

ISSN 2544-4468
e-ISSN 2544-7904

Journal of Animal Science Biology and Bioeconomy

wcześniej – formerly
Annales UMCS sectio EE Zootechnica

VOL. XL (2)

2024

UNIwersytet Przyrodniczy w Lublinie

RADA NAUKOWA – SCIENTIFIC BOARD

Marek Babicz (Poland), Joanna Barłowska (Poland), Francisco Ceacero (Spain),
Anna Czech (Poland), Jarosław Horbańczuk (Poland), Miroslava Kačániová (Slovakia),
Ihor Kotsiumbas (Ukraine), Paulius Matusevicius (Lithuania), Michal Milerski (Czechia),
Tersia Needham (South Africa), Nad'a Sasáková (Slovakia), Brygida Ślaska (Poland),
Dmytro Yanovych (Ukraine)

REDAKTOR NACZELNY – EDITOR-IN-CHIEF

Justyna Batkowska

REDAKTOR WYDAWNICZY – PUBLISHING EDITOR

Agnieszka Litwińczuk

SKŁAD I ŁAMANIE – TYPESETTING TEXT

Małgorzata Grzesiak

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie – Wydawnictwo, Lublin 2024

ISSN 2544-4468
e-ISSN 2544-7904

Czasopismo jest indeksowane przez – Covered by:

AGRIS-FAO, AGRO, CAB Abstracts, EBSCO,
Index Copernicus – ICI Journal Master List,
Most Wiedzy, PBN, Sherpa Romeo

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO W LUBLINIE

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, tel. 81-445 66 60
<https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo>,
e-mail: wydawnictwo@up.lublin.pl

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE,
BIOLOGY AND BIOECONOMY

wcześniej – formerly
Annales UMCS sectio EE Zootechnica

VOL. XL (2)

2024

Spis treści
Table of contents

Od redakcji.....	5
Editorial.....	6
ANNA WINIARSKA, EMILIA MIECZAN, MACIEJ BĄKOWSKI, MARTA KUKURYK, ROBERT KRUSIŃSKI, MAŁGORZATA KWIECIEŃ	
Selen w środowisku pracy – zagrożenia, dopuszczalne stężenie, uwarunkowania prawne	7
Selenium in the work environment – hazards, permissible levels, legal considerations ...	15
KATARZYNA KARPIŃSKA, BOŻENA NOWAKOWICZ-DĘBEK, HENRYK KRUKOWSKI, SEBASTIAN JAGUSZEWSKI, MACIEJ WILK, JAKUB PASZKOWSKI	
Monitoring hałasu w jednym z lubelskich parków	17
Noise monitoring in one of Lublin's parks	25
ALEKSANDRA BARTKOWSKA-BEKASIEWICZ, TOMASZ MIECZAN, MICHAŁ NIEDŹWIECKI	
Ocena pośredniego oddziaływania LW Bogdanka SA na ekosystemy torfowiskowe: aplikacyjny wymiar analiz fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych wód	27
Assessment of indirect impact of LW Bogdanka SA on peatland ecosystems: the application dimension of the analyses of the physico-chemical and microbiological analyses of waters	39
Lista recenzentów 2024 – List of reviewers 2024	41

Od Redakcji

Szanowni Państwo,

Z satysfakcją oddajemy w Państwa ręce kolejny numer *Journal of Animal Science, Biology and Bioeconomy* – czasopisma, które od ponad czterech dekad pozostaje przestrzenią wymiany wiedzy naukowej z pogranicza biologii, nauk o zwierzętach, ochrony środowiska i biogospodarki. Naszym celem niezmiennie pozostaje promowanie badań, które odpowiadają na realne wyzwania współczesnego świata, zarówno te związane z funkcjonowaniem ekosystemów, jak i bezpieczeństwem człowieka w zmieniającym się otoczeniu przyrodniczym i technologicznym.

W bieżącym wydaniu znalazły się prace dotyczące funkcjonowania środowisk przyrodniczych w warunkach presji antropogenicznej, zagadnień związanych z ochroną zdrowia w miejscu pracy, jak również problematyki hałasu w przestrzeni publicznej. Mimo różnorodności podejmowanych tematów, wspólnym mianownikiem prezentowanych opracowań jest dążenie do pogłębiania wiedzy w sposób rzetelny, udokumentowany i przydatny także poza środowiskiem akademickim.

Jako redakcja aktywnie wspieramy autorów w procesie publikacyjnym, od etapu wstępnej kwalifikacji, przez rzetelne recenzje naukowe, aż po korektę językową i statystyczną. Wszystkie prace ukazują się w otwartym dostępie (*open access*), otrzymując numery DOI, co zwiększa ich widoczność i zasięg w międzynarodowym obiegu naukowym. Czasopismo jest indeksowane w uznanych bazach danych (w tym AGRIS – FAO, EBSCO, AGRO, CAB Abstracts, Index Copernicus), a zgodnie z wykazem MNiSW posiada obecnie 20 punktów.

W imieniu redakcji pragniemy serdecznie podziękować wszystkim autorom, recenzentom i współpracownikom za zaangażowanie i wkład w rozwój naszego Czasopisma. To dzięki Państwa pracy możliwe jest zachowanie wysokiego poziomu merytorycznego i redakcyjnego. Jednocześnie zachęcamy Państwa gorąco do nadsyłania kolejnych manuskryptów, zarówno oryginalnych artykułów badawczych, jak i prac przeglądowych, które wnoszą nowe spojrzenie na aktualne problemy naukowe. Zachęcamy także do cytowania już opublikowanych w naszym czasopiśmie prac, bo to realna pomoc w budowaniu pozycji Czasopisma oraz w jego dalszym rozwoju w kierunku umiędzynarodowienia i zwiększenia oddziaływania naukowego. Liczymy, że wspólnie z Państwem będziemy dalej kształtować profil Czasopisma jako nowoczesnego, otwartego i zaangażowanego forum naukowego.

Z wyrazami szacunku i nadzieją na dalszą owocną współpracę,

Redaktor naczelna
prof. dr hab. Justyna Batkowska

Zastępca redaktora naczelnego
dr hab. Łukasz Wlazło, prof. uczelni

Editorial

Dear colleagues,

We are pleased to present you with the latest issue of the *Journal of Animal Science, Biology and Bioeconomy*, a journal that for more than four decades has remained a space for the exchange of scientific knowledge in biology, animal science, nature conservation and bioeconomy. Our goal remains to promote research that addresses the real challenges of the world today, whether related to ecosystem functioning or human security in a changing natural and technological environment.

The current issue includes papers on the functioning of natural environments under anthropogenic pressure, work-related health issues, as well as the problem of noise in public spaces. Despite the diversity of the topics covered, the common denominator of the presented studies is the pursuit of knowledge in a reliable, documented and useful way, also outside academia.

As an editorial board, we actively support authors in the publication process, from the pre-qualification stage through to reliable scientific reviews and linguistic and statistical proofreading. All papers are published in open access, receiving DOI numbers, which increases their visibility and impact in the international scientific community. The journal is indexed in recognised databases (including AGRIS – FAO, EBSCO, AGRO, CAB Abstracts, Index Copernicus) and, according to the list of the Ministry of Science and Higher Education, currently has 20 points.

On behalf of the editorial board, we would like to cordially thank all authors, reviewers and contributors for their commitment and contribution to the development of our Journal. It is due to your work that it is possible to maintain a high level of content and editorial quality. At the same time, we warmly invite you to submit further manuscripts, both original research articles and review papers that bring new insights into current scientific problems. We also encourage you to cite papers already published in our Journal, as this helps to establish its position and further its development towards internationalisation and increased scientific impact. Together, we hope to continue shaping the profile of the Journal as a modern, open and committed scientific forum.

Editor-in-Chief

Prof. Justyna Batkowska, PhD, Eng.

Vice Editor-in-Chief

Łukasz Wlazło, PhD, Eng., Assoc. Prof.

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE, BIOLOGY AND BIOECONOMY

wcześniej – formerly
Annales UMCS sectio EE Zootechnica

VOL. XL (2)

2024



<https://doi.org/10.24326/jasbb.2024.5392>

¹ Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, Polska

² Wydział Prawa i Administracji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
ul. Dybowskiego 13, 10-723 Olsztyn, Polska
e-mail: anna.mieczan@up.lublin.pl

ANNA WINIARSKA¹, EMILIA MIECZAN², MACIEJ BĄKOWSKI¹,
MARTA KUKURYK¹, ROBERT KRUSIŃSKI¹,
MAŁGORZATA KWIECIEŃ¹

Selen w środowisku pracy – zagrożenia, dopuszczalne stężenie, uwarunkowania prawne

Selenium in the work environment – hazards, permissible levels,
legal considerations

Streszczenie. Selen (Se) jest kluczowym mikroelementem, którego zalecane dzienne spożycie w Polsce wynosi 55 µg dla osób dorosłych, 60 µg dla kobiet w ciąży i 70 µg dla matek karmiących. Jego niedobór może skutkować osłabieniem, infekcjami, bólami mięśni, problemami z tarczycą i układem nerwowym, a nadmiar prowadzi do selenozy z objawami takimi jak chwiejność emocjonalna, mdłości i utrata włosów. Organiczny Se jest mniej toksyczny niż nieorganiczny. Praca z Se wymaga środków ochrony indywidualnej i przestrzegania przepisów BHP. Ponieważ środowisko pracy może być źródłem zagrożeń dla człowieka ważne jest, aby praca była wykonywana w sposób bezpieczny i zgodny z obowiązującymi przepisami, zarówno dotyczącymi bezpośrednio Se i jego związków, jak i przepisów ogólnych dotyczących BHP, które reguluje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Aby zapewnić bezpieczeństwo w miejscu pracy, stężenie Se w powietrzu nie powinno przekraczać 0,1 mg/m³, z maksymalnym stężeniem chwilowym 0,3 mg/m³.

Słowa kluczowe: selen, BHP, dopuszczalne stężenie, zagrożenia, uwarunkowania prawne

Cytowanie: Winiarska A., Mieczan E., Bąkowski M., Kukuryk M., Krusiński R., Kwiecień M., 2024. Selen w środowisku pracy – zagrożenia, dopuszczalne stężenie, uwarunkowania prawne. J. Anim. Sci. Biol. Bioecon., 40(2), 7–15. <https://doi.org/10.24326/jasbb.2024.5392>

WSTĘP

Selen (Se) to pierwiastek śladowy, który występuje w przyrodzie w postaci związków nieorganicznych i organicznych [Sun i in. 2021]. Jest niezbędnym mikroelementem dla zwierząt i ludzi, a przy spożyciu nieprzekraczającym normy nie jest toksyczny. W organizmach żywych odgrywa wszechstronną rolę, ponieważ działa silnie antyutleniająco: zmniejsza ryzyko wystąpienia chorób nowotworowych, sercowo-naczyniowych oraz cukrzycy, reguluje też syntezę hormonów tarczycy oraz hormonów steroidowych i zwiększa odporność poprzez pozytywny wpływ na limfocyty B i T oraz makrofagi [Klecha i Bukowska 2016]. W Polsce dzienne zapotrzebowanie na Se osób dorosłych wynosi 55 µg, podczas ciąży wzrasta do 60 µg, a w czasie laktacji do 70 µg [Jarosz i in. 2020]. Objawy niedoboru Se pojawiają się, gdy stężenie tego pierwiastka w osoczu krwi jest mniejsze niż 85 µg/l. Najczęściej obserwowanym objawem jest ogólne osłabienie organizmu. Stan ten spowodowany jest częstym zapadaniem na infekcje, którym towarzyszą bóle mięśniowe i wycieńczenie organizmu [Jarosz i in. 2020]. Selen łagodzi hepatotoksyczność wywołaną metalami ciężkimi toksycznymi (kadm, rtęć, ołów i arsen) poprzez osłabienie szlaków zapalnych i oksydacyjnych [Ozoani i in. 2024]. Jego niedobór powoduje kardiomiopatię oraz martwicę wątroby i mięśni, co wykazano u ludzi i zwierząt [Hadrup i Ravn-Haren 2023]. Deficyt tego pierwiastka wpływa na zaburzenia funkcji tarczycy. Stwierdzono również, że niedobór tego mikroelementu u dzieci może wiązać się z zatrzymaniem ich wzrostu, a u dorosłych skutkuje zaburzeniami w funkcjach układu rozrodczego i nerwowego, a także powoduje dystrofię chrząstek stawowych [Włodarek i in. 2014]. Selen uczestniczy w obronie antyoksydacyjnej organizmu przez występowanie w endogennych enzymach antyoksydacyjnych [Fernández-Lázaro i in. 2020]. Badania przeprowadzone w Chinach wykazały związek pomiędzy przebiegiem COVID-19 a niskim poziomem Se w organizmie [Zhang i in. 2020]. Selen reguluje odporność przez zwiększenie produkcji przeciwciał IgG i IgM, co wykorzystuje się u osób z wirusem HIV w celu zapobiegania rozwojowi pełnoobjawowego AIDS [Eskin 2022]. Po spożyciu Se jest w większości wchłaniany, ok. 50% wydalanę jest z moczem, a część zatrzymywana w organizmie gromadzi się głównie w wątrobie i nerkach [Adewale i in. 2022]. Przez długi czas selen był uważany za pierwiastek toksyczny. Badania epidemiologiczne i badania na zwierzętach pokazują jednak, że Se nie jest substancją rakotwórczą, a w niektórych przypadkach może mieć właściwości przeciwnowotworowe [Adewale i in. 2022].

