



UNIwersytet
PRZYRODNICZY
WE WROCLAWIU



Publikacja pokonferencyjna
XXVII Międzynarodowa Konferencja Studenckich Kół Naukowych
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 11–12 maja 2023 r.

Problematyka nauk przyrodniczych i technicznych - Tom 6



Publikacja pokonferencyjna
XXVII Międzynarodowa Konferencja Studenckich Kół Naukowych
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 11–12 maja 2023 r.

Problematyka nauk przyrodniczych i technicznych - Tom 6



REDAKCJA NAUKOWA:

Przewodniczący – prof. dr hab. inż. Damian Knecht

Członkowie: dr hab. inż. Jan Kazak, prof. uczelni
dr hab. inż. Agnieszka Nawirska-Olszańska, prof. uczelni
prof. dr hab. Artur Niedźwiedź
dr inż. Przemysław Pokorny
dr hab. inż. Janina Zawieja

Opracowanie redakcyjne i korekta
Magdalena Kozińska-Skrzypiec

Okładka i łamanie
Paweł Wójcik

Wszystkie opublikowane rozdziały otrzymały pozytywne recenzje

Publikacja zawiera zbiór tematycznych prac prezentowanych przez uczestników podczas XXVII Międzynarodowej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, która odbyła się w dniach 11–12 maja 2023 roku na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Zawarte w niniejszej publikacji artykuły zostały zamieszczone na odpowiedzialność ich autorów, którzy przesłali ich treści Organizatorom konferencji oraz zatwierdzili poprawki recenzentów.

Publikacja jest dostępna w systemie OPEN ACCES

ISBN 978-83-7717-393-0

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU

ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel. 71 328 12 77

e-mail: wydawnictwo@upwr.edu.pl

Ark. wyd. 10,8

Spis treści

Kamila Węglowska, Julia Wrona, Jakub Soja, Piotr Lewko, Karol Kupryaniuk OCENA WYRÓŻNIKÓW BARWY BEZGLUTENOWYCH PRZEKĄSEK Z DODATKIEM SUSZONYCH OWOCÓW	7
Julia Wrona, Kamila Węglowska, Jakub Soja, Piotr Lewko, Karol Kupryaniuk CHARAKTERYSTYKA TEKSTURY CHRUPEK BEZGLUTENOWYCH Z DODATKIEM WYBRANYCH OWOCÓW	16
Alicja Tomaszewska, Natalia Lasar JAKOŚĆ ERGONOMICZNA POKOJÓW NAUKI ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W DOMU STUDENCKIM „RAJ”	27
Weronika Jacuńska OCENA PRZYDATNOŚCI ŻYWIENIOWEJ WYBRANYCH DIET PUDEŁKOWYCH DLA PSÓW	53
Joanna Wolińska, Gabriela Wołowicz, Dorota Pelan, Aleksandra Żelazo DZIKI NA KRZYWEJ NÓŻCE – ANALIZA PORÓWNAWCZA ZMIAN ANATOMOPATOLOGICZNYCH DWÓCH RACIC DZIKÓW EURAZJATYCKICH (<i>SUS SCROFA</i>) Z OBWODU ŁOWIECKIEGO NR 47 ZDROJOWA GÓRA	62
Oliwier Leśniak, Agnieszka Wieczorek ROLA BAKTERII Z RODZAJU <i>STAPHYLOCOCCUS</i> W CHOROBAH ALERGICZNYCH PSÓW I KOTÓW	73
Katarzyna Szulczyńska WYSTĘPOWANIE BAKTERII Z RODZAJU <i>ENTEROCOCCUS</i> ORAZ ICH LEKOOPORNOŚĆ U PTAKÓW Z RZĘDU WRÓBLOWYCH	83
Karolina Surowiec, Wiktoria Gawryś PRZYCZYNY WIELOPŁASZCZYZNOWYCH RÓŻNIC POMIĘDZY KOBIETAMI A MĘŻCZYZNAMI	94
Elena Jarmoła, Klaudia Kaliszyk STRES OKSYDACYJNY U PSÓW MIESZKAJĄCYCH W SCHRONISKU	104

Klaudia Kaliszyk

SYNDROM „CZARNEGO KOTA” 113

Alicja Mokrzycka, Kamila Mazur, Izabela Sidor, Paulina Piekarska

**ZAGROŻENIA ZIELENI MIEJSKIEJ W ASPEKCIE WYSTĘPOWANIA
OBCYCH GATUNKÓW ENTOMOFAUNY 121**

Angelika Kasprzyk, Marzena Duda, Adam Bożek

WODA W KRAJOBRAZIE MIASTA RZESZOWA. ZNACZENIE, FORMY I FUNKCJE 134

Mateusz Piejak

**ZWIĘKSZENIE SKUTECZNOŚCI MONITORINGU I ZARZĄDZANIA WODAMI
ŚRÓDLĄDOWYMI DZIĘKI TELEDETEKCYJNEJ TECHNOLOGII SENTINEL-2 148**

OCENA WYRÓŹNIKÓW BARWY BEZGLUTENOWYCH PRZEKĄSEK Z DODATKIEM SUSZONYCH OWOCÓW**

Kamila Węglowska^{1*}, Julia Wrona¹, Jakub Soja¹,
Piotr Lewko^{1,2}, Karol Kupryaniuk¹

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Koło Naukowe Inżynierii Spożywczej,
ul. Głęboka 31, 20-612 Lublin

² PZZ Lubella GMW Sp. z o.o., ul. Wrotkowska 1, 20-469 Lublin

* e-mail: kamilaw19@interia.pl

Streszczenie

Celem pracy była ocena profilu barwy bezglutenowych przekąsek w postaci chrupki z wybranymi suszonymi owocami, wytwarzanych na ekstruderze jednoślismakowym. Chrupki wytworzono z grysu kukurydzianego i mąki ryżowej z dodatkiem 5, 10, 15 i 20% suszonych owoców ananasa i żurawiny oraz 2, 4, 6, 8 i 10% maliny, suszonej jagody acai i czarnej jagody. Przekąski ekstrudowano przy prędkości ślimaka 100 obr./min i formowano na matrycy o średnicy 3 mm. W chrupkach oceniano profil barwy z użyciem kolorymetru w skali CIE-Lab, wyznaczając jasność L^* , balans czerwono-zielony a^* , balans żółto-niebieski b^* oraz całkowitą zmianę barwy ΔE . Najmniejsze oddziaływanie na profil barwy wyznaczono przy dodatku suszu z ananasa. Wyższe wartości a^* uzyskano przy zwiększającym się udziale owoców żurawiny i maliny. Większy udział jagody acai oraz czarnej jagody wpływał na znaczne obniżenie jasności L^* oraz na jasnobrązową barwę przekąsek. Również w przypadku tych chrupki odnotowano najwyższe wartości ΔE . Zastosowane dodatki suszonych owoców pozwoliły nadać charakterystyczną barwę w zależności od ich rodzaju i ilości.

Słowa kluczowe: ekstruzja, przekąski, ananas, malina, żurawina, jagoda acai, czarna jagoda, kolorometr

1. Wprowadzenie

Zmieniające się potrzeby klientów wynikają z szybkiego tempa życia i braku czasu na przygotowanie posiłków. Kolejnym trendem, który będzie rozwijał się w dynamicznym tempie, jest moda na zdrowe przekąski. Badania pokazują, że coraz częściej sięgamy po nie między posiłkami, a nawet zastępujemy nimi stałe posiłki w krótszych odstępach czasu. Proces ekstruzji stwarza możliwość uzyskania innowacyjnych, zdrowych i zgodnych z oczekiwaniami klientów wyrobów. Produkty zbożowe stanowią istotne źródło składników odżywczych w diecie człowieka i są podstawowym asortymentem sprzedawanym na rynku produktów spożywczych. Dane statystyczne wskazują, iż spożycie produktów zbożowych systematycznie wzrasta

w Polsce [6]. Przekąski, szczególnie wzbogacone w owoce i warzywa, mogą stać się grupą produktów określaną jako żywność funkcjonalna. Ekstruzja jest techniką HTST (ang. high temperature short time – wysoka temperatura krótki czas), która pozwala na wytwarzanie szerokiej gamy produktów spożywczych i paszowych. Dobór warunków procesu pozwala na kształtowanie cech wyrobów i ich wartość odżywczą, zaś zastosowanie dodatków roślinnych wpływa na poprawę wartości żywieniowej ekstrudatów, m.in. wzrost zawartości związków fenolowych w produktach ekstrudowanych z dodatkami roślinnymi.

Chrupki kukurydziane wzbogacone w owoce i warzywa mogą stać się grupą produktów należąca do żywności funkcjonalnej [2, 10]. Kukurydza jest surowcem bezglutenowym, w swoim składzie zawiera dużą ilość skrobi, ale jest uboga w flawonoidy, kwas foliowy, błonnik, mikroelementy. Produkty przemiału kukurydzy są wykorzystywane do produkcji nowej generacji żywności specjalnego przeznaczenia żywieniowego. Ryż, tak samo jak kukurydza, jest również surowcem bezglutenowym. Cechują go neutralny smak i zapach oraz właściwości hipoalergiczne, co sprawia, że roślina ta znajduje uniwersalne zastosowanie w przekąskach i produktach piekarniczych bezglutenowych. Mikroelementy zawarte w ryżu, tj. potas, wapń, fosfor, żelazo, magnez oraz witamina B, pozwalają na utrzymanie odpowiedniego poziomu pierwiastków u osób stosujących dietę bezglutenową [12].

Owoce mają znaczny wpływ na udział w codziennej diecie człowieka i pełnią ważną funkcję żywieniową, dostarczając do organizmu wielu substancji bioaktywnych, pierwiastków śladowych i witamin. Mogą przyczyniać się do poprawienia wartości odżywczej żywności, ale także stosowane są jako dodatek wpływający na barwę oraz strukturę wyrobów [4].

Główną składową owocu ananasa jest woda, lecz cechuje się on również dużą zawartością cukrów (do 17% masy), witamin C, A i B₁, beta-karotenu, flawonoidów oraz polifenoli. Owoc ten zawiera enzymy mające wspomagać funkcjonowanie układu pokarmowego, może działać przeciwnowotworowo i przeciwwirusowo. Jedną z lepiej poznanych substancji czynnych, których źródłem jest ananas, jest bromelaina. Pozyskuje się ją z łodyg, owoców i liści. Zawiera mieszaninę enzymów proteolitycznych, która znalazła zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, tekstylnym i kosmetycznym. Ma działanie przeciwzapalne, zmniejsza ból u pacjentów z artretyzmem, redukuje ryzyko tworzenia blaszki miażdżycowej i powstawania zakrzepów [18].

Polska jest jednym z czołowych producentów owoców maliny właściwej w Europie i na świecie. Badania naukowe nad biologicznymi właściwościami malin potwierdziły ich znaczenie jako składników leków o działaniu przeciwzapalnym, są one również wartościowym składnikiem naszej diety. Wyniki eksperymentów wykazały właściwości przeciwnowotworowe kwasu elagowego (C₁₄H₆O₈), prostego fenolu, który hamuje procesy nowotworowe. Posiada również właściwości przeciwwirusowe. Owoce maliny są szczególnie cenne ze względu na dużą zawartość błonnika, pektyn i innych związków bioaktywnych zwanych „fitaminami” [3]. Maliny to owoce o wszechstronnym zastosowaniu, możemy je spożywać przez cały rok: jako świeży deser, dżemy, kompoty, soki czy mrożonki. Owoce malin stanowią przede wszystkim bogate źródło związków o właściwościach przeciwutleniających. Związki te reprezentowane są głównie przez polifenole (kwasy fenolowe, flawonoidy wraz z antocyjanami), witaminy – A, C oraz tokoferole, karotenoidy, kwasy organiczne, wapń, selen i wiele innych [3].

Owoce żurawiny charakteryzują się wysoką aktywnością przeciwutleniającą. Są bogate w witaminę C, tokoferole, karotenoidy. Stanowią jedno z bogatszych źródeł związków fenolowych, w tym flawonoidów. W owocach żurawiny błotnej stwierdzono znaczne ilości

kwasu ferulowego, a w mniejszych ilościach katechinę i epikatechinę oraz rezweratrol. Uważa się, że związki fenolowe wzmacniają system odpornościowy ustroju. Dzięki dużej pojemności antyoksydacyjnej, większej niż witaminy, polifenole żurawiny wykazują działanie antykancerogenne, wspomagając leczenie chorób serca i dróg moczowych [8].

Na polskim rynku pojawia się bardzo wiele suplementów diety, koktajli energetycznych, soków, dodatków do żywności czy kosmetyków, które zawierają składniki pochodzenia roślinnego, a wśród nich owoce spopularyzowane w Europie dopiero w ciągu ostatnich lat. Niektóre z nich, w tym jagody acai, zaliczane są do grupy określanej mianem „superżywności” (ang. superfoods). Są to produkty, które zawierają duże ilości składników odżywczych, dzięki czemu mają korzystny wpływ na stan zdrowia. Wśród tych składników można wymienić: tłuszcze nienasycone, błonnik, witaminy, składniki mineralne, aminokwasy, przeciwutleniacze czy fitosterole. W medycynie tradycyjnej acai było stosowane jako remedium na problemy trawienne, biegunki, robaczyce oraz aplikowane zewnętrznie na różnego rodzaju problemy skórne [15]. Obecnie uważa się, że stosowanie jagód acai wspomaga utratę wagi, procesy trawienne oraz hamuje starzenie się organizmu [7]. Ponadto mają one działanie antyoksydacyjne, kardioprotekcyjne, przeciwzapalne, a nawet przeciwnowotworowe [1]. Aktywności te związane są z obecnością w miąższu, który cieszy się największym zainteresowaniem, związków antyoksydacyjnych takich jak: antocyjany, kwasy fenolowe, flawonoidy, karotenoidy. Innymi substancjami obecnymi w acai są: kwasy tłuszczowe, aminokwasy, lignany, liczne składniki mineralne, witaminy oraz błonnik [15].

Owoc czarnej jagody zaliczany jest do surowców garbnikowych i antocyjanowych. Zawartość garbników w surowcu wynosi 5–12%, głównie są to garbniki skondensowane – katechinowe (pochodne katechiny i epikatechiny) [5]. Ze związków antocyjanowych możemy znaleźć pochodne delfinidyny, cyjanidyny, malwidyny, peonidyny i petunidyny. Ponadto owoce zawierają kwas ursolowy, fenolokwasy (chlorogenowy, ferulowy, syringowy i kawowy), witaminy: C, PP, A i z grupy B, kwasy organiczne, cukry i pektyny oraz mikroelementy takie jak: wapń, magnez, fosfor, mangan, miedź i potas [14].

Technika ekstruzji umożliwia uzyskanie nowych produktów o specyficznych cechach z różnych surowców i dodatków. Wzbogacanie ekstrudatów w owoce, warzywa, nasiona czy produkty uboczne z przemysłu rolno-spożywczego ma na celu podwyższenie wartości odżywczej żywności ekstrudowanej o antyoksydanty, polifenole, witaminy i minerały [11].

Żywność bogata w przeciwutleniacze odgrywa istotną rolę w profilaktyce wielu chorób. Na wzrost całkowitego reaktywnego potencjału przeciwutleniającego (CRPA) i ryzyka wystąpienia niektórych chorób mają wpływ wybrane składniki codziennej diety [13]. Badania epidemiologiczne wskazują na zależność między stopniem zachorowalności na niedokrwinną chorobę serca a spożyciem żywności bogatej we flawonoidy. Wykazano, że najmniej flawonoidów w diecie (średnio ok. 5 mg/dzień) spożywają Finowie, najwięcej Japończycy (ok. 64 mg/dzień). Potwierdzeniem są badania prowadzone wśród ludności południowej Francji oraz Anglii i Walii. Wykazano, że 5-krotnie mniejsza śmiertelność z powodu chorób serca wśród ludności południowej Francji niż Anglii przypisywana jest większemu spożyciu warzyw i owoców bogatych we flawonoidy, a także czerwonego wina, zwłaszcza w antocyjany. Uważa się, że działanie tych związków jest silniejsze niż innych przeciwutleniaczy obecnych w żywności (witamina C, E, karotenoidy) [9].

Celem pracy była ocena profilu barwy bezglutenowych przekąsek w postaci chrupek z wybranymi suszonymi owocami, wytwarzanych na ekstruderze jednoślindakowym z matrycą 3 mm przy zmiennych obrotach ślimaka.

2. Materiał i metody

Przekąski bezglutenowe wytwarzano na ekstruderze jednoślindakowym EXP-45–32 w wersji L/D = 12 z matrycą o średnicy 3 mm przy zmiennych obrotach ślimaka 100 obr./min. Suszone owoce rozdrabniano do granulacji poniżej 1 mm i dodawano do grysu kukurydzianego z dodatkiem mąki ryżowej oraz ksylitolu: suszony ananas i żurawinę w ilości 5, 10, 15 i 20% oraz malinę, jagody acai i czarne jagody w ilości 2, 4, 6, 8 i 10% udziałów masowych. Jako próbę kontrolną użyto chrupkek z bazowej receptury bez dodatków. W wytworzonych przekąskach barwę oceniono z użyciem kolorymetru, wyznaczając współrzędne chromatyczne L^* , a^* , b^* oraz określono całkowitą zmianę barwy ΔE .

Badanie profilu barwy wykonano po rozdrobnieniu przekąsek wzbogacanych owocami, przykładając okienko pomiarowe kolorymetru do sproszkowanych prób. Do analizy współrzędnych barwy użyto kolorymetru model NH310 (Shenzhen 3NH Technology Co. Ltd., Shenzhen, Chiny), którego zasada działania oparta była na systemie CIE-Lab, gdzie współrzędna L^* opisywała jasność w zakresie od 0 (czarny) do 100 (biały), współrzędna a^* – balans pomiędzy kolorem czerwonym (wartości dodatnie) a kolorem zielonym (wartości ujemne), natomiast współrzędna b^* obrazowała przedział między żółtym, jeśli wartości były dodatnie, a niebieskim, jeśli były ujemne. Końcowe wartości współrzędnych L^* , a^* , b^* były średnimi z pięciu pomiarów współrzędnych barwy. Dodatkowo obliczono całkowity wskaźnik zmiany barwy ΔE według następującej formuły [16]:

$$\Delta E = \sqrt{(L_{próba}^* - L_{kontrola}^*)^2 + (a_{próba}^* - a_{kontrola}^*)^2 + (b_{próba}^* - b_{kontrola}^*)^2} \quad (1)$$

3. Wyniki i dyskusja

Wyróżniki barwy bezglutenowych przekąsek są jednym z kluczowych wskaźników jakości żywności. Parametr ten określa, jak produkt jest atrakcyjny dla konsumentów i wpływa na sprzedaż wyrobów. Analiza współrzędnych barwy bezglutenowych przekąsek wzbogacanych dodatkiem różnych owoców suszonych (tab. 1) wykazała wartości jasności L^* w zakresie od 64,54 do 91,53, wartości a^* od 5,24 do 21,70 i wartości b^* od 4,00 do 33,05. Wygląd otrzymanych bezglutenowych przekąsek przedstawiono na rycinie 1.

Wartości L^* ekstrudowanych bezglutenowych przekąsek z dodatkiem owoców zmniejszały się wraz ze wzrostem poziomu suplementacji ananasa, maliny, żurawiny, acai oraz czarnej jagody. Najwyższe wartości jasności (91,53) oraz maksymalną wartość współrzędnej chromatycznej b^* (28,93) zaobserwowano w przypadku chrupkek z 10% dodatkiem ananasa ze względu na wysokie wartości jasności i intensywną żółtą barwę zarówno kaszki kukurydzianej, jak i suszonego owocu ananasa. Najniższą wartość L^* (64,54) odnotowano w przekąskach kukurydzianych wzbogaconych 10% dodatkiem owoców jagód acai (tab. 1).

Najniższą wartość współrzędnej a^* (5,24) zaobserwowano podczas badania przekąsek z 5 oraz 10% dodatkiem owocu ananasa, natomiast najwyższą wartość tej współrzędnej chromatycznej (21,70) odnotowano w chrupkach z 20% dodatkiem owocu żurawiny. Jako że współrzędna a^* określa balans pomiędzy kolorem czerwonym a zielonym, tak wysoka wartość współrzędnej a^* wynika z intensywnie czerwonego koloru owocu suszonej żurawiny.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 1. Wygląd bezglutenowych przekąsek ekstrudowanych z dodatkiem suszonych owoców:
 a) od góry: ananas, żurawina; kolejno 0, 5, 10, 15, 20%
 b) od góry: jagoda acai, czarna jagoda, malina; kolejno 0, 2, 4, 6, 8, 10%

Najniższą wartość współrzędnej b^* (4,00), świadczącą o najniższej intensywności barwy żółtej, zaobserwowano w przekąskach kukurydzianych z 10% dodatkiem owoców czarnej jagody, które uzyskiwały jasnobrązowy odcień ze względu na ciemnobrązowy kolor samych suszonych jagód. Najwyższą wartość dla tego wyróżnika barwy (33,05) wystąpiła w chrupkach z 15% zawartością dodatku owoców ananasa ze względu na intensywny żółty kolor kaszki kukurydzianej, jak również dodatku owocowego w postaci żółtych suszonych owoców ananasa.

Na podstawie poszczególnych wyróżników barwy wyznaczona została wartość ΔE , która wskazuje na całkowitą zmianę barwy uwzględniającą wszystkie współrzędne chromatyczne. Zakres uzyskanych wartości ΔE wynosił od 2,64 do 33,99. Najmniejsza wartość ΔE , którą obliczono według podanej wyżej formuły (1), wynosiła 2,64 i została obliczona w przypadku przekąsek z 5% zawartością dodatku owoców ananasa, natomiast najwyższą wartość ΔE wyniosła 33,99 i wyliczona została w przypadku chrupkek kukurydzianych z 10% udziałem dodatku owoców czarnej jagody. Generalnie można stwierdzić, że wszystkie owoce wraz ze zwiększaniem ich udziału procentowego miały znaczący wpływ na wartości współczynnika ΔE .

W badaniach Wójtowicz i in. [17] przy zastosowaniu dodatku suszonych owoców czarnego bzu oraz aronii do kukurydzianych przekąsek ekstrudowanych najwyższą wartość L^* odnotowano przy 5% dodatku aronii (46,46) i przy 5% dodatku czarnego bzu (50,28), nato-

Tabela 1. Średnie wartości współrzędnych barwy L^* , a^* , b^* chrupkek kukurydzianych wzbogaconych dodatkiem owoców ekstrudowanych przy prędkości 100 obr./min.

Dodatek	Udział [%]	L^*	a^*	b^*	ΔE
Ananas	5	90,41 ± 0,04	5,24 ± 0,09	26,81 ± 0,17	2,64
	10	91,53 ± 0,21	5,55 ± 0,23	28,93 ± 0,10	4,63
	15	88,06 ± 1,56	4,29 ± 0,72	33,05 ± 1,65	8,19
	20	83,09 ± 5,74	5,24 ± 1,05	26,81 ± 1,97	11,39
Żurawina	5	83,80 ± 1,60	12,23 ± 0,34	17,21 ± 0,30	13,83
	10	81,91 ± 0,58	15,16 ± 0,36	13,93 ± 0,19	18,44
	15	74,05 ± 0,40	19,88 ± 0,34	9,91 ± 0,45	27,83
	20	73,12 ± 0,47	21,70 ± 0,17	7,13 ± 0,08	31,03
Malina	2	81,75 ± 0,83	10,91 ± 0,24	20,84 ± 0,37	12,26
	4	80,54 ± 0,69	14,08 ± 0,33	16,60 ± 0,26	16,93
	6	82,76 ± 0,30	12,12 ± 0,17	15,64 ± 0,21	15,08
	8	78,76 ± 0,65	15,23 ± 0,25	13,62 ± 0,10	20,27
	10	79,89 ± 1,26	14,53 ± 0,66	14,27 ± 0,10	18,85
Jagoda acai	2	79,12 ± 0,80	8,21 ± 0,18	15,71 ± 0,24	15,44
	4	73,14 ± 0,45	8,76 ± 0,08	11,59 ± 0,13	22,52
	6	68,01 ± 0,15	8,58 ± 0,12	6,84 ± 0,19	29,31
	8	67,20 ± 0,64	9,17 ± 0,22	6,79 ± 0,12	30,11
	10	64,54 ± 0,24	9,41 ± 0,17	5,83 ± 0,06	32,75
Czarna jagoda	2	75,45 ± 0,62	8,19 ± 0,26	11,76 ± 1,97	20,58
	4	70,32 ± 0,77	9,33 ± 0,21	7,22 ± 0,09	27,51
	6	66,80 ± 0,15	8,63 ± 0,12	6,59 ± 0,19	29,31
	8	67,07 ± 0,64	9,39 ± 0,22	6,94 ± 0,12	30,12
	10	64,98 ± 0,53	11,52 ± 0,40	4,00 ± 0,18	33,99

Źródło: opracowanie własne

miast najmniejsze wartości L^* wyznaczono w chrupkach z 20% dodatkiem aronii (30,19) i 20% dodatkiem czarnego bzu (33,94). Najmniejszą wartość a^* odnotowali w przekąskach z dodatkiem 5% aronii (8,22) oraz z 5% dodatkiem czarnego bzu (5,82), z kolei największą wartość tej współrzędnej barwy w chrupkach z 20% zawartością aronii (10,76) i czarnego bzu (8,54). Wartość barwy b^* była najniższa przy zastosowaniu 20% dodatku aronii (0,40) oraz czarnego bzu (1,20), natomiast najwyższe wartości barwy żółtej uzyskano przy 5% udziale aronii (7,77) i czarnego bzu (1,20). Przy obliczeniach ΔE im większy jest jej współczynnik, tym większa zawartość dodatku owocowego. Podobne wyniki odnotowano przy dodatkach jagód acai oraz owoców czarnych jagód. Nieco inaczej kształtowały się wyróżniki

barwy przy zastosowaniu dodatku truskawki do przekąsek ekstrudowanych [17]. Największą jasność L^* odnotowano przy 5% dodatku owocowego (63,24), a najmniejszą przy 20% udziale truskawki w recepturze (45,30). Najmniejszą wartość a^* oraz najwyższą b^* odnotowano w chrupkach z 5% ilością truskawki (odpowiednio 5,34 i 16,39), natomiast największą wartość a^* i najmniejszą b^* przy 20% zawartości dodatku owocowego (odpowiednio 15,61 i 8,30). Im większa była zawartość dodatku owocowego, tym współczynnik ΔE był wyższy. Podobne wyniki odnotowano przy dodatku zmielonych owoców malin oraz żurawiny, które w naturalnych warunkach mają zbliżony kolor owocu.

W badaniach Wójtowicz i in. [16] przy zastosowaniu w chrupkach bezglutenowych dodatku mąki gryczanej największą wartość współrzędnej L^* odnotowano przy zastosowaniu 10% dodatku mąki gryczanej (91,41), a najmniejszą (81,65) przy 50% dodatku. Najmniejsza wartość współrzędnej b^* przy udziale 10% mąki gryczanej wynosiła 23,30, natomiast największą wartość (35,65) wyznaczono przy zastosowaniu 50% udziału mąki gryczanej w mieszankach z kukurydzą. Podobne wyniki i wartości poszczególnych wyróżników barwy odnotowano w chrupkach bezglutenowych przy zastosowaniu dodatku suszonych owoców ananasa.

4. Podsumowanie i wnioski

Badania wykazały, że można zastosować dodatki owocowe w ilości od 5 do 20% w recepturach ekstrudowanych chrupiek bezglutenowych na bazie mieszanki kukurydziano-ryżowej. Najmniejszą jasnością L^* charakteryzowały się przekąski z dodatkiem 10% czarnej jagody, najgłębszy czerwony odcień a^* uzyskano przez dodatek 20% suszonych owoców żurawiny. W odniesieniu do próby kontrolnej zastosowanie już 4% suszonego ananasa dawało możliwość rozróżnienia zmiany barwy przekąsek ($\Delta E > 3$), w pozostałych badanych przekąskach z dodatkiem ciemnych owoców różnica barwy była znacznie wyższa i dostrzegalna wzrokowo, co potwierdzają wysokie wartości wskaźnika ΔE chrupiek suplementowanych wybranymi do badań suszonymi owocami.

Literatura

- [1] Alessandra-Perini J., Rodrigues-Baptista K.C., Machado D.E., Nasciutti L.E., Perini J.A. Anticancer potential, molecular mechanisms and toxicity of *Euterpe oleracea* extract (açaí): A systematic review PloS One, 2018, Vol. 13, e0200101.
- [2] Amer S.A., Rizk A.E. Production and evaluation of novel functional extruded corn snacks fortified with ginger, bay leaves and turmeric powder. Food Production, Processing and Nutrition, 2022, Vol. 4 (1), 4.
- [3] Baranowska A., Radwańska K., Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I. Właściwości prozdrowotne owoców maliny właściwej (*Rubus idaeus* L.). Problemy Higieny i Epidemiologii, 2015, Vol. 96 (2), s. 406–409.
- [4] Çetin N., Sağlam C. Rapid detection of total phenolics, antioxidant activity and ascorbic acid of dried apples by chemometric algorithms. Food Bioscience, 2022, Vol. 47, 101670.
- [5] Drozd J., Anuszewska E. Czarna jagoda – perspektywy nowych zastosowań w profilaktyce i wspomaganiu leczenia chorób cywilizacyjnych. Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie, 2013, Vol. 2, s. 226–235.

