji UE) - razem stanowią prawie 45% ogółu produkcji rolniczej krajów UE. Natomiast najmniejszą produkcję rolniczą wytwarza się w Luksemburgu - 0,1 % produkcji rolniczej. Jeśli chodzi o produkcje zwierzęcą to podobnie jak w przypadku produkcji rolniczej krajami o najwyższej produkcji są: Francja (ponad 15%), Niemcy (14,5%), Włochy (10%). Warto zauważyć, że w Niemczech oprócz wysokiej produkcji rolniczej i zwierzęcej występuje również najwyższa produkcja trzody chlewnej. W 2010 roku wynosiła prawie 16%, w roku następnym wzrosła do 16,51%, a w 2012 roku spadła o 0,22 %. Na drugim miejscu pod względem produkcji trzody chlewnej była Hiszpania (ok. 16,3 %), następnie Francja (9%), Dania (8%), a także Włochy (ok. 8%). Kolejne czołowe miejsca zajmowały Niderlandy oraz Polska (ponad 7%). Najniższą produkcją trzody chlewnej odznaczały się takie kraje jak: Malta (0,03%-0,05%), Luksemburg (0,7%-0,8%), Słowenia (0,15%-0,20%), a także Cypr, Łotwa czy Estonia.

Analizując powyższą tabelę należy stwierdzić, że w większości krajów Unii Europejskiej odnotowano spadek produkcji trzody chlewnej. W przypadku spadku produkcji pogłowia trzody chlewnej, należy zidentyfikować przyczyn obserwowanego zjawiska. Mogły one być związane z niskimi cenami trzody chlewnej i wysokimi kosztami jej produkcji czy też niską efektywnością. Przyczyną może być również brak środków na przeprowadzenie modernizacji, a także ograniczanie wydatków przez społeczeństwo, zmniejszając tym samym popyt na wieprzowinę [6]. Szczególnie może to dotyczyć kosztownych wędlin, na taką sytuację uskarżają się Włosi i Hiszpanie, którzy są producentami długo dojrzewających wędlin. Spadek produkcji trzody chlewnej może być również spowodowany brakiem profesjonalizmu w zakresie zasad organizacji i zarządzania produkcją oraz brak odpowiednio przygotowanych osób przejmujących gospodarstwo specjalizujących się w produkcja trzody chlewnej.

Natomiast w takich krajach jak Niemcy, Dania, Irlandia, Niderlandy, Austria czy Wielka Brytania odnotowano wzrost produkcji trzody chlewnej. W przypadku Niemiec, wynika to z dużego wsparcia producentów trzody chlewnej ze strony polityki tego państwa oraz dobrze rozwiniętej branży mięsnej dlatego też Niemcy zajmowały pierwsze miejsce wśród eksportu tego produktu w całej Europie [7]. Warto zauważyć, że produkcja trzody chlewnej w tym państwie to około 30% całej produkcji zwierzęcej.

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 3. krajem o najwyższym procentowym udziale produkcji trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej była Dania (45%), następnie Hiszpania (37%), a także Belgia (35%), Niemcy, Węgry, Niderlandy, Austria oraz Polska. W tych krajach udział produkcji trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej wynosił 26%-28%. W Polsce udział ten w latach 2010-2012 nie zmieniał się, podobnie jak w Irlandii, Finlandii oraz Wielkiej Brytanii. Produkcja trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej w całej Unii Europejskiej wynosiła 22%.