Biorąc pod uwagę, że organizm ludzki potrzebuje niewielkiej ilości tego składnika do odpowiedniego funkcjonowania, to nadmierna jego podaż przez dłuższy czas powoduje występowanie niepokojących objawów zdrowotnych, świadczących o przewlekłym zatruciu – selenozie [Klecha i Bukowska 2016]. U człowieka obserwuje się wówczas wzmożoną chwiejność emocjonalną, podenerwowanie, torsje, mdłości, czosnkową woń z ust, nadpotliwość, zaburzenia funkcjonowania układu nerwowego, a także utratę włosów i/lub ubytki płytki paznokcia [Jarosz i Bułhak-Jachymczyk 2008]. Niekiedy nadmiar Se łączy się z występowaniem cukrzycy typu 2 [Klecha i Bukowska 2016]. Większość badań wskazuje, że przy pobraniu 2–3 µg Se/kg masy ciała/dzień nie obserwuje się działań niepożądanych [Hadrup i Ravn-Haren 2023]. W jednym z badań wykazano zwiększoną śmiertelność wśród ludzi po codziennym spożywaniu 300 µg Se przez 5 lat (4,3 µg/kg masy ciała dziennie), za dawkę toksyczną uważa się natomiast 600–700 µg [Wawer i Paradowska 2020, Hadrup i Ravn-Haren 2023]. Przyjmowanie Se w formie

produktu medycznego może mieć wpływ na zbyt wysoką zawartość tego składnika w organizmie z uwagi na niski indeks terapeutyczny Se, czyli niewielką różnicę między dawką medyczną a toksyczną [Stolińska i Wolańska 2012].

Postać chemiczna Se wpływa na jego przyswajalność [Langauer-Lewowicka i Pawlas 2016]. Organiczny Se jest biologicznie bardziej aktywny, mniej toksyczny i łatwiej wchłaniany oraz wykorzystany przez organizm ludzki niż forma nieorganiczna [Liao, Wang 2022]. Selen wchłaniany jest w jelicie cienkim, następnie wraz z krwią związki nieorganiczne Se (seleniny, seleniany) transportowane są do narządów wewnętrznych, gdzie redukowane są do selenków. W komórkach człowieka Se gromadzi się w postaci L-selenometioniny lub L-selenocysteiny, natomiast metabolity Se są wydalone przede wszystkim z kałem i moczem, a niewielka ilość wraz z wydychanym powietrzem. Także toksyczność Se zależy od jego formy chemicznej [Golonko i Matejczyk 2018, Hadrup i Ravn-Haren 2023]. Badania przeprowadzone na zwierzętach laboratoryjnych wykazały, że najniższą toksyczność wykazuje Se pierwiastkowy i większość selenków (z uwagi na niską przyswajalność), natomiast najbardziej niebezpieczne są tlenek selenu(IV), disiarczek selenu i trimetylo-Se-Cl [Golonko i Matejczyk 2018].

Zatrucia Se rzadko spowodowane są nieodpowiednim odżywianiem i dochodzi do nich sporadycznie. Poważniejszym zagrożeniem jest obecność Se w środowisku pracy. W związku z tym celem pracy było przeanalizowanie informacji dostępnych w światowym piśmiennictwie dotyczących zagrożeń związanych z zawodowym narażeniem na Se. Przedstawiono także obowiązujące w Polsce uwarunkowania prawne, minimalizujące ryzyko dla zdrowia osób narażonych na Se.

ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z OBECNOŚCIĄ SE W ŚRODOWISKU PRACY

W 2010 r. całkowitą produkcję Se na świecie szacowano na ok. 3000 ton/rok [Naumov 2010]. Obecnie uważa się, że jest to 4788 ton/rok [https://ibm.gov.in/writereaddata/files/11292021123510Selenium_Tellurium%20_2020.pdf]. Światowe rezerwy selenu wynoszą 100 000 ton, znajdują się one głównie w Chinach (26%), Rosji (20%), Peru (13%), USA (10%) i Kanadzie (6%) [https://ibm.gov.in/writereaddata/files/11292021123510Selenium_Tellurium%20_2020.pdf].

Selen używany jest w przemyśle w postaci dodatku lub produktu ubocznego procesów produkcyjnych. Narażenie zawodowe na ten pierwiastek dotyczy głównie pracowników przemysłu chemicznego, metalurgicznego, szklarskiego oraz elektrycznego. Selen jest używany w produkcji pigmentów stosowanych w tworzywach sztucznych, farbach, emaliach, tuszach i gumach [Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2003]. Ponadto wykorzystywany jest przy produkcji kosmetyków (np. siarczek selenu w szamponach przeciwłupieżowych) oraz preparatów o działaniu grzybobójczym i bakteriobójczym [Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2003]. Używa się go również w wulkanizacji i produkcji transformatorów. Jest także stosowany jako dodatek paszowy dla zwierząt gospodarskich oraz w produkcji nawozów sztucznych. Największe zagrożenie dla zdrowia pracownika stanowią pyły i dymy zawierające selen [Langauer-Lewowicka i Pawlas 2016].

Nadmierna ekspozycja zawodowa może prowadzić do przewlekłego zatrucia Se u pracowników przemysłu. Badania przeprowadzone w grupie pracowników narażonych na działanie Se wykazały, że najczęściej obserwuje się uczulenia skórne oraz podrażnie-

nie oczu, a także dokuczliwy kaszel i duszności [Ducros i Favier 2004]. Stwierdzano także często powtarzające się zapalenia płuc lub oskrzeli, którym towarzyszyła nieprzyjemna czosnkowa woń z jamy ustnej i metaliczny posmak w ustach. Dodatkowo wdychanie związków Se powoduje podrażnienie błon śluzowych w układzie oddechowym, obrzęk płuc, krwawienie z nosa, wymioty i nudności, skutki sercowo-naczyniowe, bóle głowy oraz złe samopoczucie [Adewale i in. 2022]. Ostra toksyczność objawia się zespołem niewydolności oddechowej, zawałem mięśnia sercowego, niewydolnością nerek, tachykardią i zaczerwienieniem twarzy, występują także objawy neurologiczne, w tym drżenie i bóle mięśni [Smrkołj i in. 2015].

W dostępnej literaturze nie znaleziono informacji dotyczących zgonów wśród pracowników spowodowanych działaniem Se, a niezbyt częste występowanie niepożądanych zmian zdrowotnych w wyniku jego działania sprawia, że ocena narażenia na selen dla instytucji pracy nie stanowi sprawy priorytetowej [Langauer-Lewowicka i Pawlas 2016]. Niemniej jednak badania epidemiologiczne przeprowadzone w ostatnich latach w populacjach zachodnich wykazały niekorzystne skutki przewlekłego narażenia na niskie stężenia Se, które prowadzą do nadmiernej ekspresji selenoprotein [Vinceti i in. 2022]. Wykazały one, że u ludzi spożycie Se w niewielkiej ilości, nieprzekraczającej 60 µg/dzień, zwiększa ekspresję selenoprotein, co może powodować wzrost ryzyka wystąpienia niektórych chorób metabolicznych, np. cukrzycy typu 2. Co więcej, wskazują one na potrzebę ponownej oceny wartości referencyjnych w zakresie górnego poziomu spożycia Se, ponieważ zalecane wartości spożycia tego pierwiastka w diecie zostały ustalone, gdy dowody epidemiologiczne dotyczące wpływu Se na zdrowie nie były pełne.

Pewne zastrzeżenia i wątpliwości budzi narażenie ludzi na selenin sodu, który w postaci dodatku paszowego jest stosowany w żywieniu zwierząt gospodarskich [EFSA 2015]. Związane jest to z jego drażniącym działaniem na skórę, oczy i układ oddechowy. Raport Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) wykazał, że selenin sodu stosowany w postaci powlekane granulowanego preparatu jest bezpieczny dla osób obsługujących zwierzęta z uwagi na bardzo niskie pylenie. Natomiast niebezpieczna może być ekspozycja skórna, w przypadku gdy u osoby narażonej na selenin sodu występują uszkodzenia skóry [EFSA 2015]. Z kolei pracownicy mający do czynienia z seleninem sodu w postaci niepowlekanej są narażeni na Se poprzez wdychanie w ilościach, które stanowią ryzyko dla zdrowia [EFSA 2016]. Należy podkreślić, że stosowanie seleninu sodu jako źródła Se w żywieniu zwierząt jest uważane za bezpieczne dla konsumenta, pod warunkiem przestrzegania całkowitej maksymalnej dozwolonej zawartości selenu w mieszankach paszowych [EFSA 2015].

BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY W ZAKŁADACH PRZEMYSŁOWYCH, W KTÓRYCH WYSTĘPUJE SE I JEGO ZWIĄZKI – UWARUNKOWANIA PRAWNE

Ponieważ środowisko pracy może być źródłem zagrożeń dla człowieka, ważne jest, aby praca była wykonywana w sposób bezpieczny i zgodny z obowiązującymi przepisami, zarówno dotyczącymi bezpośrednio Se i jego związków, jak i przepisów ogólnych dotyczących BHP, które reguluje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [Dz.U. 1997 nr 129, poz. 844]. Bardzo ważną rolę w zapobieganiu negatywnemu działaniu

selenu oraz jego związków na zdrowie pracownika pełnią środki ochrony indywidualnej. Priorytet będzie stanowić odpowiednia ochrona oczu, skóry i dróg oddechowych.

Wymagania, jakie powinny spełniać środki ochrony indywidualnej, zostały zawarte w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej [Dz.U. 2005 nr 259, poz. 2173]. Zgodnie z Kodeksem Pracy pracodawca ma obowiązek dostarczyć pracownikowi nieodpłatnie środki ochrony indywidualnej oraz przeszkolić go w zakresie właściwego posługiwania się tymi środkami [Dz.U. 1974 nr 24, poz. 141]. Karty charakterystyki Se ostrzegają, że działa on toksycznie po połknięciu oraz w następstwie wdychania, a także może powodować uszkodzenie narządów poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie. Podkreśla się w nich, że należy unikać wdychania pyłu i ekspozycji błon śluzowych. W przypadku gdy na stanowisku pracy występują pyły lub opary zawierające Se, stosuje się ochronę oczu, najczęściej w postaci okularów ochronnych w szczelnej obudowie. Z uwagi na możliwość podrażnienia skóry pracownik powinien chronić skórę rąk gumowymi rękawicami nitrylowymi, odpornymi na działanie substancji chemicznych. Należy też założyć ubiór ochronny oraz odpowiednie obuwie. Istotną kwestią w pracy z tym produktem stanowią środki ochrony układu oddechowego zaopatrzone w filtry. Dobór maski powinien być dokonany z uwzględnieniem stopnia ekspozycji oraz zagrożeń wynikających ze stosowania produktu.

Zgodnie z Ustawą z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach, substancjami niebezpiecznymi i mieszaninami niebezpiecznymi nazywa się substancje, które należą do co najmniej jednej kategorii zawartej w tej ustawie [Dz.U. 2011 nr 63, poz. 322]. Selen przyporządkowany jest do dwóch kategorii: (1) do grupy substancji i mieszanin toksycznych oraz (2) do grupy substancji i mieszanin drażniących. Oznacza to, że Se może być zakwalifikowany do substancji niebezpiecznych, co powoduje, że przestrzeganie zasad BHP podczas pracy z Se musi być bezwzględnie spełnione. Bardzo ważną kwestią w przypadku pracy z substancją niebezpieczną jest zapoznanie pracowników z kartami charakterystyk tych substancji. Karta charakterystyki zawiera informacje na temat niebezpiecznych właściwości, możliwych zagrożeń wynikających z pracy z substancją niebezpieczną oraz zasad postępowania w przypadku kontaktu ze skórą, oczami lub układem oddechowym i/lub pokarmowym (rys. 1). Karty stanowią jeden z najważniejszych czynników służących do ochrony pracowników przed niepożądanym wpływem substancji chemicznych [Puchalska i in. 1999].

Przy pracy z Se istotna jest wiedza pracownika na temat udzielania pierwszej pomocy, obejmująca zachowania w przypadku jego wdychania, połknięcia lub kontaktu bezpośredniego ze skórą i/lub błonami śluzowymi (rys. 2). W każdej z tych sytuacji istotne jest, że jeżeli zaobserwowano niepokojące lub nieustępujące objawy, należy skonsultować się z lekarzem [<https://www.ciop.pl/>].

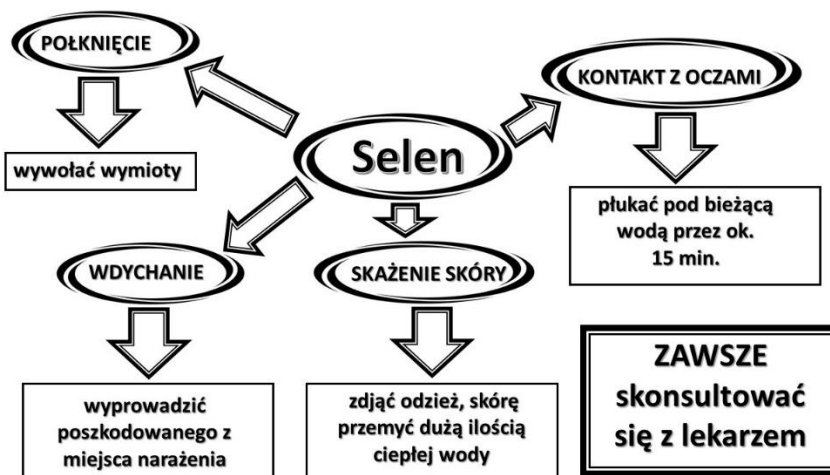
DOPUSZCZALNE STĘŻENIE SELENU W ŚRODOWISKU PRACY

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy stężenie Se i jego związków (z wyjątkiem selanu) nie może przekraczać $0,1 \text{ mg/m}^3$. Ustawa uwzględnia także najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe, które nie może przekraczać $0,3 \text{ mg/m}^3$ [Dz.U. 2002 nr 217, poz. 1833].