- [6] Firllej K. Kierunki i perspektywy rozwoju wybranych branż przemysłu rolno-spożywczego w Polsce. Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków, 2014.
- [7] Marcason W. What is the açai berry and are there health benefits? *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2009, Vol. 109 (11), s. 1968.
- [8] Mazur B., Borowska E.J. Produkty z owoców żurawiny błotnej – zawartość związków fenolowych i właściwości przeciwutleniające. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2007, Vol. 40 (3), s. 239–243.
- [9] Panczenko-Kresowska B.. Wolne rodniki a żywienie. *Wiadomości Zielarskie*, 1997, Vol. 10, s. 17–18.
- [10] Poliszko N., Kowalczewski P.Ł., Rybicka I., Kubiak P., Poliszko S. The effect of pumpkin flour on quality and acoustic properties of extruded corn snacks. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 2019, Vol 14 (2), s. 121–129.
- [11] Prabha K., Ghosh P.S.A., Joseph R.M., Krishnan R., Rana S.S., Pradhan R.C. Recent development, challenges and prospects of extrusion technology. *Future Foods*, 2021, Vol. 3, 100019.
- [12] Przetaczek-Rożnowska I., Bubis E. Zboża bezglutenowe alternatywą dla osób chorych na celiakię. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 2016, Vol. 65 (1), s. 127–140.
- [13] Szajdek A., Borowska J. Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność- Nauka Technologia Jakość*, 2004, Vol. 4 (41), s. 5–28.
- [14] van Wyk B-E, Wink M. Rośliny lecznicze świata. *MedPharm Polska*, Wrocław, 2008.
- [15] Wojciechowska M., Grzegorzczak-Karolak I., Owoce açai – potencjał terapeutyczny bazujący na profilu fitochemicznym surowca i współczesnych badaniach farmakologicznych. *Farmacja Polska*, 2019, Vol. 75 (3), s. 134–147.
- [16] Wójtowicz A., Kolasa A., Mościcki L. Influence of buckwheat addition on physical properties, texture and sensory characteristics of extruded corn snacks. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2013, Vol. 63 (4), s. 239–244.
- [17] Wójtowicz A., Lisiecka K., Mitrus M., Nowak G., Golian M., Oniszczyk A., Kasprzak K., Widelska G., Oniszczyk T., Combrzyński M. Physical properties and texture of gluten-free snacks supplemented with selected fruit additions. *International Agrophysics*, 2019, Vol. 4(33), s. 407–416.
- [18] Zielonka-Brzezicka J., Nowak A., Klimowicz A., Duchnik W., Wysocka D., Grzesiak K., Rędzikowska E., Synowiec L., Ptak B., Bliska. J. Ocena aktywności antyoksydacyjnej ananasa jadalnego (*Ananas comosus*). *Pomeranian Journal of Life Sciences*, 2018, Vol. 64 (3), s. 132–138.

EVALUATION OF COLOR PROFILE OF GLUTEN FREE CRISPS WITH DRIED FRUITS ADDITION**

Abstract

The aim of the study was to evaluate the color profile of gluten-free snacks in the form of crisps with selected dried fruits, produced on a single-screw extruder. The crisps were made of corn grits and rice flour with the addition of 5, 10, 15 and 20% of dried pineapple and cranberry fruits and 2, 4, 6, 8 and 10% of raspberry, dried açai berry

and blueberry. The snacks were extruded at a screw speed of 80, 100 and 120 rpm and formed on a 3 mm diameter die. The color profile of the snacks was assessed using a colorimeter on the CIE-Lab scale, determining the L^* for brightness, the red-green balance a^* , the yellow-blue balance b^* and the total color change ΔE . The smallest effect on the color profile was determined with the addition of dried pineapple. Higher a^* values were obtained with an increasing share of cranberry and raspberry fruit. A larger amount of acai berry and blueberry resulted in a significant decrease in L^* and light brown color of the snacks. The highest ΔE values were also recorded for these snacks. The additions of dried fruit allowed to give a characteristic color depending on their type and quantity.

Keywords: extrusion, snacks, pineapple, raspberry, cranberry, acai berry, blueberry, colorimeter

** Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje” SKN/SP/534982/2022.



Opiekun pracy
prof. dr hab. Agnieszka Wójtowicz

Recenzenci:
dr hab. inż. Renata Różyło, prof. uczelni
dr hab. Marcin Mítrus

CHARAKTERYSTYKA TEKSTURY CHRUPEK BEZGLUTENOWYCH Z DODATKIEM WYBRANYCH OWOCÓW**

Julia Wrona^{1*}, Kamila Węglowska¹, Jakub Soja¹,
Piotr Lewko^{1,2}, Karol Kupryaniuk¹

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Koło Naukowe Inżynierii Spożywczej,
ul. Głęboka 31, 20-612 Lublin

² PZZ Lubella GMW Sp. z o.o., ul. Wrotkowska 1, 20-469 Lublin

* e-mail: wrona.j@interia.pl

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu dodatku suszonych lub liofilizowanych owoców na wybrane cechy jakościowe chrupkek kukurydzianych. Materiałem do badań były chrupki bezglutenowe przygotowane z grysu kukurydzianego i mąki ryżowej z dodatkiem suszonych owoców takich jak ananas, czerwona porzeczka, żurawina w ilości 5, 10, 15 i 20% oraz acai i czarna jagoda w ilości 2, 4, 6, 8 i 10% udziału masowego. Do wytworzenia chrupkek użyto ekstrudera jednoślimakowego EXP-45-32 w wersji L/D = 12 z matrycą o średnicy 3 mm przy prędkości ślimaka 80, 100 i 120 obr./min. W chrupkach oceniono cechy fizyczne, tj. siłę cięcia nożem, twardość, kruchość i łamliwość. Stwierdzono, że najmniejszą siłą cięcia i twardością charakteryzują się przekąski z dodatkiem 5–20% czerwonej porzeczki oraz 10 i 15% żurawiny, natomiast zastosowanie 15 i 20% dodatku ananasa wpłynęło negatywnie na kruchość chrupkek.

Słowa kluczowe: ekstruder jednoślimakowy, przekąski bezglutenowe, owoce suszone, tekstura

1. Wprowadzenie

Obecnie na rynku spożywczym obserwuje się duże zainteresowanie konsumentów kwestiami zdrowego żywienia. Zwracają oni coraz większą uwagę na to, co jedzą, czytają etykiety, wybierają zdrowsze produkty. Wybory konsumenckie coraz bardziej ukierunkowane są na wyroby wysokobłonnikowe, o obniżonej zawartości cukru oraz wzbogacone w cenne dla zdrowia składniki mineralne i witaminy. Produkty takie określa się mianem żywności funkcjonalnej [6]. Składnikami bioaktywnymi, które w dużej mierze decydują o prozdrowotnych właściwościach żywności funkcjonalnej, są między innymi: błonnik pokarmowy, prebiotyki, poliole, cholina i lecytyna, niektóre białka, np. soi oraz peptydy, wielonienasycone kwasy tłuszczowe n-3, składniki mineralne, witaminy, fitozwiązki o właściwościach przeciwutleniających (polifenole, witamina C, karotenoidy, antocyjany, glikozydy, terpeny) oraz fitosterole i mikroorganizmy o działaniu probiotycznym, w tym bakterie fermentacji mlekowej [7].

Ekstruzja jest procesem wysokotemperaturowym, który wykorzystuje krótki czas przetwarzania. Technika ta stwarza możliwości wzbogacania typowych produktów, takich jak

np. przekąski bezglutenowe, w składniki o bogatym składzie odżywczym [14]. Dobór warunków procesu pozwala na zachowanie wartości odżywczych produktów, jak również może zwiększać dostępność niektórych związków biologicznie czynnych w produktach ekstrudowanych [2]. Najczęściej stosowanymi surowcami w procesie ekstruzji są zboża lub pseudozboża, przede wszystkim kukurydza, ryż lub pszenica, bogate w węglowodany, umożliwiające tworzenie porowatej struktury wytłaczanych przekąsek. Jednak tego typu surowce nie są wystarczającym źródłem substancji odżywczych, zwłaszcza bioaktywnych [9]. W celu poprawy wartości odżywczych otrzymanych ekstrudatów zaleca się stosowanie dodatków warzywnych, owocowych lub ziołowych. Dodatki takie stosuje się głównie w postaci sproszkowanej, otrzymanej poprzez zmielenie liofilizowanych lub suszonych półproduktów. Wartościowym dodatkiem do przekąsek mogą być powszechnie dostępne susze owocowe z owoców lokalnych lub egzotycznych.

Ananasy składają się w około 85–86% z wody i węglowodanów. Są bogate w błonnik pokarmowy, kwasy organiczne, cukry oraz w niezbędne związki mineralne, takie jak magnez, miedź i mangan oraz witaminy A, B i C. W składzie zawierają bardzo mało tłuszczu i białka. Kawałek ananasa wystarczy, aby pokryć znaczną część zalecanego dziennego spożycia witaminy C dla osoby dorosłej, przez co ananas jest silnym przeciwutleniaczem o dużym znaczeniu biochemicznym w komórkowych szlakach enzymatycznych. Sposób działania owocu w procesie starzenia może polegać na jego zdolności do wzmacniania komórek systemu obrony antyoksydacyjnej, zwiększając w ten sposób odporność na stres komórkowy [1].

Porzeczka czerwona należy do grupy owoców o wysokiej wartości odżywczej i korzystnej aktywności biologicznej. Zawiera łatwo przyswajalne cukry proste – glukozę i fruktozę, witaminy takie jak: C, P, E, PP, K i prowitaminę A oraz cenne kwasy organiczne (cytrynowy, jabłkowy, maleinowy, winowy), pektyny i flawonoidy, w tym antocyjany. Owoce porzeczki czerwonej są bogatym źródłem makro- i mikrośladników, takich jak: wapń, potas, magnez, fosfor, siarka, żelazo, miedź, cynk i mangan, a dzięki bogatemu składowi wykazują wielorakie działanie prozdrowotne [4].

Owoce żurawiny są cennym źródłem witamin A, Ci E oraz luteiny i beta-karotenu, są również bogate w składniki mineralne, takie jak potas, sód czy selen. Najważniejszą grupą związków prozdrowotnych obecnych w owocach żurawiny są polifenole: flawonoidy, stilbeny i kwasy fenolowe. Ponadto zawierają liczne kwasy organiczne: kwas cytrynowy, chinowy, ursolowy i benzoesowy. Owoce żurawiny dzięki bogatemu składowi wykazują pozytywny wpływ na organizm człowieka, między innymi są stosowane w stanach zapalnych ze względu na swoje właściwości przeciwzapalne [3].

Owoce jagody acai zaliczane są do grupy określanej mianem superfoods, czyli żywności bogatej w składniki niezbędne do zachowania zdrowia i utrzymania dobrego samopoczucia. Owoce te są cennym źródłem antocyjanów, głównie 3-O-glukozyducyjanidyny oraz 3-O-rutynozyducyjanidyny. W owocach stwierdzono również obecność flawonów takich jak izowitekyna, izoorientyna, orientyna, skoparyna oraz należących do flawanonów taksyfoliny i deoksyheksozydutaksyfoliny. Dodatkowo wykryto obecność kwercetyny i dihydrokemferolu, które należą do flawonoli. Owoce zawierają istotne ilości proantocyjanidynów – flawonoidów nadających owocom cierpki smak, kwasy polifenolowe, lignany, kwasy tłuszczowe (głównie kwas oleinowy, palmitynowy i linolowy), składniki mineralne (glin, bar, wapń, miedź, żelazo, potas, magnez, mangan, sód, nikiel, fosfor oraz chrom i cynk) oraz witaminy A, E, C i z grupy B. Acai wykazuje silne działanie antyoksydacyjne, przyczynia się do usuwania i ograniczania produkcji wolnych rodników w organizmie ludzkim [11].

Czarna jagoda stanowi jedno z najbogatszych źródeł antocyjanów, których zawartość jest zdecydowanie wyższa niż w innych owocach jagodowych i stanowi nawet 300–700 mg/100 g świeżych owoców. Wzbogacenie składu w prozdrowotne antocyjany pozwoli na dostarczenie związków o działaniu przeciwutleniającym, niezbędnych do ochrony przed stresem oksydacyjnym. W czarnej jagodzie wykryto 18 związków z grupy antocyjanów, wśród których największy udział mają pochodne delfinidyny i cyjanidyny. W owocach tych występują dodatkowo pochodne malwidyny, petunidyny i peonidyny, a także kwasy fenolowe np. galusowy [5].

Celem pracy było wyznaczenie wybranych charakterystycznych cech tekstury kukurydzianych chrupiek bezglutenowych, w tym siły cięcia, twardości, kruchości i łamliwości, które zostały wzbogacone różnym dodatkiem procentowym suszonych lub liofilizowanych owoców (tj. ananas, czerwona porzeczka, żurawina, acai i czarna jagoda) i wytwarzane przy zmiennych warunkach procesu ekstruzji.

2. Materiał i metody

Chrupki bezglutenowe przygotowano z grysu kukurydzianego (80%), mąki ryżowej (17%), ksylitolu (3%) z dodatkiem suszonych owoców takich jak ananas, czerwona porzeczka, żurawina w ilości 5, 10, 15 i 20% oraz acai i czarna jagoda w ilości 2, 4, 6, 8 i 10% udziału masowego zamiast kukurydzy, rozdrobnione do granulacji poniżej 1 mm. Mieszanki poddawano ekstruzji przy użyciu ekstrudera jednoślimakowego EXP-45–32 (Zamak Merkator, Skawina) w wersji L/D = 12 z matrycą o średnicy 3 mm przy prędkości ślimaka 80, 100 i 120 obr./min.

Profil tekstury ekstrudowanych chrupiek wyznaczano z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell typ BDO-FBO.5TH (Zwick GmbH & Co., Niemcy). Pomiar siły cięcia przeprowadzono przystawką Warner-Bratzlera, umieszczano chrupkę o długości ok. 2,5–3,0 cm na stoliku aparatu prostopadle do noża, z prędkością przesuwu głowicy 500 mm/min do całkowitego przecięcia próby. Jako siłę cięcia wyznaczono najwyższą wartość siły podczas badania. Teksturę badano w pięciostrzowej komorze Kramera, układając po pięć sztuk w jednej warstwie na dnie komory w kierunku prostopadłym do ostrzy i poddawano ścisnaniu z wytłaczaniem przy prędkości przesuwu głowicy 500 mm/min. Podczas badania wyznaczano twardość, kruchość oraz łamliwość próby. Pomiaru wykonano w trzech powtórzeniach, wyniki wyrażono jako średnie i odchylenia standardowe z pomiarów każdej cechy [13].

3. Wyniki i dyskusja

Wyróżniki tekstury bezglutenowych chrupiek odgrywają bardzo istotną rolę jakościową oraz akceptacji wśród konsumentów. Procentowa zawartość owoców, ich rodzaj oraz warunki prowadzenia procesu ekstruzji istotnie wpływają na zmianę badanych wyróżników tekstury [10].

W badaniu siły cięcia określana jest maksymalna siła potrzebna do trwałego zniszczenia próbki. Wyniki przeprowadzonych pomiarów siły cięcia przedstawiono w tabelach 1 i 2. Najniższą siłę cięcia wyznaczono podczas większości testów chrupiek z zawartością 5 i 10% dodatku suszów owocowych. Najmniejsze wartości siły cięcia odnotowano przy zastosowaniu suszu z czerwonej porzeczki, wartości siły cięcia były zbliżone niezależnie od ilości dodatku oraz obrotów ślimaka i mieściły się w zakresie od 5,46 do 8,48 N, co świadczy o dobrym ekspandowaniu tych przekąsek bezglutenowych i ich delikatnej

strukturze. Również niskie siły cięcia wyznaczono podczas testów chrupek z dodatkiem żurawiny w ilości 10 i 15%, odpowiednio 4,40–5,10 N i 5,92–7,63 N pomimo niewielkiego ekspandowania przekąsek (tab. 1).

Tabela 1. Średnie wartości siły cięcia bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych ekstrudowanych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział owocu [%]	Obroty [obr./min]	Siła cięcia [N]		
		Ananas	Czerwona porzeczka	Żurawina
5	80	12,10 ± 1,23	6,99 ± 1,15	11,40 ± 0,65
	100	11,40 ± 1,09	7,39 ± 1,09	11,70 ± 1,32
	120	6,88 ± 1,16	6,30 ± 1,47	7,67 ± 0,66
10	80	9,75 ± 3,30	8,07 ± 1,11	5,10 ± 0,22
	100	8,78 ± 2,67	7,70 ± 1,27	4,55 ± 0,36
	120	12,40 ± 0,83	7,63 ± 0,53	4,40 ± 0,31
15	80	17,40 ± 2,34	7,69 ± 1,02	6,58 ± 0,39
	100	14,80 ± 5,10	5,46 ± 0,96	5,92 ± 0,85
	120	10,90 ± 1,72	6,50 ± 0,62	7,63 ± 0,44
20	80	4,49 ± 1,64	5,73 ± 0,73	–
	100	16,60 ± 5,61	8,48 ± 0,91	–
	120	32,10 ± 9,01	8,06 ± 1,38	–

Źródło: opracowanie własne

Chrupki kukurydziane z dodatkiem suszu jagody acai w ilości 2% wymagały podobnej siły cięcia, 7,20 N, przy prędkości ślimaka podczas ekstruzji 120 obr./min. Przy zastosowaniu suszu z ananasa w ilości 15 i 20% wykazano najwyższe wartości siły cięcia, odpowiednio 17,40 i 32,10 N przy 80 i 120 obr./min podczas ekstruzji przekąsek. Wysokie wartości siły cięcia wyznaczono także w przypadku przekąsek z dodatkiem suszonego owocu czarnej jagody przy dodatku 4 i 6%, siła cięcia wyniosła odpowiednio 9,75–12,30 N oraz 12,00–12,60 N w zależności od zastosowanych podczas wytwarzania obrotów ślimaka ekstrudera (tab. 2).

Tabela 2. Średnie wartości siły cięcia bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych ekstrudowanych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Siła cięcia [N]	
		Acai	Czarna jagoda
2	80	7,51 ± 1,38	7,98 ± 1,21
	100	8,18 ± 2,05	8,59 ± 0,40
	120	7,20 ± 0,74	9,44 ± 0,43
4	80	8,90 ± 0,95	10,70 ± 0,28
	100	6,35 ± 0,09	12,30 ± 0,74
	120	9,00 ± 0,40	9,75 ± 0,73
6	80	7,45 ± 0,44	12,60 ± 0,87
	100	8,76 ± 0,85	12,00 ± 1,01
	120	9,53 ± 0,94	12,20 ± 1,00

Tabela 2. cd.

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Siła cięcia [N]	
		Acai	Czarna jagoda
8	80	14,00 ± 1,72	6,99 ± 0,52
	100	6,36 ± 0,28	9,24 ± 0,97
	120	8,84 ± 0,26	7,90 ± 0,36
10	80	8,72 ± 0,85	8,51 ± 0,69
	100	7,99 ± 2,00	8,99 ± 0,35
	120	7,65 ± 1,22	7,09 ± 0,68

Źródło: opracowanie własne

Przy zastosowaniu dodatku suszonego pomidora do kukurydzianych przekąsek ekstrudowanych w badaniach Wójtowicz i in. [15] wykazano, że wraz ze zwiększającą się zawartością warzywa zwiększała się siła cięcia. Maksymalna siła cięcia została uzyskana przy 20% dodatku pomidora. Podobne wyniki odnotowano przy zastosowaniu dodatku suszu czerwonej porzeczki do bezglutenowych chrupek kukurydziano-ryżowych.

Pomiar wyróżników tekstury bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszu owocowego testowanych z użyciem komory Kramera wykazał, że twardość, kruchość i łamliwość chrupki zmieniały się w różny sposób, zależny od rodzaju zastosowanego dodatku owocowego oraz jego zawartości procentowej.

Twardością produktów określamy siłę niezbędną do trwałego zdeformowania produktu i jest ona wyznaczana jako najwyższy pik siły podczas badania tekstury. Wyniki pomiarów twardości przekąsek z dodatkiem suszów owocowych przedstawiono w tabelach 2 i 3. Najmniejsze wartości twardości zaobserwowano przy zastosowaniu żurawiny w ilości 10 i 15% (tab. 3), jagody acai w ilości 2 i 4% oraz czarnej jagody w ilości 15 i 20% (tab. 4). Podobne wartości twardości uzyskano przy zastosowaniu 5% dodatku ananasa. Zwiększenie procentowej zawartości dodatków owocowych miało wpływ na zwiększenie twardości przekąsek bezglutenowych w przypadku chrupek z dodatkiem ananasa, czerwonej porzeczki oraz jagody acai. Najwyższe twardości wyznaczono podczas oceny chrupek z dodatkiem 15 i 20% liofilizowanego ananasa ekstrudowanych przy 80 i 100 obr./min odpowiednio 437,69 oraz 468,44 N.

Tabela 3. Średnie wartości twardości bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych ekstrudowanych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Twardość [N]		
		Ananas	Czerwona porzeczka	Żurawina
5	80	78,81 ± 6,85	120,36 ± 7,53	118,07 ± 11,21
	100	86,34 ± 5,87	102,21 ± 7,88	129,95 ± 7,21
	120	72,12 ± 4,27	112,44 ± 5,85	126,86 ± 14,68
10	80	140,19 ± 15,19	99,52 ± 6,55	57,71 ± 10,97
	100	163,63 ± 18,07	151,62 ± 16,45	53,96 ± 4,01
	120	171,13 ± 16,59	185,83 ± 12,05	52,93 ± 3,40
15	80	437,69 ± 69,79	98,65 ± 6,26	74,85 ± 5,92
	100	389,95 ± 79,25	90,11 ± 6,80	78,70 ± 0,32
	120	238,79 ± 28,39	153,21 ± 26,25	74,17 ± 8,95

Tabela 3. cd.

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Twardość [N]		
		Ananas	Czerwona porzeczka	Żurawina
20	80	145,41 ± 20,05	126,35 ± 11,24	–
	100	468,44 ± 77,43	121,71 ± 9,00	–
	120	261,05 ± 7,62	116,99 ± 13,86	–

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4. Średnie wartości twardości bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych ekstrudowanych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Twardość [N]	
		Acai	Czarnajagoda
2	80	73,86 ± 0,84	111,70 ± 0,60
	100	91,98 ± 6,53	112,34 ± 2,73
	120	85,63 ± 7,36	99,91 ± 9,52
4	80	82,49 ± 4,85	90,07 ± 11,10
	100	85,72 ± 9,85	98,47 ± 8,77
	120	87,16 ± 4,08	107,21 ± 16,79
6	80	92,35 ± 3,22	104,46 ± 20,40
	100	102,17 ± 7,18	113,20 ± 4,74
	120	123,49 ± 22,42	110,12 ± 7,83
8	80	98,71 ± 2,24	96,19 ± 5,90
	100	89,08 ± 2,94	79,64 ± 3,88
	120	90,28 ± 4,41	74,96 ± 6,48
10	80	99,07 ± 7,46	70,69 ± 7,11
	100	106,67 ± 9,77	72,78 ± 11,49
	120	86,94 ± 8,36	64,81 ± 5,28

Źródło: opracowanie własne

W badaniach Lisieckiej i in. [8], które były prowadzone z dodatkiem świeżych pulp warzywnych, nie stwierdzono zależności pomiędzy wartością twardości a zawartością procentową dodatku stosowanego do wytwarzania ryżowych przekąsek bezglutenowych czy też prędkością obrotową ślimaka. Natomiast w badaniu Wójtowicz i in. [13] z zastosowaniem dodatku gryki do produkcji przekąsek bezglutenowych wykazano, że wraz ze zwiększeniem udziału masowego gryki zmniejszała się twardość chrupiek z tym dodatkiem.

W badaniu tekstury chrupiek z dodatkami suszów owocowych nie odnotowano istotnych zależności pomiędzy procentową zawartością dodatku stosowanego do wytworzenia przekąsek bezglutenowych i zastosowanych prędkości obrotowych ślimaka ekstrudera, uzyskane dane nie są jednoznacznie uzależnione od prędkości wytlaczania.

Następną ocenianą cechą tekstury przekąsek była kruchość jako odpowiedź na siłę zewnętrzną, której przyłożenie spowoduje naruszenie struktury i kruszenie produktu. Wyniki pomiarów kruchości przekąsek bezglutenowych z dodatkiem suszonych owoców przedstawiają tabele 5 i 6. Najmniejsze wartości siły wyznaczono podczas badania chrupiek z dodatkiem suszu z jagody acai do 6% i czarnej jagody do 8% (tab. 6) oraz z 5% dodatkiem suszu z ananasa i czerwonej porzeczki i od 5 do 15% żurawiny (tab. 5).

Tabela 5. Średnie wartości kruchości bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Kruchość [N]		
		Ananas	Czerwona porzeczka	Żurawina
5	80	3,72 ± 1,60	7,21 ± 1,81	4,65 ± 1,41
	100	7,18 ± 2,67	5,65 ± 1,28	7,04 ± 2,63
	120	7,82 ± 1,04	2,22 ± 1,63	2,91 ± 0,24
10	80	122,63 ± 4,75	23,75 ± 3,75	5,30 ± 2,70
	100	145,63 ± 10,76	19,57 ± 2,47	8,54 ± 3,53
	120	141,06 ± 16,59	19,84 ± 2,67	9,74 ± 1,32
15	80	433,34 ± 30,98	23,65 ± 5,78	7,45 ± 1,37
	100	421,47 ± 47,56	20,87 ± 3,45	9,54 ± 2,78
	120	156,91 ± 28,73	45,67 ± 4,70	5,75 ± 1,23
20	80	127,86 ± 16,45	15,37 ± 4,35	–
	100	384,30 ± 24,70	12,47 ± 3,85	–
	120	247,10 ± 13,70	23,78 ± 5,74	–

Źródło: opracowanie własne

Tabela 6. Średnie wartości kruchości bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Kruchość [N]	
		Acai	Czarna jagoda
2	80	5,33 ± 1,73	5,24 ± 2,01
	100	3,13 ± 0,98	3,95 ± 1,92
	120	3,65 ± 1,86	2,51 ± 1,03
4	80	4,78 ± 1,90	4,08 ± 2,75
	100	5,17 ± 1,40	2,97 ± 0,94
	120	2,73 ± 1,73	7,03 ± 1,92
6	80	7,51 ± 1,81	2,47 ± 1,30
	100	4,02 ± 2,22	8,79 ± 4,67
	120	10,27 ± 3,14	3,67 ± 1,47
8	80	23,30 ± 1,70	2,85 ± 1,87
	100	15,23 ± 2,34	8,70 ± 2,94
	120	9,03 ± 3,05	3,66 ± 2,50
10	80	98,50 ± 4,78	3,15 ± 1,09
	100	73,20 ± 5,63	27,3 ± 8,35
	120	66,84 ± 2,12	31,5 ± 4,37

Źródło: opracowanie własne

W większości badanych chrupek wartości te odnotowano wśród przekąsek ekstrudowanych przy 100 oraz 120 obr./min w przypadku czarnej jagody, czerwonej porzeczki i żurawiny. Zastosowanie większego niż 5% dodatku suszu z ananasa spowodowało gwałtowny wzrost siły, świadczy to o zmniejszaniu kruchości przekąsek. Wartości te zwiększyły się nawet do 433,34 N (tab. 5) ze względu na małe ekspandowanie produktów i ich zwartą strukturę.

W produkcji ekstrudowanych przekąsek bezglutenowych procentowy udział dodatku owocowego może znacznie wpływać na zmianę tekstury. Zastosowanie przez Wójtowicz i in. [12] dodatku owoców do przekąsek wykazało niewielkie wartości kruchości u badanych chrupek z dodatkiem aronii, czarnego bzu i truskawki. Zauważono podobieństwo w kruchości przekąsek z dodatkiem aronii z wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu dodatku żurawiny. Wynikać to może z faktu, że owoce te są jagodami, przez co mogą wykazywać zbliżone cechy ze względu na podobne pochodzenie i cechy morfologiczne.

Kolejną charakterystyczną badaną cechą tekstury bezglutenowych przekąsek była łamliwość, jest to siła, której występowanie zaczyna powodować pękanie przekąski. Im wyższa wartość siły, tym łamliwość produktów jest mniejsza, co za tym idzie – są one mniej podatne na możliwe zniszczenia podczas produkcji i przechowywania. Wyniki pomiarów łamliwości bezglutenowych przekąsek przedstawiono w tabelach 7 i 8. Najniższe siły powodujące łamliwość zaobserwowano w przekąskach ekstrudowanych z udziałem 5% ananasa, 10 i 15% żurawiny (tab. 7) oraz 2–4% jagody acai i 8–10% czarnej jagody (tab. 8). Nie odnotowano jednoznacznego wpływu zmiennych obrotów ślimaka na łamliwość chrupek z dodatkiem owoców. Wartości tego parametru wykazywały duże odchylenia pomiędzy pomiarami, co wskazuje na porowaty charakter produktów i wykrywanie siły naruszającej strukturę w różnych miejscach podczas ściskania ekspandowanych przekąsek.

Tabela 7. Średnie wartości łamliwości bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych ekstrudowanych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Łamliwość [N]		
		Ananas	Czerwona porzeczka	Żurawina
5	80	76,71 ± 10,49	117,67 ± 3,53	113,85 ± 10,97
	100	86,34 ± 5,87	96,68 ± 14,27	124,61 ± 16,32
	120	68,90 ± 1,46	88,80 ± 17,71	114,40 ± 3,96
10	80	140,19 ± 15,19	99,52 ± 6,55	57,71 ± 5,97
	100	163,63 ± 18,07	151,62 ± 16,45	53,96 ± 4,01
	120	171,13 ± 16,59	179,91 ± 20,13	52,93 ± 3,40
15	80	437,69 ± 69,79	98,65 ± 6,26	74,85 ± 5,92
	100	389,95 ± 79,25	90,11 ± 6,80	78,70 ± 0,32
	120	179,49 ± 21,06	153,21 ± 26,25	74,17 ± 8,95
20	80	145,41 ± 20,05	126,35 ± 11,24	–
	100	468,44 ± 77,43	121,71 ± 9,00	–
	120	261,05 ± 7,62	116,99 ± 13,86	–

Źródło: opracowanie własne

Maksymalne wartości siły, która doprowadziła do trwałego uszkodzenia struktury, osiągnięto podczas oceny chrupek z dodatkiem 15 i 20% liofilizowanego ananasa ekstrudowanego przy 80 i 100 obr./min, odpowiednio 437,69 oraz 468,44 N. W tym przypadku łamliwość odpowiadała twardości ekstrudatów, była jednocześnie najwyższą siłą niezbędną do trwałego zniszczenia struktury przekąsek bezglutenowych.