Tabela 3. Udział produkcji trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej w krajach Unii Europejskiej w latach 2010-2012

Wyszczególnienie	Udział produkcji trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej (%)		
	2010	2011	2012
Belgia	34	35	35
Bułgaria	11	11	12
Republika Czech	22	20	21
Dania	46	45	45
Niemcy	27	25	28
Estonia	21	22	23
Irlandia	9	9	9
Grecja	9	12	10
Hiszpania	36	36	37
Francja	12	13	13
Włochy	17	18	18
Cypr	19	19	20
Łotwa	18	18	16
Litwa	17	15	18
Luksemburg	12	12	16
Węgry	28	26	27
Malta	20	19	16
Niderlandy	25	25	27
Austria	25	24	26
Polska	26	26	26
Portugalia	21	21	23
Rumunia	25	21	22
Słowenia	12	11	11
Słowacja	16	16	15
Finlandia	13	13	13
Szwecja	17	16	17
Wielka Brytania	9	9	9
UE 27	22	21	22

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych EUROSTAT

Tabela 4. Sztuka duża trzody chlewnej przypadająca na 1ha powierzchni użytków rolnych w latach 2010-2012

Wyszczególnienie	Sztuka duża na 1ha powierzchni użytków rolnych (LU/ ha)		
	2010	2011	2012
Belgia	1,11	1,15	1,14
Bułgaria	0,06	0,06	0,05
Cypr	0,41	0,44	0,62
Republika Czech	0,10	0,09	0,08
Dania	1,13	1,15	1,14
Niemcy	0,41	0,40	0,42
Grecja	0,06	0,01	0,01
Hiszpania	0,28	0,25	0,22
Estonia	0,07	0,07	0,09
Francja	0,13	0,13	0,13
Węgry	0,09	0,08	0,11
Irlandia	0,003	0,002	0,002
Włochy	0,17	0,18	0,23
Litwa	0,05	0,05	0,05
Luksemburg	0,21	0,22	0,20
Łotwa	0,06	0,06	0,09
Malta	2,45	2,33	2,35
Niderlandy	1,40	1,37	1,38
Austria	0,26	0,27	0,26
Polska	0,31	0,32	0,31
Portugalia	0,06	0,06	0,03
Rumunia	0,10	0,08	0,07
Finlandia	0,14	0,14	0,14
Szwecja	0,19	0,16	0,17
Słowacja	0,03	0,03	0,03
Słowenia	0,19	0,21	0,22
Wielka Brytania	0,08	0,08	0,06
UE-27	0,22	0,22	0,22

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych z FADN-EU

W tabeli 4. została przedstawiona liczba sztuk dużych trzody chlewnej przypadająca na hektar powierzchni użytków rolnych. Z poniższych danych wynika, że krajami o największej liczbie sztuk dużych na hektar była Malta (2,35 LU/ha), Niderlandy (1,38 LU/ha). Dania i Belgia osiągnęły taki sam wynik (1,14 LU/ha). Natomiast Irlandia, Grecja, Słowacja, Portugalia, Bułgaria, Litwa, Wielka Brytania, czy Rumunia to kraje, gdzie liczba sztuk dużych na hektar była dość niska i wahała się od 0,003 LU/ha w Irlandii do 0,07 LU/ha w Rumunii. W przypadku Irlandii wynika to z faktu, że hodowla trzody chlewnej ma mniejsze znaczenie w gospodarce rolnej tego kraju.

Średnia Unijna wynosiła 0,22 LU/ha i w ciągu badanego okresu była stała. Jeśli chodzi o Polskę, to liczba ta w 2012 roku wynosiła 0,31 LU/ha i stanowi 150 średniej w UE. Należy zauważyć, że Słowenia, Włochy oraz Cypr to państwa, które z roku na rok zwiększały liczbę sztuk dużych na hektar powierzchni użytków rolnych.

## **5. Wnioski**

Rolnictwo w krajach Unii Europejskiej wykazywało silne zróżnicowanie. Dochody osiągane przez gospodarstwa rolne UE wykazywały niewielkie zmiany w latach 2010-2012. Obserwowano natomiast duże zróżnicowanie dochodowości pomiędzy krajami członkowskimi. W 2012 roku przeciętny dochód gospodarstwa rolnego w Unii Europejskiej wynosił 19,5 tys. €, wahał się od -9,2 tys. € na Słowacji do ponad 60 tys. € w Belgii, Danii a także w Holandii. W Polsce jedno gospodarstwo rolne generowało średni dochód na poziomie 10,7 tys. €, co oznacza, że był on prawie 2-krotnie niższy niż na poziomie UE-27.