Środki pierwszej pomocy <i>Opis środków pierwszej pomocy</i> Najważniejsze ostre i opóźnione objawy oraz skutki narażenia <i>Wskazania dotyczące wszelkiej natychmiastowej pomocy lekarskiej i szczególnego postępowania z poszkodowanym</i>	Szczególne zagrożenia związane z substancją lub mieszaniną 	Elementy oznakowania   <i>Zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia:</i> Działa toksycznie po połknięciu. Działa toksycznie w następstwie wdychania. Może powodować uszkodzenie narządów poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie. <i>Zwroty wskazujące środki ostrożności:</i> Unikać wdychania pyłu. W przypadku połknięcia: Natychmiast skontaktować się z ośrodkiem zatruc lub lekarzem. W przypadku narażenia lub styczości: skontaktować się z ośrodkiem zatruc lub lekarzem.
Postępowanie z substancjami i ich magazynowanie <i>Środki ostrożności dotyczące bezpiecznego postępowania</i> Warunki bezpiecznego magazynowania, w tym informacje dotyczące wszelkich wzajemnych niezgodności	Kontrola narażenia / środki ochrony indywidualnej <i>Parametry dotyczące kontroli</i> Kontrola narażenia (Stosowne techniczne środki kontroli; Indywidualne środki ochrony) Kontrola narażenia środowiska	
Informacje toksykologiczne <i>Dotyczące skutków toksykologicznych</i> O możliwych drogach narażenia, potencjalnym chronicznym działaniu na zdrowie <i>Objawy związane z właściwościami fizycznymi, chemicznymi i toksykologicznymi</i> Opóźnione, bezpośrednie, przewlekłe skutki krótko- i długotrwałego narażenia		

Rys. 1. Informacje dostępne w karcie charakterystyki substancji niebezpiecznej (opracowanie własne)

Fig. 1. Information available in the safety data sheet (own elaboration)



Rys. 2. Postępowanie w przypadku zatrucia selenem (opracowanie własne)

Fig. 2. Treatment in case of selenium poisoning (own elaboration)

Ocenę czystości powietrza dokonuje się metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej zawartej w PN-89/Z-04172/03 [Gawęda 2014]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy pracodawca może odstąpić od pomiarów stężeń, jeżeli wyniki dwóch ostatnich badań i pomiarów szkodliwych dla zdrowia

czynników chemicznych lub pyłów nie przekroczyły 0,1 wartości NDS (najwyższe dopuszczalne stężenie) [Dz.U. 2011 nr 33, poz. 166].

PODSUMOWANIE

Zarówno zatrucia Se, jak i przewlekła selenoza są niezwykle rzadkie, niemniej jednak lekarze powinni mieć świadomość możliwej toksyczności Se ze względu na coraz częstsze stosowanie tego związku jako suplementu diety oraz ze względu na obawy związane z występowaniem skażenia środowiska tym składnikiem mineralnym. Środowisko pracy, w którym występuje selen i jego związki, jest potencjalnym źródłem zagrożeń wpływających na zdrowie pracownika. Konieczne jest przestrzeganie zasad BHP, aby praca była wykonywana w sposób bezpieczny i zgodny z obowiązującymi przepisami, które reguluje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. [Dz.U. 1997 nr 129 poz. 844].

PIŚMIENNICTWO

- Adewale G.G., Olajide P.A., Omowumi O.S., Okunlola D.D., Taiwo A.M., Adetuyi B.O., 2022. Toxicological significance of the occurrence of selenium in foods. *World News Nat. Sci.* 44, 63–88.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2003. Toxicological profile for selenium (Update). Public Health Service, Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. Dostępne na: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp92.pdf>
- Ducros V., Favier A., 2004. Selenium metabolism. *EMC-Endocrinologie* 1(1), 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.emcend.2003.10.001>
- Dz.U. 1974 nr 24, poz. 141. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy.
- Dz.U. 1997 nr 129, poz. 844. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.
- Dz.U. 2002 nr 217, poz. 1833. Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.
- Dz.U. 2005 nr 259, poz. 2173. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej.
- Dz.U. 2011 nr 33, poz. 166. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.
- Dz.U. 2011 nr 63, poz. 322. Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach.
- EFSA, 2015. EFSA Panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP). Scientific opinion on the safety and efficacy of selenium compounds (E8) as feed additives for all animal species: sodium selenite (coated granulated preparation), based on a dossier submitted by Doxal Italia S.p.A. *EFSA J.* 13(11), 4271. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4271>
- EFSA, 2016. EFSA Panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP). Safety and efficacy of selenium compounds (E8) as feed additives for all animal species: so-

- dium selenite, based on a dossier submitted by Retorte GmbH Selenium Chemicals and Metals. *EFSA J.* 14(2), 4398. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4398>
- Eskin M.N.A., 2022. Selenium: an important and often ignored trace element. *Am. J. Biomed. Sci. Res.* 16(3), 339–340. <https://doi.org/10.34297/AJBSR.2022.16.00223>
- Fernández-Lázaro D., Fernandez-Lazaro C.I., Mielgo-Ayuso J., Navascués L.J., Córdova Martínez A., Seco-Calvo J., 2020. The role of selenium mineral trace element in exercise: antioxidant defense system, muscle performance, hormone response, and athletic performance. A systematic review. *Nutrients* 12(6), 1790. <https://doi.org/10.3390/nu12061790>
- Golonko A., Matejczyk M., 2018. Dwa oblicza selenu. Wybrane aspekty aktywności biologicznej selenu. *Civil Environ. Eng.* 9, 65–74.
- Hadrup N., Ravn-Haren G., 2023. Toxicity of repeated oral intake of organic selenium, inorganic selenium, and selenium nanoparticles: A review. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 79, 127235. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127235>
- https://ibm.gov.in/writereaddata/files/11292021123510Selenium_Tellurium%20_2020.pdf
- <https://www.ciop.pl/>
- Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B., 2008. Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J. (red.), 2020. Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. Wyd. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Warszawa.
- Klecha B., Bukowska B., 2016. Selen w organizmie człowieka – charakterystyka pierwiastka i potencjalne zastosowanie terapeutyczne. *Bromat. Chem. Toksykol.* 4, 818–829.
- Langauer-Lewowicka H., Pawlas K., 2016. Selen w środowisku. *Med. Środ.* 1, 9–16.
- Liao J., Wang C., 2022. Factors affecting selenium-enrichment efficiency, metabolic mechanisms and physiological functions of selenium-enriched lactic acid bacteria. *J. Fut. Foods* 2(4), 285–293. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.08.001>
- Naumov A.V., 2010. Selenium and tellurium: state of the markets, the crisis, and its consequences. *Metallurgist* 54(3–4), 197–200. <https://doi.org/10.1007/s11015-010-9280-7>
- Ozoani H., Ezejiofor A.N., Okolo K.O., Orish C.N., Cirovic A., Cirovic A., Orisakwe O.E., 2024. Selenium and zinc alleviate hepatotoxicity induced by heavy metal mixture (cadmium, mercury, lead and arsenic) via attenuation of inflammo-oxidant pathways. *Environ. Toxicol.* 39(1), 156–171. <https://doi.org/10.1002/tox.23966>
- Smrkolj P., Pograjc L., Hlastan-Ribič C., Stibilj V., 2015. Selenium content in selected Slovenian foodstuffs and estimated daily intakes of selenium. *Food Chem.* 90, 691–697. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.028>
- Stolińska H., Wolańska D., 2012. Składniki pokarmowe istotne w niedoczynności tarczycy. *Żyw. Człow. Metab.* 3, 221–229.
- Sun H., Chen J., Xiong D., Long M., 2023. Detoxification of selenium yeast on mycotoxins and heavy metals: a review. *Biol. Trace Elem. Res.* 201(11), 5441–5454. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03576-5>
- Vinceti M., Filippini T., Jablonska E., Saito Y., Wise L.A., 2022. Safety of selenium exposure and limitations of selenoprotein maximization: molecular and epidemiologic perspectives. *Environ. Res.* 211, 113092. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113092>
- Wawer I., Paradowska K., 2020. Suplementacja selenem w czasach COVID-19. *Almanach* 15(2), 69–75.
- Włodarek D., Lange E., Kozłowska L., Głąbska D., 2014. Dietoterapia. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.

Zhang J., Taylor E.W., Bennett K., Saad R., Rayman M.P., 2020. Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China. *Am. J. Clin. Nutr.* 111(6), 1297–1299. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa095>

Abstract. Selenium (Se) is a key trace element, with recommended daily intake in Poland being 55 µg for adults, 60 µg for pregnant women, and 70 µg for breastfeeding mothers. Its deficiency can lead to weakness, infections, muscle pain, thyroid and nervous system problems, while excess can cause selenosis, symptoms of which include emotional instability, nausea, and hair loss. Organic Se is less toxic than inorganic. Working with Se requires personal protective equipment and compliance with health and safety regulations. the working environment may be a source of threats to humans, it is important that work is performed in a safe manner and in accordance with applicable regulations, both directly relating to Se and its compounds as well as general provisions regarding health and safety, which are regulated by the Regulation of the Minister of Labor and Social Policy of 26 September 1997 on general occupational health and safety regulations. The concentration of Se in the air should not exceed 0.1mg/m³, with a temporary maximum of 0.3mg/m³, to ensure workplace safety.

Keywords: selenium, occupational health and safety, permissible level, threats, legal conditions

Otrzymano/Received: 13.06.2024
Zaakceptowano/Accepted: 31.07.2024
Online first: 8.11.2024
Opublikowano/Published: 30.06.2025

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE, BIOLOGY AND BIOECONOMY

wcześniej – formerly
Annales UMCS sectio EE Zootechnica

VOL. XL (2)

2024



<https://doi.org/10.24326/jasbb.2024.5457>

¹ Katedra Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

² Studenckie Koło Naukowe Zagrożeń Zawodowych
i Środowiskowych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
katarzyna.karpinska@up.lublin.pl

KATARZYNA KARPIŃSKA¹,
BOŻENA NOWAKOWICZ-DĘBEK¹,
HENRYK KRUKOWSKI¹, SEBASTIAN JAGUSZEWSKI²,
MACIEJ WILK², JAKUB PASZKOWSKI²,

Monitoring hałasu w jednym z lubelskich parków

Noise monitoring in one of Lublin's parks

Streszczenie. Parki postrzegane są jako oazy spokoju i miejsca odpoczynku w miastach. Jednak ich lokalizacja, przy dynamicznym rozwoju komunikacji, może negatywnie modyfikować klimat akustyczny tych miejsc. Dlatego przeprowadzono badania monitorujące poziom hałasu w jednym z lubelskich parków. Badania prowadzono czterokrotnie, w dwóch okresach pomiarowych. Analiza poziomu dźwięku w badanym parku wykazała istotne różnice poziomu hałasu w poszczególnych okresach roku, co wskazuje na dynamikę klimatu akustycznego badanego obiektu.

Słowa kluczowe: hałas, zanieczyszczenie środowiska, park, ochrona środowiska

WSTĘP

W programach ochrony przed hałasem w aglomeracjach miejskich dużą uwagę zwraca się na hałas komunikacyjny lub przemysłowy, gdyż wykazuje on tendencję

Cytowanie: Karpinska K., Nowakowicz-Dębek B., Krukowski H., Jaguszewski S., Wilk M., Paszkowski J., 2024. Monitoring hałasu w jednym z lubelskich parków. J. Anim. Sci. Biol. Bioecon., 40(2), 17–25. <https://doi.org/10.24326/jasbb.2024.5457>

wzrostową. Prawo ochrony środowiska zapewnia mieszkańców o utrzymaniu hałasu na co najmniej dopuszczalnym poziomie. Dopuszczalne wartości hałasu zostały określone w ustawie [Dz.U. 2024, poz. 54], co pozwala na tworzenie map akustycznych miasta. Według zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia hałas nie powinien przekraczać 50–55 dB w dzień oraz 40–45 dB w porze nocnej [Preis 2018]. W większości przypadków nie ma możliwości całkowitego wyeliminowania hałasu, należy jednak dążyć do jego redukcji, która opiera się na dwóch aspektach: prawno-administracyjnym oraz technicznym. Wśród metod technicznych należy zastosować rozwiązania wykorzystywane zarówno przy konstruowaniu pojazdów, jak i w zabezpieczeniach akustycznych, takich jak ekrany dźwiękochłonne, odpowiednie nawierzchnie czy pasy zieleni [Gradkowski 2009, Gągorowski i Korzeb 2011].

Znaczącą rolę w ograniczaniu emisji hałasu odgrywa zieleń miejska, której działanie można porównać do ekranu akustycznego. Roślinność posiada tzw. psychofizyczną skuteczność ekranowania, która polega na subiektywnym odczuciu tłumienia hałasu przez powierzchnie zielone [Kinitz 2014]. Z tego powodu staje się coraz bardziej docenianym elementem obszarów zurbanizowanych, w szczególności w centrach miast, gdzie nie można zastosować ekranów akustycznych.

Efektywną formę tłumienia hałasu w aglomeracjach stanowią wyspy zieleni oraz miejskie parki. Na terenie Lublina występują parki o zróżnicowanej powierzchni i roślinności. Przez mieszkańców uznawane są za oazy spokoju, miejsca odpoczynku i obcowania z naturą. Niestety, również w nich można zauważyć pojawiające się zanieczyszczenia akustyczne. Uciążliwe dźwięki mogą pochodzić z otoczenia parku, jak też mogą być generowane przez jego użytkowników. Ważnym elementem ochrony parków miejskich przed nadmiernym hałasem są regulacje prawne, które określają dopuszczalne normy hałasu oraz obowiązek monitorowania jego poziomu. Parlament Europejski wprowadził dyrektywę [2002/49/WE] narzucającą zapewnienie właściwego klimatu akustycznego. W Polsce przepisy te zostały wdrożone poprzez zmiany w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska [Dz.U. 2001 nr 62, poz. 627], odnosząc się bezpośrednio do ochrony przed hałasem. Aktem wykonawczym jest rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz.U. 2014, poz. 112], w którym określono dopuszczalny poziom hałasu, zapewniający najlepszy stan akustyczny środowiska. Zobowiązano również organy administracyjne do regularnego sprawdzania klimatu akustycznego i podejmowania działań mających na celu jego poprawę.