Lisiecka i in. [8] wykazali, że w przypadku dodatku świeżych pulp warzywnych do ekstrudowanych przekąsek ryżowych największe wartości siły przypadają na najwyższą badaną ilość dodatku, czyli 20%, co świadczy o małej łamliwości otrzymanych przekąsek. W badaniach przeprowadzonych przez Wójtowicz i in. [12] dodatki owocowe do bezglutenowych

przekąsek wykazały o wiele niższe wartości łamliwości, porównując bezglutenowe przekąski z dodatkiem innych owoców.

Tabela 8. Średnie wartości łamliwości bezglutenowych przekąsek z dodatkiem suszów owocowych ekstrudowanych przy zastosowaniu różnych prędkości obrotowych ślimaka

Udział [%]	Obroty [obr./min]	Łamliwość [N]	
		Acai	Czarna jagoda
2	80	61,34 ± 2,76	11,65 ± 0,64
	100	66,58 ± 7,43	111,10 ± 1,67
	120	79,55 ± 11,95	91,21 ± 8,86
4	80	78,88 ± 8,14	89,12 ± 12,66
	100	74,42 ± 12,46	92,96 ± 11,02
	120	67,21 ± 13,63	103,50 ± 16,16
6	80	84,13 ± 13,53	88,98 ± 15,87
	100	71,96 ± 14,13	108,47 ± 8,97
	120	102,98 ± 7,76	105,03 ± 7,23
8	80	91,19 ± 13,46	91,07 ± 10,52
	100	89,08 ± 2,94	75,25 ± 4,59
	120	88,60 ± 1,57	72,40 ± 5,61
10	80	99,07 ± 7,46	67,29 ± 7,02
	100	101,47 ± 18,02	72,34 ± 12,25
	120	75,82 ± 11,05	64,81 ± 5,28

Źródło: opracowanie własne

4. Podsumowanie i wnioski

Badania wykazały, że w recepturach można stosować dodatki suszów owocowych w ilości od 2 do 20% udziału masowego. Wyróżniki tekstury otrzymanych przekąsek bezglutenowych w różny sposób zależały od rodzaju i procentowej zawartości dodatku owocowego. Zastosowana w badaniach prędkość obrotowa ślimaka podczas procesu ekstruzji chrupek nie miała istotnego wpływu na zmiany siły cięcia, twardości, kruchości i łamliwości otrzymanych przekąsek. Najmniejsze wartości siły cięcia odnotowano przy zastosowaniu suszu z czerwonej porzeczki w zakresie 5–20%, co świadczy o dobrym ekspandowaniu tych przekąsek bezglutenowych i ich delikatnej strukturze. Również niskie siły cięcia wyznaczono podczas testów chrupek z dodatkiem żurawiny w ilości 10 i 15%, pomimo niewielkiego ekspandowania przekąsek. Natomiast zastosowanie 15 i 20% dodatku ananasa wpłynęło negatywnie na kruchość chrupek.

Literatura

- [1] Ajagun-Ogunleye M.O., Ebuehi O.A.T. Evaluation of the anti-aging and antioxidant action of *Ananas sativa* and *Moringa oleifera* in a fruit fly model organism. Journal of Food Biochemistry, 2020, Vol. 4(11), IJTDH.62897.

- [2] Amer S.A., Rizk A.E. Production and evaluation of novel functional extruded corn snacks fortified with ginger, bay leaves and turmeric powder. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2022, Vol. 4(1), s. 1–17.
- [3] Doroszko M., Janda K., Jakubczyk K. Właściwości prozdrowotne wybranych owoców krajowych. *Kosmos*, 2018, Vol. 67(2), s. 415–423.
- [4] Jurgiel-Malecka G., Buchwal A. Charakterystyka składu chemicznego owoców porzeczki uprawianej w regionie Pomorza Zachodniego. *Żywność – Nauka Technologia Jakość*, 2016, Vol. 6(109), s. 90–101.
- [5] Kałwa K. Właściwości antyoksydacyjne naparów z wybranych krajowych owoców jagodowych. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 2018, Vol. 25(1/4), s. 10–14.
- [6] Korbutowicz T. Żywność funkcjonalna na rynku światowym, *Studia i Prace WNEiZ US*, 2018, Vol. 53(2), s. 209–220.
- [7] Kozłowska-Strawska J., Badora A., Chwil S. Żywność funkcjonalna i tradycyjna – właściwości i wpływ na postawy konsumentów. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2017, Vol. 98(3), s. 212–216.
- [8] Lisiecka K., Wójtowicz A., Bouasla A., Kasprzak K. Design of new gluten-free extruded rice snack products supplemented with fresh vegetable pulps: the effect on processing and functional properties. *International Agrophysics*, 2021, Vol. 35(1), s. 41–60.
- [9] Pęksa A., Kita A., Carbonell-Barrachina A., Miedzianka J., Kolniak-Ostek J., Tajner-Czopek A., Rytel E., Siwek A., Miarka D., Drożdż W. Sensory attributes and physicochemical features of corn snacks as affected by different flour types and extrusion conditions. *LWT-Food Science Technology*, 2016, Vol. 72, s. 26–36.
- [10] Szczesniak A.S., Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 2002, Vol. 13(4), s. 215–225.
- [11] Wojciechowska M., Grzegorzczak-Karolak I. Owoce açaı – potencjał terapeutyczny bazujący na profilu fitochemicznym surowca i współczesnych badaniach farmakologicznych. *Farmacja Polska*, 2019, Vol. 75(3), s. 134–147.
- [12] Wójtowicz A., Lisiecka K., Mitrus M., Nowak G., Golian M., Oniszczuk A., Kasprzak K., Widelska G., Oniszczuk T., Combrzyński M. Physical properties and texture of gluten-free snacks supplemented with selected fruit additions. *International Agrophysics*, 2019, Vol. 33(4), s. 407–416.
- [13] Wójtowicz A., Kolasa A., Mościcki L. Influence of buckwheat addition on physical properties, texture and sensory characteristics of extruded corn snacks. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2013, Vol. 63 (4), s. 239–244.
- [14] Wójtowicz A. Ekstruzja – wybrane aspekty techniczne i technologiczne. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2018, Vol. 595, s. 131–144.
- [15] Wójtowicz A., Zalewska-Korona M., Jabłońska-Ryś E., Skalicka-Woźniak K., Oniszczuk A. Chemical characteristics and physical properties of functional snacks enriched with powdered tomato. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2018, Vol. 68(3), s. 251–261.

TEXTURE CHARACTERISTICS OF GLUTEN FREE CRISPS WITH SELECTED FRUITS ADDITION**

Abstract

The aim of the work was to evaluate the effect of the addition of dried or freeze-dried fruit on selected texture features of corn snacks. The basic raw materials for gluten-free crisps were corn grits and rice flour with the addition of dried fruit, i.e. pineapple, red currant, cranberry in the amount of 5, 10, 15 and 20%, and acai berry and blueberry in the amount of 2, 4, 6, 8 and 10% instead of corn. The EXP-45-32 single-screw extruder with the L/D=12 version with a forming die of 3 mm diameter was used to produce the crisps at the screw speeds of 80, 100 and 120 rpm. Texture characteristics of the expanded crisps, i.e. cutting force, hardness, crispness and brittleness were assessed. Snacks with the addition of 5–20% of red currants and 10 and 15% of cranberries showed the lowest cutting force and hardness, while the use of 15 and 20% of pineapple had a negative impact on the crispiness of the gluten-free snacks.

Keywords: single screw extruder, gluten-free snacks, dried fruit, texture

** Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje” SKN/SP/534982/2022.



Opiekun pracy
prof. dr hab. Agnieszka Wójtowicz

Recenzenci:
dr hab. Marcin Mitrus
dr hab. inż. Renata Różyło, prof. uczelni

JAKOŚĆ ERGONOMICZNA POKOJÓW NAUKI ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W DOMU STUDENCKIM „RAJ”

Alicja Tomaszewska*, Natalia Lasar

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Studenckie Koło Naukowe Antropologów „Juvenis”,
ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław

* e-mail: 115076@student.upwr.edu.pl

Streszczenie

Ergonomia jako nauka dostarcza ludziom narzędzia do optymalizowania i korygowania parametrów środowiska pracy. W pracy zbadano i zestawiono ze sobą jakość ergonomiczną pokoi nauki w jednym z akademików Uniwersytetu Przyrodniczego. Dodatkowo przeprowadzono krótkie badanie ankietowe, w którym mieszkańcy mogli wyrazić swoje zdanie dotyczące komfortu przebywania w pokojach nauki. Określenie jakości ergonomicznej było możliwe dzięki zestawieniu zebranych pomiarów z obowiązującymi normami i zaleceniami. Pomiarzy oraz wyniki badania ankietowego umożliwiły określenie poziomu jakości ergonomicznej jako wysoki z możliwością korekty kilku parametrów.

Słowa kluczowe: ergonomia, pokoje nauki, mikroklimat

1. Wprowadzenie

Ergonomia zajmuje się dostosowaniem środowiska pracy do anatomicznych i psychofizycznych możliwości człowieka. Celem ergonomii jest więc optymalizacja procesu pracy tak, aby przebiegała ona w warunkach higienicznych, bezpiecznych i komfortowych, co znacznie usprawnia cały proces pracy [1]. Ergonomia ma charakter interdyscyplinarny. Korzysta z osiągnięć takich dyscyplin jak medycyna, psychologia, socjologia, urbanistyka, inżynieria budowlana, estetyka i prawo, które opisują zarówno człowieka, jak i samą pracę [2].

Wyróżniamy ergonomię koncepcyjną i korekcyjną. Pierwsza z nich ma na celu wdrożenie rozwiązań ergonomicznych już na wczesnym etapie projektowania maszyn, stanowisk pracy, budynków, hal, mieszkań itd. Natomiast ergonomia korekcyjna zajmuje się analizą i poprawą jakości ergonomicznej już istniejących stanowisk i obiektów technicznych [3]. Dotyczy to dwóch głównych aspektów: poprawy parametrów materialnych warunków pracy (takich jak zmniejszenie hałasu, lepsze oświetlenie) i wyeliminowania obciążeń fizycznych i psychicznych (takich jak poprawa pozycji przy pracy, sprawniejsza organizacja pracy) [4].

1.1. Ergonomia przestrzeni pracy

Prawidłowe zagospodarowanie przestrzeni pracy ma bardzo duże znaczenie dla samopoczucia pracownika i wydajności pracy. W celu zapewnienia komfortu pracy należy tak zaprojektować stanowisko, aby wyposażenie było dopasowane do właściwości antropometrycznych i biomechanicznych użytkownika [5].

1.2. Środowisko pracy i mikroklimat

Środowisko pracy to wszystkie czynniki, które mogą wpływać na jej jakość. Wyróżniamy czynniki fizyczne, chemiczne i biologiczne. Do czynników fizycznych zaliczamy hałas, wilgotność powietrza, temperaturę i oświetlenie. Czynniki chemiczne to wszelkiego rodzaju substancje toksyczne, uczulające itd. Do czynników biologicznych zaliczamy obecność organizmów zwierzęcych i roślinnych oraz mikroorganizmów (wirusów, bakterii, pasożytów). Czynniki określającymi środowisko pracy są tzw. parametry mikroklimatu: temperatura, wilgotność oraz przepływ powietrza [6]. Niekorzystne warunki mikroklimatyczne mają bezpośredni wpływ na zdrowie człowieka, a co za tym idzie na produktywność pracy. Parametry mikroklimatu oddziałują na siebie [7].

Optymalna temperatura powietrza dostosowana powinna być do rodzaju wykonywanej pracy. W pomieszczeniach, w których wykonuje się lekką pracę fizyczną oraz pracę biurową, temperatura powietrza nie może być niższa niż 18°C [8]. Zimą zaleca się temperaturę 20–24°C, a latem 23–26°C [9]. Przy temperaturze powyżej 27°C mogą wystąpić zaburzenia fizjologiczne, które znacznie obniżają wydajność pracy [10].

Wilgotność względna powietrza w pomieszczeniach ogrzewanych powinna wynosić od 30 do 70%. Jednak najkorzystniejsze warunki stwarza zakres od 40 do 50%. Zbyt niska wilgotność powietrza, poniżej 30%, może prowadzić do wysuszenia błon śluzowych, trudności z przełykaniem, problemów z głosem oraz suchości skóry. Zwiększa się wtedy podatność organizmu na różnego rodzaju infekcje [11].

Na odczuwalną temperaturę wpływa ruch powietrza. Optymalny ruch powietrza w pomieszczeniach biurowych, do których zaliczamy pokój nauki, mieści się w przedziale 0,03–0,12 m/s [12]. Utrzymanie takiego przepływu powietrza ogranicza wrażenie powstawania przeciągu.

Czynnikiem wpływającym na środowisko pracy jest także hałas, definiowany jako każdy dźwięk, który może być uciążliwy lub szkodliwy dla zdrowia oraz zwiększać ryzyko wypadku przy pracy. Nadmierny i długotrwały hałas może prowadzić m.in. do ubytków słuchu [13]. W pomieszczeniach przeznaczonych do nauki dźwięk nie powinien przekraczać 35 dB [14].

Innym aspektem, jaki należy wziąć pod uwagę, jest stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi, który powinien wynosić 1:8. Z kolei poziom natężenia oświetlenia usytuowanego w pobliżu płaszczyzny roboczej zgodnie z obowiązującymi przepisami powinien wynosić co najmniej 500 lx [15].

1.3. Ergonomia w edukacji

Dzięki zastosowaniu rozwiązań ergonomicznych można poprawić jakość nauki. Wyróżnia się takie aspekty, na których skupia się ergonomia w edukacji, jak ochrona zdrowia studentów i tworzenie komfortowego środowiska do nauki [16]. Podczas nauki ważne jest otaczające nas środowisko, ponieważ w odpowiednich warunkach człowiek jest bardziej zmotywowany i skoncentrowany, co usprawnia proces nauki [17]. Niedostosowanie przestrzeni do człowieka może prowadzić do zmęczenia fizycznego, dyskomfortu, a nawet chorób takich jak zaburzenia krążenia czy problemy z układem mięśniowo-szkieletowym [18].

2. Cel pracy

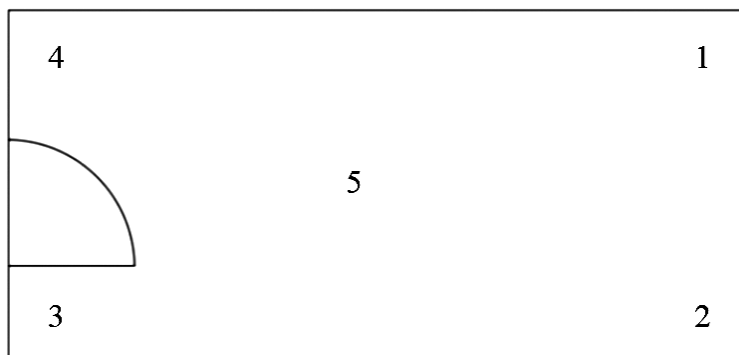
Celem pracy była ocena jakości ergonomicznej ze szczególnym uwzględnieniem parametrów mikroklimatu oraz natężeniem hałasu w pokojach nauki w domu studenckim „Raj” Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

3. Materiał i metody

Badanie zostało przeprowadzone w jednym z domów studenckich Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Dom studencki „Raj” mieści się przy ulicy Pautscha, która jest przecznicą ulicy Olszewskiego. Badane pokoje znajdują się na piętrze drugim, trzecim, piątym, szóstym i ósmym. Wszystkie usytuowane są z tej samej strony budynku – ich okna wychodzą na wschód.

3.1. Część pomiarowa

W każdym pokoju wielokrotnie w okresie 26.10.2022–26.03.2023 wykonano pomiary temperatury powietrza, prędkości przepływu powietrza oraz wilgotności. Pomiary zostały wykonane w pięciu różnych punktach pokoju: cztery w rogach pokoju i piąty w jego centrum. Pierwszy i drugi znajdowały się pod oknem, trzeci i czwarty w okolicy drzwi (ryc. 1).



Ryc. 1. Rysunek poglądowy przedstawiający rozmieszczenie punktów pomiarowych w pokojach nauki

Dodatkowo, osiemnaście razy mierzono natężenie hałasu w każdym z pomieszczeń. Punkt pomiarowy został wyznaczony w punkcie 5 (ryc. 1). Każdorazowo trwał on 15 minut. Przeprowadzono także pomiar natężenia oświetlenia w pięciu punktach na powierzchni roboczej biurka. Odbływały się one w godzinach nocnych tylko przy świetle sztucznym. Punkty pomiarowe zostały wyznaczone na takiej samej zasadzie jak w przypadku punktów pomiarowych w pokoju – pierwszy punkt leżał w lewym rogu najbardziej oddalonym od użytkownika, drugi w prawym rogu najbardziej oddalonym od użytkownika, trzeci w prawym rogu znajdującym się przy użytkowniku, czwarty w lewym rogu znajdującym się przy użytkowniku, a piąty w centrum. Na piętrach 2, 3, 5 i 6 znajduje się 5 biurka. Trzy między punktami

oznaczonymi jako 1 i 4 i dwa znajdujące się między punktami 2 a 3. Na piętrze 8 między punktami 1 a 4 znajdują się dwa biurka. Biurka numerowane są zgodnie z ruchem wskazówek zegara, licząc od tego, które znajduje się najbliżej punktu 4 (ryc. 1).

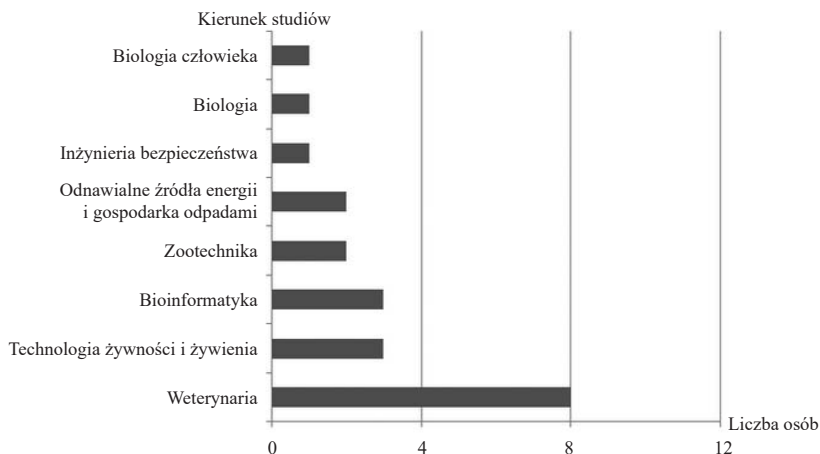
Wymienione pomiary zestawiono z normami PN-EN 16798-1:2019-06, PN-B-02151-2:2018-01 i PN-EN 12464-1:2022-01.

Do badań jakości ergonomicznej środowiska pracy wykorzystano:

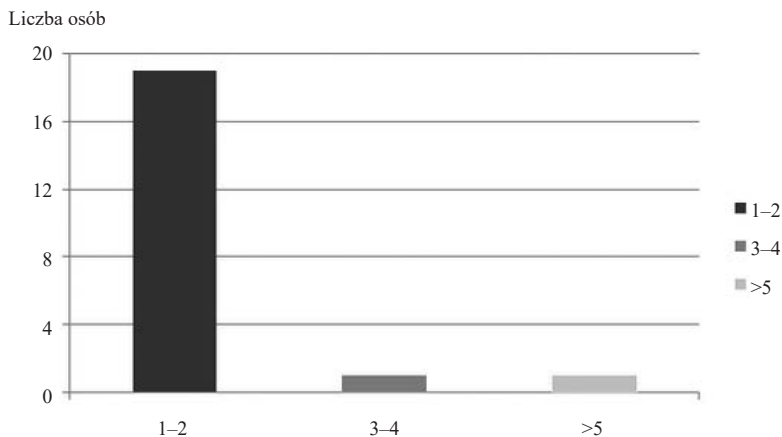
1. Analizator dźwięku DSA 50 Sonopan – do wykonania pomiarów natężenia hałasu,
2. Dalmierz laserowy DLE 40 – do wykonania pomiarów powierzchni biurowej,
3. Miernik parametrów mikroklimatu Testo 435 – do wykonania pomiarów warunków mikroklimatycznych,
4. Światłomierz L 100 Sonopan – do wykonania pomiarów natężenia oświetlenia na powierzchniach roboczych.

3.2. Część ankietowa

Wyniki pomiarów porównano między pokojami, a także z opiniami respondentów, które wyrażone zostały w formularzu ankietowym. Ankieta dotycząca odczuć użytkowników pokojów nauki została udostępniona na forum mieszkańców DS „Raj”. Pytania w niej zawarte dotyczyły między innymi temperatury, wilgotności oraz oświetlenia. Przykładowo „Czy Twoim zdaniem wilgotność w pokoju nauki jest odpowiednia?” oraz „Czy Twoim zdaniem oświetlenie w pokoju nauki jest odpowiednie?”. Ankietę wypełniło 14 mężczyzn i 39 kobiet. Wiek respondentów mieścił się w zakresie 19–28 lat. Jedynie 21 ankietowanych zadeklarowało, że korzysta z pokojów nauki. Najczęściej korzystają z nich studenci weterynarii (8 osób) (ryc. 2). Większość studentów (19) deklaruje, że z pokojów nauki korzysta raz lub dwa razy w tygodniu (ryc. 3).



Ryc. 2. Liczba ankietowanych korzystających z pokojów nauki na poszczególnych kierunkach



Rycina 3. Częstotliwość korzystania z pokojów nauki

4. Wyniki

Przeprowadzone pomiary zostały poddane analizie oraz porównane z obowiązującymi normami. Wyniki z poszczególnych pięter zostały przedstawione w kolejnych podrozdziałach.

4.1. Piętro 2

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że powierzchnia pokoju nauki na 2 piętrze wynosi 13,19 m², kubatura 32,63 m³, a powierzchnia okien 1,98 m². Oznacza to, że stosunek powierzchni podłogi do powierzchni okien wynosi 1:6,66. Spełnia zatem zalecenia zawarte w normie.

W pokoju znajdują się dwa niskie fotele, 4 krzesła, 5 biurki i dwie lampki doświetlające. Nie ma żadnych roślin doniczkowych.

Średnie wartości parametrów mikroklimatu zostały określone na podstawie 18 pomiarów przeprowadzonych w 5 punktach pomiarowych w pomieszczeniu: w rogach pomieszczenia oraz jego centrum. Średnia temperatura w pomieszczeniu wynosiła około 23°C, mieszcząc się tym samym w zalecanym zakresie. Minimalna zaobserwowana temperatura wyniosła 20,6°C, a największa 24,5°C (tab. 1). Średnia wilgotność względna powietrza wynosiła około 29%. Wynik ten znajduje się znacznie poniżej zalecanej wartości. Najniższy zaobserwowany pomiar wyniósł 17,7%, czyli 22,3 punktów procentowych mniej niż zaleca norma. Najwyższy zaobserwowany pomiar wyniósł 51,3% (tab. 2). Związany był on prawdopodobnie z obfitymi opadami w dniu wykonywania pomiarów. Średnia wartość przepływu powietrza we wszystkich punktach pomiarowych mieściła się w normie, jednak zalecana wartość została przekroczona dwa razy w przypadku punktów pomiarowych znajdujących się w pobliżu okien (tab. 3).

Tabela 1. Pomiary temperatury [°C] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 2 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	23,28	0,937	0,879	20,6	24,2
2	23,18	0,843	0,711	20,6	24
3	23,06	0,873	0,762	20,7	24,2
4	23,08	0,860	0,739	20,9	24,3
5	23,09	0,890	0,791	20,9	24,5

Tabela 2. Pomiary wilgotności [%] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 2 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	29,15*	8,736	76,313	17,7*	53,1
2	29,37*	8,576	73,545	17,7*	51,1
3	29,62*	8,412	70,757	18,2*	51,3
4	29,75*	8,155	66,496	18,4*	50,6
5	29,96*	8,188	67,050	18,4*	50,9

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 3. Pomiary prędkości przepływu powietrza [m/s] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 2 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	0,062	0,0266	0,0007	0,02	0,13*
2	0,086	0,0304	0,0009	0,04	0,14*
3	0,068	0,0213	0,0005	0,04	0,11
4	0,062	0,0195	0,0004	0,04	0,10
5	0,054	0,0190	0,0004	0,02	0,09

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Średnie natężenie hałasu w badanym pomieszczeniu wynosiło prawie 48 dB, oznacza to, że wartość zalecana przez normę została przekroczona. Pomiary hałasu zostały przeprowadzone w centrum pomieszczenia. Średnia z najniższych pomiarów mieściła się w normie (tab. 4).

Tabela 4. Pomiar hałasu [dB] w pokoju nauki na 2 piętrze

Pomiar	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
Wartość minimalna	34,62	9,661	93,328	22,6	55,6*
Wartość maksymalna	63,72*	12,359	152,748	45,5	88,2*
Średnia	47,76*	12,670	160,519	27,3	75,7*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Pomiary natężenia oświetlenia na blatach roboczych biurków przeprowadzono trzykrotnie w pięciu punktach pomiarowych na każdym biurku w pomieszczeniu. Średnie pomiary z wszystkich biurków w większości mieściły się w normach – na biurku II, III i V poszczególne pomiary były poniżej normy, jednak po zliczeniu średniej z punktów pomiarowych biurka wszystkie wyżej wymienione spełniają wymagania umożliwiające wykonywanie przy nich pracy (tab 5).

Tabela 5. Pomiary natężenia oświetlenia [lx] w pięciu punktach pomiarowych biurków w pokoju na 2 piętrze

Biurko I					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	523,10	254,318	64677,73	333,9*	812,2
2	553,83	130,121	16931,36	420,6*	680,6
3	570,13	285,016	81233,94	247,9*	789,2
4	639,90	256,628	65857,72	345,7*	817,7
5	669,27	190,334	36227,00	506,4	878,5
Biurko II					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	511,20	155,932	24314,89	401,5*	689,7
2	438,43*	214,507	46013,42	216,3*	644,4
3	622,80	297,250	88357,32	279,6*	798,6
4	549,40	242,911	59005,83	328,1*	809,3
5	554,67	285,722	81636,80	227,8*	756,9
Biurko III					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	369,80*	45,230	2045,73	333,9*	420,6*
2	601,70	123,295	15201,75	488,7*	733,2
3	712,00	91,479	8368,36	608,6	782,4
4	700,90	264,976	70212,31	402,3*	908,0
5	651,97	266,279	70904,52	445,8*	952,6
Biurko IV					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	717,07	209,665	43959,21	550,8	952,6
2	766,17	194,717	37914,90	609,6	984,2
3	769,43	42,775	1829,74	720,1	796,2
4	727,20	86,727	7521,61	662,3	825,7
5	724,83	87,431	7644,25	670,7	825,7
Biurko V					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	495,53*	206,487	42636,85	347,4*	731,4
2	552,67	159,837	25547,77	381,0*	697,2

Tabela 5. cd.

3	518,87	269,182	72459,04	280,3*	810,7
4	510,77	345,409	119307,52	308,8*	909,6
5	547,87	209,458	43872,54	414,7*	789,3

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

4.2. Piętro 3

Powierzchnia pokoju znajdującego się na 3 piętrze wynosi 33,59 m². Kubatura tego pomieszczenia mierzy 33,59 m³. Powierzchnia okien wynosi 1,99 m², a zatem stosunek powierzchni okna wynosi 1:6,3, co pokrywa się z zalecaną proporcją.

Pokój wyposażony jest w dwa niskie fotele, cztery krzesła, pięć biurek oraz dwie lampki doświetlające. W pokoju nie ma żadnych roślin doniczkowych.

Średnia temperatura w pokoju oscyluje wokół 23°C. Zaobserwowane w nim temperatury maksymalne wynoszą więcej niż sugerowana górna granica termiczna w pomieszczeniu (ryc. 6). Wilgotność na tym piętrze również jest znacznie poniżej sugerowanych wartości, ponieważ średnia wilgotność względna powietrza nie przekracza 31%. Występowały jednak dni, gdzie wynosiła ona nawet 47,2% (tab. 7). W badanym pokoju średnia prędkość przepływu powietrza nie przekracza 0,07 m/s, co oznacza, że jest zgodna z zaleceniami normy. Maksymalny pomiar przekracza zaś tę granicę o 0,01 m/s (tab. 8).

Tabela 6. Pomiary temperatury [°C] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 3 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	23,41	1,331	1,771	20,7	26,2*
2	23,36	1,330	1,768	20,8	26,3*
3	23,65	1,728	2,988	20,7	27,5*
4	23,60	1,558	2,428	20,7	26,4*
5	23,62	1,520	2,311	20,8	26,4*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 7. Pomiary wilgotności [%] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 3 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	30,71*	6,859	47,049	20,7*	46,3
2	30,04*	7,033	49,457	20,2*	46,8
3	30,09*	6,700	44,893	20,8*	47,1
4	30,15*	6,686	44,709	21,2*	47,2
5	30,33*	6,507	42,335	21,3*	46,7

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 8. Pomiar prędkości przepływu powietrza [m/s] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 3 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	0,069	0,0260	0,0007	0,03	0,13*
2	0,060	0,0170	0,0003	0,04	0,09
3	0,064	0,0221	0,0005	0,04	0,13
4	0,066	0,0232	0,0005	0,04	0,12
5	0,052	0,0270	0,0007	0,03	0,13*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Średnia z pomiarów natężenia hałasu wyniosła 44,36 dB, przekraczając wartości normatywne o 9,36 dB. Niektóre z wykonanych pomiarów mieściły się w tym zakresie (tab. 9). Wszystkie średnie pomiary natężenia oświetlenia na powierzchni roboczej biurka w tym pokoju mieściły się w zalecanych granicach. Pojedyncze pomiary rejestrowały natężenie oświetlenia poniżej 500 lx, jednak po wyliczeniu średniego natężenia oświetlenia płaszczyzny roboczej wartość mieściła się w przedziale normatywnym (tab. 10).