W przypadku relacji dochodu gospodarstwa rolnego do wartości produkcji żywca wieprzowego, wyniki kształtowały się od 396 € w Grecji do 0,48 € w Danii. Polska w 2012 roku uzyskała wartość 1,97 € i była ona niższa od średniej Unijnej o 32.

Większości krajów Unii Europejskiej odnotowało spadek produkcji trzody chlewnej, których przyczyną mogły być między innymi uwarunkowania ekonomiczno-organizacyjne jak i różny poziom rozwoju gospodarczego. Jak wykazano, Niemcy odznaczają się oprócz wysokiej produkcji rolniczej i zwierzęcej również najwyższą produkcją trzody chlewnej. Poza tym są krajem, w którym hodowla trzody chlewnej rozwija się dość prężnie, chociaż nie są krajem o największym udziale trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej. Krajami o największym udziale produkcji trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej były Dania, Hiszpania oraz Belgia następnie Węgry, Polska, a także Austria.

Wyrównanie poziomu dochodowości gospodarstw rolnych zajmujących się produkcją trzody chlewnej wydaje się być mało prawdopodobne. Różny poziom wsparcia w poszczególnych krajach oraz różne uwarunkowania rozwoju rolnictwa powodują, że tempo przemian w tym sektorze jest tam różne.

## Literatura

1. Zegar J., *Dochody w rolnictwie w okresie transformacji i integracji europejskiej*, IERiŻ-PIB, Warszawa 2008, s 18
2. Kisiel R., *Ekonomia produkcji rolniczej*, Wyd. Art., Olsztyn 1999, s. 38
3. Stępień S., *Mikroekonomiczne determinanty opłacalności produkcji żywca wieprzowego w Polsce*, Zeszyty Studiów Doktoranckich Akademia Ekonomiczna W Poznaniu Wydział Ekonomii nr 26, Poznań 2006, s 47
4. Nowak A., Domańska K., *Zmiany dochodowości gospodarstw rolnych w Polsce na tle UE*, Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa I Rozwoju Obszarów Wiejskich, T. 101, z. 1, Warszawa 2014, s.66
5. Judzińska A. Łopaciuk W., *Wpływ Wspólnej Polityki Rolnej na zmiany w rolnictwie*, IRGŻ, Warszawa 2012, s. 31
6. Blicharski T., Hammermeister A., *Prace nad Strategią odbudowy i rozwoju produkcji trzody chlewnej w Polsce do roku 2030*, Trzoda Chlewna (2012) Vol. 50, nr 12, str. 26
7. Pejsak Z., *Produkcja świń i wieprzowiny w Niemczech – źródła sukcesu branży*, Trzoda Chlewna (2012) Vol. 50, nr 12, s. 17-22