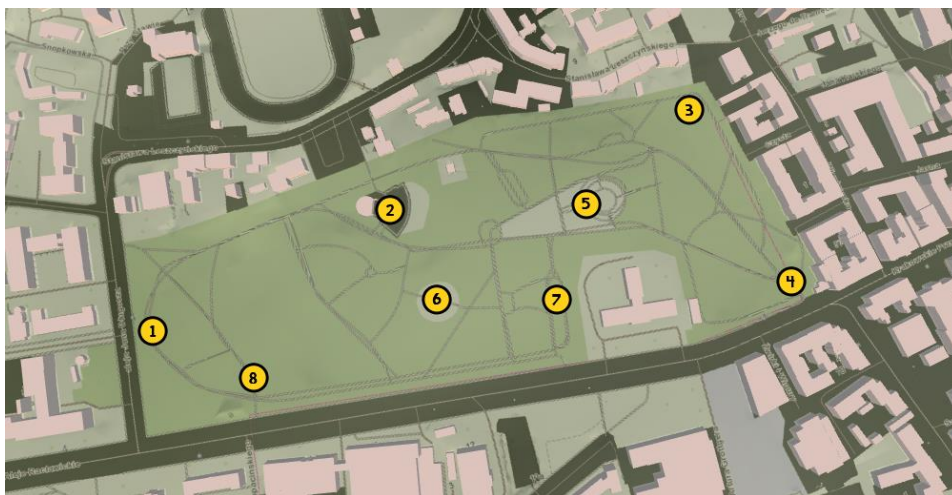
Celem pracy jest monitoring hałasu w miejskich przestrzeniach zielonych oraz wskazanie potencjalnych metod jego ograniczenia, z uwzględnieniem aspektów prawnych, środowiskowych i społecznych.

MATERIAŁ I METODY

Pomiary hałasu przeprowadzono w jednym z lubelskich parków. Badania prowadzono czterokrotnie w dwóch okresach (wiosna i jesień). Punkty pomiarowe zlokalizowano na wysokości 1,5 m (rys. 1), zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 września 2021 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomia-

rów wielkości emisji [Dz.U. 2021, poz. 1710]. W każdym z punktów wykonano cztery godzinne pomiary – o różnych porach, w dni powszednie między 6.00 a 22.00 – z których wyliczono średnią. Pomiary były wykonywane za pomocą sonometru marki Sonopan DLM-102, który zgodnie z wymaganiami polskiej normy PN-EN 61672 jest zaliczany do klasy 2. W trakcie badań uwzględniono: równoważny poziom dźwięku (L_{Aeq}), maksymalny poziom dźwięku skorygowany charakterystyką korekcyjną A (L_{AFmax}) i szczytowy poziom dźwięku skorygowany charakterystyką korekcyjną C (L_{Cpeak}) [PN-EN ISO 9612: 2011, PN-N-01307: 1994]. W trakcie badań prowadzono kontrolę parametrów mikroklimatycznych: temperatura, wilgotność względna za pomocą termohigrometru Abatron AB-3321. Zmierzona temperatura i wilgotność zostały uśrednione i wynosiły odpowiednio $5,84 \pm 2,44^{\circ}\text{C}$ i $81,84 \pm 9,52\%$ RH jesienią oraz $16,45 \pm 1,85^{\circ}\text{C}$ i $69,32 \pm 6,35\%$ RH wiosną.

Na podstawie planu parku z podziałem na strefy funkcjonalno-przestrzenne wyznaczono 8 punktów pomiarowych (rys. 1), uwzględniając ruch uliczny, plac zabaw, muszlę koncertową itp. W oparciu o wyznaczone punkty przeprowadzono ocenę akustyczną badanego terenu [Jęch i Stępniewska 2020]. Punkty badawcze wybierano, biorąc pod uwagę źródła pochodzenia naturalnego oraz antropogenicznego.



Rys. 1. Plan Ogrodu Saskiego w Lublinie z zaznaczoną lokalizacją punktów pomiaru hałasu
[Geoportal – oprac. wł.]

Fig. 1. Plan of the Saxon Garden in Lublin with marked locations of noise measurement points
[Geoportal – own work]

ANALIZA STATYSTYCZNA

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Statistica v.13.3 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Poszukiwanie różnic pomiędzy poszczególnymi pomiarami w okresie jesieni i wiosny oraz pomiędzy badanymi okresami prowadzono testem ANOVA, przy czym sprawdzano normalność rozkładu testem Leve-

ne'a. Istotność różnic między grupami określono za pomocą testu post-hoc Tukeya, dla poziomu istotności $p < 0,05$. W tabelach przedstawiono średnie (M) i odchylenie standardowe (SD). Średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p < 0,05$. Ponadto wyliczono średni długoterminowy poziom hałasu wg metodyki zgodnej z międzynarodowym standardem ISO 1996-2: 2017.

$$L_{Aeq,LT} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1(L_{Aeq,T})_i} \right]$$

gdzie:

N – liczba próbek w odniesieniu do przedziału czasu referencyjnego,

$(L_{Aeq,T})_i$ – równoważny, ciągły poziom ciśnienia akustycznego ważonego A w i-tej próbie, wyrażony w decybelach (dB).

WYNIKI

W tabelach 1–3 przedstawiono uśrednione wyniki z kolejnych pomiarów hałasu w badanych okresach. Średnie poziomy dźwięku jesienią były zgodne z wartością odniesienia dla miasta, jednakże maksymalne wartości wskazują chwilowe przekroczenia wartości odniesienia. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy pomiarami (tab. 1).

Tabela 1. Średnie poziomy dźwięku w parku w poszczególnych pomiarach jesienią (dB)
Table 1. Average sound levels in the park in individual measurements in autumn (dB)

Kolejne pomiary Measurements	N	M	SD	Min.	Max.
1	32	54,59	4,42	50,2	66,9
2	32	52,75	4,68	46,9	62,3
3	32	54,94	5,28	48,5	67,0
4	32	46,98	3,83	42,2	55,2
Ogółem/ Total	128	52,32	5,55	42,2	67,0

N – wielkość próby, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, Min. – wartość minimalna, Max. – wartość maksymalna

N – sample size, M – arithmetic mean, SD – standard deviation, Min. – minimum value, Max. – maximum value

Wiosną uśrednione wartości poziomu hałasu wahały się od 51,1 dB do 67,4 dB. Średnie poziomy uzyskane w trakcie 1, 2 i 4 pomiaru były wyższe niż zalecana wartość odniesienia dla miasta. Analiza statystyczna wykazywała zależności istotne statystycznie pomiędzy pobraniami (tab. 2).

Analiza statystyczna danych dla badanych okresów wykazała niższy poziom hałasu jesienią niż wiosną, a wartości te były istotne statycznie przy $p < 0,05$ (tab. 3). Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku wartość odniesienia wynosi 55 dB [Dz.U. 2014, poz. 112]. W myśl obecnie obowiązujących przepisów klimat akustyczny w parkach miejskich nie podlega bezpośredniej ochronie.

Tabela 2. Średnie poziomy dźwięku w parku w poszczególnych pomiarach wiosną (dB)
Table 2. Average sound levels in the park in individual measurements in spring (dB)

Kolejne pomiary Measurements	N	M	SD	Min.	Max.
1	32	57,86b	0,70	56,9	59,1
2	32	57,21abc	1,54	55,5	60,1
3	32	52,83c	1,50	51,1	55,7
4	32	65,34a	1,20	63,2	67,4
Ogółem Total	128	59,99	5,51	51,1	67,4

N – wielkość próby, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, Min. – wartość minimalna, Max. – wartość maksymalna. Średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p < 0,05$

N – sample size, M – arithmetic mean, SD – standard deviation; Min. – minimum value, Max. – maximum value. Means marked with different letters differ significantly at $p < 0.05$

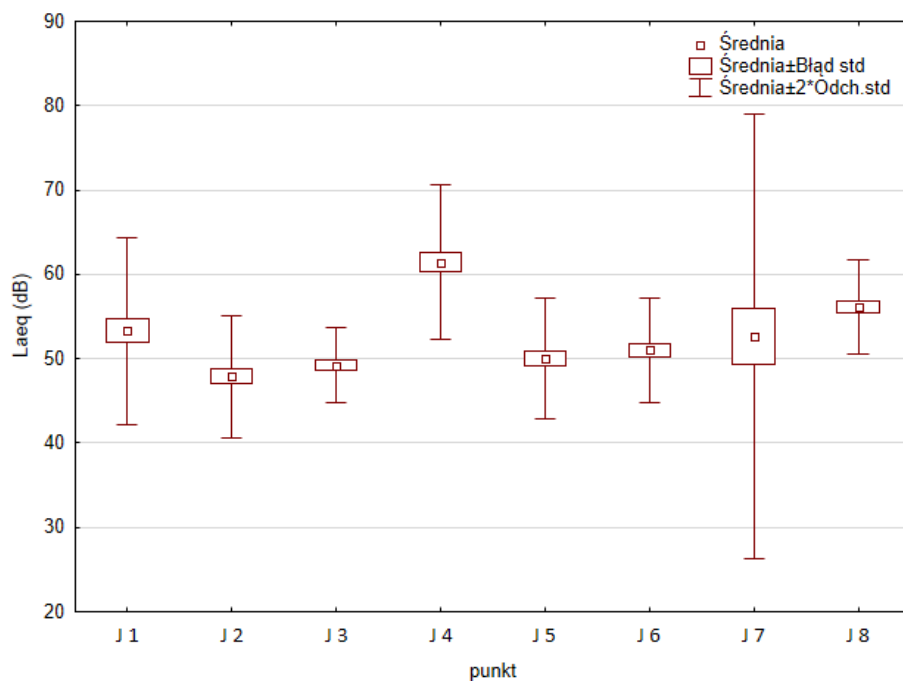
Tabela 3. Średnie poziomy dźwięku w parku w poszczególnych okresach badawczych (dB)
Table 3. Average sound levels in the park in the individual research periods (dB)

Okres Period	N	M	SD	Min.	Max.
Jesień Autumn	128	52,32b	5,55	42,20	67,00
Wiosna Spring	128	59,99a	5,51	51,10	67,40
Ogółem Total	256	56,15	6,73	42,20	67,40

N – wielkość próby, M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe; Min. – wartość minimalna, Max. – wartość maksymalna. Średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p < 0,05$

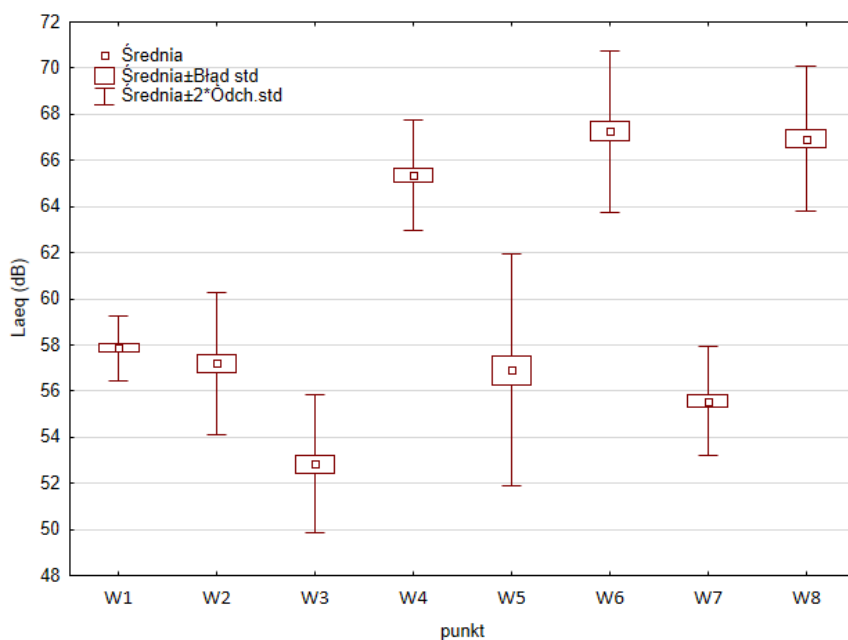
N – sample size, M – arithmetic mean, SD – standard deviation, Min. – minimum value, Max. – maximum value. Means marked with different letters differ significantly at $p < 0.05$

Rozkład poziomu dźwięku w parku wiosną i jesienią w poszczególnych punktach pomiarowych przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Średni poziom hałasu jesienią w poszczególnych punktach pomiarowych (dB)

Fig. 2. Average noise level in autumn at individual measurement points (dB)



Rys. 3. Średni poziom hałasu w okresie wiosny w poszczególnych punktach pomiarowych (dB)

Fig. 3. Average noise level in spring at individual measurement points (dB)

Wykazane różnice poziomu dźwięku wskazują na dynamikę klimatu akustycznego badanych miejsc. Dlatego wyliczono średni długoterminowy poziom hałasu dla obu okresów wg normy ISO. Średni długoterminowy poziom hałasu dla jesieni $L_{A,eqLt}$ wynosi 55,1 dB, przy niepewności pomiarowej 3,2 dB, a dla wiosny 58,3 dB, przy niepewności pomiarowej 3,2 dB. Zwiększony poziom dźwięku wiosną jest efektem rozprzestrzeniania się fali akustycznej z pobliskich ulic, co przy braku naturalnej bariery, jaką stanowią liście drzew i krzewów, wpływa na wzrost klimatu akustycznego w parku.