Tabela 9. Pomiar hałasu [dB] w pokoju nauki na 3 piętrze

Pomiar	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
Wartość minimalna	31,80	8,010	64,154	22,7	44,8*
Wartość maksymalna	61,01*	13,472	181,493	42,6*	86,2*
Średnia	44,36*	8,225	67,650	24,8	64,0*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 10. Pomiar natężenia oświetlenia [lx] w pięciu punktach pomiarowych biurka w pokoju na 3 piętrze

Biurko I					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	529,13	184,015	33861,54	316,7*	639,3
2	501,03	54,108	2927,64	438,6	534,3
3	821,07	35,452	1256,81	800,2	862,0
4	611,07	310,893	96654,57	252,2	798,6
5	699,87	245,498	60269,06	424,0	894,3
Biurko II					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	738,37	39,226	1538,70	704,4	781,3
2	1321,87	1055,830	1114777,00	704,4	2541,0
3	934,20	315,288	99406,83	740,3	1298,0
4	880,93	39,751	1580,17	842,4	921,8
5	975,70	238,417	56842,69	837,7	1251

Tabela 10. cd.

Biuurko III					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	339,83*	5,736	32,90	335,8	346,4
2	517,60	27,516	757,12	494,4	548,0
3	744,60	67,118	4504,87	675,3	809,3
4	409,73*	50,458	2545,97	354,4	453,2
5	1112,77	561,306	315064,86	481,3	1555,0
Biuurko IV					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	625,57	10,179	103,60	618,3	637,2
2	722,07	34,689	1203,32	688,9	758,1
3	850,30	20,623	425,32	832,1	872,7
4	764,10	26,009	676,47	740,2	791,8
5	790,53	57,607	3318,60	724,5	830,5
Biuurko V					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	675,27	74,660	5574,17	602,4	751,6
2	655,00	5,303	28,12	650,4	660,8
3	734,57	60,232	3627,84	691,0	803,3
4	817,47	40,739	1659,66	793,2	864,5
5	736,53	48,046	2308,44	704,7	791,8

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

4.3. Piętro 5

Z pomiarów wynika, że powierzchnia pokoju wynosi 13,13 m², kubatura 32,65 m³, a powierzchnia okien 1,99 m². Oznacza to, że stosunek powierzchni okna do podłogi mieści się w normie i wynosi 1:6,60.

W pokoju znajdują się 2 niskie fotele, 4 krzesła oraz 5 biurek. Nie ma w nich roślin doniczkowych, jednak znajdują się w niej lampki doświetlające.

Średnie wartości temperatur we wszystkich badanych punktach mieszczą się w odpowiednim zakresie. Były jednak dni, w których został on przekroczony o 0,6°C (tab. 11). Średnia względna wilgotność powietrza jest zbyt niska względem określonego normą zakresu. W przypadku średniej wartości przepływu powietrza w tym pokoju normy zostały zachowane. W jednym punkcie pomiarowym jedynie raz zaobserwowano niewielkie odchylenie od normy w postaci 13,1 m/s (tab. 13).

Tabela 11. Pomiary temperatury [°C] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 5 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	23,67	1,249	1,561	20,8	25,3*
2	23,69	1,217	1,482	21,4	25,3*
3	23,75	1,239	1,535	21,8	25,5*
4	23,73	1,287	1,657	21,8	25,6*
5	23,79	1,283	1,647	21,9	25,6*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 12. Pomiary wilgotności [%] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 5 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	30,25*	7,879	62,075	20,7*	48,7
2	29,85*	7,838	61,429	20,3*	49,4
3	29,59*	8,129	66,079	20,2*	50,3
4	29,74*	8,089	65,437	20,9*	50,2
5	29,74*	8,018	64,295	20,5*	49,9

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 13. Pomiary prędkości przepływu powietrza [m/s] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 5 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	0,061	0,0268	0,0007	0,02	0,14
2	0,058	0,0288	0,0008	0,02	0,13*
3	0,056	0,0223	0,0005	0,03	0,10
4	0,051	0,0200	0,0004	0,03	0,10
5	0,048	0,0194	0,0004	0,02	0,08

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

W pokoju na 5 piętrze wartość średnia natężenia hałasu przekroczyła wartości normatywne o 8,56 dB (tab. 14). Średnie natężenie oświetlenia na blatach roboczych biurowej wynosi powyżej 500 lx, tym samym nadaje się do wykonywania intensywnej pracy umysłowej, pisanie czy pracy z urządzeniami komputerowymi (tab. 15).

Tabela 14. Pomiar hałasu [dB] w pokoju nauki na 5 piętrze

Pomiar	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
Wartość minimalna	32,92	8,968	80,433	22,7	43,7*
Wartość maksymalna	58,71*	13,739	188,761	42,7	77,6*
Średnia	43,56*	13,457	181,080	24,0	68,0*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 15. Pomiary natężenia oświetlenia [lx] w pięciu punktach pomiarowych biurk w pokoju na 5 piętrze

Biurko I					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	444,83*	17,147	294,02	425,5*	458,2
2	1226,93	587,447	345093,85	605,4	1773,0
3	1191,67	643,819	414503,02	499,7*	1773,0
4	848,97	324,713	105438,42	522,6	1172,0
5	625,37	53,810	2895,54	566,3	671,6
Biurko II					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	620,23	83,728	7010,42	530,4	696,1
2	764,43	120,740	14578,16	637,4	877,7
3	825,00	42,422	1799,59	777,3	858,5
4	1128,37	480,827	231195,08	833,2	1683,2
5	1347,3	641,239	411187,93	789,7	2048,0
Biurko III					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	708,23	12,611	159,04	696,4	721,5
2	680,23	25,281	639,12	651,1	696,4
3	751,07	13,006	169,16	738,3	764,3
4	847,87	19,340	374,04	825,7	861,3
5	759,93	18,111	328,00	739,3	773,2
Biurko IV					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	708,23	12,611	159,04	696,4	721,5
2	680,23	25,281	639,12	651,1	696,4
3	751,07	13,006	169,16	738,3	764,3
4	847,87	19,340	374,04	825,7	861,3
5	759,93	18,111	328,00	739,3	773,2
Biurko V					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	744,57	20,895	436,60	726,2	767,3

Tabela 15. cd.

2	791,87	58,227	3390,33	726,2	837,2
3	908,33	75,604	5716,01	826,4	975,4
4	918,10	72,423	5245,03	836,7	975,4
5	869,93	17,108	292,69	850,2	880,6

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

4.4. Piętro 6

Powierzchnia pokoju na 6 piętrze wynosi 13,05 m², kubatura 32 m³, a powierzchnia okien 1,98 m², co sprawia, że stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi wynosi 1:6,59. Zgadza się to z zaleceniami (tab. 16).

W badanym pokoju znajduje się 5 biurek, 3 krzesła i dwie lampki doświetlające. W tym pokoju również nie ma żadnych roślin doniczkowych.

Średnie wartości temperatur w tym pomieszczeniu mieszczą się w zakresie określonym przez normę, jednak wartości maksymalne w każdym badanym punkcie co najmniej raz były od niego większe (tab. 16). Wilgotność w tym pokoju również była niższa o około 10 punktów procentowych niż określa to norma. Zdarzały się jednak dni, w których badana wilgotność wyniosła powyżej 55% (tab. 17). Były to dni, podczas których intensywność opadów deszczu była wysoka. Średnie przepływu powietrza w każdym badanym punkcie mieściły się w odpowiednim zakresie. W dwóch z pięciu badanych punktów, 1 i 3, maksymalna wartość, jaką zaobserwowano, była powyżej wartości wskazanej normą (tab. 18).

Tabela 16. Pomiary temperatury [°C] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 6 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	23,04	1,247	1,555	21,1	25,7*
2	22,99	1,228	1,507	21,0	25,7*
3	23,00	1,306	1,705	20,9	26,0*
4	23,03	1,264	1,597	21,0	25,9*
5	23,06	1,264	1,598	21,1	26,0*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 17. Pomiary wilgotności [%] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 6 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	29,97*	8,996	80,925	20,1*	57,6
2	30,04*	9,017	81,300	20,1*	57,7
3	29,52*	8,230	67,737	19,4*	53,1
4	29,80*	8,340	69,553	19,5*	53,5
5	29,49*	8,323	69,264	20,3*	53,0

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 18. Pomiary prędkości przepływu [m/s] powietrza w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 6 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	0,058	0,0266	0,0007	0,03	0,14*
2	0,053	0,0202	0,0004	0,03	0,10
3	0,060	0,0250	0,0006	0,03	0,13*
4	0,060	0,0162	0,0003	0,03	0,09
5	0,052	0,0139	0,0002	0,04	0,08

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

W pokoju nauki na tym piętrze została przekroczona sugerowana wartość poziomu hałasu w pomieszczeniu przeznaczonym do nauki (tab. 19). Średnie wartości natężenia oświetlenia na blatach roboczych biurków w tym pokoju mieściły się w granicach 500–1000 lx, czyli w zakresie podanym przez normę (tab. 20).

Tabela 19. Pomiar hałasu [dB] w pokoju nauki na 6 piętrze

Pomiar	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
Wartość minimalna	33,29	8,818	77,752	20,5	48,7*
Wartość maksymalna	57,95*	14,592	212,935	34,2	82,3*
Średnia	43,22*	10,737	115,289	23,0	71,0*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 20. Pomiary natężenia oświetlenia [lx] w pięciu punktach pomiarowych biurków w pokoju na 6 piętrze

Biurko I					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	784,23	567,911	322523,16	455,5*	1440,0
2	868,83	166,151	27606,02	708,2	1040,0
3	915,70	35,850	1285,23	879,8	951,5
4	664,30	317,056	100524,37	411,4*	1020,0
5	900,23	314,918	99173,04	590,4	1220,0
Biurko II					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	891,57	146,668	21511,64	785,8	1059,0
2	816,87	155,386	24144,81	705,6	994,4
3	832,87	75,538	5706,00	769,6	916,5
4	978,63	113,751	12939,40	847,9	1055,0
5	877,33	99,085	9817,80	796,3	987,8

Tabela 20. cd.

Biuurko III					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	792,77	56,711	3216,12	734,6	847,9
2	679,70	138,923	19299,63	519,4	765,1
3	871,87	339,613	115337,30	672,5	1264,0
4	724,93	121,291	14711,46	588,8	821,5
5	854,83	114,287	13061,60	733,8	960,9
Biuurko IV					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	392,23*	152,635	23297,50	266,6*	562,1
2	639,23	97,496	9505,42	530,7	719,4
3	730,23	88,007	7745,29	653,5	826,3
4	352,33*	94,696	8967,29	243,0*	408,4
5	513,10	102,726	10552,71	420,5*	623,6
Biuurko V					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	583,23	61,428	3773,45	529,7	650,3
2	619,80	100,319	10063,81	529,7	727,9
3	822,23	80,783	6525,86	734,8	894,1
4	704,60	79,832	6373,17	620,9	779,9
5	619,07	141,009	19883,52	460,6*	730,7

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

4.5. Piętro 8

Powierzchnia pokoju na 8 piętrze wynosi 13,35 m², kubatura 33,25 m³, a powierzchnia okien 1,99 m². W związku z tym stosunek powierzchni okna do podłogi mieści się w sugerowanym przez normę przedziale i wynosi 1:6,71.

W pokoju znajdują się 4 biurka, 2 niskie fotele, 4 krzesła oraz 2 lampy doświetlające.

Średnia temperatura we wszystkich punktach pomiarowych mieściła się w ramach określonych normą, jednak większość wartości minimalnych jak i maksymalnych leży poza jej granicami (tab. 21). W tym pokoju średnia wartość wilgotności względnej powietrza również jest poniżej zalecanej wartości. Pomiary maksymalne były wyższe niż 40% (tab. 22). Zarówno minimalna, średnia, jak i maksymalna wartość przepływu powietrza mieści się w zakresie 0,03–0,12 m/s podanym przez normę (tab. 23).

Tabela 21. Pomiar temperatury [°C] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 8 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	22,58	1,369	1,874	20,1	25,3*
2	22,52	1,719	2,954	19,9*	26,5*
3	22,38	1,652	2,728	19,8*	25,6*
4	22,38	1,601	2,564	19,9*	25,5*
5	22,38	1,573	2,475	19,9*	25,3*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 22. Pomiar wilgotności [%] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 8 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	31,49*	6,012	36,142	21,1*	44,0
2	31,25*	5,802	33,660	21,2*	42,9
3	31,47*	6,362	40,478	21,0*	44,8
4	31,65*	6,540	42,771	21,2*	46,6
5	31,77*	6,413	41,127	21,5*	46,0

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 23. Pomiar prędkości przepływu powietrza [m/s] w pięciu punktach pomiarowych w pokoju nauki na 8 piętrze

Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	0,055	0,0166	0,0003	0,03	0,08
2	0,055	0,0162	0,0003	0,03	0,09
3	0,064	0,0184	0,0003	0,03	0,09
4	0,059	0,0171	0,0003	0,04	0,09
5	0,052	0,0138	0,0002	0,04	0,08

Średnia wartość wszystkich pomiarów natężenia hałasu w pomieszczeniu przekracza określone w normie 35 dB (tab. 24). Średnie pomiary natężenia oświetlenia na każdym blacie roboczym są łącznie większe niż 500 lx. Na biurku I i III w pojedynczych punktach pomiarowych zaobserwowano wartości mniejsze niż 500 lx.

Tabela 24. Pomiar hałasu w pokoju nauki na 8 piętrze

Pomiar	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
Wartość minimalna	33,95	8,714	75,936	22,6	45,3*
Wartość maksymalna	59,28*	12,661	160,307	40,8*	79,0*
Średnia	41,97*	11,750	138,070	22,7	62,1*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 25. Pomiar natężenia oświetlenia [lx] w pięciu punktach pomiarowych biurka w pokoju na 8 piętrze

Biurko I					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	364,03*	65,272	4260,40	300,6*	431,0*
2	585,00	49,869	2486,89	538,7	637,8
3	725,07	10,420	108,58	715,9	736,4
4	472,80*	35,048	1228,33	443,2*	511,5
5	674,03	111,088	12340,46	555,4	775,6
Biurko II					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	668,83	26,356	694,66	638,4	684,2
2	699,70	16,825	283,09	684,9	718,0
3	769,03	115,775	13403,89	635,7	844,1
4	815,93	33,394	1115,16	778,8	843,5
5	762,37	40,446	1635,89	715,7	787,3
Biurko III					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	395,87*	14,924	222,72	379,4*	408,5*
2	619,37	22,219	493,70	593,9	634,8
3	692,97	68,685	4717,56	633,2	768,0
4	472,10*	32,176	1035,31	440,7*	505,0
5	549,00	28,859	832,87	525,2	581,1
Biurko IV					
Nr punktu	Średnia	Odchylenie standardowe	Wariancja	Minimum	Maksimum
1	545,97	56,205	3159,00	503,1	609,6
2	611,40	80,290	6446,53	518,7	659,0
3	797,33	4,244	18,01	794,4	802,2
4	695,70	82,718	6842,29	646,5	791,2
5	715,47	9,205	84,72	706,1	724,5

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

4.6. Porównanie pokoi

Każdy ze zbadanych pokoi ma zbliżoną powierzchnię, kubaturę, powierzchnię okien oraz stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi. Wszystkie wymiary są zgodne z zaleceniami (tab. 26). Średnia temperatura w każdym z badanych punktów pomiarowych w pokojach jest zgodna z normą (tab. 27). Średnia wilgotność względna powietrza w każdym z pokoi jest niższa o około 17 punktów procentowych od minimalnej zalecanej wartości (tab. 28). Średnie wartości prędkości przepływu powietrza mieszczą się w granicach określonych normą (tab. 29).

Tabela 26. Porównanie parametrów przestrzennych pokoju

Pokój	Powierzchnia pomieszczenia	Objętość pokoju	Powierzchnia okien	Stosunek powierzchni okna do powierzchni podłogi
2	13,19	32,63	1,98	1:6,66
3	13,52	33,59	1,99	1:6,3
5	13,13	32,65	1,99	1:6,60
6	13,06	32,31	1,98	1:6,59
8	13, 35	33,25	1,99	1:6,71

Tabela 27. Porównanie średnich temperatur [°C] między badanymi pokojami

Pokój	Punkt pomiarowy				
	1	2	3	4	5
2	23,28	23,18	23,06	23,08	23,09
3	23,41	23,36	23,65	23,60	23,62
5	23,67	23,69	23,75	23,73	23,79
6	23,04	22,99	23,00	23,03	23,06
8	22,58	22,52	22,38	22,38	22,38

Tabela 28. Porównanie średniej wilgotności [%] między badanymi pokojami

Pokój	Punkt pomiarowy				
	1	2	3	4	5
2	29,03*	29,25*	29,53*	29,64*	29,84*
3	30,71*	30,04*	30,09*	30,15*	30,33*
5	30,25*	29,85*	29,59*	29,74*	29,74*
6	29,97*	30,04*	29,52*	29,80*	29,49*
8	31,49*	31,25*	31,47*	31,65*	31,77*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Tabela 29. Porównanie średniej prędkości przepływu powietrza [m/s] między badanymi pokojami

Pokój	Punkt pomiarowy				
	1	2	3	4	5
2	0,062	0,086	0,068	0,062	0,054
3	0,069	0,060	0,064	0,066	0,052
5	0,061	0,058	0,056	0,051	0,048
6	0,058	0,053	0,060	0,060	0,052
8	0,055	0,055	0,064	0,059	0,052

Średnie natężenie poziomego hałasu we wszystkich pokojach nauki jest wyższe o około 7 dB w stosunku do zalecanych 35 dB. Jednak wszystkie średnie pomiary minimalnego hałasu mieszczą się w normie. Wyniki zawiązują punkty maksymalne, które oscylują wokół 60 dB. Poziom ten jest porównywany do miejsca, w którym jest włączona cicho muzyka albo telewizor. Jest on jednak raczej związany z częstym trzaskaniem drzwiami przez mieszkańców

DS „Raj” spowodowanym obecnością automatu samozamykającego. Pojedyncze trzaśnięcia drzwi z korytarza są bardzo dobrze słyszalne w pokojach nauki, które umiejscowione są w centralnej części poszczególnych pięter (tab. 30).

Tabela 30. Porównanie średniego poziomu hałasu [dB] między badanymi pokojami

Pokój	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Średnia
2	34,24	62,88*	46,88*
3	31,80	61,01*	44,36*
5	32,92	58,71*	43,56*
6	33,29	57,95*	43,22*
8	33,95	59,28*	41,97*

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

Średnia wartość natężenia oświetlenia na wszystkich biurkach z wyjątkiem jednego jest większa niż 500 lx. Na niektórych jest to nawet powyżej 1000 lx – wartość ta nadaje się do nie tylko do czytania czy pracy z urządzeniami komputerowymi, ale i do wykonywania precyzyjnych prac. Wiąże się to z możliwością wykorzystania na nich lamp doświetlających (tab. 31).

Tabela 31. Porównanie średniego poziomu oświetlenia [lx] biurek między badanymi pokojami

Pokój 2						
Biučko	1	2	3	4	5	Średnia
I	523,10	553,83	570,13	639,90	669,27	709,50
II	511,20	438,43*	622,80	549,40	554,67	642,36
III	369,80*	601,70	712,00	700,90	651,97	728,73
IV	717,07	766,17	769,43	727,20	724,83	889,13
V	495,53	552,67	518,87	510,77	547,87	630,17
Pokój 3						
Biučko	1	2	3	4	5	Średnia
I	529,13	501,03	821,07	611,07	699,87	758,92
II	738,37	1321,87	934,20	880,93	975,70	1164,26
III	339,83*	517,60	744,60	409,73*	1112,77	749,89
IV	625,57	722,07	850,30	764,10	790,53	900,62
V	675,27	655,00	734,57	817,47	736,53	868,52
Pokój 5						
Biučko	1	2	3	4	5	Średnia
I	444,83*	1226,93	1191,67	848,97	625,37	1041,06
II	620,23	764,43	825,00	1128,37	1347,30	1124,48
III	356,33*	488,80*	678,70	422,00*	551,10	499,39*
IV	708,23	680,23	751,07	847,87	759,93	899,36
V	744,57	791,87	908,33	918,10	869,93	1015,87
Pokój 6						
Biučko	1	2	3	4	5	Średnia
I	784,23	868,83	915,70	664,30	900,23	991,99

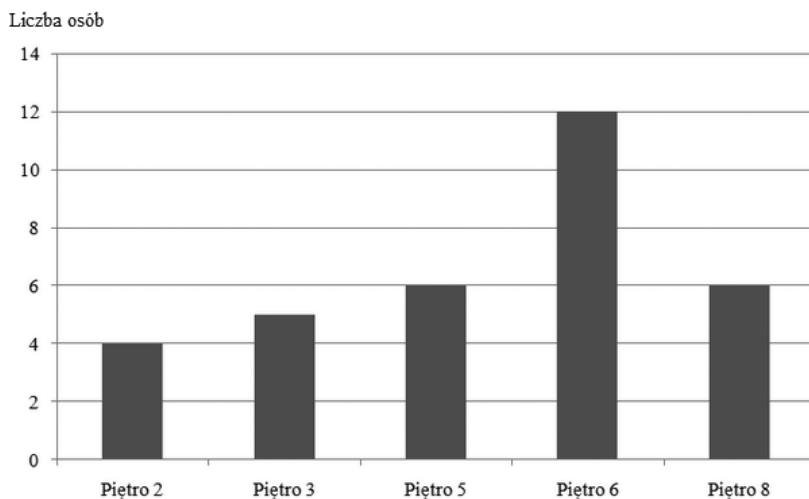
Tabela 31. cd.

II	891,57	816,87	832,87	978,63	877,33	1055,34
III	792,77	679,70	871,87	724,93	854,83	941,78
IV	392,23*	639,23	730,23	352,33*	513,10	630,51
V	583,23	619,80	822,23	704,60	619,07	803,74
Pokój 8						
Biuorko	1	2	3	4	5	Średnia
I	364,03*	585,00	725,07	472,80*	674,03	564,19
II	661,30	699,70	769,03	815,93	762,37	890,00
III	395,87*	619,37	692,97	472,10*	549,00	655,03
IV	545,97	611,40	797,33	695,70	715,47	816,26

*Gwiazdką zostały oznaczone wartości niemieszczące się w zalecanych zakresach

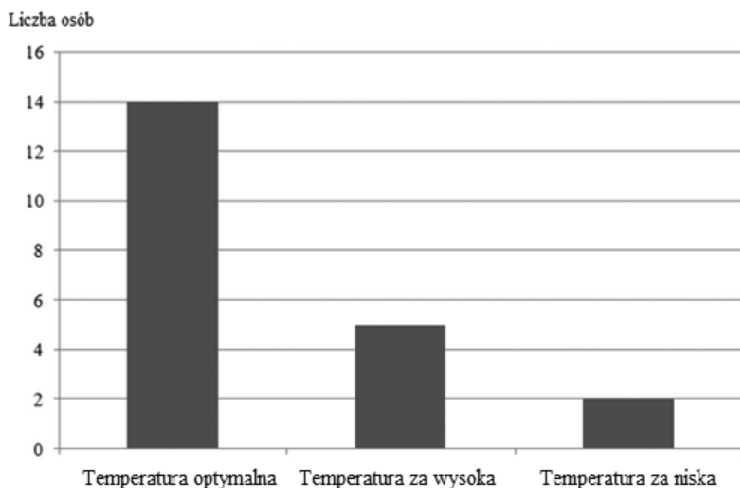
4.7. Opinie mieszkańców

Respondenci najczęściej korzystają z pokoju nauki znajdującego się na 6 piętrze (57,14%), najrzadziej zaś z tego na 2 (19,05%) (ryc. 4).

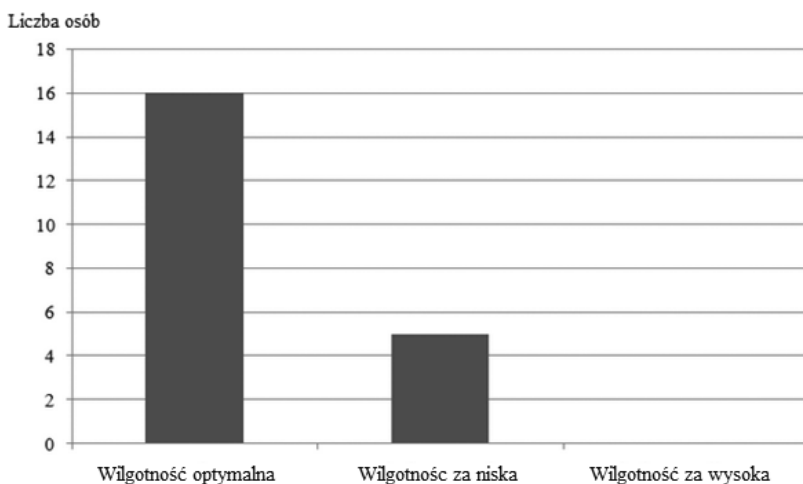


Rycina 4. Preferencje respondentów dotyczące pokoju nauki

W ocenie większości (66,67%) ankietowanych w pokojach nauki panuje odpowiednia temperatura (ryc. 5). Podobnie sytuacja wygląda z wilgotnością powietrza – co piąty (79,19%) mieszkaniec DS „Raj” uważa, że w pokojach nauki jest ona odpowiednia. Pojawiają się jednak głosy, że jest ona zbyt niska (ryc. 6).

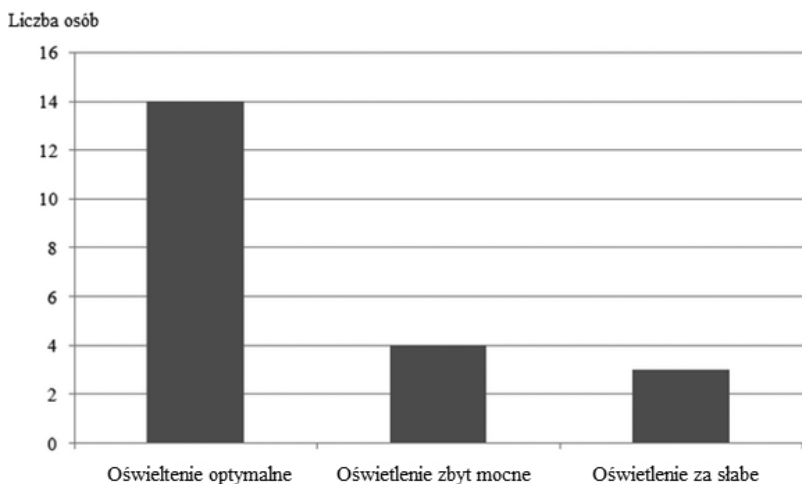


Rycina 5. Opinie respondentów dotyczące komfortu cieplnego w pokoju nauki

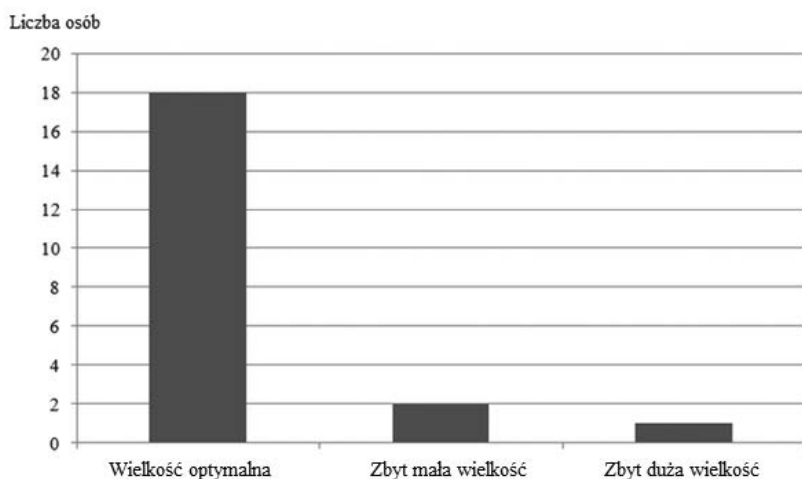


Rycina 6. Opinie respondentów dotyczące wilgotności powietrza w pokoju nauki

Zdecydowana większość (66,67%) respondentów uważa, że oświetlenie w pokojach nauki jest odpowiednie. Jednak zdaniem niektórych pokoje są za jasne (19,05%) lub za ciemne (14,29%) (ryc. 7). Prawie każdy użytkownik pokoi nauki uważa, że są one odpowiednio przestronne (85,71%) (ryc. 8).