## Zmiany dochodowości gospodarstw zajmujących się produkcją trzody chlewnej w Polsce i Unii Europejskiej

### Streszczenie

Jednym z głównych kryteriów oceniających sytuację ekonomiczno-finansową gospodarstw jest dochód. Dochód jest różnicą pomiędzy uzyskanym przychodem a poniesionymi kosztami. Wyraża on najważniejszy cel prowadzenia działalności produkcyjnej, a także stanowi podstawę do oceny racjonalności decyzji właścicieli tych gospodarstw. Celem przeprowadzonych badań była ocena zmian dochodowości gospodarstw zajmujących się produkcją trzody chlewnej w Polsce i 27 krajach Unii Europejskiej. Oceny dokonano w oparciu o dane z unijnego systemu zbierania danych rachunkowych z gospodarstw rolnych FADN (ang. Farm Accountancy Data Network) oraz dane Europejskiego Urzędu Statystycznego – EUROSTAT z lat 2010-2012. Do oceny sytuacji ekonomicznej gospodarstw rolnych państw należących do Unii Europejskiej wykorzystano metodę wskaźnikową ukazującą dochód z gospodarstwa rolnego oraz relacje dochodu gospodarstwa rolnego do wartości produkcji żywca wieprzowego. Jak wykazano, spośród 27 krajów Unii Europejskiej ujemny dochód (-9175) generowały gospodarstwa na Słowacji. Jednostki te charakteryzowały się wysokimi kosztami amortyzacji i wynagrodzeń, które przewyższały uzyskiwane przychody. Wysokimi dochodami z rodzinnego gospodarstwa rolnego cechowały się takie kraje, jak Niderlandy (65913 euro w 2012 roku), Wielka Brytania oraz Francja. W pracy przedstawiono również udział produkcji trzody chlewnej w produkcji zwierzęcej w krajach Unii Europejskiej oraz liczbę sztuk dużych trzody chlewnej przypadającą na 1ha powierzchni użytków rolnych. Jak wskazują wyniki analiz rolnictwo w krajach Unii Europejskiej przejawia silne zróżnicowanie. Dochody osiągane przez gospodarstwa rolne UE wykazywały niewielkie zmiany w latach 2010-2012. Natomiast zaobserwowano duże zróżnicowanie dochodowości pomiędzy krajami członkowskimi.

Słowa kluczowe: Unia Europejska, produkcja zwierzęca, trzoda chlewna, gospodarstwo, dochód

## **Changes in the profitability of farms involved in the production of pigs in Poland and the European Union**

### **Abstract**

One of the main criteria for assessing the economic and financial situation of households is income. Income is the difference between revenue and the resulting costs incurred. It expresses the primary objective of production activities, and provides a basis for evaluating the reasonableness of the decision the owners of these farms. The aim of the study was to evaluate the profitability of farms involved in the production of pigs in Poland and 27 countries of the European Union. The assessments were based on data from the EU's data collection system of farm FADN (ang. Farm Accountancy Data Network) and the data of the European Statistical Office - EUROSTAT from the years 2010-2012. For the evaluation of the economic situation of farms countries belonging to the European Union method was used indicator showing income from agriculture and farm income accounts for the production of pork. As shown, out of the 27 European Union countries negative income (-9175) generate farm in Slovakia. These units are characterized by high costs, depreciation and salaries, which exceeded the income received. High income from the family farm were characterized by countries such as the Netherlands (65,913 euro in 2012), the United Kingdom and France. The paper presents also participated pig production in animal production in the European Union, and the number of pieces of large pigs per 1 ha of farmland. As indicated by the results of analyzes agriculture in the European Union has a strong differentiation. Income derived by the EU farms showed little change over the period 2010-2012. In contrast, the yield was observed large variations between Member States.

Keywords: European Union, animal production, pigs, farm, income



## Indeks autorów:

Babicz M. ....	74, 107, 116	Krzyśko-Łupicka T. ....	32, 48, 98
Bąkowski M. W. ....	15	Kutera P. ....	207
Błaszczuk K. ....	32	Lipińska K. J. ....	164
Bogusz A. ....	61	Mazurkiewicz P. ....	193
Cejner M. ....	61	Merska M. ....	15
Chrząszcz A. ....	24	Mitura K. ....	164
Cybul Ed. ....	107, 207	Myszura M. ....	140
Cybul El. ....	107, 207	Olcha M. ....	15
Depo K. ....	153	Ołędzka G. ....	127
Drozd A. ....	174	Pabjanek P. ....	127
Flis E. ....	83	Pecyna M. ....	153
Hałabis M. ....	116	Piersiak A. ....	7
Iwon D. ....	74	Podlasińska J. ....	184
Kałabun M. ....	193	Pranagal J. ....	140
Kasprzak K. ....	74	Szydłowski K. ....	184
Koszałkowska M. ....	48	Tomaszewska-Krojańska D. ....	140
Kręcidło Ł. ....	48	Topolińska P. ....	164
Kropiwiec K. ....	74, 116	Walkowiak T. ....	98
Krówczyńska M. ....	127	Wilk E. ....	127