Wiele ośrodków naukowych podejmuje próby oceny stanu akustycznego środowiska, ponieważ może ona stanowić poważny problem. Badania prowadzone w parku zdrojowym przez Sztubecką i Sztubckiego [2015] potwierdzają związek między poziomem hałasu a porami roku. Badania własne korespondują z tymi wynikami. Malec i in. [2017] wskazują, że zarówno powierzchnia parku, sposób zagospodarowania jego przestrzeni czy stan ulistnienia mają istotne znaczenie w ocenie akustycznej tych obiektów. Autorzy zalecają rewitalizację newralgicznych miejsc w celu utworzenia krajobrazu dźwiękowego sprzyjającego wypoczynkowi. Odwiedzający wyspy zieleni preferują w nich miejsca ciche, oddalone od ruchu i zgiełku ulicy. Hałas komunikacyjny dobiegający z otoczenia może negatywnie wpływać na komfort wypoczynku, stopień relaksu mieszkańców, jak też może zaburzać funkcjonowanie siedlisk ptaków i zwierząt [Ilyas i in. 2019]. Jednakże Xing i Brimblecombe [2020] uważają, że tworzenie parków w centrum miast poprawia jakość środowiska miejskiego, chociażby tłumiąc hałas antropogeniczny generowany przez miasto, co potwierdzono w badaniach własnych. Nadmienić również należy, iż obcowanie ze środowiskiem dźwiękowym emitowanym przez przyrodę zlokalizowaną w parkach miejskich (szum liści, odgłosy ptaków) wpływa korzystnie na organizm człowieka, zwłaszcza na układ nerwowy, wspomaga relaks oraz poprawia komfort osób mieszkających w aglomeracjach miejskich, co w swoim badaniu wykazali Van Renterghem i in. [2020]. Potwierdzono to w badaniach własnych – wiosną odnotowano wyższe poziomy dźwięków w odniesieniu do jesieni. Zdiagnozowany klimat akustyczny wiosną jest efektem dźwięków przyrody pochodzących od gniazdującego tam ptactwa, które w okresie godowym emituje przyjemne dla ucha „śpiewy i trele”, a te korzystnie wpływają na komfort wypoczynku. Należy zauważyć, iż przy projektowaniu parku bardzo ważna jest odpowiednia strategia rozmieszczenia roślinności, obecność awifauny, która kształtuje klimat akustyczny [Margaritis i in. 2018]. Dodatkowo tworzenie barier dźwiękowych lub stosowanie nawierzchni dźwiękochłonnych w połączeniu z ograniczeniem prędkości pojazdów w okolicy parku może skutecznie zredukować niepożądane dźwięki, co w swoich badaniach potwierdzili Bendtsen [2010] oraz Sultan i in. [2024].

PODSUMOWANIE

Analiza poziomu dźwięku w badanym parku wykazała, że wartości zmierzone wiosną są nieznacznie wyższe, co może wynikać z niewykształconej w pełni naturalnej bariery w postaci liści oraz wzmożonej emisji dźwięków emitowanych przez ptactwo w okresie godowym. Są to głównie czynniki kształtujące klimat akustyczny parku. Średni poziom dźwięku dla całego okresu badawczego określono jako 56,15 dB i był nie-

znacznie wyższy niż wartość odniesienia dla terenów miejskich określona przez Światową Organizację Zdrowia. Zasadne wydaje się także uzupełnienie zimozielonych barier ochronnych w celu poprawy audiosfery.

PIŚMIENNICTWO

- Bendtsen, H., 2010. Noise barrier design: Danish and some European examples. UC Davis, University of California Pavement Research Center. Dostępne na: <https://escholarship.org/uc/item/7rv0p26c>
- Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dz.U. L 189 z 18.7.2002).
- Gągorowski, A., Korzeb, J., 2011. Ocena hałasu drogowego w świetle przepisów unijnych i krajowych. *Logistyka* 6, 150–158.
- Gradkowski, K., 2009. Sposoby częściowej redukcji hałasu transportu miejskiego. *Transport miejski i regionalny* 4, 12–14.
- Ilyas A., Santurkar S., Tsipras D., Engstrom L., Tran B., Madry A., 2019. Adversarial examples are not bugs, they are features. *Adv. Neural Inf. Proc. Syst.* 32.
- ISO 1996-2: 2017. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise.
- Jęch, J., Stępniewska, M., 2020. Społeczna percepcja klimatu akustycznego Poznania. *Rozw. Reg. Pol. Reg.* 52, 235–248. <https://doi.org/10.14746/rpr.2020.52.14>
- Kinitz N., 2014. Głośno, coraz głośniej. Problem hałasu w mieście. *Przegl. Kom.* 8, 4–7.
- Malec M., Klatka S., Kruk E., Ryczek M., 2017. Próba oceny wpływu roślinności na kształtowanie krajobrazu dźwiękowego na przykładzie dwóch parków miejskich Krakowa. *Acta Sci. Pol. Form. Circumietus* 16(2), 167–178. <https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2017.16.2.167>
- Margaritis E., Kang J., Filipan K., Botteldooren D., 2018. The influence of vegetation and surrounding traffic noise parameters on the sound environment of urban parks. *Appl. Geogr.* 94, 199–212. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.017>
- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 grudnia 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2024, poz. 54 ze zm.) [dostęp: 01.11.2024].
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2014, poz. 112 ze zm.).
- PN-EN ISO 9612: 2011. Akustyka – Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas – Metoda techniczna.
- PN-EN 61672-1: 2015. Elektroakustyka – Mierniki poziomu dźwięku – Część 1.
- PN-N-01307: 1994. Hałas – Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy – Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów
- Preis A., 2020. Zalecenia Światowej Organizacji Zdrowia z 10 października 2018 dla ochrony zdrowia publicznego przed hałasem. *Prot. Słuchu* 1(2).
- Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 września 2021 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji (Dz.U. 2021, poz. 1710).
- Sultan T., Shahid S., Rasheed J., Alsubai S., 2024. Investigation of tree characteristics for traffic noise abatement. *Environ. Prot. Engineer.* 50(1), 43–70. <https://doi.org/10.37190/epe240103>
- Sztubecka M., Sztubecki J., 2015. Badania klimatu akustycznego na terenach rekreacyjno-wypoczynkowych. *Zesz. Nauk. Inż. Środ. Uniw. Zielonogórski* 160(40), 80–87.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62, poz. 6272).
- Van Renterghem T., Vanhecke K., Filipan K., Sun K., De Pessemier T., De Coensel B., Joseph W., Botteldooren D., 2020. Interactive soundscape augmentation by natural

sounds in a noise polluted urban park. *Landsc. Urban Plan.* 194, 103705.3. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103705>

Xing Y., Brimblecombe P., 2020. Traffic-derived noise, air pollution and urban park design. *J. Urban Design* 25(5), 590–606. <https://doi.org/10.1080/13574809.2020.1720503>

Źródło finansowania: SUBB.WZH.019.61+ZIR

Abstract. Parks are perceived as oases of peace and places of rest in cities. However, their location, with the dynamic development of communication, can modify the acoustic climate of these places. Therefore, research was conducted to monitor the noise level in one of the Lublin parks. The research was conducted four times in two measurement periods. The analysis of the sound level in the studied park showed significant differences between periods, which indicates the dynamics of the acoustic climate of the studied facility.

Keywords: noise, environmental pollution, park, environmental protection

Otrzymano/Received: 2.12.2024

Zaakceptowano/Accepted: 25.05.2025

Opublikowano/Published: 30.06.2025

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE, BIOLOGY AND BIOECONOMY

wcześniej – formerly
Annales UMCS sectio EE Zootechnica

VOL. XL (2)

2024



<https://doi.org/10.24326/jasbb.2024.5487>

Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, Wydział Biologii Środowiskowej,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Dobrzańskiego 37, 20-262 Lublin
aleksandra.bartkowska@up.lublin.pl

ALEKSANDRA BARTKOWSKA-BEKASIEWICZ ,
TOMASZ MIECZAN , MICHAŁ NIEDŹWIECKI

Ocena pośredniego oddziaływania LW Bogdanka SA na ekosystemy torfowiskowe: aplikacyjny wymiar analiz fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych wód

Assessment of indirect impact of LW Bogdanka SA on peatland ecosystems:
the application dimension of the analyses of the physico-chemical
and microbiological analyses of waters

Streszczenie. Analiza właściwości fizyczno-chemicznych siedliska oraz dane o wymaganiach ekologicznych poszczególnych grup organizmów umożliwiają określenie (z dużą dokładnością) aktualnego stanu środowiska. Ameby skorupkowe doskonale zachowują się w osadach biogenicznych, dlatego ich analiza daje możliwość odtworzenia historii torfowiska, w tym potencjalnych oddziaływań kopalni znajdujących się w pobliżu mokradeł. Celem badań jest analiza wpływu kopalni LW Bogdanka SA na ekosystemy torfowiskowe Poleskiego Parku Narodowego. Raz w miesiącu – od maja do listopada – na terenie Poleskiego Parku Narodowego pobierano próby wody z dwóch torfowisk. Każdorazowo analizowano parametry fizyczne i chemiczne wody oraz strukturę jakościową i ilościową ameb skorupkowych. Przeprowadzone badania wykazały, że ameby skorupkowe mają wyższą różnorodność taksonomiczną oraz wyższą liczebność i biomasę w torfowisku przy jeziorze Moszne, które charakteryzują względnie stabilne wartości parametrów fizycznych i chemicznych wody (przede wszystkim stężenie tlenu oraz związków biogenych). W Torfowisku Orłowskim wpływ działalności antropogenicznej jest bardziej widoczny ze względu na wyższe stężenie biogenów, powodujące zmiany ilościowe oraz jakościowe ameb skorupkowych.

Słowa kluczowe: antropopresja, związki biogenne, ameby skorupkowe

Cytowanie: Bartkowska-Bekasiewicz A., Mieczan T., Niedźwiecki M., 2024. Ocena pośredniego oddziaływania LW Bogdanka SA na ekosystemy torfowiskowe: aplikacyjny wymiar analiz fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych wód. *J. Anim. Sci. Biol. Bioecon.*, 40(2), 27–40. <https://doi.org/10.24326/jasbb.2024.5487>

WSTĘP

W południowo-wschodniej Polsce 1 maja 1990 r., ze względu na ochronę ekosystemów wodnych i torfowiskowych, utworzony został Poleski Park Narodowy (PPN). Ma on powierzchnię prawie 10 tys. ha, na której znajdują się najcenniejsze przyrodniczo elementy należące do Polesia Zachodniego. Dominują tam bagna, torfowiska oraz jeziora krasowe i równiny torfowe, zajmujące łącznie ponad 65% powierzchni parku [Obroślak i in. 2017]. W Europie tereny wodno-bagienne podlegają całkowitej ochronie, co wynika ze zwiększającego się, w efekcie nieprzemyślanej presji ze strony człowieka, zagrożenia tych siedlisk. Jest to szczególnie istotne, ponieważ umożliwiają one stabilizację fizjocenoz oraz wspomagają zaopatrywanie ich w wodę, przez co wzbogaceniu ulega mozaikowość siedliskowa, biocenotyczna i ekosystemowa [Obroślak i in. 2017].

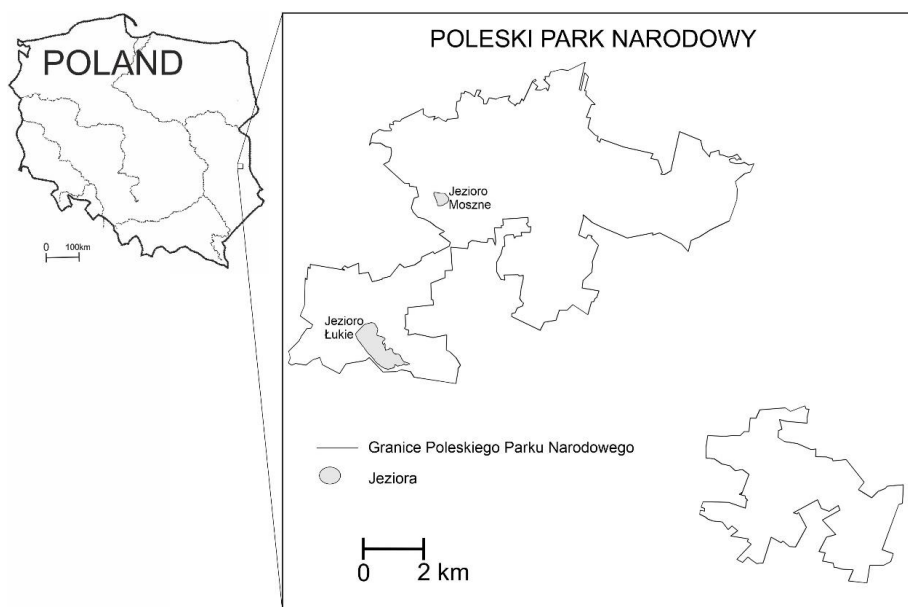
Ekosystemy torfowiskowe wykazują duże zróżnicowanie morfologiczne. Torfowiska – wysokie, przejściowe oraz niskie – są zbiornikami akumulacji biogenicznej oraz materii organicznej, która gromadzi się przez tysiąclecia i tworzy bogate w węgiel gleby, określane mianem torfu. Zmiany klimatu przyczyniają się niestety do zmniejszenia zasobów tego surowca, jak również negatywnie wpływają na kluczowe elementy ekosystemu, m.in. różnorodność biologiczną [Leifeld i in. 2019, Evans i in. 2021]. Na ekosystemy torfowiskowe wpływa także odwodnienie, w tym m.in. zabiegi melioracyjne, warunkujące w konsekwencji zmiany poziomu wód gruntowych i uwodnienia pokładów torfu, a także działalność prowadzona w sąsiedztwie obszarów chronionych, m.in. przemysł wydobywczy. Pozyskiwanie węgla kamiennego z pokładów zalegających na obszarach graniczących z PPN może powodować zaburzone funkcjonowanie ekosystemów torfowiskowych. Zwiększony dopływ biogenów i innego typu zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego może doprowadzić do wycofania się zespołów charakterystycznych dla tych siedlisk. Jedną z grup reagujących na wahania warunków środowiskowych są ameby skorupkowe (*testate amoebae*). Te mikroskopijne organizmy jednokomórkowe są bardzo dobrymi wskaźnikami stanu ekologicznego ekosystemów torfowiskowych. Dzięki wysokiej różnorodności gatunkowej i specyficznym preferencjom gatunków kluczowych są niezwykle użyteczne jako wskaźniki stanu środowiska [Evans i in. 2021].