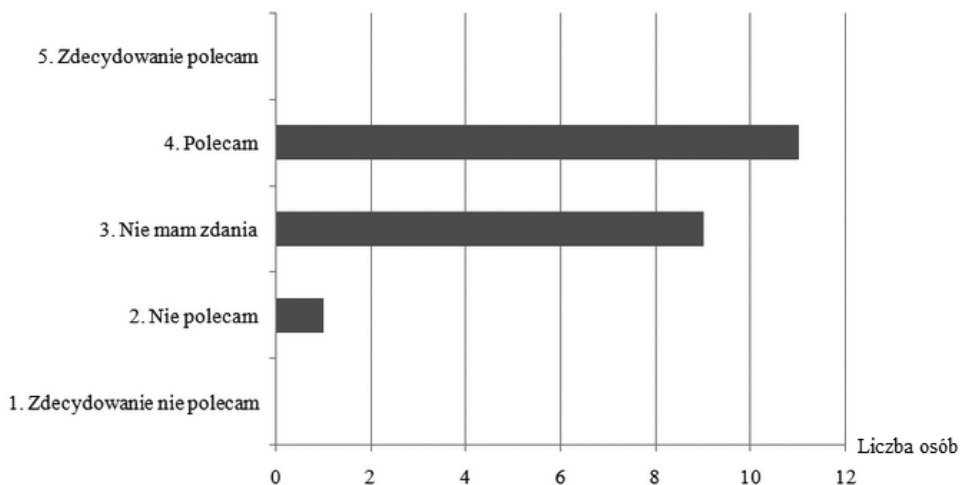


Rycina 7. Opinie respondentów dotyczące natężenia oświetlenia w pokoju nauki

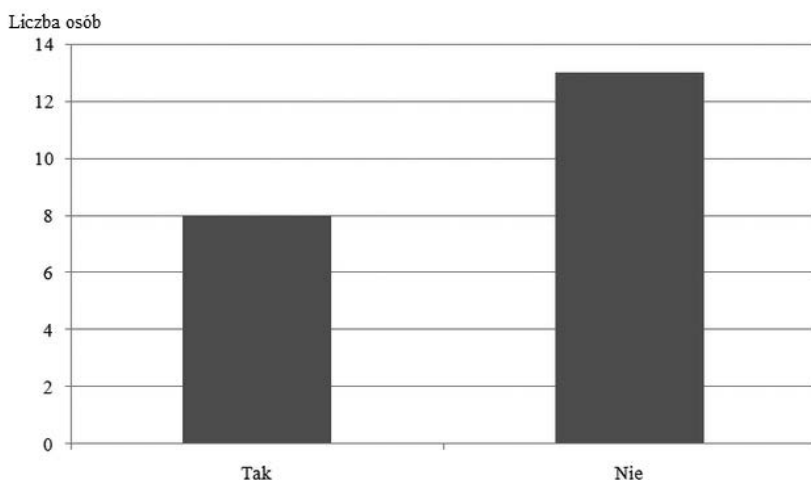


Rycina 8. Opinie respondentów dotyczące wielkości pokoju nauki

Na pytanie „W skali od 1 do 5 jak bardzo polecasz pokój nauki innym studentom?” ponad połowa (52,38%) respondentów stwierdziła, że polecają korzystanie z nich, nie polecają zaś jedynie dwie osoby (9,52%). Żaden ankietowany nie zaznaczył odpowiedzi skrajnych „Zdecydowanie polecam” oraz „Zdecydowanie nie polecam” (ryc. 9). Respondenci zostali zapytani także o to, czy uważają, że w jakiś sposób można polepszyć jakość ergonomiczną pokoju nauki. Mniej niż połowa mieszkańców DS „Raj” (38,10%) sądzi, że tak (ryc. 10). Sugerowanymi ulepszeniami są między innymi zmiana foteli na bardziej ergonomiczne, dodanie nawilżacza powietrza lub roślin oraz białych tablic.



Rycina 9. Chęć rekomendacji korzystania z pokojów nauki innym mieszkańcom



Rycina 10. Opinie respondentów dotyczące możliwości ulepszenia pokojów nauki

5. Dyskusja

Pokoje nauki w domu studenckim „Raj” mają powierzchnie i objętości zgodne z zalecanymi normami. Jednocześnie nie powinny w nich przebywać więcej niż dwie osoby, aby powierzchnia przypadająca na osobę nie była mniejsza niż 5 m², a objętość mniejsza niż 13 m³.

Bardzo ważny jest odpowiedni stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi. Dzięki temu zapewniony jest dostęp do naturalnego światła, które ma pozytywny wpływ na ogólne samopoczucie człowieka. Badania udowodniły, że dzienne światło może po-

prawić wydajność poznawczą i funkcje wykonawcze oraz zmniejsza senność w ciągu dnia [19]. Przy świetle naturalnym człowiek najlepiej funkcjonuje. Dopływ takiego światła pozwala przykładowo na prawidłowe rozróżnianie barw, a kontakt z naturalnym światłem umożliwia wypoczynek narządu wzroku dzięki rozluźnianiu mięśni odpowiadających za akomodację [20].

Czynnikiem fizycznym środowiska pracy, który nie spełnia wymagań, jest nadmierny hałas. Badania nad zróżnicowaną wrażliwością studentów na hałas sugerują, że osoby bardziej wrażliwe na nadmierne dźwięki charakteryzują się większym niepokojem i gorszymi osiągnięciami w nauce niż osoby mniej wrażliwe, u których nie zaobserwowano istotnych zmian [21]. Podobne obserwacje przeprowadzono również w badaniach Kocaman i wsp. [22], w których autorzy zwracają uwagę na niezadowolenie studentów mieszkających w akademikach z warunków akustycznych. W przeciwieństwie do mieszkańców domu studenckiego „Raj”, mieszkańcy domu studenckiego z przytaczanego badania skarżyli się także na niewystarczające oświetlenie z powodu zbyt małych okien [22]. Inne badania wskazywały na zadowolenie studentów z warunków oświetlenia, mimo tego że nie spełniały one norm [23].

6. Podsumowanie

Jakość ergonomiczna pokoiów nauk w domu studenckim „Raj” jest ogólnie dobra, co ma odzwierciedlenie w zadowoleniu ich użytkowników. Jednak należy rozważyć wprowadzenie kilku rozwiązań, takich jak nowe fotele i krzesła biurowe, poprawiających komfort użytkowania pokoiów nauki. Można rozważyć zakup nawilżaczy powietrza, które skorygują niską wilgotność względną w pomieszczeniach. Warto również wprowadzić więcej elementów zielonych, szczególnie roślin doniczkowych, które zwiększą wartość wizualną pokoiów nauki i poprawią samopoczucie studentów. Ze względu na to, że hałas był elementem najmniej spełniającym wymagania z zakresu higieny pracy, warto zastanowić się nad zastosowaniem np. dźwiękoszczelnej taśmy uszczelniającej pod drzwi.

Literatura

- [1] Lubaś P. Diagnoza ergonomicznych czynników ryzyka. Państwowa Inspekcja Pracy, Szczecin 2010.
- [2] Muszyński Z. Rozwój ergonomii w Polsce i na świecie. Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, 2016, Vol. 29 (1), s. 87–100.
- [3] Wróblewska M. Ergonomia. Wydawnictwo Politechniki Opolskiej, Opole 2004.
- [4] Olszewski J. Podstawy ergonomii i fizjologii pracy. Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań 1997.
- [5] Garnik I. Metody ergonomicznego projektowania przestrzeni stanowisk pracy. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2000.
- [6] Andrejiova M., Kralikova R., Wessely E., Sokolova H. Assessment of the Microclimate in the Work Environment. DAAAM International Scientific Book, 2012, Vol. 42: s. 509–516.

- [7] Jokanović M., Koprivica A., Moljević S. The Impact of the Microclimate Parameters on the Labor Productivity. Association For Quality and Standardization of Serbia, 2019, s. 21–29.
- [8] <https://www.pip.gov.pl/pl/wiadomosci/145558,temperatury-w-pracy.html> (dostęp 26.04.2023).
- [9] <https://poradnikhr.blog/2021/03/11/temperatura-w-pomieszczeniach-biurowych/> (dostęp 26.04.2023).
- [10] Wojtowicz R. Zarys ergonomii technicznej. PWN, Warszawa 1978.
- [11] <https://www.condair.de/m/0/planning-criteria-workplace-pl-web-200506.pdf> (dostęp 26.04.2023).
- [12] PN-EN 16798–1:2019–06 Charakterystyka energetyczna budynków – Wentylacja budynków – Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki – Moduł M1–6.
- [13] https://m.ciop.pl/CIOPortalWAR/file/84313/BEZPIECZNIEJ_Halas_Materialy_szkoleniowe_2017.pdf (dostęp 26.04.2023).
- [14] PN-B-02151–2:2018–01 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [15] PN-EN 12464–1:2022–01 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
- [16] Zunjic A., Papić G., Bojovic B., Matija L., Slavkovic G., Lukic P. The Role of Ergonomics in the Improvement of Quality of Education. FME Transactions, 2015, Vol. 42, s. 82–87.
- [17] Misztal K., Paluch S. Metody efektywnej nauki. Problemy Współczesnej Pedagogiki, 2017, Vol. 3(1), s. 117–124.
- [18] Yandarmadi A., Mariana M. Study of Anthropometry and Ergonomic for Study Room Furniture at Pantai Mutiara Residence. Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 2021, Vol. 655, s. 552–557.
- [19] Phipps-Nelson J., Redman J., Dijk D., Rajaratnam S. Daytime exposure to bright light, as compared to dim light, decreases sleepiness and improves psychomotor vigilance performance. Sleep, 2003, Vol. 26(6), s. 695–700.
- [20] Janosik E. Pozytywne i negatywne aspekty oddziaływania światła na człowieka. Kosmos, 2015, Vol. 64(4), s. 617–623.
- [21] Weinstein N. Individual differences in reactions to noise: A longitudinal study in a college dormitory. Journal of Applied Psychology, 1978, Vol. 63(4), s. 458–466.
- [22] Kocaman G., Sezer F., Cetinkol T. User Satisfaction of Indoor Environmental Quality in Student Dormitories. European Journal of Sustainable Development, 2017, Vol. 6(1), s. 11–12.
- [23] Natsir N., Jamala N., Kusno A. The Artificial Lighting Analysis of Study Rooms in Dormitories and Classrooms Islamic Boarding School of Lil Banat Parepare. International Journal of Engineering, 2021, Vol. 4(1), s. 81–92.

THE ERGONOMIC QUALITY OF THE STUDY ROOMS LOCATED IN DORMITORY “RAJ”

Abstract

Ergonomics as a science provides people with the tools to optimize and correct the parameters of the working environment. This work examines and compares the ergonomic quality of study rooms in the dormitory “Raj” of the University of Life and Environmental Sciences. In addition, a short survey was conducted in which residents could express their opinion on the comfort of using the study rooms. Determining the ergonomic quality was possible by comparing the collected measurements with the applicable standards and recommendations. The measurements and the results of the survey made it possible to define the level of ergonomic quality as high with the possibility of adjusting several parameters.

Keywords: ergonomics, study room, microclimate

Opiekun pracy
dr Jacek Szczurowski, prof. uczelni

Recenzenci:
dr Łukasz Kuta
dr hab. inż. Justyna Hachoł, prof. uczelni

OCENA PRZYDATNOŚCI ŻYWIENIOWEJ WYBRANYCH DIET PUDEŁKOWYCH DLA PSÓW

Weronika Jacuńska*

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Biotechnologii i Hodowli Zwierząt,
Koło Naukowe Żywniowców, ul. K. Janickiego 32, 71-270 Szczecin

*e-mail: jw47216@zut.edu.pl

Streszczenie

Szybko rozwijający się rynek produktów petfood, postępujące procesy technologiczne, ale i większa świadomość opiekunów zwierząt towarzyszących przyczyniają się do coraz większego różnicowania się rynku tego typu produktów. Celem pracy była ocena przydatności żywieniowej trzech pudełkowych diet dla psów różniących się głównym komponentem (wołowina, jagnięcina, drób) na podstawie analizy składu podstawowego (zawartość suchej masy, białka surowego, tłuszczu surowego, włókna surowego i popiołu surowego), zawartości składników mineralnych (Ca, P, K, Na, Mg, Cu, Fe, Mn i Zn), oszacowania wartości energetycznej karm (poziom energii metabolicznej, EM) i weryfikacji danych na etykiecie tych produktów. Opierając się na oznaczonym składzie chemicznym oraz oszacowaniu energii metabolicznej, określono udział energii z poszczególnych składników pokarmowych w badanych karmach. Wybrane do oceny karmy są klasyfikowane przez producenta jako pełnoporcjowe. Analizy własne wykazały, że karmy pokrywają minimalne zapotrzebowanie na białko i tłuszcz zgodnie z wytycznymi FEDIAF, jednak nie zaspokajają zapotrzebowania na składniki mineralne. Dlatego stosowanie ich w żywieniu psów w dłuższej perspektywie może przynieść negatywne konsekwencje zdrowotne.

Słowa kluczowe: energia, komercyjna dieta domowa, skład podstawowy, minerały, wytyczne żywieniowe

1. Wprowadzenie

Diety pudełkowe, inaczej określane mianem cateringu dla psów, w ostatnich latach zyskały na popularności, dzięki czemu oferty tego typu produktów są coraz bardziej zróżnicowane. Ideą tych diet jest ułatwienie właścicielowi podawania zbilansowanych posiłków, które przypominają te przygotowywane samodzielnie w domu. Pokarm według deklaracji na etykiecie jest pełnoporcjowy – ma zapewniać minimalne zalecane poziomy składników pokarmowych podane w obowiązujących wytycznych żywieniowych Europejskiej Federacji Przemysłu Karm dla Zwierząt Domowych (FEDIAF, European Pet Food Industry Federation) [4] oraz ma pokrywać dzienne zapotrzebowanie energetyczne danego osobnika. Dawki pokarmowe indywidualnie obliczane są na podstawie szczegółowych danych przekazanych przez klienta podczas dobierania diety. Posiłki różnią się składem i procesem produkcyjnym od karm mokrych w puszkach, gdyż po procesie obróbki termicznej w piecu parowym są głęboko mrożone i w takiej formie dostarczane do klienta.

W 2019 roku poinformowano konsumentów o wynikach kontroli jakości i prawidłowości oznakowania karm dla zwierząt towarzyszących przeprowadzonej przez Inspekcję Handlową w 2018 roku [8]. Według opublikowanych danych z 209 partii karm dla psów, które poddano kontroli, aż 21,5% budziło zastrzeżenia. Dotyczyły one między innymi niezgodności w deklaracji producenta umieszczonej na etykiecie ze stanem rzeczywistym. Niezgodności te odnosiły się m.in. do braku zadeklarowanego źródła białka, zbyt wysokich lub zbyt niskich zawartości białka, tłuszczu, popiołu surowego oraz wilgotności. Wyniki tej kontroli wskazują, że informacje widniejące na etykiecie żywności dla psów nie zawsze mają przełożenie w rzeczywistości, co w dłuższej perspektywie może oddziaływać niekorzystnie na organizm, prowadząc m.in. do niedoborów składników pokarmowych. Badania naukowe [2, 6, 9] również zwracają uwagę na problem nieścisłości między deklaracjami producentów karm pełnoporcjowych a stanem faktycznym dotyczącym poziomu składników pokarmowych. Ponadto wykrywa się dodatki niezadeklarowanego źródła białka. Konsekwencjami takiego stanu mogą być pogorszenie się zdrowia czy zwiększona podatność na niektóre choroby u zwierząt spożywających karmy niedoborowe przez dłuższy czas, co wynika z nieświadomości opiekuna. Dlatego celem pracy była ocena przydatności żywieniowej pudełkowych diet dla psów dostępnych na rynku polskim, opierając się na analizie chemicznej podstawowych składników pokarmowych, makro- i mikroelementów, oszacowanie wartości energetycznej karm i weryfikacji danych na etykiecie tych produktów.

2. Materiał i metody

Materiał do badań stanowiły gotowe posiłki dla psów w postaci cateringu dostarczonego do klienta w formie zamrożonej. Wybrano do oceny trzy najczęściej kupowane w danej firmie różniące się głównym komponentem pochodzenia zwierzęcego. Były to posiłki zawierające wołowinę (1-W), jagnięcinę (1-J) oraz mięso kurcząt brojlerów (1-K) (w dalszej części pracy określane jako „drób”).

2.1. Przygotowanie prób do analiz chemicznych

Próby po otwarciu oryginalnych opakowań z PCV rozdrobniono i po zważeniu (m) poddano suszeniu w suszarce laboratoryjnej w temperaturze $55 \pm 5^\circ\text{C}$ do obniżenia zawartości wody do ok. 8–12% (rys. 1). Suszenie rozdrobnionych karm odbywało się w nieprzykrytych pojemnikach aluminiowych. Po jednej dobie próby wyjęto z suszarki, po wystudzeniu w temperaturze pokojowej zważono (m_1). Uzyskane wyniki pozwoliły na wyliczenie współczynnika podsuszenia zgodnie z równaniem (1):

$$K = m_1 / m \quad (1)$$

gdzie:

K – współczynnik podsuszenia,

m_1 – masa próby po podsuszeniu (g),

m – masa próby wyjściowej (g).

Proces pozwolił na otrzymanie „powietrznie suchej masy” pozwalającej na wykonanie analiz chemicznych z metodą podaną w dalszej części. W takiej formie próby rozdrobnione zostały w młynku laboratoryjnym typu KNIFETEC 1905 (Foss Tecator, Höganäs, Szwecja), umieszczone w jałowych pojemnikach i do czasu wykonywania analiz chemicznych przechowywane w temperaturze 4°C.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 1. Wyszuszone próba karmy

2.2. Analizy chemiczne

2.2.1. Skład podstawowy

Zawartości głównych składników pokarmowych (tab. 1) w karmach oznaczono metodą zgodną z Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) [1]. Tłuszcz surowy (ekstrakt etylowy, TS) oznaczono metodą Soxhleta z eterem dietylowym jako rozpuszczalnikiem (metoda 2003.06), popiół surowy (PS) oznaczono poprzez spalenie w piecu muflowym w temperaturze 550°C przez 8 godzin (metoda 920.153), białko surowe ($N \times 6,25$, BS, metoda 945.18) określono metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu do destylacji Büchi B-324 (Büchi Labortechnik AG, Flawil, Szwajcaria), włókno surowe (WS) oznaczono za pomocą analizatora ANKOM220

(ANKOM Technology, Nowy Jork, USA). Węglowodany ogółem wyrażone jako związki bezazotowe wyciągowe (BNW) oszacowano zgodnie z równaniem (2):

$$BNW [\%] = 100 - (\% \text{ wilgotność} + \% BS + \% TS + \% PS + \% WS) \quad (2)$$

Wyniki porównano z danymi dotyczącymi składu analitycznego podanego przez producenta (tabela 1, W_p – wołowina, J_p – jagnięcina, K_p – drób).

2.2.2. Składniki mineralne

Zawartość Ca, P, K, Na, Mg, Cu, Fe, Mn i Zn oznaczono metodą mineralizacji na mokro w mieszaninie kwasu azotowego (V) i kwasu nadchlorowego (VII) [3]. Analizy wykonano przy użyciu atomowego spektrometru absorpcyjnego (Thermo Fisher Scientific iCE 3000 Series, Waltham, Massachusetts, USA). Materiał do analiz stężenia fosforu (P) poddano mineralizacji w stężonym kwasie siarkowym (H_2SO_4) i kwasie nadchlorowym ($HClO_4$), a następnie zawartość oznaczono metodą kolorymetryczną Egnera–Riehma na spektrofotometrze Specol 221 (Carl Zeiss Jena, Niemcy). Wyniki zestawiono w tabeli 2.

2.3. Energia metaboliczna oraz udział energii z poszczególnych składników pokarmowych

Na podstawie oznaczonego składu chemicznego ($g \cdot 100 g^{-1}$ SM) oszacowano wartość energetyczną wyrażoną w postaci energii metabolicznej (EM) obliczonej z wykorzystaniem współczynników Atwatera (3):

$$EM [kcal \cdot 100g^{-1} SM] = BS \times 4 + TS \times 9 + BNW \times 4 \quad (3)$$

Wyliczoną wartość energetyczną porównano z informacjami podawanymi przez producenta (tab. 3). W dalszej części określono stosunek składników pokarmowych (N), jaki każdy składnik wniósł do każdej diety w postaci całkowitego procentowego wkładu energetycznego (ryc. 2). Profil białko surowe–tłuszcz surowy–związki bezazotowe wyciągowe (BS:TS:BNW) oraz stosunek energii z każdego składnika pokarmowego (N) określono na podstawie obliczonej wartości energetycznej żywności (EM), określając, jaki procent całkowitej energii pochodzi z danego składnika pokarmowego z zastosowaniem wzoru (4):

$$N: EM [\%] = \frac{(N \times kcal z 1g^{-1} N)}{EM} \times 100 \% \quad (4)$$

2.4. Analizy statystyczne

Analizy chemiczne wykonano w trzech powtórzeniach. Wyniki przedstawiono jako wartości średnie w przeliczeniu na 100 gramów suchej masy (SM) wraz z odchyleniem standardowym. Poddano je analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego STATISTICA v13.3 software (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA) [15]. Jednoczynnikową analizę wariancji przeprowadzono, przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$ oraz test Tukeya.

3. Omówienie wyników i dyskusja

Zawartość składników pokarmowych z analiz własnych przedstawiono w tabeli 1. Uzyskane wyniki sprawdzono pod kątem zgodności z zaleceniami FEDIAF [4] dla psów dorosłych, które regulują minimalne zalecane zawartości (MRL, minimum recommended level) w przypadku białka oraz tłuszczu. Wszystkie badane diety spełniały poziom MRL białka i tłuszczu. Dieta oznaczona symbolem 1–J charakteryzowała się istotnie najniższą zawartością białka surowego (33,85 g·100 g⁻¹ SM). Istotnie najwyższą zawartość białka uzyskano w diecie 1–W (43,31 g·100 g⁻¹ SM). Zawartość tłuszczu w analizowanych próbach była wysoka i mieściła się w zakresie od 33 do 39 g·100 g⁻¹ SM, przy MRL wynoszącym 5,5 g·100 g⁻¹ SM (tab. 1). Istotnie najmniej tłuszczu stwierdzono w diecie 1–K, której głównym komponentem było mięso drobiowe. Wytyczne FEDIAF [4] nie podają zaleceń dla węglowodanów w diecie psów ani potencjalnie strawnych (BNW), ani nietrawionych przez enzymy przewodu pokarmowego psa, czyli włókna surowego, na które składają się celuloza, lignina i część hemicelulozy. Dieta zawierająca mięso drobiowe cechowała się istotnie najniższą zawartością włókna surowego (3,32 g·100 g⁻¹ SM), a jednocześnie istotnie największą zawartością BNW (22,90 g·100 g⁻¹ SM). Oceniane diety różniły się istotnie również zawartością związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego, w zakresie od 6,75 do 7,31 g·100 g⁻¹ SM.

Tabela 1. Zawartość podstawowych składników pokarmowych w ocenianych dietach w porównaniu z wytycznymi FEDIAF i danymi producenta

Dane	Wilgotność [g·100 g ⁻¹ świeżego produktu]	SM [g·100 g ⁻¹]	BS	TS	WS	PS	BNW
			[g·100 g ⁻¹ SM]				
1–W	63,66 ^c	95,62 ^a	43,31 ^c ± 0,03	39,00 ^b ± 1,03	7,05 ^b ± 0,35	7,31 ^c ± 0,15	3,33 ^a ± 0,18
1–J	63,05 ^b	97,49 ^c	38,57 ^b ± 0,15	38,10 ^b ± 0,05	11,12 ^c ± 0,05	6,75 ^a ± 0,00	5,45 ^b ± 0,05
1–K	59,59 ^a	95,79 ^b	33,85 ^a ± 0,14	33,00 ^a ± 0,45	3,32 ^a ± 0,06	6,94 ^b ± 0,00	22,90 ^c ± 0,26
W _p	74,10	–	41,11	30,83	1,58	7,51	18,97
J _p	74,10	–	36,29	23,55	1,93	5,79	32,43
K _p	71,60	–	34,51	35,21	1,76	7,75	20,77
MRL*	–	–	18,00	5,50	–	–	–

Źródło: opracowanie własne

*MRL/Minimum Recommended Level – minimalna zalecana zawartość rekomendowana przez FEDIAF dla psów dorosłych [4]; SM – sucha masa; BS – białko surowe; TS – tłuszcz surowy; WS – włókno surowe; PS – popiół surowy; BNW – związki bezazotowe wyciągowe; 1–W – dieta z wołowiną; 1–J – dieta z jagnięciną; 1–K – dieta z drobiem; W_p – dane producenta, dieta z wołowiną; J_p – dane producenta, dieta z jagnięciną; K_p – dane producenta, dieta z drobiem;

^{a,b,c} średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie według testu Tukeya na poziomie istotności p = 0,05 (dla wszystkich kolumn osobno)

Ponadto każda z karm różniła się zawartością analizowanych składników pokarmowych w porównaniu z deklaracjami producenta. Aczkolwiek, w przypadku białka i popiołu, wartości z analiz własnych mieściły się w granicach tolerancji analitycznych zgodnie z rozp. 2279

z 2017 roku [12]. Natomiast w przypadku tłuszczu i włókna surowego karmy z wołowiną i jagnięciną miały wyższe wartości z analiz własnych niż określone poziomy tolerancji.

Zawartość składników mineralnych w analizowanych dietach zestawiono w tabeli 2. Ocenianie diety różniły się istotnie pod względem zarówno makro-, jak i mikroelementów. W przypadku wapnia i fosforu obowiązujące wytyczne żywieniowe podają poza poziomem MRL również żywieniowe maksymalne bezpieczne poziomy (NMaxRL, nutritional maximum recommended level) danych pierwiastków, gdyż są to żywieniowe czynniki ryzyka różnych chorób, w tym chorób narządu ruchu czy nerek [10, 13]. Dwie diety (1–W, 1–J) przekraczały bezpieczne poziomy wapnia, odpowiednio o 15 i 18%. W przypadku fosforu we wszystkich ocenianych dietach poziomy NMaxRL również były przekroczone. Karma 1–W charakteryzowała się wyższym poziomem fosforu od maksymalnego dopuszczalnego poziomu aż o 74%. Karmy 1–J i 1–K miały dwukrotnie przekroczony bezpieczny poziom NMaxRL. W przypadku mikroelementów u wszystkich ocenianych wytyczne podają zarówno poziom MRL, jak i NMaxRL. Tylko jedna z ocenianych karm (1–K) zawierała mniej niż zalecany poziom MRL miedzi, pozostałe dwie – tak, w tym dieta 1–J prawie czterokrotnie ($10,28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ SM}$) więcej niż NMaxRL. Jest to bardzo niekorzystne, gdyż długotrwały nadmiar miedzi w diecie powoduje uszkodzenie wątroby [14]. W przypadku żelaza i manganu diety mieściły się w bezpiecznym zakresie pod względem tych mikroelementów. Natomiast bezpieczny poziom NMaxRL cynku został przekroczony w dwóch dietach (1–W i 1–J, odpowiednio o 15 i 7%). Pierwiastek ten w nadmiarze wpływa na metabolizm miedzi. Poza tym nadmiar tego niezbędnego mikroelementu może mieć poważne konsekwencje, a samo zatrucie łatwo pomylić z niedokrwistością hemolityczną na tle immunologicznym [5].

Tabela 2. Zawartość składników mineralnych w badanych dietach w porównaniu z wytycznymi FEDIAF

dane	Ca	P	K	Na	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	[g·100 g ⁻¹ SM]					[mg·100 g ⁻¹ SM]			
1–W	2,87 ^b ± 0,00	2,79 ^a ± 0,03	2,82 ^c ± 0,02	0,75 ^c ± 0,01	0,40 ^b ± 0,00	5,65 ^b ± 0,07	42,02 ^b ± 0,96	2,50 ^b ± 0,06	26,20 ^c ± 0,35
1–J	2,95 ^c ± 0,00	3,47 ^c ± 0,03	2,38 ^a ± 0,00	0,52 ^a ± 0,01	0,43 ^c ± 0,00	10,28 ^c ± 0,00	46,15 ^c ± 0,90	2,49 ^b ± 0,01	24,32 ^b ± 0,06
1–K	1,76 ^a ± 0,01	3,03 ^b ± 0,03	2,45 ^b ± 0,00	0,67 ^b ± 0,01	0,33 ^a ± 0,00	2,01 ^a ± 0,04	40,14 ^a ± 0,09	2,07 ^a ± 0,02	18,63 ^a ± 0,11
*MRL	0,50	0,40	0,50	0,10	0,07	0,72	3,60	0,58	7,20
**NMaxRL	2,50	1,60	–	–	–	2,80	68,18	17,00	22,70

Źródło: opracowanie własne

*MRL/Minimum Recommended Level – minimalna zalecana zawartość rekomendowana przez FEDIAF dla psów dorosłych [4]; **NMaxRL/Nutritional Maximum Recommended Level – maksimum żywieniowe rekomendowane przez FEDIAF dla psów dorosłych [4]; SM – sucha masa; 1–W – dieta z wołowiną; 1–J – dieta z jagnięciną; 1–K – dieta z drobiem

^{a,b,c} średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie według testu Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$ (dla wszystkich kolumn osobno)

Dostarczanie organizmowi psa wystarczającej ilości energii metabolicznej jest kluczowe w utrzymaniu funkcjonowania jego organizmu. Brak wystarczającej ilości energii metabolicznej może prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych, takich jak osłabienie

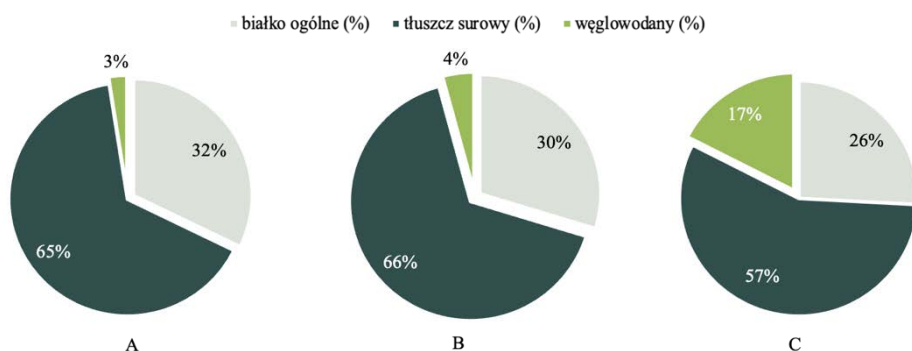
organizmu, spadek masy ciała, zaburzenia hormonalne, problemy z układem krążenia czy zaburzenia metaboliczne [2]. Z kolei nadmiar dostarczonej energii może prowadzić do nadwagi, otyłości i innych chorób związanych z nieprawidłową dietą i brakiem wystarczającej aktywności fizycznej. Energię metaboliczną deklarowaną na etykiecie karm przeliczono na zawartość w 100 g⁻¹ suchej masy, by móc porównać ją z obliczeniami własnymi, które mieściły się w granicach tolerancji [12]. W przypadku dwóch ocenianych karm (1-W i 1-K) jedynie EM wyliczona dla karmy 1-J była o ponad 10% wyższa od podanej przez producenta na etykiecie (tab. 3).

Tabela 3. Porównanie wartości energetycznej (EM, kcal·100 g⁻¹ SM) badanych diet z obliczeń własnych i danych z etykiety

Oznaczenie	Energia metaboliczna (EM)	
	Dane producenta	Wyniki z analiz
1-W	498,02	537,56
1-J	463,32	519,03
1-K	514,08	523,95

Źródło: opracowanie własne

Udział energii pochodzącej z białka, tłuszczu i węglowodanów ogółem (BS:TS:BNW) w poszczególnych badanych karmach przedstawiono na rycinie 2. Odnotowano zbyt duży udział energii dostarczanej z węglowodanami w karmie J-K, który wyniósł aż 17%. Udział energii z dostarczonym białkiem w tej karmie wyniósł 26%, a z tłuszczem 57%. Co prawda nie ma wytycznych dla zwierząt, jeżeli chodzi o udział energii metabolicznej ze składników pokarmowych, a jedynie wskazówki dla psa domowego. Hewson-Hughes i in. [7] uważają, że udział (%) energii dostarczonej z pobranych składników pokarmowych przez psy (BS:TS:BNW) wynosi odpowiednio 30:63:7. W pozostałych dwóch badanych karmach 1-W i 1-J udział energii z poszczególnych składników pokarmowych był zbliżony do sugestii autorów i wyniósł odpowiednio dla białka surowego, tłuszczu surowego oraz związków bezazotowych wyciągowych 32:65:3 i 30:66:4.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 2. Udział energii z głównych składników pokarmowych w badanych dietach: A – dieta 1-W zawierająca wołowinę, B – dieta 1-J zawierająca jagnięcinę, C – dieta 1-K zawierająca drób

4. Podsumowanie

Zawartość składników pokarmowych w żywności dla zwierząt, jak i ludzi jest zależna od wielu czynników, w tym od rodzaju komponentów wybranych do jej produkcji, sposobu uprawy i pielęgnacji komponentów roślinnych oraz hodowli zwierząt, wybranego sposobu przetwarzania i przygotowania diet, a także warunków jej przechowywania [2, 7, 11]. Poziom poszczególnych składników pokarmowych w produktach uznawanych za pełnoporcjowe powinien mieścić się między minimalnym zalecanym poziomem, poniżej którego występują objawy niedoboru, a maksymalnym – powyżej którego mogą wystąpić objawy zatrucia. W przypadku białka i tłuszczu nie ma maksymalnych limitów wskazanych przez FEDIAF. Takie limity są podane tylko dla makro- i mikroelementów. Źródłem informacji o zawartości nabywanego produktu jest etykieta producenta – ma ona informować kupującego, jakie składniki i w jakich ilościach się w nim znajdują. Tym samym jest to jedyne narzędzie w rękach konsumentów, które może posłużyć analizie porównawczej wybieranych karm. Wszystkie oceniane karmy spełniły zalecane minimalne poziomy zarówno w przypadku białka, jak i tłuszczu. Warto jednak podkreślić, że poziom tłuszczu w ocenianych produktach był wysoki w stosunku do MRL. Wartości takich pierwiastków jak wapń, fosfor, miedź oraz cynk znalazły się ponad wyznaczonymi bezpiecznymi limitami tych pierwiastków. Spośród ocenianych karm najlepiej wypadła karma 1–K, w której stwierdzono przekroczenie limitów tylko w przypadku fosforu, a w pozostałych karmach (1–W i 1–J) stwierdzono przekroczenie zarówno dla Ca, P, Cu i Zn. Karmy charakteryzowały się poziomem energii w zakresie od 519 do 538 kcal w 100 g⁻¹ suchej masy. Udział energii z poszczególnych składników w przypadku karm 1–W i 1–J był zbliżony do wskazówek dla psa domowego. Karma 1–K cechowała się dużym udziałem energii dostarczanej z węglowodanami ogółem (17 %). Badania pokazały, że mimo iż oceniane produkty uznane zostały za pełnoporcjowe, to w perspektywie podawania ich przez dłuższy czas mogą mieć negatywne konsekwencje zdrowotne.

Literatura

- [1] AOAC International, Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists, 2019.
- [2] Balan D., Israel-Roming F., Luta G., Gherghina E. Changes in the nutrients content of some green vegetables during storage and thermal processing. ARS Docendi Publishing House, 2016, Vol. 21(5), s. 11857–11865.
- [3] Biel W., Natonek-Wiśniewska M., Kępińska-Pacelik J., Kazimierska K., Czerniawska--Piątkowska E., Krzyścin P. Detection of chicken DNA in commercial dog foods. BMC Veterinary Research, 2022, Vol. 18(1), s. 1–10.
- [4] FEDIAF. Nutritional Guidelines For Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs, 2021.
- [5] Grigsby L., Medici E. Zatrucie cynkiem u psów. Weterynaria Po Dyplomie, 2014, Vol. 15(3).
- [6] Henry C.J.K., Massey D. Micro-nutrient changes during food processing and storage. Conclusions and research needs. Crops Post-Harvest Programme, 2001, Vol. 5.
- [7] Hewson-Hughes A.K., Hewson-Hughes V.L., Colyer A., Miller A.T., McGrane S.J., Hall S.R., Simon R., Butterwick, R.F., Stephen S.J., Raubenheimer D. Geometric analysis of macronutrient selection in breeds of the domestic dog, *Canis lupus familiaris*. Behavioral Ecology, 2013, Vol. 24(1), s. 293–304.

- [8] Inspekcja Handlowa. Informacja z wyników kontroli jakości i prawidłowości oznakowania karmy dla zwierząt towarzyszących, 2019 (dostęp: 19.04.2023 r. https://uokik.gov.pl/raporty_z_kontroli_inspekcji_handlowej.php?pytanie=4347#faq4347).
- [9] Kazimierska K., Biel W., Witkowiec R., Karakulska J., Stachurska X. Evaluation of nutritional value and microbiological safety in commercial dog food. *Veterinary Research Communications*, 2021, Vol. 45(2–3), s. 111–128.
- [10] Kurosad A. Przewlekła niewydolność nerek a fosfor u psów i kotów. *Veterinary Life* 2019, Vol. 4.
- [11] Moscicki L. *Extrusion-cooking techniques: applications, theory and sustainability*. John Wiley & Sons, 2011.
- [12] Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2279 z dnia 11 grudnia 2017 r. zmieniające załączniki II, IV, VI, VII i VIII do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 767/2009 w sprawie wprowadzania na rynek i stosowania pasz.
- [13] Sikorska-Kopyłowicz A., Jonkisz P. Gospodarka wapniowo-fosforanowa w przewlekłej niewydolności nerek. *Magazyn Weterynaryjny*, 2015, Vol. 24(4).
- [14] Thornburg L.P. A perspective on copper and liver disease in the dog. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 2000, Vol. 12(2), s. 101–110.
- [15] TIBCO. 2016. *Statistica* (data analysis software system) v.13.1. <http://www.statsoft.com>. (dostęp 21.04.2023 r.).

EVALUATION OF THE NUTRITIONAL ADEQUACY OF A SELECTED BOX DIET FOR DOGS

Abstract

The fast-growing petfood market, advancing technological processes, but also, a greater awareness of owners of companion animals contributes to the increasing diversification of the market for such products. The purpose of this study was to evaluate the nutritional adequacy of three boxed diets for dogs varying in the main component (beef, lamb, poultry) based on the analysis of the basic composition (dry matter, crude protein, crude fat, crude fiber and crude ash), mineral content (Ca, P, K, Na, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn), estimation of the energy value of pet foods (metabolic energy level, EM) and verification of the data on the label of these products. Based on the determined chemical composition and metabolic energy estimation, the proportion of energy from individual nutrients in the tested feeds was determined. The feeds chosen for evaluation are classified by the manufacturer as complete feeds. Self-analyses showed that the feeds cover the minimum protein and fat requirements according to the FEDIAF guidelines. However, they do not meet the mineral requirements. Therefore, using them in dog nutrition in the long term can bring negative health consequences.

Keywords: energy, commercial home diet, chemical composition, minerals, dietary guidelines

Opiekun pracy
dr hab. inż. Wioletta Biel, prof. ZUT

Recenzenci:
dr hab. Piotr Sławuta
dr inż. Damian Konkol

DZIKI NA KRZYWEJ NÓŻCE – ANALIZA PORÓWNAWCZA ZMIAN ANATOMOPATOLOGICZNYCH DWÓCH RACIC DZIKÓW EURAZJATYCKICH (*SUS SCROFA*) Z OBWODU ŁOWIECKIEGO NR 47 ZDROJOWA GÓRA

Joanna Wolińska*, Gabriela Wołowiec, Dorota Pelan, Aleksandra Żelazo

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Studenckie Koło Naukowe Medycyny Zwierząt Dzików Żyjących „Hubert”, ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław

* e-mail: 118689@student.upwr.edu.pl

Streszczenie

Kończyny poddano badaniu CT, oględzinom zewnętrznym i badaniu sekcijnemu, w trakcie których wykazano zmiany patologiczne w postaci silnej redukcji ścięgien i kości palca II w kończynie miednicznej oraz złamania palca III z wytworzeniem stawu rzekomego, a także ropnia pod poduszeczką racicy w kończynie piersiowej. Celem określenia stopnia pokrewieństwa badanych osobników przeprowadzono badania genetyczne obejmujące izolację DNA, powielenie genów zawierających regiony zmienne STR przy użyciu PCR oraz elektroforezę. Do analiz porównawczych użyto produktów PCR niespokrewnionych dzików, jako próby kontrolnej. Wyniki uzyskane w przebiegu elektroforezy okazały się jednak niewystarczające, by potwierdzić lub wykluczyć pokrewieństwo.

Słowa kluczowe: dziki, deformacja, racice, kulawizna, pokrewieństwo, genetyka

1. Wprowadzenie

Dziki europejskie, znane również jako dziki euroazjatyckie, są jednymi z największych i najbardziej charakterystycznych zwierząt wolno żyjących w Europie, stanowią ważny element ekosystemów Europy i Azji oraz polskiej tradycji łowieckiej. Kulawizny u dzików mogą być przyczyną zwiększonej selekcji naturalnej w obrębie populacji wolno żyjących zwierząt. Takie osobniki są mniej sprawne i częściej padają ofiarom drapieżników. Ponadto wady postawy mogą stanowić główną przyczynę charłactwa, zmuszając dziki do poszukiwania łatwiej dostępnego pożywienia w pobliżu aglomeracji miejskich, czego konsekwencją może być zwiększone ryzyko przeniesienia chorób odzwierzęcych, jak gruźlica, włośnica czy różycy. Dodatkowo zbliżanie się dzików do terenów chlewni może przyczynić się do likwidacji całego pogłowia świń w wyniku zakażenia zwierząt hodowlanych wirusem pryszczycy, wirusem klasycznego lub afrykańskiego pomoru świń [13].

Zdrowie populacji dzików powinno być monitorowane nie tylko z powodu wykluczenia zoonoz i zagrożenia hodowli zwierząt w Polsce, ale także ustalenia statusu zdrowotnego

watah, by oszacować częstotliwość wad budowy wolno żyjących zwierząt, które skłaniałyby je do żerowania w bliskim sąsiedztwie ludzi [3]. Celem pracy było określenie stopnia prawdopodobieństwa wystąpienia patologii racic w przyszłych pokoleniach dzików w obwodzie łowieckim nr 47.

2. Przeglądowe badanie tomografem komputerowym racic

Tomografię komputerową racic dzika [1, 2, 12] wykonano za pomocą 64-rzędowego 128-warstwowego tomografu komputerowego Siemens go.TOP. Skanowanie odbyło się w dłuższej osi kości, najpierw w kierunku doczaszkowym, a następnie w kierunku doogonowym. Podczas badania zastosowano następujące parametry ekspozycji: 120 kV, 60 mAs, obrazy przekrojów uzyskano z zastosowaniem filtra kostnego w grubości warstwy 0,6. Obraz otrzymano przy użyciu oprogramowania postprocesingowego syngo.via firmy Siemens. Dodatkowo wykorzystywano funkcję obrazu rekonstrukcji wielopłaszczyznowej w przekroju strzałkowym, grzbietowym oraz poprzecznym i funkcję obrazu trójwymiarowego.

Dzięki rekonstrukcji trójwymiarowej w badaniu tomografii komputerowej racic (ryc. 1, 2) i przeprowadzeniu badania osteologicznego uznano, że racica kończyny miednicznej należała do dzika w wieku nieprzekraczającym 24 miesięcy życia (nieprzyrośnięte nasady chrząstki do kości), natomiast racica kończyny piersiowej należała do dzika w wieku powyżej 24. miesiąca życia.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 1. Obraz rekonstrukcji trójwymiarowej w badaniu tomografii komputerowej stawu skokowego, śródstopia oraz członów palców dzika



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 2. Obraz rekonstrukcji trójwymiarowej w badaniu tomografii komputerowej stawu nadgarstkowego, śródreżca oraz członów palcowych dzika

3. Opis preparacji i zmian anatomopatologicznych

Badanie sekcyjne obu racic rozpoczęto od oględzin zewnętrznych i oceny zmian widocznych makroskopowo. Dla ujednoczenia oznaczenia racic przyjęto symbol „D” od „długa 1” dla kończyny miednicznej prawej oraz symbol „K” od „krótka 2” dla kończyny piersiowej prawej.

Zakres badanych kończyn obejmował fragmenty rozpoczynające się od stawu skokowego i stawu nadgarstkowego, aż do członów palcowych dalszych. Podczas preparacji skupiono się na wyszczególnieniu ścięgien strony grzbietowej i dłoniowej kończyn po wcześniejszym ściągnięciu skóry. Dokonano oceny makroskopowej prawidłowości okolicznych tkanek miękkich [9].

3.1. Kończyna „D”

Palec IV był palcem najdłuższym, palec III był znacznie skrócony, palec V o budowie prawidłowej, natomiast palec II – silnie zredukowany. Podczas próby wykonywania ruchów w zakresach fizjologicznych w stawach fragmentu kończyny zauważono ograniczenie ruchomości. Zdecydowana atrofia mięśni na palcu III najprawdopodobniej spowodowała rozrost zastępczy mięśni palca IV – wynik zmiany środka ciężkości i rozkładu sił na kończynie. Ścięgno mięśnia prostownika własnego palca V rozwinięte prawidłowo. Ścięgno mięśnia prostownika palca II po rozgałęzieniu do palca V dochodziło prawidłowo, z kolei część dochodząca do palca II została zredukowana na wysokości stawu śródreżczo-paliczkowego

i przyrośnięta do okostnej kości śródrezcza II w części dalszej. Podejrzewane o patologię ścięgno mięśnia prostownika własnego palca IV okazało się prawidłowe. Wypreparowane ścięgno mięśnia prostownika palców do palca IV było prawidłowe, na przebiegu w kierunku do palca III silnie zredukowane. Wyżej wymienione ścięgno było silnie przyrośnięte do kości śródrezcza III w części dalszej i powodowało problem podczas preparowania. Ścięgno części głębokiej mięśnia zginacza powierzchniowego palców skrócone i ścięte dla palca III, a lepiej rozwinięte na korzyść palca IV. Zginacz głęboki palców prawidłowy. Atrofia gałęzi końcowej ścięgna mięśnia zginacza głębokiego palców dla palca II. Część głęboka mięśnia zginacza powierzchniowego palców dochodząca do palca II zredukowana, ścięta, znacznie mniej rozwinięta w porównaniu z częścią powierzchowną ww. ścięgna, uległa przypadkowemu przerwaniu w trakcie preparacji. Brak powierzchni stawowej na kości śródrezcza dla paliczka II. Widoczna była jedynie tkanka łączna bez ścięgien i więzadeł biegnących do palca II. Palec II zbudowany wyłącznie z dwóch członów. Po odpreparowaniu palca III natrafiono na strukturę przypominającą raciczkę występującą u bydła. Po przecięciu w miejscu, w którym fizjologicznie u przedstawicieli z rodziny *suidae* znajduje się staw, nie znaleziono powierzchni stawowych między kością śródstopia III a członem palcowym bliższym. Przestrzeń między tymi kośćmi wypełniona tkanką łączną – brak chrząstki. Brak członu palcowego II. Człon palcowy dalszy silnie zredukowany ze szczątkową racicą o długości rogu nieprzekraczającej 5 mm. Zrośnięta kość śródrezcza III z IV, przerost tkanki chrzęstnej na wszystkich powierzchniach stawowych z wyjątkiem palca IV – w stawie między członem palcowym bliższym i środkowym silnie zredukowana ilość tkanki chrzęstnej. Rozdzielenie kości okazało się niemożliwe – od strony dłoniowej doszło do ich zrostu, na wyrostkach członu palcowego bliższego i środkowego palca III wystąpiły nakostniaki (osteofity) [4, 7, 8].



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 3. Obraz badania sekcyjnego kończyny miednicznej „D”

3.2. Kończyna „K”

Ściągnio mięśnia prostownika palca II prawidłowe. Ściągnio brzuśca bocznego palca II prawidłowe, łączy się na wysokości 2/3 II kości śródreżca od strony przyśrodkowej ze ścięgnem brzuśca bocznego idącym do ścięgna brzuśca pośrodkowego. Ściągnio prostownika palca III fizjologicznie powinno otrzymywać pasmo wzmacniające od mięśnia międzykostnego, – zaobserwowano brak tego pasma. Była to prawdopodobna przyczyna deformacji palca III – widoczna atrofia mięśnia prostownika palca III. Palec IV uniesiony ku górze i zgięty przyśrodkowo. Widoczna patologia rącey – rąca krzyżowa – nakładanie palca IV i III.

Z powyższych zmian patologicznych wynika, że większa część ciężaru ciała dzika znajdowała się na palcu IV, przez co zaobserwowana została zdecydowana różnica w rozroście mięśni palca III oraz zwiększona ilość naczyń krwionośnych skórnych i przebiegających pomiędzy mięśniami.

Ściągnio brzuśca pośrodkowego mięśnia prostownika wspólnego palców prawidłowo powinno dzielić się na dwa ramiona równej szerokości zmierzające ku palcom III i IV. Ramię idące do palca III było znacznie (ok. 2 razy) cieńsze i w zaniku. Ściągnio brzuśca przyśrodkowego w przypadku palca IV prawidłowo rozwinięte.

Od ścięgna brzuśca przyśrodkowego dla palca III odchodziło pasmo ścięgnowe brzuśca pośrodkowego dla palca II, które było znacznie rozbudowane na wysokości członu palcowego środkowego. Pasma ścięgnowe brzuśca pośrodkowe w przypadku palca II prawidłowe.

Zauważono patologię w formie przerostów mięśniowo-skórnych na *spatium interdigitale* między palcem III a palcem IV. Znaleziono kawernę ropną o wymiarach 19,5 mm × 15,5 mm × 12,4 mm w przestrzeni między palcem II a V, pod poduszeczką rącey w obrębie palca IV. Kawerna była dobrze uformowana, odgradzona torebką łącznotkankową z serowatą, ropną, żółtą zawartością. Ropień znajdował się nad więzadłem międzypalcowym palca II i V, nie penetrował struktury mięśnia zginacza powierzchownego i głębokiego palców.

Kości wykształcone prawidłowo oprócz członu palcowego bliższego palca III – zauważono złamanie poprzeczne w połowie długości wymienionego członu. Ściągnio mięśnia zginacza głębokiego palców biegło wzdłuż kości śródreżca, aż do palca V w sposób prawidłowy. Część ścięgna mięśnia zginacza powierzchownego palców, biegnąca powierzchownie do palca IV, łączyła się ze zdeformowaną powięzią dłoniową.

Ściągnio części głębokiej mięśnia zginacza powierzchownego palców przebiegało prawidłowo, lecz przy członie środkowym palca III widoczne było zgrubienie i nieznaczny przerost ścięgna końcowego mięśnia zginacza głębokiego palców razem z powięzią dłoniową.

Ściągnio części powierzchownej mięśnia zginacza powierzchownego palców rozwinięte prawidłowo.

Gałąź końcowa ścięgna mięśnia zginacza głębokiego palców dla palca III skrócona – sięgała do palca prawidłowo, ale jego struktura była skrócona, co powodowało stały przykurcz palca. Zaobserwowano powstały staw rzekomy [5] (*pseudoarthrosis*) po złamaniu członu palcowego bliższego palca III [4, 7, 8].

Staw śródreżczo-palczkowy palca III nosił ślady stanu zapalnego – płyn maziowy przejrzysty, o zmniejszonej ciągliwości i krwistym zabarwieniu, zwyrodnienia na chrząstce stawowej, powierzchnia stawowa nierówna z osteofitami, przekrwienie tkanek miękkich w okolicy stawu.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 4. Obraz badania sekcyjnego kończyny piersiowej „K”

3.3. Hipoteza powstania ropnia

Palec III uległ złamaniu w połowie członu palcowego bliższego w młodym wieku zwierzęcia, przez co jego wzrost został w pewnym stopniu zahamowany. Palec IV rósł w prawidłowym tempie i przejął na siebie większą część ciężaru zwierzęcia, nie rozkładając go równomiernie. Z powodu większego obciążenia palca IV doszło do hipertrofii przyczepów mięśniowych, natomiast w palcu III uległy one atrofii. Zwiększone nierównomiernie i niefizjologicznie obciążenie palca IV mogło spowodować stan zapalny poduszeczki palcowej w obrębie obszaru największego nacisku, w wyniku którego powstał ropień. Na powierzchni skóry w okolicy ropnia nie było jednak zauważalnych uszkodzeń wskazujących na nadkażenie rany.

3.4. Hipotezy postawione po wykonaniu preparacji i oględzin kończyn

Wada genetyczna w obrębie nieznanego nam genu występująca w danej populacji dzików spowodowała osłabienie struktur kończyn – deformacje kości i tkanek miękkich. Badane fragmenty kończyn „K” i „D” pochodzą od zwierząt z tego samego obwołu – Nadleśnictwo Zdrojowa Góra, obwód 47 – ale nie wiadomo, czy z tej samej watahy. Prawdopodobnie zwierzęta są ze sobą spokrewnione.

Uszkodzenie mechaniczne. W trakcie porodu lub w okresie młodości w następstwie urazu doszło do uszkodzenia chrząstek wzrostu, wskutek czego nastąpiło zahamowanie wzrostu objętego złamaniem paliczka. Złamanie z powodu braku unieruchomienia nie zrosło

się, lecz doprowadziło do wytworzenia stawu rzekomego. Przy takim założeniu zwierzęta mogą, ale nie muszą być ze sobą spokrewnione.

4. Badania genetyczne

Celem określenia stopnia pokrewieństwa badanych osobników przeprowadzono badania genetyczne obejmujące izolację DNA, powielenie genów zawierających regiony zmienne STR przy użyciu PCR oraz elektroforezę [11, 14]. By jednocześnie ocenić skuteczność zastosowanych metod, do analiz porównawczych użyto produktów PCR niespokrewnionych ze sobą dzików (z innego okręgu łowieckiego) jako próby kontrolnej.

4.1. Izolacja materiału genetycznego

Dokonano homogenizacji tkanki bez mrożenia w ciekłym azocie. Dokładnie roztarto na sucho fragmenty tkanek pobrane z kończyn „K” i „D” za pomocą tłuczka i moździerza oraz zebrano materiał do odpowiednio opisanych eppendorfek. Do każdej eppendorfki dodano 350 μ l bufory Buff Lyte T oraz 2 μ l RNAzy A. Następnie dodano 20 μ l proteiny K. Eppendorfki zabezpieczono przed otwarciem (zaklejony gwint). Inkubowano w temperaturze 55°C przez całą noc (12 h). Aby roztwór cały czas był w ruchu eppendorfki, włożono do pustego flakonu i umocowano go w rotacji w piecyku hybrydizacyjnym.

Następnie dokonano izolacji DNA z wykorzystaniem buforu Sol T i zachowaniem standardowych procedur izolacyjnych.

4.2. Ocena czystości i ilości uzyskanego materiału genetycznego

Wykonano ocenę stężenia i stopnia zanieczyszczenia DNA za pomocą analizy spektrofotometrycznej (pomiar absorbancji przy długości fali 230, 260 i 280 nm). Do tego badania wykorzystano spektrofotometr kroplowy, który mierzy parametry z objętości poniżej 2 μ l. Zamrożoną próbkę z DNA ogrzewano do temperatury pokojowej, zworteksowano. Przed pomiarem właściwym wykonano próbę ślepą (Elution 1–2 μ l).

4.3. PCR i elektroforeza

Przeprowadzono PCR z użyciem starterów „F” – starter forward PCMS12F oraz „R” – starter reverse PCMS12R. Przygotowany został roztwór starterów do stockowego stężenia 100 mMoli, który następnie rozcieńczono 10-krotnie w celu otrzymania roztworu roboczego o stężeniu 10 mMol. Mieszaninę reakcyjną przygotowano według poniższego schematu. Bufor w objętości 2,5 μ l, dNTP – 1 μ l, starter F – 0,5 μ l, starter R – 0,5 μ l, polimeraza DNA DreamTaq DNA Polymerase – 0,5 μ l. Powyższy roztwór wykonano w ilości wystarczającej dla 5 próbek (N = 5).

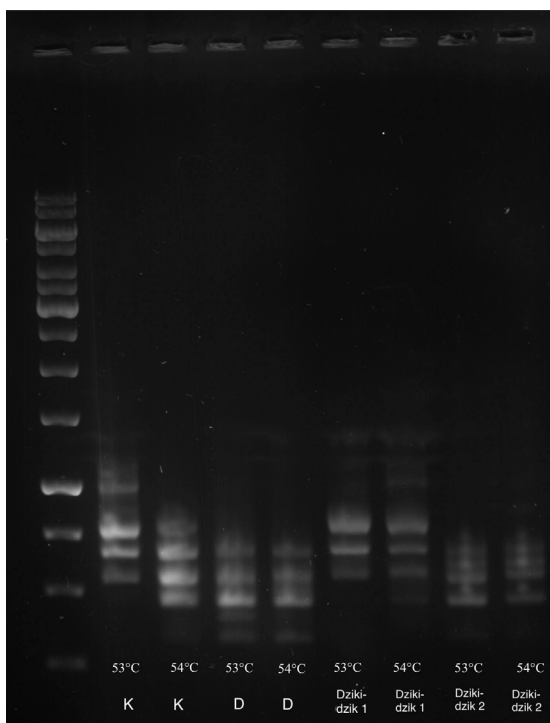
Temperatura przeprowadzania PCR zależna jest od składu fragmentu sekwencji. Ustalono przeprowadzanie obu reakcji w 53 i 54°C zgodnie z zaleceniami producenta starterów F i R.

Mieszaninę wirowano przez 10 s, podzielono na 4 próbki – po dwie do każdej temperatury – by określić, w jakiej temperaturze aktywność starterów będzie efektywniejsza. Do każdej z eppendorfek dodano po 1 μ l wyizolowanego materiału genetycznego racie „K”

i „D”, następnie każdą próbkę mieszaniny reakcyjnej dopełniono do objętości 25 µl czystą wodą (nuclease-free water). PCR nastawiono w termocyklerze na 34 cykle, według sekwencji: 95°C (denaturacja nici DNA), 53 i 54°C (przyłączanie starterów), 72°C (elongacja), ochłodzenie do 4°C (zatrzymanie reakcji PCR) [10].

Wykonano próbę nastawienia reakcji PCR z udziałem starterów do genu HPRT (House Keeping Gene) [6]. PCR przeprowadzono kilkakrotnie w temperaturach, kolejno: 63, 61, 59, 57°C. Niezależnie od nastawionej temperatury późniejsze wyniki elektroforezy wykazały, że reakcja PCR nie zaszła. Było to prawdopodobnie spowodowane błędami technicznymi (wadliwe startery) lub niezgodnością starterów do genów obecnych w materiale dzika – pomimo dopasowania do materiału świni domowej (*Sus domestica*). Dodatkowo wykonano PCR próby kontrolnej w postaci materiału dwóch niespokrewnionych ze sobą osobników. Materiały te nazwano „Dziki-dzik 1” oraz „Dziki-dzik 2”.

Przeprowadzono elektroforezę uzyskanych na drodze PCR ze starterami PCMS12F i PCMS12R produktów z próbek „D”, „K”, „Dziki-dzik 1”, „Dziki-dzik 2” – każde z nich podwójnie, by sprawdzić, czy reakcja PCR zaszła w 53 i 54°C. Materiał rozmieszczono zgodnie z ryciną 1. Użyto wzorca masy molekularnej: GeneRuler 1 kb DNA Ladder. Wyniki uzyskane w tej elektroforezie nie były zadowalające – otrzymane produkty nie zostały w pełni utworzone bądź rozmyte (ryc. 5). Dodatkowo układ prążków uzyskanych z osobnika „K” w 53°C był przesunięty względem „K” w 54°C (czego nie zaobserwowano w przypadku pozostałych próbek), co może wynikać z błędów technicznych, np. produkt został nieprawidłowo nałożony do dolka.