Zasadniczym celem badań była szczegółowa analiza wpływu kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka” SA na ekosystemy torfowiskowe Poleskiego Parku Narodowego w oparciu o analizę właściwości fizyczno-chemicznych wód oraz analizę struktury jakościowej i ilościowej ameb skorupkowych.

MATERIAŁ I METODY

Teren badań

Na terenie Poleskiego Parku Narodowego występują liczne kompleksy torfowiskowe zarówno o charakterystycznych, jak i wspólnych cechach terenu. Dlatego też badania zostały przeprowadzone na terenie dwóch torfowisk (ryc. 1): przy jeziorze Moszne (stanowisko I: 51.457706°N, 23.112484°E, pH = 3,86) oraz Torfowisku Orłowskim



Ryc. 1. Teren badan

Fig. 1. Study area

(stanowisko II: 51.410443°N, 23.098897°E, pH = 6,49). W przeszłości na torfowisku przy jeziorze Moszne istniał system rowów melioracyjnych, które służyły odwodnieniu terenu w celu jego przekształcenia na potrzeby rolnicze. Rowy te przecinały torfowisko, wpływając na obniżenie poziomu wód gruntowych i przyspieszając procesy degradacji torfu. Obecnie, w ramach działań ochronnych, wiele z tych rowów zostało zablokowanych lub zasypanych, co ma na celu zatrzymanie wody na torfowisku i przywrócenie jego naturalnych funkcji hydrologicznych. Obecność zastoisk i rozlewisk na torfowisku Moszne jest wynikiem zarówno naturalnych procesów hydrologicznych, jak i działań renaturyzacyjnych. Poziom wód gruntowych na torfowisku Moszne wykazuje sezonowe wahania, które są naturalnym zjawiskiem w tego typu ekosystemach. Torfowisko Orłowskie charakteryzuje się obecnością licznych zastoisk i rozlewisk, które są efektem zarówno naturalnych procesów hydrologicznych, jak i działań renaturyzacyjnych. Poziom wód gruntowych na Torfowisku Orłowskim wykazuje sezonowe wahania, które są typowe dla tego typu ekosystemów. Monitoring hydrologiczny prowadzony na torfowisku wskazuje na stopniową stabilizację poziomu wód gruntowych, co jest korzystne dla zachowania torfowiska w dobrym stanie ekologicznym [OTOP 2024]. Wybrane stanowiska prezentują różną siłę oddziaływania kopalni LW Bogdanka SA. Torfowisko Moszne (torfowisko wysokie), zlokalizowane w centrum Poleskiego Parku Narodowego, jest również bardziej oddalone (30 km) od centrum przemysłu wydobywczego, z kolei Torfowisko Orłowskie (powierzchnia 671,73 ha, torfowisko przejściowe) zlokalizowane jest w niewielkiej odległości (20 km) od kopalni LW Bogdanka SA.

METODY BADAŃ

Raz w miesiącu, od maja do listopada, na terenie Poleskiego Parku Narodowego z torfowiska przy jeziorze Moszne oraz z Torfowiska Orłowskiego przy jeziorze Łukie pobierano próby wody (głębokość 40–50 cm, ze środkowej części zbiorników biogenicznych – według wytycznych dla monitoringu siedlisk w obszarach naturalnych). Zgodnie z czasem realizacji projektu dla każdego stanowiska uzyskano po 7 prób, co łącznie dało 14 próbek porównawczych dla każdego parametru fizyczno-chemicznego i dla zespołów ameb skorupkowych. Każdorazowo analizowano parametry fizyczne i chemiczne wody: temperaturę, przewodnictwo elektrolityczne, pH, stężenie tlenu, chlorofil *a*, TN (azot całkowity), N-NH₄, N-NO₃, P-PO₄³⁻, TP (fosfor ogólny), TOC (całkowity węgiel organiczny), DOC (rozpuszczalny węgiel organiczny). Pobrane próby wody transportowano w chłodniach przenośnych (4°C) i analizowano po dotarciu do laboratorium. Próbkę przeznaczoną do oznaczeń wrażliwych na temperaturę i światło (np. chlorofil *a*, DOC) przechowywano w ciemności oraz w odpowiednich pojemnikach z materiałów nieinterakcyjnych. Pomiaru pH dokonano z wykorzystaniem pehametru, który kalibrowano przed każdorazowym użyciem za pomocą buforów wzorcowych (pH 4, 7 i 10), a średni błąd pomiarowy nie przekraczał $\pm 0,1$ jednostki pH. Analizę temperatury, przewodnictwa elektrolitycznego, pH oraz stężenia tlenu (DO) przeprowadzono przy użyciu miernika wieloparametrowego (YSI 556MPS). Biogeny, chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT), biologiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT) oraz zawiesinę ogólną (TSS) oznaczono metodą spektrofotometryczną. Oznaczenia wykonano przy użyciu spektrofotometru (SPECORD-40), stosując certyfikowane materiały referencyjne oraz wzorce kalibracyjne, aby zweryfikować poprawność pomiarów. Stężenie P-PO₄³⁻ oznaczono metodą kolorymetryczną, N-NH₄ z wykorzystaniem analizatora FIA. Stężenie chlorofilu *a* zmierzono, korzystając z analizy spektrofotometrycznej, po wcześniejszym sporządzeniu ekstraktów [Golterman 1969]. Ekstrakty przygotowywano w roztworze alkoholu (90%), a pomiary wykonano w standardowych warunkach laboratoryjnych z użyciem odpowiednich filtrów. Ogólna zawartość węgla organicznego (TOC) została oznaczona przy wykorzystaniu rozkładu nadsiarczanu potasu za pomocą analizatora O/I Corporation Model 700. Systematycznie pozyskiwane wyniki zapisywano oraz gromadzono w celu wykonania analizy porównawczej.

Jednocześnie na tych samych stanowiskach pobierano próby wody do analizy ilościowej i jakościowej ameb skorupkowych. Probę wody o objętości 5 l przefiltrowywano przez siatkę planktonową (10 μm). W warunkach laboratoryjnych określono liczebność i skład gatunkowy ameb z wykorzystaniem metody Utermöhl [1931]. Biomasę pierwotniaków obliczono, stosując następujący przelicznik: 1 $\mu\text{m}^3 = 1,1 \times 10^{-7}$ μgC [Gilbert i in. 1998].

Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu współczynników korelacji liniowej, aby określić zależności pomiędzy liczebnością ameb skorupkowych a zmiennymi środowiskowymi. Dla potwierdzenia istotności statystycznej przyjęto poziom istotności $p < 0,05$. Przed wykonaniem testów korelacyjnych zweryfikowano normalność rozkładu danych przy użyciu testu Shapiro-Wilka. Do porównania średnich wartości parametrów pomiędzy dwoma torfowiskami zastosowano test t-Studenta dla prób niezależnych ($p < 0,05$). Analizy wykonano w programie Statistica 13.3 (StatSoft Inc.).

WYNIKI

Właściwości fizyczne i chemiczne wód torfowiskowych

Analiza parametrów fizycznych oraz chemicznych wody wykazała, że torfowisko Moszne (stanowisko I, pH = 4,08) charakteryzowało się niższym pH niż Torfowisko Orłowskie (stanowisko II, pH = 6,8). Torfowisko Moszne stanowi środowisko silnie kwaśne, przy czym Torfowisko Orłowskie charakteryzuje się pH zbliżonym do obojętnego. W przypadku przewodnictwa elektrolitycznego zaobserwowano, że poziom tego parametru był istotnie wyższy na stanowisku II (od 208 $\mu\text{S cm}^{-1}$ do 281 $\mu\text{S cm}^{-1}$) niż na stanowisku I (od 107 $\mu\text{S cm}^{-1}$ do 210 $\mu\text{S cm}^{-1}$). W sezonie letnim w torfowisku Moszne odnotowano jedne z niższych stężeń tego parametru, natomiast w wodzie z Torfowiska Orłowskiego w tych samych miesiącach występowały najwyższe stężenia przewodnictwa elektrolitycznego (tab. 1, 2).

Tabela 1. Właściwości fizyczne i chemiczne wody torfowiskowej z torfowiska przy jeziorze Moszne w poszczególnych miesiącach (maj–listopad)

Table 1. Physical and chemical parameters of peatland water from peatland near Lake Moszne by month (May–November)

Właściwości Parameters	Torfowisko przy jeziorze Moszne/ Peatland near Lake Moszne						
	Miesiąc/ Month						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
T (°C)	10	14,7	18	16,1	16,1	6,5	3,1
pH	4,43	4,2	3,53	3,99	3,86	4,5	4,1
Cond. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	194	122	137	109	107	221	210
O ₂ (%)	22,6	78	58,5	47,6	53,2	54,3	49,2
N _{tot} (mg l ⁻¹)	2,91 2	3,531	2,911	2,335	2,571	2,157	2,044
P _{tot} (mg l ⁻¹)	0,11 5	0,012	0,053	0,031	0,066	0,046	0,074
Chl <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$)	37,7 9	35,65	39,55	55,12	39,86	44,38	37,45
ChZT (mg l ⁻¹)	178	244	216	206	232	222	210
BZT (mg l ⁻¹)	103	147	129	122	139	133	125
TSS (mg l ⁻¹)	510	790	740	665	740	690	615
TOC (mg l ⁻¹)	77	112	98	93	106	101	95

T – temperatura, pH – odczyn badanego środowiska, Cond. – przewodnictwo elektrolityczne, O₂ – stężenie tlenu, N_{tot} – azot ogólny, P_{tot} – fosfor ogólny, Chl *a* – chlorofil *a*, ChZT – chemiczne zapotrzebowanie na tlen, BZT – biologiczne zapotrzebowanie na tlen, TSS – zawiesina ogólna, TOC – ogólna zawartość węgla organicznego
 T – temperature, pH – reaction of the studied environment, Cond. – electrolytic conductivity, O₂ – dissolved oxygen concentration, N_{tot} – total nitrogen, P_{tot} – total phosphorus, Chl *a* – chlorophyll *a*, COD – chemical oxygen demand, BOD – biological oxygen demand, TSS – total suspended solids, TOC – total organic carbon

Tabela 2. Właściwości fizyczne i chemiczne wody torfowiskowej z Torfowiska Orłowskiego w poszczególnych miesiącach (maj–listopad)
 Table 2. Physical and chemical parameters of peatland water from Orłowskie Peatland by month (May–November)

Właściwości Parameters	Torfowisko Orłowskie/ Orłowskie Peatland						
	Miesiąc/ Month						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
T (°C)	14,5	17,5	15,1	15,9	7,9	4,3	14,5
pH	7,2	5,99	6,28	6,23	7,65	7,3	7,2
Cond. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	234	208	256	281	213	209	234
O ₂ (%)	61,8	62,5	27,4	22,2	30,2	26,45	16,8
N _{tot} (mg l ⁻¹)	2,211	3,476	2,722	2,151	1,682	1,765	2,211
P _{tot} (mg l ⁻¹)	0,044	0,186	0,089	0,238	0,088	0,124	0,044
Chl <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$)	34,36	51,34	23,20	48,65	27,34	30,27	29,49
ChZT (mg l ⁻¹)	70,5	50	44	44	45	46	46,5
BZT (mg l ⁻¹)	41	34	28,6	28,2	28,8	30,5	30,2
TSS (mg l ⁻¹)	168	110	129	115	103	137	109
TOC (mg l ⁻¹)	30,5	25,6	22	21,6	21,8	23,4	23

T – temperatura, pH – odczyn badanego środowiska, Cond. – przewodnictwo elektrolityczne, O₂ – stężenie tlenu, N_{tot} – azot ogólny, P_{tot} – fosfor ogólny, Chl *a* – chlorofil *a*, ChZT – chemiczne zapotrzebowanie na tlen, BZT – biologiczne zapotrzebowanie na tlen, TSS – zawiesina ogólna, TOC – ogólna zawartość węgla organicznego

T – temperature, pH – reaction of the studied environment, Cond. – electrolytic conductivity, O₂ – dissolved oxygen concentration, N_{tot} – total nitrogen, P_{tot} – total phosphorus, Chl *a* – chlorophyll *a*, COD – chemical oxygen demand, BOD – biological oxygen demand, TSS – total suspended solids, TOC – total organic carbon

Analiza stężenia azotu ogólnego wykazała, że we wszystkich badanych miesiącach, z wyjątkiem lipca, w torfowisku przy jeziorze Moszne występowała wyższa zawartość związków azotowych. W badanych siedliskach najwyższe stężenie tego parametru odnotowano w miesiącach wiosennych oraz letnich (maj, czerwiec, lipiec, sierpień). Wyższe stężenie fosforanów (praktycznie we wszystkich badanych miesiącach) odnotowano w wodzie z Torfowiska Orłowskiego, wyjątek stanowiły wyniki w maju oraz sierpniu. Ogólne stężenie związków biogennych było wyższe w wodach na stanowisku II (tab. 1, 2).

Stężenie chlorofilu *a* w wodzie z torfowiska przy jeziorze Moszne było wyższe (od 35,6 do 55,12 $\mu\text{g l}^{-1}$) niż w wodzie z Torfowiska Orłowskiego (od 23,2 do 51,34 $\mu\text{g l}^{-1}$). Chemiczne zapotrzebowanie na tlen oraz biologiczne zapotrzebowanie na tlen było istotnie wyższe na stanowisku I (ChZT: od 178 do 232 mg l⁻¹, BZT: od 103 do 147 mg l⁻¹) niż na stanowisku II (ChZT: od 44 do 70,5 mg l⁻¹; BZT: od 28,2 do 41 mg l⁻¹). Stężenie TSS w torfowisku przy jeziorze Moszne osiągało od 510 do 790 mg l⁻¹ (najwyższe stężenie odnotowano w czerwcu, najniższe w maju). W Torfowisku Orłowskim parametr ten

osiągał od 103 do 168 mg l⁻¹ (najwyższe stężenie odnotowano w maju, najniższe we wrześniu). Pozostałe analizowane parametry przyjmowały wyższe stężenia dla torfowiska przy jeziorze Moszne niż dla Torfowiska Orłowskiego (tab. 1, 2).