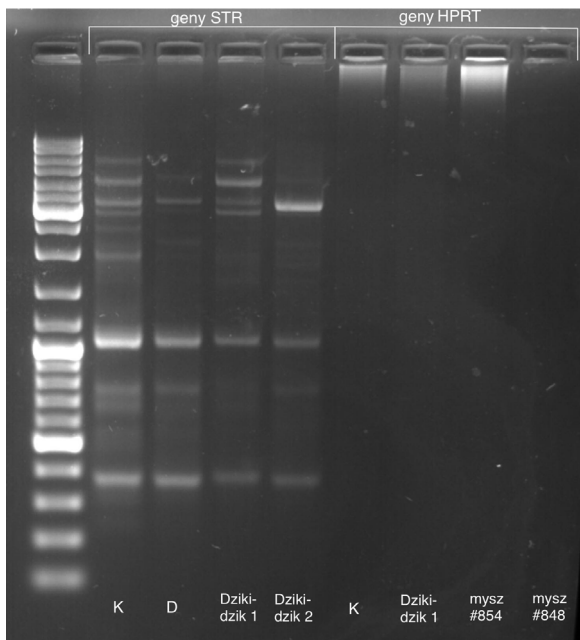
Źródło: opracowanie własne

Ryc. 5. Elektroforeza z użyciem wzorca masy molekularnej: GeneRuler 1 kb DNA Ladder

Przeprowadzono ponowne reakcję PCR dla genów STR, używając tym razem innej polimerazy: Platinum SuperFi II DNA Polymerase, która jest wydajniejsza przy reakcjach PCR, gdzie oczekiwane są produkty o dużej wielkości. PCR próbek „D”, „K”, „Dziki dzik 1” i „Dziki dzik 2” nastawiono w termocyklerze w temperaturze 60°C na 35 cykli.

Powtórzono także PCR genu HPRT dla próbki „K”, „Dziki-dzik 1” oraz nowych próbek materiału genetycznego dwóch myszy #854 i #848, ponieważ gen HPRT jest genem na tyle stabilnym w swojej sekwencji [5], że te same startery powinny dawać wynik pozytywny na próbkach materiału genetycznego pochodzącego zarówno od dzików, jak i od myszy.

Produkty drugiej reakcji PCR z użyciem starterów PCMS12, czyli kolejno „K”, „D”, „Dziki-dzik 1”, „Dziki-dzik 2” oraz ponownej próby powielenia genu HPRT próbek „K”, „Dziki-dzik 1”, mysz #854, mysz #848 poddano ponownej elektroforezie (ryc. 6) z użyciem innego wzorca masy molekularnej: GeneRuler DNA Ladder Mix.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 6. Elektroforeza z użyciem wzorca masy molekularnej: GeneRuler DNA Ladder Mix

Na żelu zauważono ślady mieszaniny reakcyjnej w rowkach po umieszczeniu produktu PCR na HPRT, natomiast nie zaobserwowano żadnych prążków, co oznacza, że reakcja PCR genu HPRT nie zaszła ponownie. Wynik negatywny próbek DNA dzików i myszy ostatecznie potwierdza wadliwość zamówionych starterów HPRT.

Wyniki: zarówno w próbie kontrolnej („Dziki-dzik 1”, „Dziki-dzik 2”), jak i próbie badawczej („K” i „D”) wystąpiły prążki reprezentujące wyizolowane fragmenty DNA o tej samej masie, ale o nieznannej sekwencji nukleotydowej.

Wnioski: na podstawie elektroforezy nie można ostatecznie potwierdzić pokrewieństwa pomiędzy próbkami „K” i „D”. Uwzględniając jedynie długości DNA, nie można określić stopnia pokrewieństwa – w tym celu musi zostać przeprowadzone sekwencjonowanie DNA.

5. Podsumowanie

Chociaż na podstawie oględzin zewnętrznych zmienionych kończyn dzików obserwator mógłby odnieść wrażenie, że etiologia deformacji w obu przypadkach mogła być podobna, na drodze badań odrzucono taką okoliczność.

W trakcie badania sekcyjnego i obrazowania metodą tomografii komputerowej wykazano w kończynie „K” złamanie poprzeczne członu palcowego bliższego palca III z wytworzeniem stawu rzekomego (*pseudoarthrosis*). Kość uległa złamaniu najprawdopodobniej w młodym wieku zwierzęcia, wzrost palca III został zahamowany, tymczasem palec IV rósł w prawidłowym tempie, przejmując na siebie większą część ciężaru zwierzęcia. Ropień powstały w obrębie poduszeczki palcowej kończyny „K” przypuszczalnie wynika z przeciążenia i rozwinięcia stanu zapalnego, nadkażonego bakteryjnie.

Kończyna „D” nie nosiła śladów urazu, a jej nieprawidłowa morfologia najprawdopodobniej miała charakter wrodzony – wada genetyczna, niedobory żywieniowe ciężarnej lochy lub choroba zakaźna rozwinięta w okresie prenatalnym.

Osobniki, od których pochodzą kończyny „D” i „K”, w badaniu metodą PCR i elektroforezy na podstawie uzyskanych prążków nie wykazywały większego stopnia pokrewieństwa niż dziki niespokrewnione stanowiące próbę kontrolną. Oznacza to, że metoda PCR z wykorzystaniem starterów PCMS12F oraz PCMS12R skutkuje uzyskaniem podobnych masowo fragmentów powielonego DNA, dających zbliżony obraz w przebiegu elektroforezy. Aby określić pokrewieństwo badanych zwierząt, konieczne jest sekwencjonowanie DNA.

Literatura

- [1] Carabús A., Gispert M., Font-i-Furnols M. Imaging technologies to study the composition of live pigs: a review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2016, nr 14., s. 4., 8.
- [2] Forseth A. Evaluation of diagnostic tools for naturally occurring lameness in swine. *Graduate Theses and Dissertations, Iowa State University* 2020, s. 4., s. 8., 22., 32.
- [3] Harbers H., Zanolli C., Cazenave M., Theil J.C., Ortiz K., Blanc B., Locatelli Y., Schaffer R., Lecompte F., Baly I., Laurens F., Callou C., Herrel A., Puymerail L., Cucchi T. Investigating the impact of captivity and domestication on limb bone cortical morphology: an experimental approach using a wild boar model. *Scientific Reports*, 2020, nr 10, s. 1–2, 7–9.
- [4] Krysiak K., Kobryń H., Kobryńczuk F. *Anatomia zwierząt. Tom I. Aparat ruchowy*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004, s. 244–248., s. 268–269.
- [5] Küpper W., Creutzig A., Gerds K.G., Creutzig H., Oestern H.J. Zur experimentellen Erzeugung reaktionsloser Pseudarthrosen an der Ulna des Hundes. *Research in Experimental Medicine* 1978, nr 172, s. 267–276.
- [6] Leong M.M., Lin C.C., Ruth R.F. The localization of genes for HPRT, G6PD, and alpha-GAL onto the X-chromosome of domestic pig (*Sus scrofa domestica*). *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 1983, nr 25, s. 239–245.
- [7] Liebich H.G., König H.E. *Anatomia zwierząt domowych*. Wydawnictwo Galaktyka, Łódź 2012, s. 221, 226–227, 295, 304–305.
- [8] Lutnicki W. *Zarys Osteologii Zwierząt Domowych*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Kraków 1986, s. 75–82, 90–92.

- [9] Rodrigues G.F., Moraes Coelho V. de, Assis Ribeiro L. de, Santos L.A. dos, Menezes L.T., Carvalho Barros R.A. de, Silva Z., Oliveira Silva D.C. de. Anatomy of the thoracic limb muscles of wild boars (*Sus scrofa*, Artiodactyla: Suidae). *Anatomical Science International*, 2021, nr 96, s. 240–241.
- [10] Rodwell V.W., Bender D.A., Botham K.M., Kennelly P.J., Weil A.P. *Biochemia Harp- era. Ilustrowana*. Wydawnictwo PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2016, s. 404, 407–409, 446–449.
- [11] Signer N., GuF., Jeffreys A.J. A panel of VNTR markers in pigs. *Mammalian Genome*, 1996, nr 7, s. 433 - 437.
- [12] Swindle M.M., Smith A.C. *Swine in the laboratory. Surgery, Anesthesia, Imaging and Experimental Technics*. Third Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton 2016, s. 317–336, 447–451.
- [13] West B.C., Cooper A.L., Armstrong J.B. *Managing Wild Pigs: A Technical Guide*. Human Wildlife Interactions Monograph, 2009, nr 1, s. 18–21.
- [14] Wu Z., Gong H., Zhang M., Tong X., Ai H., Xiao S., Perez-Enciso M., Yang B., Huang L. A worldwide map of swine short tandem repeats and their associations with evolutionary and environmental adaptations. *Genetics Selection Evolution*, 2021, nr 53, art. 39.

BANDY-LEGGED WILD BOARS – COMPARATIVE ANALYSIS OF ANATOMOPATHOLOGICAL CHANGES IN TWO EURASIAN WILD PIGS (*SUS SCROFA*) HOOVES FROM HUNTING DISTRICT NO. 47 ZDROJOWA GÓRA

Abstract

The limbs were subjected to CT examination, external examination and autopsy, during which pathological changes were found in the form of a strong reduction of the tendons and bones of the second finger in the pelvic limb and fracture of the third finger with the formation of a false joint, as well as an abscess under the sole pad in the thoracic limb. In order to determine the degree of relatedness of the examined individuals, genetic tests were carried out, including DNA isolation, amplification of genes containing STR variable regions using PCR and electrophoresis. For comparative analyses, PCR products of unrelated wild boars were used as a control sample. However, the results obtained in the course of electrophoresis turned out to be insufficient to finally confirm or exclude kinship.

Key words: wild boars, deformity, hooves, lameness, kinship, genetics

Opiekun
prof. dr hab. Arkadiusz Miązek

Recenzenci
lek. wet. Karol Witt
dr Dominika Kubiak-Nowak

ROLA BAKTERII Z RODZAJU *STAPHYLOCOCCUS* W CHOROBAH ALERGICZNYCH PSÓW I KOTÓW

Oliwier Leśniak*, Agnieszka Wieczorek

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, SKN „EZA”
Katedra Epizootologii i Kliniką Ptaków i Zwierząt Egzotycznych
pl. Grunwaldzki 45, 50-366 Wrocław

*e-mail: lesniak.oliwier@gmail.com

Streszczenie

Celem badania było porównanie antybiotykooporności gronkowców izolowanych od zdrowych zwierząt oraz od zwierząt z potwierdzoną alergią pokarmową i wziewną. Przebadano 61 kotów i psów, od których wyizolowano 93 szczepy gronkowców. Najczęściej izolowanym gatunkiem gronkowca u kotów był *S. aureus* (n = 4; 30,8%), natomiast u psów *S. pseudintermedius* (n = 22; 27,5%). Częstość występowania metycylikoopornych szczepów *S. aureus* u kotów i psów wyniosła odpowiednio 37,5% (CI 95%: 3,95–71,05%) i 20,75% (CI 95%: 9,84–31,67%), a metycylikoopornych szczepów *S. pseudintermedius* u psów 1,89% (CI 95%: 0–5,55%). Wielolekooporność wykazano u 19 z 22 (86,4%) szczepów *S. aureus* i 7 z 22 (31,8%) szczepów *S. pseudintermedius*. Badanie wykazało, że zarówno u zwierząt zdrowych, jak i tych z objawami alergii równie często izolowane są gronkowce. Procentowy udział szczepów wielolekoopornych wśród badanych psów i kotów może sugerować, że zwierzęta z objawami alergii są częściej nosicielami gronkowców wielolekoopornych (MDRS), natomiast zależność ta nie była istotna statystycznie.

Słowa kluczowe: gronkowce, alergia, antybiotykooporność, wielolekooporność

1. Wprowadzenie

Skóra ludzka oraz zwierzęca zasiedlana jest przez wiele różnych mikroorganizmów takich jak bakterie, grzyby, wirusy czy roztocza. Wiele z nich jest nieszkodliwymi komensalami i stanowią naturalną mikrobiotę skóry i błon śluzowych przyczyniającą się do ich prawidłowego funkcjonowania [1–4]. Pełny skład gatunkowy mikrobiomu skóry różnych gatunków nie został jeszcze wystarczająco dobrze poznany. Zastosowanie standardowych technik mikrobiologicznych nie zawsze pozwala na dokładną izolację wszystkich drobnoustrojów. Jednak rozwój technologii diagnostyki molekularnej bazującej na analizie kwasów nukleinowych oraz sekwencjonowaniu materiału genetycznego drobnoustrojów niesie ze sobą postęp i sukcesywnie poszerza wiedzę dotyczącą mikrobiomu skóry ludzi i zwierząt [5–7].

Zaobserwowano, że skórę psów i kotów kolonizują podobne rodzaje bakterii, głównie *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* oraz *Actinobacteria*, natomiast częstość występowania poszczególnych drobnoustrojów może się różnić w zależności od gatunku, jak i osob-

nika [8]. Na skórze psów zidentyfikowano 7 różnych nisz charakteryzujących się odmiennym mikrobiomem [9]. Uważa się, że liczba bakterii na skórze zwierząt zdrowych wynosi mniej niż 350 bakterii na cm², lecz według nowszych danych może być to wynik zaniżony [10]. W przypadku chorobowych zmian łojotokowych liczba ta może wzrosnąć do nawet 16 000 bakterii/cm² [11]. Do najczęściej identyfikowanych gatunków stale zamieszkujących skórę należą: *Micrococcus* spp., gronkowce koagulazo-ujemne, w tym głównie *Staphylococcus epidermidis* i *S. xylosus*, α -hemolizujące paciorkowce, *Clostridium* spp., *Propionibacterium acnes*, *Acinetobacter* spp. oraz różne Gram-ujemne aeroby. Za bakterie kolonizujące skórę przejściowo uznano *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Corynebacterium* spp., *Bacillus* spp. i *Pseudomonas* spp. [12]. O mikrobiomie kocim wiadomo mniej niż o psim ze względu na mniejszą liczbę badań. Znanyymi mikroorganizmami kolonizującymi skórę są: *Micrococcus* spp., *Acinetobacter* spp. oraz *Streptococcus* spp. z mniejszą prewalencją *Staphylococcus* spp. Dużo rzadziej spotykano *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas* spp., *Alcaligenes* sp. i *Bacillus* sp. Niektóre źródła wskazują również, że *S. aureus* i *S. pseudintermedius* są słabiej przystosowane do adherencji do korneocytów kocich [13, 14], co może być skorelowane z mniejszą liczbą zakażeń powodowanych przez gronkowce u tego gatunku.

W zewnętrznym kanale słuchowym obserwuje się różnice w liczebności poszczególnych gatunków drobnoustrojów u psów zdrowych oraz z zapaleniem ucha zewnętrznego (które często skorelowane jest z alergią). W przypadku *otitis externa* prewalencja gronkowców koagulazo-ujemnych jest mniejsza, w przeciwieństwie do *S. pseudintermedius*, *S. schleiferi coagulans*, *Streptococcus canis*, paciorkowców niehemolizujących, *E. coli*, *Proteus* spp. oraz *Pseudomonas aeruginosa*, których jest więcej niż u psów zdrowych [10]. Warto również zaznaczyć, że zapalenia ucha zewnętrznego (zwłaszcza przewlekłe) często kojarzone są z występującą nadwrażliwością, w tym alergią pokarmową [15]. Jedną z przyczyn tego stanu jest występujący w zewnętrznym kanale słuchowym stan zapalny, prowadzący do zwiększonej produkcji woskowiny, która stanowi odpowiednie podłoże do namnażania się bakterii [16]. Alergie powodują niekorzystną dla organizmu mobilizację układu odpornościowego, dlatego też ich rozpoznanie i odpowiednie leczenie są niezwykle ważne.

Od wielu lat leczenie ropowicy skóry u psów oraz innych zakażeń u małych zwierząt jest coraz trudniejsze z powodu pojawienia się wśród gronkowców szczepów antybiotykoopornych – metycylinoopornych *Staphylococcus aureus* (methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* – MRSA), metycylinoopornych *Staphylococcus pseudintermedius* (methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* – MRSP) oraz metycylinoopornych *Staphylococcus schleiferi* (methicillin-resistant *Staphylococcus schleiferi* – MRSS) [17]. Zakażenia MRSA są obiektem coraz większego zainteresowania opinii publicznej, dlatego też lekarze weterynarii powinni rozumieć naturę metycylinooporności i znaczenie zakażeń takimi gronkowcami zarówno u małych zwierząt, jak i u ich właścicieli. Jak sugerują Blicharz i wsp. [18], *S. aureus* eliminuje bakterie komensalne ze skóry, a jego czynniki wirulencji wykazują negatywny wpływ na integralność bariery nabłonkowej i funkcjonowanie układu odpornościowego. Według Popiela [19] u zdrowych psów układ immunologiczny oraz szczelność bariery naskórkowej utrzymują homeostazę. Każde naruszenie tych barier czy to mechaniczne, czy też zaburzenie odporności (inna choroba, np. alergie) powoduje nadmierne namnożenie się bakterii na powierzchni skóry lub co gorsze wniknięcie drobnoustrojów w głąb struktur naskórka i wywołanie ropnego zapalenia skóry, a czasem także tkanki podskórnej. W przypadku zwierząt z alergią powierzchniową przepuszczalność skóry już jest zwiększona, przez co ryzyko zakażeń bakteryjnych, w tym ropnego zapalenia skóry, jest wyższe [20]. Bakteryjne

zakażenia skóry są uporczywe dla zwierząt, dając wiele różnych objawów takich jak podrażnienie czy świąd, co skutkuje drapaniem i ocieraniem się. To prowadzi do nasilenia zmian skórnych i ponownego nadkażenia, dlatego wiedza na temat identyfikacji bakterii, w tym gronkowców kolonizujących skórę zwierząt, jest bardzo istotna.

Celem badania było porównanie antybiotykooporności gronkowców izolowanych od zdrowych psów i kotów oraz osobników z potwierdzoną alergią.

2. Materiały i metody

Materiał badawczy był pobierany w latach 2021–2022 od pacjentów Specjalistycznej Przychodni Weterynaryjnej Interwet podczas wykonywania czynności lekarsko-weterynaryjnych. Przed pobraniem materiału badawczego uzyskano zgodę właściciela i przeprowadzono badanie ankietowe dotyczące danych zwierzęcia, historii leczenia (występowanie alergii, stosowane leczenie) oraz informacji odnośnie stosowanej diety, kontaktów z innymi zwierzętami i przeprowadzonych zabiegów pielęgnacyjnych. Od każdego badanego zwierzęcia pobierano wymazy z lewego i prawego zewnętrznego kanału słuchowego i skóry w okolicy pachwiny, a następnie wymazówki z pobranym materiałem umieszczano w probówkach z 2 ml BHI (Brain Heart Infusion Broth) i inkubowano w 37°C przez 24 godziny. Następnie materiał przesiewano na podłoża stałe: Columbia Agar z dodatkiem 5% krwi baraniej, podłoże Chapmana oraz podłoże z eskuliną i inkubowano kolejno 24 godz. w temperaturze 37°C. Inkubację wydłużano do 48 godzin, jeżeli nie obserwowano wzrostu bakterii po 24 godzinach. Na podstawie morfologii kolonii na agarze z krwią i po porównaniu wzrostu bakterii na podłożach różnicujących typowano szczepy bakteryjne, które potencjalnie mogły przynależeć do rodzaju *Staphylococcus*. Pojedyncze kolonie czystych szczepów bakteryjnych były następnie identyfikowane metodą MALDI-TOF MS (ang. matrix assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry) zgodnie z wcześniej opisaną procedurą [21]. Wyniki zostały sklasyfikowane według wartości punktowych zaproponowanych przez producenta. W przypadku szczepów, które na podstawie wyników badania metodą MALDI-TOF MS zostały zidentyfikowane jako gronkowce, wykonano oznaczenie oporności na wybrane antybiotyki. Antybiotykooporność na poziomie fenotypowym oznaczono za pomocą metody dyfuzyjno-krażkowej z użyciem następujących antybiotyków i chemioterapeutyków (µg/krażek): amoksycylina z kwasem klawulanowym (30), ampicylina (10), cefoksytyna (30), chloramfenikol (30), cyprofloksacyna (5), erytromycyna (15), gentamycyna (10), klindamycyna (10), kwas fusydowy (10), linezolid (30), marbofloksacyna (5), mupirocyna (200), oksacylina (1), penicylina G (10), ryfampicylina (5), sulfametoksazol z trimetoprimem (25), tobramycyna (10), tetracyklina (30) i tygecyklina (15). Badanie zostało wykonane, a wyniki interpretowane zgodnie wytycznymi CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) (2021) oraz CLSI VET08 ED5:2020 [22].

3. Wyniki

Materiał badawczy pobrano od 53 psów (20 zwierząt zdrowych i 33 z alergią) i 8 kotów (5 zwierząt zdrowych i 3 z alergią). Zwierzęta były klasyfikowane jako „zwierzę z alergią”

na podstawie informacji medycznych dostępnych w karcie pacjenta. Szczegółowe dane odnośnie badanych zwierząt przedstawiono w tabeli 1. Z pobranych wymazów wyizolowano 93 szczepy gronkowców, 13 od kotów i 80 od psów. Najczęściej izolowanym gatunkiem gronkowca u kotów był *S. aureus* (n = 4; 30,8%), natomiast u psów *S. pseudintermedius* (n = 22; 27,5%). Częstość występowania *S. aureus* w badanej grupie psów i kotów wynosiła odpowiednio 26,42% (CI 95%: 14,55–38,28%) oraz 37,5% (CI 95%: 3,95–71,05%), a *S. pseudintermedius* 24% (CI 95%: 12,94–36,11%) u psów i 12,5% (0–35,42%) u kotów. Dokładne dane odnośnie liczebności izolowanych szczepów z poszczególnych gatunków gronkowców przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Szczegółowe dane odnośnie badanych zwierząt

Kategoria	Liczba osobników	Płeć		Rasowość		Wiek		
		Samce	Samice	Nie	Tak	< 7 msc.	7–36 msc.	> 36 msc.
Koty zdrowe	5	3	2	5	0	0	0	5
Koty z alergią	3	2	1	1	2	1	0	2
Koty razem	8	5	3	6	2	1	0	7
Psy zdrowe	20	13	7	5	16	3	3	13
Psy z alergią	33	15	18	4	28	1	11	21
Psy razem	53	28	25	9	44	4	14	34

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Szczepy gronkowców izolowane od psów i kotów klinicznie zdrowych oraz zwierząt ze stwierdzoną alergią

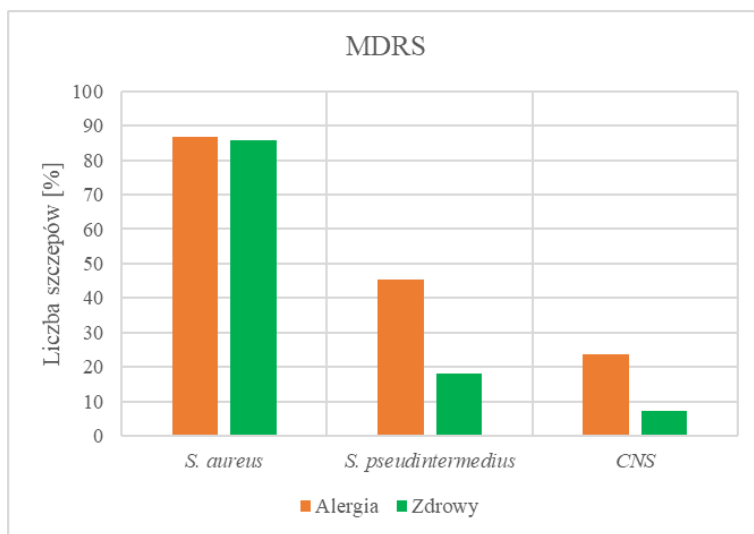
Gatunek gronkowca	Kot		Pies		Zwierzęta razem
	Alergia	Zdrowy	Alergia	Zdrowy	
<i>S. aureus</i>	1	3	14	5	23
<i>S. cohnii</i>	1	0	4	0	5
<i>S. delphini</i>	0	0	1	0	1
<i>S. epidermidis</i>	0	0	5	4	9
<i>S. felis</i>	0	2	0	0	2
<i>S. haemolyticus</i>	1	0	7	1	9
<i>S. hominis</i>	0	0	2	1	3
<i>S. lugdunensis</i>	0	0	0	1	1
<i>S. pseudintermedius</i>	0	1	12	10	23
<i>S. saprophyticus</i>	0	2	2	0	4
<i>S. simulans</i>	0	1	0	1	2
<i>S. warneri</i>	1	0	1	7	9
<i>S. vitulinus</i>	0	0	1	0	1
<i>S. xylosum</i>	0	0	1	0	1
Suma	4	9	50	30	93

Źródło: opracowanie własne

Dla 80 szczepów gronkowców wykonano oznaczenie wrażliwości na antybiotyki i chemioterapeutyki metodą dyfuzyjno-krażkową. Oznaczono antybiotykooporność 45 szczepów gronkowców koagulazo-dodatnich (CPS) (*S. aureus* n = 22; *S. pseudintermedius* n = 22; *S. delphini* n = 1) i 35 gronkowców koagulazo-ujemnych (CNS) (*S. cohnii* n = 3; *S. epidermidis* n = 9; *S. felis* n = 2; *S. haemolyticus* n = 6; *S. hominis* n = 3; *S. lugdunensis* n = 1; *S. saprophyticus* n = 3; *S. simulans* n = 1; *S. vitulinus* n = 1; *S. warneri* n = 5; *S. xyloso* n = 1). Szczegółowe dane odnośnie lekooporności szczepów *S. aureus*, *S. pseudintermedius* i CNS przedstawiono na rycinie 1.

Częstość występowania szczepów MRSA wynosiła 37,5% (CI 95%: 3,95–71,05%) u kotów i 20,75% (CI 95%: 9,84–31,67%) u psów. Szczepy MRSP występowały jedynie u psów – 1,89% (CI 95%: 0–5,55%).

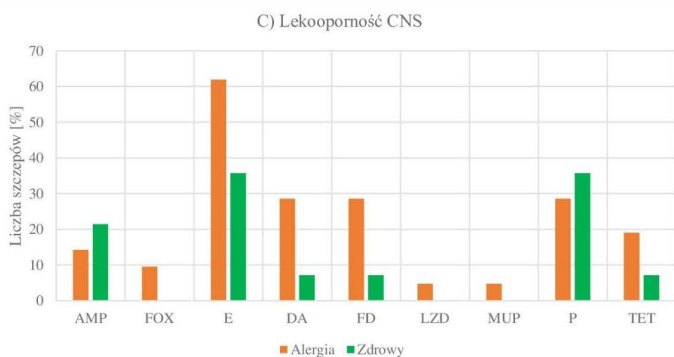
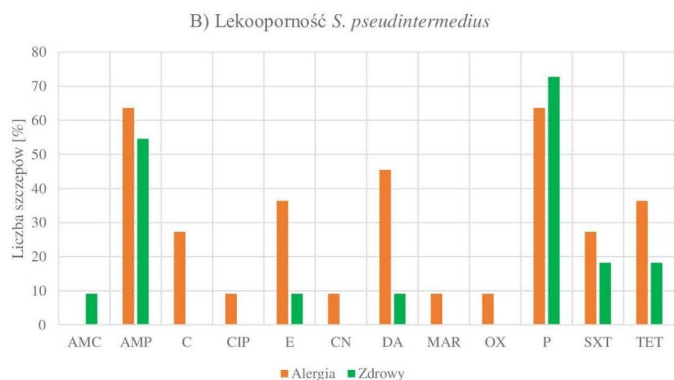
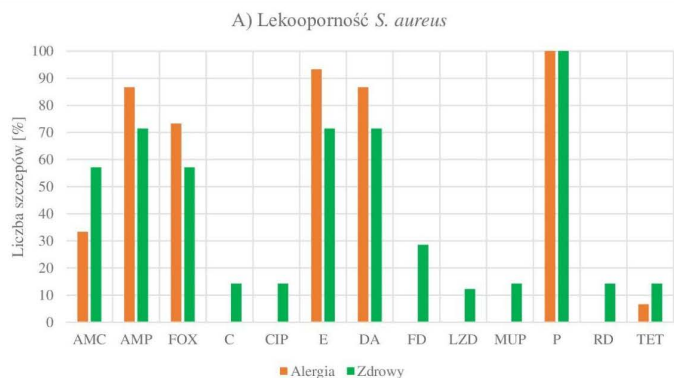
Śród CPS wielolekooporność wykazano u 19 (86,4%) szczepów *S. aureus*, 7 (31,8%) szczepów *S. pseudintermedius* i u jednego szczepu *S. delphini*. Jeden szczep *S. aureus* pochodzący od zdrowego kota wykształcił oporność na 11 z 17 testowanych antybiotyków (AMC, AMP, FOX, C, CIP, E, DA, FD, LZD, P, RD). Pozostałe szczepy wielolekooporne wykazano również w przypadku CNS: *S. cohnii* (1/3), *S. epidermidis* (3/9), *S. haemolyticus* (1/6) oraz *S. xyloso* (1/1). Szczegółowe dane przedstawiono na rycinie 1.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 1. Procentowy udział szczepów wielolekoopornych izolowanych od zdrowych i chorych psów i kotów oraz zwierząt z alergią w zależności od gatunków gronkowców

Wszystkie wyizolowane szczepy *S. aureus* były odporne na penicylinę oraz całkowicie wrażliwe na gentamycynę, marbofloksacynę, sulfametoksazol z trimetoprimem i tygecyklinę. W przypadku *S. pseudintermedius* wszystkie szczepy były w pełni wrażliwe na kwas fusydynowy, linezolid, mupirocynę, ryfampicynę, tobramycynę i tygecyklinę, a CNS były wrażliwe na: amoksylicynę, chloramfenikol, cyprofloksacynę, gentamycynę, ryfampicynę, sulfametoksazol z trimetoprimem oraz tygecyklinę. Szczegółowe wyniki pokazujące oporność na poszczególne antybiotyki zostały przedstawione na rycinie 2.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 2. Lekooporność szczepów z rodzaju *Staphylococcus* izolowanych od zdrowych psów i kotów oraz zwierząt z potwierdzoną alergią. A) Lekooporność szczepów *S. aureus*; B) Lekooporność szczepów *S. pseudintermedius*; C) Lekooporność CNS. AMC – amoksyacylina z kwasem klawulanowym; AMP – ampicylina; FOX – cefoksytyna; C – chloramfenikol; CIP – cyprofloksacyna; E – erytromycyna; CN – gentamycyna; DA – klindamycyna; FD – kwas fusydynowy; LZD – linezolid; MAR – marbofloksacyna; MUP – mupirocyna; OX – oksacylina; P – penicylina; RD – ryfampicylina; SXT – sulfametoksazol z trimetoprimem; TET – tetracyklina; TOB – tobramycyna

4. Podsumowanie i dyskusja

Według Coyner [17] częstość kolonizacji psów i kotów przez *S. aureus* jest niewielka i zakłada się, że zwykle dochodzi do niej przez kontakt z ludźmi [23–29]. Badania epidemiologiczne dowodzą, że szczepy MRSA izolowane od zwierząt towarzyszących należą do tej samej grupy, co wykrywane na danym obszarze u ludzi szczepy szpitalne i pozaszpitalne (w odróżnieniu od MRSA od zwierząt gospodarskich, tworzących zazwyczaj unikatową, charakterystyczną dla nich grupę szczepów) [30]. U większości psów i kotów sama ekspozycja na MRSA nie prowadzi do wystąpienia klinicznych objawów choroby, u części zwierząt może dochodzić do czasowego zasiedlenia organizmu, natomiast u większości bakterie te jedynie kontaminują skórę i są z niej usuwane. Zasiedlenie przez MRSA (kolonizacja) oznacza przeżywanie bakterii na powierzchni ciała bez niekorzystnego oddziaływania. Podobnie jak u ludzi, u zwierząt zwykle nie obserwuje się niepożądanych skutków kolonizacji, dopóki nie dojdzie do rozwoju klinicznej postaci zakażenia, spowodowanej działaniem takich czynników ryzyka jak operacja chirurgiczna, uraz, rany skóry czy immunosupresja.