Ameby skorupkowe – bogactwo gatunkowe i liczebność

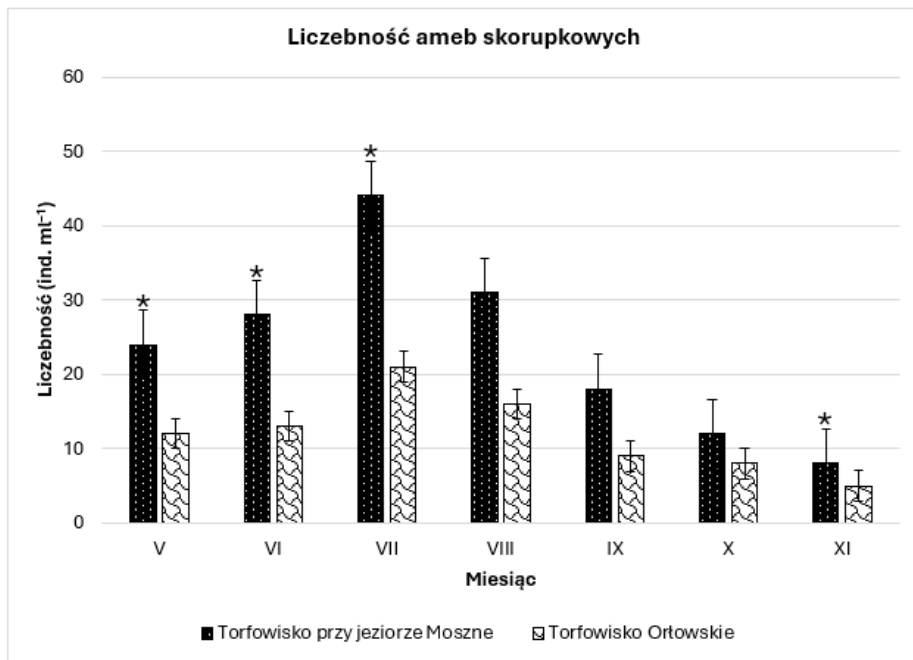
Liczba gatunków ameb skorupkowych różniła się między siedliskami. W torfowisku przy jeziorze Moszne występowało 7 taksów ameb skorupkowych, podczas gdy w Torfowisku Orłowskim oznaczono 4 taksony ameb. Na stanowisku I najwyższa liczba taksonów została odnotowana w maju oraz w lipcu, natomiast na stanowisku II w maju oraz w czerwcu. Liczba taksonów ameb w pozostałych miesiącach była zróżnicowana, lecz można stwierdzić, że najwyższa liczba występowała w badanych siedliskach w sezonie letnim, natomiast najniższa w sezonie jesiennym.

Liczebność ameb skorupkowych różniła się w zależności od siedliska. Istotnie wyższą obfitość w każdym miesiącu odnotowano w wodach z torfowiska przy jeziorze Moszne. Zagęszczenie ameb skorupkowych wzrastało od maja do lipca (od 15 do 44 osob. ml⁻¹). Następnie od sierpnia do listopada zaobserwowano stopniowy spadek liczebności (od 31 do 8 osob. ml⁻¹). W Torfowisku Orłowskim wykazano podobną zależność – mianowicie w miesiącach wiosennych (maj) i letnich (czerwiec, lipiec) występował wzrost obfitości (od 10 do 21 osob. ml⁻¹), natomiast w kolejnych miesiącach (od sierpnia do listopada) obserwowano stopniowy spadek liczebności ameb skorupkowych (od 16 do 5 osob. ml⁻¹). Zarówno na I, jak i na II stanowisku najwyższą liczebność odnotowano w lipcu (torfowisko przy jeziorze Moszne: 44 osob. ml⁻¹, Torfowisko Orłowskie: 21 osob. ml⁻¹). Najniższe zagęszczenie tych pierwotniaków zaobserwowano w listopadzie (torfowisko przy jeziorze Moszne: 8 osob. ml⁻¹; Torfowisko Orłowskie: 5 osob. ml⁻¹), co przedstawiono na rycinie 2.

Struktura dominacji ameb skorupkowych była zróżnicowana zarówno pomiędzy siedliskami, jak i w układzie sezonowym, a także pomiędzy stanowiskami. W torfowisku przy jeziorze Moszne w maju, czerwcu oraz lipcu dominowały *Nebela tinctoria*, *Arcella discoides*, *Euglypha rotunda* oraz *Hyalosphenia flavum*. W sierpniu oraz wrześniu dominowały *Arcella discoides* oraz *Hyalosphenia subulava*. W październiku oraz w listopadzie występowała głównie *Arcella discoides*. W Torfowisku Orłowskim w całym okresie badawczym dominowały *Arcella discoides*, *Arcella vulgaris* oraz *Centropyxis aculeata*.

Biomasa ameb skorupkowych

Biomasa ameb różniła się w zależności od siedliska oraz od sezonu badawczego. Wyższą biomasę ameb skorupkowych odnotowano w torfowisku przy jeziorze Moszne (od 3 do 8 µg C ml⁻¹) niż w Torfowisku Orłowskim (od 2 do 6 µg C ml⁻¹). Istotne zależności obserwowano też w przypadku czynników sezonowych w poszczególnych siedliskach. Biomasa ameb skorupkowych w torfowisku przy jeziorze Moszne w maju oraz w czerwcu nie różniła się (6 µg C ml⁻¹). Natomiast w lipcu oraz w sierpniu zaobserwowano jej istotny wzrost (od 7 do 8 µg C ml⁻¹). W kolejnych miesiącach obserwowano spadek biomasy ameb skorupkowych (od 5 do 3 µg C ml⁻¹). W przypadku Torfowiska Orłowskiego biomasa tych pierwotniaków była taka sama w maju oraz czerwcu (4 µg C ml⁻¹), a także w sierpniu oraz wrześniu (6 µg C ml⁻¹). Od maja do września obserwowano również jej wzrost (od 4 do 6 µg C ml⁻¹). Następnie w październiku oraz w listopadzie nastąpił stopniowy spadek tego parametru – od 6 do 2 µg C ml⁻¹ (ryc. 3).



Ryc. 2. Liczebność ameb skorupkowych w wodach torfowiska przy jeziorze Moszne oraz Torfowiska Orłowskiego w poszczególnych miesiącach (maj–listopad). Test t-Studenta dla prób niezależnych: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

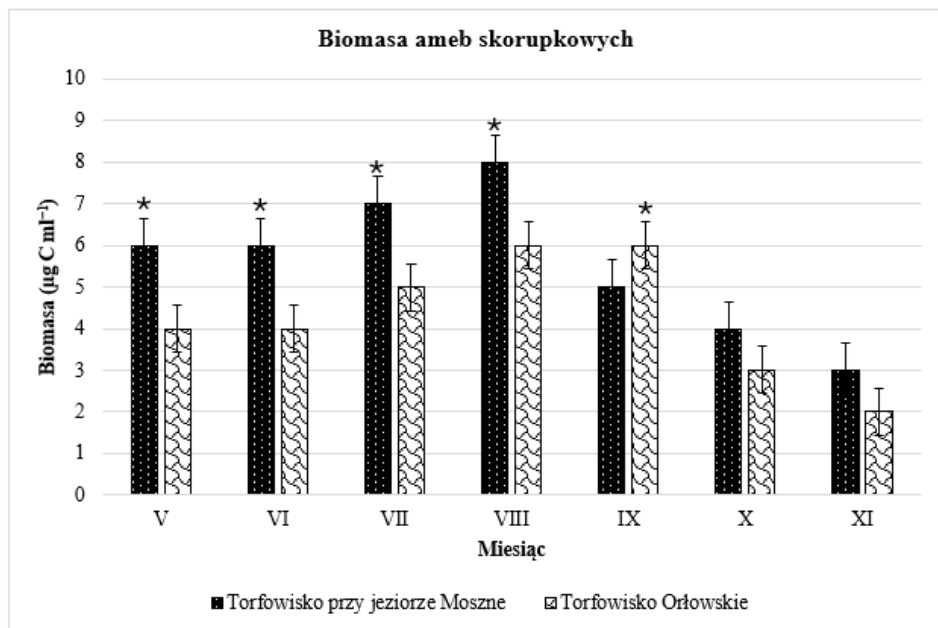
Fig. 2. Abundance of testate amoebae in the water of the Moszne Lake peatland and the Orłowskie Peatland, by month (May–November). Student's t-test for independent samples: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Analiza korelacji

Analiza korelacji wskazuje, że w torfowisku przy jeziorze Moszne wiosną oraz latem czynnikami najistotniej wpływającymi na ameby skorupkowe było pH (od $r = 0,59$ do $r = 0,61$; $p < 0,05$) oraz tlen (od $r = 0,53$ do $r = 0,42$; $p < 0,05$). Jesienią natomiast odnotowano korelację między amebami skorupkowymi a tlenem ($r = 0,51$, $p < 0,05$). Wiosną w Torfowisku Orłowskim odnotowano dodatnią korelację pomiędzy amebami skorupkowymi a związkami biogennymi ($r = 0,59$; $p < 0,05$), tlenem ($r = 0,62$; $p < 0,05$) i chlorofilem *a* ($r = 0,45$; $p < 0,05$). Latem oraz jesienią czynnikami wpływającymi najistotniej były związki biogenne – od $r = 0,51$ do $r = 0,45$; $p < 0,05$ (tab. 3).

DYSKUSJA

Działalność antropogeniczna może powodować nieprawidłowe funkcjonowanie ekosystemów torfowiskowych. Objawia się to przede wszystkim różnicami w strukturze i różnorodności mikroorganizmów, które reagują na zmieniające się warunki środowiskowe [Booth 2010]. Jedną z grup mikroorganizmów, u których obserwowano zmiany



Ryc. 3. Biomasa ameb skorupkowych. Test t-Studenta dla prób niezależnych: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Fig. 3. Biomass of testate amoebae. Student's t-test for independent samples: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Tabela 3. Współczynniki korelacji liniowej pomiędzy amebami skorupkowymi w wodzie a zmiennymi środowiskowymi w poszczególnych miesiącach badawczych (maj–listopad)
Table 3. Linear correlation coefficients testate amoebae in water and environmental variables by study month (May–November)

Miesiąc/ Month	Torfowisko przy jeziorze Moszne Peatland near Lake Moszne					Torfowisko Orłowskie Orłowskie Peatland			
	Właściwości/ Parameters								
	pH	O ₂	Chl <i>a</i>	N-NH ₄	N-NH ₃	O ₂	Chl <i>a</i>	N-NH ₄	N-NH ₃
V	0,59	0,53				0,62	0,45	0,59	
VI	0,53	0,57						0,51	0,47
VII	0,64	0,54			0,32			0,44	
VIII	0,69	0,48	0,37	0,32				0,47	0,43
IX	0,61	0,42	0,39					0,5	0,43
X								0,47	
XI		0,51						0,45	

Puste pola oznaczają brak istotnej statystycznie korelacji w danym miesiącu

Empty fields indicate a lack of statistically significant correlation for the given month

ilościowe i jakościowe, wywołane wahającymi się parametrami środowiskowymi, są ameby skorupkowe. Jak wynika z danych literaturowych, istotny wpływ na strukturę i występowanie ameb skorupkowych w torfowiskach mają pH oraz poziom wody gruntowej (DWT) [Mitchell 2008]. W przeprowadzonych badaniach zaobserwowano zmiany ilościowe oraz jakościowe ameb skorupkowych w poszczególnych sezonach. W miesiącach wiosennych oraz letnich liczebność ameb skorupkowych systematycznie wzrastała zarówno w wodach z torfowiska przy jeziorze Moszne, jak i w wodach z torfowiska Orłowskiego. Niemniej jednak liczebność tych mikroorganizmów była istotnie wyższa w torfowisku przy jeziorze Moszne. Stabilne warunki tlenowe oraz niższe stężenie biogenów w wodzie z tego torfowiska w porównaniu z wodą z torfowiska Orłowskiego, powodują, że torfowisko przy jeziorze Moszne stanowi lepsze środowisko życia dla pierwotniaków. Wahania parametrów fizycznych i chemicznych wody w torfowisku Orłowskim, które wpływają na pierwotniaki, powodowane mogą być zarówno zmianami klimatycznymi, jak również działalnością antropogeniczną.

Ameby skorupkowe są często głównymi drapieżnikami w zespołach mikroorganizmów torfowiskowych i najczęściej konsumują bakterie oraz heterotoficzne wiciowce [Jessey i in. 2012, Geisen i in. 2015]. Na obszarze badanych torfowisk stwierdzono łącznie występowanie 11 taksonów ameb skorupkowych, przy czym zdecydowana większość występowała w torfowisku przy jeziorze Moszne. Najliczniej reprezentowane były ameby skorupkowe należące do rodzajów *Arcella*, *Euglypha*, *Nebela* oraz *Hyalosphenia*. Szczególnie wysoki udział w ogólnej liczebności ameb osiągał rodzaj *Euglypha*. Większość z nich są to niewielkie gatunki (ok. 50 μm) i często charakteryzują się obecnością kolców na powierzchni skorupki. Mogą one stanowić dobrą bazę pokarmową dla ameb skorupkowych z rodzaju *Nebela*, których liczebność również była dość wysoka w badanym siedlisku. Gatunki ameb skorupkowych z rodzaju *Nebela* zazwyczaj występują na terenach o niskim pH oraz z przeważającym udziałem torfowców. Dominująca *Nebela tinctoria* charakteryzowała się obecnością symbiotycznych glonów wewnątrz komórki, co stanowi istotne przystosowanie do funkcjonowania w warunkach torfowisk ubogich w składniki odżywcze. Wśród obecnych gatunków ameb skorupkowych dość często występowała również *Hyalosphenia subulava* – gatunek wilgocioluby, który dzięki wrażliwości na ten czynnik jest jednym z ważniejszych wskaźników środowiskowych informujących o warunkach hydrologicznych [Booth 2010]. Istotny udział osiągały także ameby z rodzaju *Arcella*, głównie *Arcella discoides*. Gatunek ten jest często wskazywany w literaturze jako charakterystyczny dla torfowisk o wysokim i stabilnym poziomie wody [Lamentowicz i in. 2010]. Jednak, jak wykazały badania prowadzone przez Lamarre i in. [2013], *A. discoides* może również występować w siedliskach o zmiennym reżimie hydrologicznym oraz umiarkowanej zawartości jonów mineralnych. Tak szeroki zakres tolerancji ekologicznej sugeruje, że takson ten niekoniecznie wskazuje wyłącznie na optymalne warunki wodne, lecz może również przetrwać – a nawet być liczny w siedlisku o okresowych spadkach wód. Wyniki analizy zespołów ameb skorupkowych wskazują, że torfowisko przy jeziorze Moszne w badanym okresie było względnie stabilne hydrologicznie, a ewentualne zmiany w poziomie wód gruntowych zachodziły w sposób przejściowy i nie miały gwałtownego charakteru. W takim środowisku obec-

ność *A. discoides* jest zgodna z dotychczasową wiedzą o jego preferencjach siedliskowych. Z kolei występowanie tego taksonu w Torfowisku Orłowskim, gdzie poziom wód był niższy i bardziej zmienny, może wskazywać na jego zdolność adaptacyjną i szerszą tolerancję do dynamicznie zmieniających się warunków siedliskowych. Dlatego też obecność tego taksonu w Torfowisku Orłowskim, w którym poziom wody był istotnie niższy, potwierdza powyższe informacje. Poza amebami skorupkowymi z rodzaju *Arcella* w wodzie często był obecny *Centropyxis aculeata* – spotykany również w środowiskach, gdzie poziom wody jest niski. Jest to zgodne z naszymi obserwacjami oraz z badaniami prowadzonymi przez Mitchell i in. [2008], Payne i in. [2008], Swindles i in. [2009], którzy analizowali wymagania siedliskowe ameb skorupkowych. Ponadto gatunki z rodzaju *Centropyxis* są charakterystyczne dla siedlisk o wyższym stopniu żyzności i spotykane były także w torfowiskach o charakterze niskim [Mieczan i in. 2017]. Nasze obserwacje wykazały również, że w Torfowisku Orłowskim oprócz *Arcella discoides* i *Centropyxis aculeata* często występowała *Arcella vulgaris*, która także charakteryzuje się stosunkowo szerokim zakresem tolerancji ekologicznej. Obecność *Arcella discoides* może świadczyć o niestabilności hydrologicznej obiektu, a w przypadku torfowiska przejściowego wskazuje na inicjację kolejnych procesów i przemian [Lamarre i in. 2013]. Ponadto badania Jassey i in. [2011] wykazały, że gatunki tego rodzaju są często obecne w siedliskach bogatych w związki biogenne. Potwierdzają to analizy właściwości fizycznych i chemicznych, w których wyższe stężenie związków biogennych odnotowano w Torfowisku Orłowskim. Przedstawiciele gatunków z rodzaju *Arcella* wyróżniają się również wysoką tolerancją na zmiany temperatury oraz stężenia biogenów [Adamec 2011, Płachno i in. 2012].

Ameby skorupkowe dzięki umiejętności budowania trwałej skorupki i szybkiej reakcji na warunki środowiskowe są bardzo ważną grupą bioindykatorów w ekosystemach torfowiskowych [Mitchell i in. 2008, Mieczan i in. 2015]. W niniejszych badaniach ich zróżnicowanie gatunkowe oraz preferencje ekologiczne umożliwiają ocenę stanu środowiska, które zasiedlają. W przypadku bioindykacyjnego znaczenia ameb skorupkowych w torfowiskach należy szczególnie podkreślić ich wrażliwość na zmiany stężenia składników odżywczych w siedlisku. Zwiększony dopływ biogenów i innego typu zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego może doprowadzić do wycofania się grup organizmów charakterystycznych dla tych ekosystemów. Ameby skorupkowe dzięki niewielkim rozmiarom oraz szybkiej reprodukcji intensywniej reagują na zmieniające się warunki środowiska niż inne organizmy eukariotyczne i mogą dzięki temu służyć jako sygnał wczesnego ostrzegania przed nasilającymi się zmianami o charakterze antropogenicznym.

Wydaje się, że wpływ działalności antropogenicznej jest bardziej widoczny w Torfowisku Orłowskim. Jednocześnie niewątpliwym wpływ na ten stan mają coraz dynamiczniej zmieniające się warunki klimatyczne. Dlatego też niezbędne jest prowadzenie długoterminowych badań monitorujących ekosystemy torfowiskowe, które są szczególnie wrażliwe na różnego typu działania antropogeniczne, w tym zmiany klimatu.

WNIOSKI

1. Torfowisko przy jeziorze Moszne charakteryzuje się stabilnym poziomem wód gruntowych oraz niższym stężeniem biogenów, co sprzyja większej liczebności i różnorodności ameb skorupkowych.

2. Torfowisko Orłowskie wykazuje oznaki większej presji środowiskowej, m.in. zmiennego poziomu wód gruntowych oraz wyższego stężenia biogenów, co może być efektem zarówno działalności antropogenicznej, jak i zmian klimatu.

3. Ameby skorupkowe są czułymi bioindykatorami – ich liczebność i skład gatunkowy silnie korelują ze zmianami parametrów fizyczno-chemicznych środowiska (m.in. pH, stężeniem biogenów, stabilnością hydrologiczną).

4. Gatunki takie jak *Arcella discoides* czy *Centropyxis aculeata* wykazują dużą tolerancję ekologiczną, co pozwala im przetrwać i funkcjonować zarówno w warunkach stabilnych, jak również niestabilnych.

5. Systematyczny monitoring ameb skorupkowych może pełnić funkcję wczesnego ostrzegania przed degradacją ekosystemów torfowiskowych, które są wyjątkowo wrażliwe na wpływy antropogeniczne i zmiany klimatu.

Źródło finansowania: Badania realizowane w ramach Programu Strategicznego: „Razem dla bioróżnorodności” ze środków Funduszu Badań i Działań na rzecz Ochrony Środowiska na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego – Granty dla naukowców – na podstawie umowy nr 0701-2/2024/6.

Inwestor: Lubelski Węgiel „Bogdanka” SA, Bogdanka, 21-013 Puchaczów.

PIŚMIENNICTWO

- Adamec L., 2011. The smallest but fastest. Ecophysiological characteristics of traps of aquatic carnivorous Utricularia. *Plant Signal Behav.* 6(5), 640–646. <https://doi.org/10.4161/psb.6.5.14980>
- Booth R.K., Lamentowicz M., Charman D. 2010. Preparation and analysis of testate amoebae in peatland paleoenvironmental studies. *Mires Peat* 7, 1–7.
- Evans C.D., Peacoc M., Baird A., Artz R., Burden A., Callaghan N., Chapman P., Cooper H., Coyle M., Craig E, et al., 2021. Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature* 593, 548–552. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1>
- Geisen S., Laros I., Vizcaino A., Bonkowski M., De Groot G.A., 2015. Not all are free-living: high-throughput DNA metabarcoding reveals a diverse community of protists parasitizing soil metazoa. *Mol. Ecol.* 24, 4556–4569. <https://doi.org/10.1111/mec.13238>
- Gilbert D., Amblard C., Bourdier G., Francez A.J., 1998. The microbial loop at the surface of a peatland: structure, functioning and impact of nutrients inputs. *Microb. Ecol.* 35, 89–93. <https://doi.org/10.1007/s002489900062>
- Golterman H.L., 1969. Methods for chemical analysis of fresh waters. IBP Handbook No. 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Jassey V.E., Shimano S., Dupuy C., Toussaint M.L., Gilbert D., 2011. Characterizing the feeding habits on the testate amoebae *Hyalosphenia papilio* and *Nebela tinctoria* along narrow „fen-

- bog” gradient using digestive vacuole content and ^{13}C and ^{15}N isotopic analyses. *Protist* 163, 451–464. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2011.07.006>
- Lamarre A., Magnan G., Garneau M., Boucher E., 2013. A testate amoeba-based transfer function for paleohydrological reconstruction from boreal and subarctic peatlands in northeastern Canada. *Quat. Int.* 306, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.05.054>
- Lamentowicz M., Van der Knaap P., Lamentowicz Ł., Van Leeuwen J.F.N., Mitchell E.A.D., Goslar T., Kamenik C. 2010. A near-annual palaeohydrological study based on testate amoebae from an Alpine mire: surface wetness and the role of climate during the instrumental period. *J. Quat. Sci.* 25, 190–202. <https://doi.org/10.1002/jqs.1295>
- Leifeld J., Wüst-Galley C., Page S., 2019. Intact and managed peatland soils as a source and sink of GHGs from 1850 to 2100. *Nat. Clim. Chang.* 9, 945–947. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0615-5>
- Mieczan T., Adamczuk M., Tarkowska-Kukuryk M., Pęczuł W., Pawlik-Skowrońska B., 2017. Effects of experimental addition of nitrogen and phosphorus on microbial and metazoan communities in a peatbog. *Eur. J. Protistol.* 59, 50–64.
- Mieczan T., Tarkowska-Kukuryk M., Adamczuk M., Pęczuła W., Demetraki-Paleolog A., Niedźwiecki M., 2015. Research of different types of peatbogs: relationships of biocenosis structures and physico-chemical parameters. *Pol. J. Environ. Stud.* 1, 191–198.
- Mitchell E.A.D., Charman D.J., Warner B.G., 2008. Testate amoebae analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: past, present and future. *Biodiv. Conserv.* 17, 2115–2137. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9221-3>
- Obroślak R., Mazur A., Józwiakowski K., Dorozhynsky O., Grzywna A., Rybicki R., Nieścioruk K., Król Ż., Gabryszuk J., Gajewska M., 2017. Using terrestrial laser scanning in inventorying of a hybrid constructed wetland system. *Water Sci. Technol.* 76, 2664–2671. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.436>
- Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (OTOP), 2024. Podręcznik renaturyzacji i ponownego nawadniania torfowisk. OTOP, Marki. <https://otop.org.pl/2024/11/22/podrecznik-renaturyzacji-i-ponownego-nawadniania-torfowisk/>
- Payne R., Charman D.J., Matthews S., Eastwood W., 2008. Testate amoebae as palaeoclimate proxies in Sürmene Ağaçbaşı Yaylasi peatland (Northeast Turkey). *Wetlands* 28, 311–323. <https://doi.org/10.1672/07-42.1>
- Plachno B.J., Łukaszek M., Wołowski K., Adamec L., Stolarczyk P., 2012. Aging of *Utricularia* traps and variability of microorganisms associated with that micro habitat. *Aquat. Bot.* 97, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.11.003>
- Swindles G.T., Charman D.J., Roe H.M., Gheorghiu D.M., 2009. Towards reconstructing hydroclimate using testate amoebae: development of transfer functions based on surface samples from Romania. *Eur. J. Protistol.* 45, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2008.11.001>
- Utermöhl H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. T. 9. *Schweizerbart*, 1–38. <https://doi.org/10.1080/05384680.1958.11904091>

Abstract. Analysis of the physicochemical properties of a habitat, together with data on the ecological requirements of individual organism groups, makes it possible to determine the current state of the environment with high precision. Testate amoebae thrive in biogenic sediments, and their analysis thus provides an opportunity to reconstruct the developmental history of a peatland, including any potential impacts of nearby mining operations. The aim of this study was to assess the influence of the LW Bogdanka SA coal mine on the peatland ecosystems of Polesie National Park. Monthly water samples were collected at two peatlands within the Park from May through November. At each sampling event, we measured the water’s physical and chemical parameters and examined the qualitative and quantitative structure of the testate-amoeba community. Our results indicate that testate amoebae exhibit greater taxonomic diversity, abundance, and biomass

in the peatland adjacent to Lake Moszne, where water-quality parameters – particularly dissolved oxygen levels and concentrations of bioavailable nutrients – remain relatively stable. In contrast, the Orłowskie Peatland shows clearer signs of anthropogenic influence: elevated nutrient concentrations here correspond with both quantitative and qualitative shifts in the testate-amoeba assemblage.

Keywords: anthropopressure, biogenic compounds, testate amoebae

Otrzymano/Received: 21.01.2025
Zaakceptowano/Accepted: 20.05.2025
Opublikowano/Published: 30.06.2025

Lista recenzentów 2024
List of reviewers 2024

dr hab. inż. Ewa Baranowska-Wójcik, prof. uczelni (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)

dr n. o zdr. Piotr Choina (Instytut Medycyny Wsi im. Witolda Chodźki, Lublin)

prof. dr hab. Roman Cieśliński (Uniwersytet Gdański)

dr Agnieszka Gruszczyńska (Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN,
Warszawa)

dr hab. inż. Monika Kowalska-Górska, prof. uczelni (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu)

dr hab. Paweł Nasiadka (Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa)

prof. dr hab. Krystian Obolewski (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy)

dr hab. inż. Dariusz Pleban, prof. CIOP-PIB (Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy
Instytut Badawczy, Warszawa)

prof. dr hab. Ewa Tomaszewska (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)

dr inż. Anna Wierzbicka (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu)

dr hab. Łukasz Wlazło, prof. uczelni (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)