4.1. Wnioski

Badania wykazały, że gronkowce są równie często izolowane od zwierząt zdrowych, jak i tych z objawami alergii. Spośród badanych szczepów *S. aureus* charakteryzowały się opornością na największą liczbę substancji antybiotyków i chemioterapeutyków. Szczepy CNS nie wykazywały tak częstej oporności na metycylinę, jak szczepy *S. aureus* i *S. pseudintermedius*, ale w przypadku szczepów pozyskanych od zwierząt z alergią zauważalna jest częstsza oporność na erytromycynę, klindamycynę i kwas fusydynowy.

Należy zauważyć, że *S. aureus* był najczęściej pozyskiwanym szczepem wśród zwierząt z alergią (12 z 36; 33,3%). W przypadku psów, które były nosicielami *S. aureus*, 11 z 14 (78,6%) było izolowanych od tych cierpiących na alergię.

Badania Griffith i wsp. potwierdzają, że *S. aureus* i *S. pseudintermedius* są najczęściej izolowanymi gatunkami gronkowców u psów [32]. *S. pseudintermedius* wystąpił u 13 z 53 psów (24,5%), a wcześniej wykazano już, że jego prewalencja może wynosić do 68% u badanych osobników [27].

Według Bierowiec i wsp. w przypadku kotów *S. haemolyticus* oraz *S. pseudintermedius* częściej izolowane są u zwierząt chorych niż zdrowych [31], co udało się potwierdzić w przypadku *S. haemolyticus*, który liczniej wystąpił u zwierząt z alergią (8 szczepów) niż u zdrowych (1 szczep). *S. pseudintermedius* izolowany był również często w obu grupach zwierząt (odpowiednio 12 i 11 szczepów). Gronkowce wyizolowano od 6 z 8 badanych kotów (75%), co stanowi mniejszą liczbę w porównaniu z wcześniejszym badaniem, gdzie u zdrowych kotów domowych było to 82,81%, a u chorych 91% [31].

Szczepy MRSA stwierdzono u 20,75% psów, co stanowi mniejszą liczbę niż w przypadku wcześniejszych badań, gdzie było to aż 41% [32]. Metycylinooporne szczepy *S. pseudintermedius* zwykle izoluje się u zwierząt z zapaleniem skóry (40,5%), podczas gdy u osobników zdrowych mogą nie występować w ogóle [33]. Ich prewalencja w przypadku badanych zwierząt wyniosła 1,89%.

Choroby alergiczne takie jak atopowe zapalenie skóry są w oczywisty sposób powiązane z różnymi zmianami w mikroflorze skóry. *S. aureus* znacząco wpływa na mikroflorę skór-

ry, eliminując zasiedlające ją komensale, a jego czynniki wirulencji mają negatywny wpływ na naturalną barierę naskórka i funkcjonowanie układu odpornościowego [17].

W celu weryfikacji stawianych hipotez sugeruje się kontynuację badań i zwiększenie liczebności zwierząt, które stanowią grupę badawczą.

Badania współfinansowane w ramach indywidualnego projektu badawczego studenta „Młode umysły – Young Minds Project” ze zwiększenia subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2020–2025 w wysokości 2% subwencji, o której mowa w art. 387 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, przyznanej w 2019 roku.

Podziękowania

Autorzy pragną podziękować dr Agnieszce Korzeniowskiej-Kowal i mgr Kamili Szecówce z Zakładu Immunologii Chorób Zakaźnych Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej Polskiej Akademii Nauk za pomoc w identyfikacji gatunkowej bakterii, mgr inż. Magdalenie Siedleckiej i mgr Magdalenie Karwańskiej z Katedry Epizootologii z Kliniką Ptaków i Zwierząt Egzotycznych za pomoc w pracach laboratoryjnych oraz zespołowi Specjalistycznej Przychodni Weterynaryjnej INTERWET za nieocenioną pomoc w przeprowadzeniu badania.

Literatura

- [1] Grice E.A., Serge J.A. The skin microbiome, *Nature reviews. Microbiology*, 2011, Vol. 9(4), s. 244–253.
- [2] Belkaid Y., Hand T. Role of microbiota in immunity and inflammation. *Cell*, 2014, Vol. 157(1), s. 121–141.
- [3] Malinowska M., Tokarz-Deptuła B., Deptuła W. Mikrobiom człowieka. *Postępy Mikrobiologii*, 2017, Vol. 56(1), s. 33–42.
- [4] Adamczyk K., Garnarczyk A., Antończak P. The microbiome of the skin. *Dermatology Review*, 2018, Vol. 105(2), s. 285–297.
- [5] Percival S.L., Emanuel C., Cutting K.F., Williams D.W. Microbiology of the skin and the role of biofilms in infections. *International Wound Journal*, 2012, Vol. 9(1), s. 14–32.
- [6] Kong H.H. Skin microbiome: genomics-based insights into the diversity and role of skin microbes. *Trends in Molecular Medicine*, 2011, Vol. 17(6), s. 320–328.
- [7] Kong H.H., Andersson B., Clavel T., Common J.E., Jackson S.A., Olson N.D., Segre J.A., Traidl-Hoffmann C. Performing Skin Microbiome Research: A Method to the Madness. *The Journal of Investigative Dermatology*, 2017, Vol. 137(3), s. 561–568.
- [8] Older C.E., Diesel A., Patterson A.P., Meason-Smith C., Johnson T.J., Mansell J., Suchodolski J.S., Rodrigues Hoffmann A. The bacteria inhabiting the skin of healthy and allergic cats. *PloS one*, 2017, Vol. 12(6), e. 0178555.
- [9] Krogh H.V., Kristensen S. A study of skin diseases in dogs and cats. II. Microflora of the normal skin of dogs and cats. *Nordisk Veterinærmedicin*, 1976, Vol. 28(9), s. 459–463.
- [10] Weese J.S. The canine and feline skin microbiome in health and disease. *Veterinary Dermatology*, 2013, Vol. 24(1), s. 137–145, e. 31.

- [11] Ihrke P.J., Schwartzman R.M., McGinley K., Horwitz L.N., Marples R.R. Microbiology of normal and seborrheic canine skin. *American Journal of Veterinary Research*, 1978, Vol. 39(9), s. 1487–1489.
- [12] Miller W.H., Griffin C.E., Campbell K.L. *Muller and Kirk's Small Animal Dermatology*. Elsevier Mosby, St. Louis 2012.
- [13] Lu Y.F., McEwan N.A. Staphylococcal and micrococcal adherence to canine and feline corneocytes: quantification using a simple adhesion assay. *Veterinary Dermatology*, 2007, Vol: 18(1), s. 29–35.
- [14] Woolley K.L., Kelly R.F., Fazakerley J., Williams N.J., Nuttall T.J., McEwan N.A. Reduced in vitro adherence of *Staphylococcus* species to feline corneocytes compared to canine and human corneocytes. *Veterinary Dermatology*, 2008, Vol. 19(1), s. 1–6.
- [15] Rosser E.J. Jr. Causes of otitis externa, *The Veterinary clinics of North America. Journal of Small Animal Practice*, 2004, Vol. 34(2), s. 459–468.
- [16] Borriello G., Paradiso R., Catozzi C., Brunetti R., Roccabianca P., Riccardi M.G., Cecere B., Lecchi C., Fusco G., Ceciliani F., Galiero G. Cerumen microbial community shifts between healthy and otitis affected dogs. *PloS one*, 2020, Vol. 15(11), e. 0241447.
- [17] www.vet360.vetlink.co.za/emergence-prevalence-mrsa-mrsp-mrss-pets-people (dostęp 04.01.2023)
- [18] Blicharz L., Rudnicka L., Samochocki Z. *Staphylococcus aureus*: an underestimated factor in the pathogenesis of atopic dermatitis? *Advances in Dermatology and Allergology*, 2019, Vol. 36(1), s. 11–17.
- [19] www.vetexpert.eu/wp-content/uploads/2020/11/DVMtimes_nr1.pdf (dostęp 10.02.2023)
- [20] Mason I.S., Lloyd D.H. The role of allergy in the development of canine pyoderma. *Journal of Small Animal Practice*, 1989, Vol. 30, s. 216–218.
- [21] Król J., Wanecka A., Twardoń J., Mrowiec J., Dropińska A., Bania J., Podkowik M., Korzeniowska-Kowal A., Paściak M. Isolation of *Staphylococcus microti* from milk of dairy cows with mastitis. *Veterinary Microbiology*, 2016, Vol. 182, s. 163–169.
- [22] www.vet01s.edaptivedocs.net/dashboard.aspx (dostęp 16.01.2023).
- [23] Weese J.S. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: an emerging pathogen in small animals. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 2005, Vol. 41(3), s. 150–157.
- [24] Weese J.S., van Duijkeren E. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pseudintermedius* in veterinary medicine. *Veterinary Microbiology*, 2010, Vol. 140(3–4), s. 418–429.
- [25] Morris D.O., Rook K.A., Shofer F.S., Rankin S.C. Screening of *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius*, and *Staphylococcus schleiferi* isolates obtained from small companion animals for antimicrobial resistance: a retrospective review of 749 isolates (2003–2004). *Veterinary Dermatology*, 2006, Vol. 17(5), s. 332–337.
- [26] Lloyd D.H. Reservoirs of antimicrobial resistance in pet animals. *Clinical Infectious Diseases*, 2007, Vol. 45(2), s. 148–152.
- [27] Boost M.V., O'Donoghue M.M., James A. Prevalence of *Staphylococcus aureus* carriage among dogs and their owners. *Epidemiology and Infection*, 2008, Vol. 136(7), s. 953–964.
- [28] Hanselman B.A., Kruth S.A., Rousseau J., Weese J.S. Coagulase positive staphylococcal colonization of humans and their household pets. *Canadian Veterinary Journal*, 2009, Vol. 50(9), s. 954–958.

- [29] Manian F.A., Asymptomatic nasal carriage of mupirocin-resistant, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in a pet dog associated with MRSA infection in household contacts. *Clinical Infectious Diseases*, 2003, Vol. 36(2), e. 26–28.
- [30] McCarthy A.J., Lindsay J.A., Loeffler A. Are all methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) equal in all hosts? Epidemiological and genetic comparison between animal and human MRSA. *Veterinary Dermatology*, 2012, Vol. 23(4), s. 267–275.
- [31] Bierowiec K., Korzeniowska-Kowal A., Wzorek A., Rypuła K., Gamian A. Prevalence of *Staphylococcus* Species Colonization in Healthy and Sick Cats. *BioMed Research International*, 2019, Vol. 4360525.
- [32] Griffith G.C., Morris D.O., Abraham J.L., Shofer F.S., Rankin S.C. Screening for skin carriage of methicillin-resistant coagulase-positive staphylococci and *Staphylococcus schleiferi* in dogs with healthy and inflamed skin. *Veterinary Dermatology*, 2008, Vol. 19(3), s. 142–149.
- [33] Beck K.M., Waisglass S.E., Dick H.L., Weese J.S. Prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* (MRSP) from skin and carriage sites of dogs after treatment of their methicillin-resistant or methicillin-sensitive staphylococcal pyoderma. *Veterinary Dermatology*, 2012, 23(4) s. 369-e67.

THE ROLE OF *STAPHYLOCOCCUS* BACTERIA IN ALLERGIC DISEASES OF DOGS AND CATS

Abstract

The aim of the study was to compare the antibiotic resistance of staphylococci isolated from healthy animals and from animals with confirmed food and inhalant allergy. Sixty-one cats and dogs were studied, from which 93 strains of staphylococci were isolated. The most frequently isolated staphylococcal species in cats was *S. aureus* (n=4; 30.8%), while in dogs it was *S. pseudintermedius* (n=22; 27.5%). The prevalence of methicillin-resistant *S. aureus* in cats and dogs was 37.5% (CI 95%: 3.95–71.05%) and 20.75% (CI 95%: 9.84–31.67%), respectively, and methicillin-resistant *S. pseudintermedius* in dogs was 1.89% (CI 95%: 0–5.55%). Multidrug resistance was demonstrated in 19 of 22 (86.4%) *S. aureus* strains and 7 of 22 (31.8%) *S. pseudintermedius* strains. The study showed that staphylococci were equally frequently isolated in both healthy animals and those with allergic symptoms. The percentage of multidrug-resistant strains among the dogs and cats studied may suggest that animals with allergic symptoms are more likely to carry multidrug-resistant staphylococci (MDRS), while the relationship was not statistically significant.

Keywords: staphylococci, allergy, antibiotic resistance, prevalence

Opiekun
dr Karolina Bierowiec

Recenzenci:
dr Kamila Bobrek
dr n. biol. Marta Książczyk

WYSTĘPOWANIE BAKTERII Z RODZAJU *ENTEROCOCCUS* ORAZ ICH LEKOOPORNOŚĆ U PTAKÓW Z RZĘDU WRÓBLOWYCH

Katarzyna Szulczyńska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, SKN Chorób Zakaźnych „AntraX”,
ul. C.K. Norwida 31, 50–366 Wrocław

e-mail: 118498@student.upwr.edu.pl

Streszczenie

Celem doświadczenia było określenie prewalencji bakterii z rodzaju *Enterococcus* oraz ich lekooporności w kale pozyskanym od wybranych gatunków ptaków z rzędu wróblowych (*Passeriformes*) – sikora bogatka (*Parus major*), sikora modraszka (*Cyanistes caeruleus*) oraz mazurek (*Passer montanus*). Materiał do badań stanowiło 95 próbek świeżego kałomoczu pobranego podczas obrączkowania ptaków, które przeprowadzono w okresie od grudnia 2022 r. do lutego 2023 roku. Pobrany kałomocz wysiano na podłożach: Columbia Agar z 5% dodatkiem krwi baraniej oraz CHROMagar™ Orientation dla wstępnego rozpoznania morfologicznego. Wyizolowane czyste kolonie bakterii, podejrzane o przynależność do rodzaju *Enterococcus*, poddano badaniom metodą reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) dla potwierdzenia ich przynależności gatunkowej. W tym celu wykorzystano sekwencje starterowe dla *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* i *Enterococcus gallinarum*, najczęściej występujących w jelitach komensali. Przynależność do rodzaju *Enterococcus* wykazało 25 szczepów, jednak tylko 3 z nich udało się przyporządkować gatunkowo – do *Enterococcus faecium*. Następnie została określona lekooporność szczepów *Enterococcus* spp. na najczęściej stosowane w medycynie ludzkiej i weterynaryjnej antybiotyki: gentamycynę, ampicylinę, penicylinę, amoksyycylinę z kwasem klawulanowym, tetracyklinę, erytromycynę za pomocą metody Kirby-Bauera (metoda krążkowo-dyfuzyjna). Przy wykorzystaniu metody reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) i zastosowaniu specyficznych sekwencji starterowych określano obecność genów warunkujących występowanie lekooporności. Wyniki badań na lekooporność wykazały, że większość izolatów jest wrażliwa na badane środki przeciwdrobnoustrojowe, a reakcje PCR wskazały obecność pojedynczych genów oporności, które nie dały jednak efektu fenotypowego. Wyniki wskazują na to, że ptaki wróblowe obecne w pobliżu ludzkich domostw są w głównej mierze nosicielami szczepów *Enterococcus* spp., które są wrażliwe na najpopularniejsze środki przeciwdrobnoustrojowe.

Słowa kluczowe: *Enterococcus* spp., wróblowe, prewalencja, lekooporność

1. Wprowadzenie

Dokarmianie zimujących ptaków jest jedną z najpowszechniejszych, bezpośrednich interakcji pomiędzy człowiekiem a przyrodą i ma poważne konsekwencje środowiskowe, np. zwiększoną przeżywalność dokarmianych gatunków, roznoszenie przez ptaki pasożytów i chorób [1].

W Polsce karmniki mogą być odwiedzane przez kilkadziesiąt gatunków ptaków [3, 13]. Do najpospolitszych gatunków należą: wróbel domowy (*Passer domesticus*), gołąb miejski (*Columba livia* f. urbana), sikora bogatka (*Parus major*), gawron (*Corvus frugilegus*), kawka (*Corvus monedula*), mazurek (*Passer montanus*), dzwonec (*Chloris chloris*), sierpówka (*Streptopelia decaocto*), modraszka (*Cyanistes caeruleus*) i sroka (*Pica pica*), jednak częstość występowania gatunku zależy od cech karmnika i jego umiejscowienia [29]. Ponadto obecność na danym terenie wielu gatunków dzikich ptaków może być powiązana z bliskim sąsiedztwem gospodarstw utrzymujących drób, co jest związane z dostępem do paszy [26].

W poszukiwaniu pokarmu, również w okresie zimowym, ptaki mogą podejmować lokalne migracje, jednak dystans podejmowanych wędrówek może się różnić pomiędzy gatunkami [22, 33]. Wykazano, że odległość pokonywana przez bogatkę na zimowisku może wynosić nawet 3 kilometry [22]. W ten sposób, odwiedzając różne miejsca i karmniki, ptaki mogą być wektorami rozprzestrzeniania się bakterii, w tym również szczepów groźnych dla człowieka [30].

Antybiotyki były jednym z najważniejszych odkryć w historii medycyny, ich wynalezienie pozwoliło na zwalczanie licznych chorób zakaźnych. Jednak wraz z upływem czasu i bardzo częstym używaniem wielu środków przeciwdrobnoustrojowych narastała lekooporność wśród bakterii. Zjawisko to stało się wyzwaniem dla dzisiejszej medycyny ludzkiej oraz medycyny weterynaryjnej. W Europie, jak i na świecie działa wiele programów, które mają za zadanie kontrolować występowanie chorobotwórczych oraz lekoopornych szczepów bakterii, w tym tych z rodzaju *Enterococcus* [2].

Bakterie z rodzaju *Enterococcus* to Gram-dodatnie ziarniaki, które naturalnie są częścią zarówno ludzkiej, jak i zwierzęcej mikrobioty jelit. Enterokoki – inaczej zwane paciorkowcami kałowymi, są organizmami oportunistycznymi, ich występowanie jest bardzo szerokie, gdyż poza przewodem pokarmowym ludzi, ptaków i innych zwierząt można znaleźć je na skórze, w układzie moczowo-płciowym oraz w środowisku zewnętrznym. Powszechnie występują w wodzie, glebie oraz na roślinach, co bywa przyczyną zanieczyszczeń produktów żywnościowych, paszy i wody pitnej. Gatunkami najczęściej izolowanymi od ludzi oraz zwierząt są *Enterococcus faecalis* i *Enterococcus faecium*, w mniejszym stopniu izolowane są gatunki takie jak *E. gallinarum*, *E. casseliflavus*, *E. hirae* [2, 25, 32]. Bakterie z rodzaju *Enterococcus* są również wykorzystywane jako bakterie wskaźnikowe do określania czystości wód i higienicznej jakości wyrobów mięsnych [4, 20].

Występowanie paciorkowców kałowych ma skutki w przypadku zakażeń szpitalnych. Badania donoszą, że gatunki *Enterococcus faecalis* oraz *Enterococcus faecium* są odpowiednio trzecim i czwartym najczęstszym patogenem będącym przyczyną infekcji szpitalnych [31]. U ludzi takie zakażenia dotyczą zwykle dróg moczowych, jamy otrzewnej oraz miednicznej i są związane z powikłaniami po zabiegach chirurgicznych oraz zakładaniu centralnego wkłucia do żył. Zdarzają się również przypadki zapalenia wsierdza i centralnego układu nerwowego [23].

Warto zwrócić uwagę na występującą oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe wśród enterokoków, a zwłaszcza na wankomycynę. Według ostatnich raportów ilość szczepów *Enterococcus faecium* opornych na wankomycynę wciąż wzrasta w porównaniu z wcześniejszymi latami. Podobną tendencję obserwuje się u szczepów *Enterococcus faecalis*, u którego prawie jedna trzecia zgłoszonych próbek miała wysoki poziom oporności na gentamycynę. Wzrastający odsetek szczepów opornych na środki przeciwdrobnoustrojowe powinien budzić niepokój. Analiza najnowszych danych pozwala oszacować, że śred-

nia zachorowań i zgonów spowodowanych zakażeniami enterokokami wzrosła dwukrotnie w ostatnich latach (2016–2020), a szybki wzrost odsetka szczepów *Enterococcus faecium* opornych na wankomycynę podkreśla potrzebę ciągłego monitoringu i próby zrozumienia ich epidemiologii [2].

Ze względu na narastającą oporność bakterii z rodzaju *Enterococcus* na wiele klas antybiotyków Światowa Organizacja Zdrowia (WHO, World Health Organisation) określiła szczepy *Enterococcus faecium* oporne na wankomycynę jako jedne z patogenów priorytetowych na liście bakterii opornych na antybiotyki, ponieważ wysoki poziom ich niewrażliwości na leki staje się problemem przez ograniczone opcje leczenia. Dodatkowo problematyczna jest szeroka gama występowania enterokoków w środowisku oraz szybkie ich rozprzestrzenianie, szczególnie w placówkach medycznych [2].

Celem badań była analiza występowania bakterii z rodzaju *Enterococcus*, ich lekooporności u ptaków z rzędu wróblowych oraz wykazanie, czy obecność tych ptaków w pobliżu ludzi może wiązać się z potencjalnym rozprzestrzenieniem patogennych szczepów tych bakterii na człowieka.

2. Materiały i metody

Materiał do badań stanowiło 95 próbek świeżego kałomoczu pochodzącego od trzech gatunków ptaków: bogatka (*Parus major*), modraszka (*Cyanistes caeruleus*) oraz mazurek (*Passer montanus*). Próbkę były pobierane podczas obrączkowania ptaków, w ramach „Akcji Karmnik”, w okresie od grudnia 2022 do lutego 2023 r., na terenie województwa świętokrzyskiego. Dzięki obrączkowaniu każdą z próbek można przyporządkować do konkretnego osobnika: 6 próbek pobrano od mazurków, 16 próbek od modraszek, a 73 próbki od bogatek.

Do wstępnego rozpoznania morfologicznego bakterii zebrane próbki wysiano na podłożach: Columbia Agar (BD, Germany) z 5% dodatkiem krwi baraniej oraz CHROMagar™ Orientation (GRASO Biotech, Polska). W dalszej kolejności wyizolowane szczepy bakterii, morfologicznie sklasyfikowane jako *Enterococcus* spp., poddano badaniom metodą reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) w celu potwierdzenia ich przynależności do rodzaju i gatunku *Enterococcus*. Wykorzystane sekwencje starterowe w przypadku *Enterococcus* spp., *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* oraz *Enterococcus gallinarum* zostały podane w tabeli 1.

Oporność bakterii *Enterococcus* spp. na środki przeciwdrobnoustrojowe gentamycynę (30 µg), ampicylinę (10 µg), penicylinę (10 U), amoksycylinę z kwasem klawulanowym (20 µg/10 µg), tetracyklinę (30 µg), (MASTDISCS®, Mast Group Ltd., Germany) oraz erytromycynę (15 µg) (OXOID™, Thermo Fisher Scientific, USA) została oznaczona metodą Kirby-Bauera (metoda krążkowo-dyfuzyjna na podłożu Mueller Hinton). W tym celu z kolonii bakteryjnych przygotowano inokulum o gęstości 0,5 w skali McFarlanda, które następnie równomiernie posiewano w trzech kierunkach na podłoże stałe Mueller-Hinton. Krążki z antybiotykami zostały nałożone manualnie i delikatnie dociskane do powierzchni. Tak przygotowane próby inkubowano w 37°C przez 24 godziny. Po tym czasie za pomocą przezroczystej linijki zmierzono strefy zahamowania tworzące się wokół każdego z krążków. Wyniki zinterpretowano za pomocą tabel udostępnionych przez CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) [14] dla *Enterococcus* spp.

Następnie każdy ze szczepów, który dał pozytywny wynik w badaniu na przynależność do rodzaju *Enterococcus*, został poddany reakcjom PCR wykrywającym geny lekooporności pozwalające określić ich oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe: tetracyklinę (*tetK*, *tetM*, *tetO*), wankomycynę (*vanA*, *vanB*, *vanC*), erytromycynę (*ermA*, *ermB*, *ermC*), antybiotyki β-laktamowe (*blaZ*) oraz aminoglikozydy (*aac(6')le-aph(2'')la*). Specyficzne sekwencje starterowe dla genów zostały wymienione w tabeli 2.

Ekstrakcja DNA została dokonana metodą gotowania. Kolonie bakteryjne zostały zawieszane w 200 µl wody destylowanej i poddane gotowaniu w 95°C przez 15 minut. Po tym czasie zostały umieszczone w zamrażarce na kolejne 5 minut. Następnie próbki poddano wirowaniu w 13000 rpm przez 5 minut. Uzyskany supernatant pobrano z nad osadu i przeniesiono do nowych probówek [15]. Obecność genów związanych z przynależnością do rodzaju, gatunku i lekoopornością enterokoków weryfikowano przez amplifikację specyficznych sekwencji w termocyklerze. Produkty końcowe reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) rozdzielono i wizualizowano w 2% żelu agarozowym z wykorzystaniem barwnika Midori Green DNA Stain (Nippon Genetics Europe GmbH, Germany), wyniki odczytano za pomocą systemu GelDoc Go Imaging System (Bio-Rad, USA).

Tabela 1. Sekwencje starterowe użyte w reakcjach PCR do rozpoznania gatunku *Enterococcus*

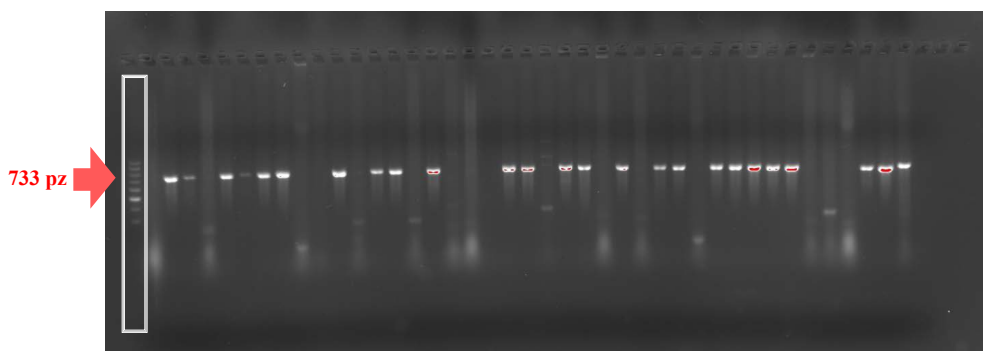
Gatunek	Sekwencja (5' → 3')	Długość fragmentu DNA	Źródło
<i>Enterococcus</i> spp.	TCAACCGGGGAGGGT ATTACTAGCGATTCCGG	733	[10]
<i>Enterococcus</i> <i>faecalis</i>	TCAAGTACAGTTAGTCTTTATTAG ACGATTCAAAGCTAACTGAATCAGT	941	[11]
<i>Enterococcus</i> <i>faecium</i>	TTGAGGCAGACCAGATTGACG TATGACAGCGACTCCGATTCC	658	[11]
<i>Enterococcus</i> <i>gallinarum</i>	GGTATCAAGGAAACCTC CTCCGCCATCATAGCT	822	[7]

Tabela 2. Sekwencje starterowe użyte w reakcjach PCR do rozpoznania genów oporności

Gen	Starter	Sekwencja (5' → 3')	Długość fragmentu DNA	Źródło
Antybiotyki β-laktamowe				
<i>blaZ</i>	blaZ-I	ACT TCA ACA CCT GCT GCT TTC	173	[21]
	blaZ-II	TGA CCA CTT TTA TCA GCA ACC		
Wankomycyna				
<i>vanA</i>	vanA-I	TCT GCA ATA GAG ATA GCC GC	377	[19]
	vanA-II	GG AGT AGC TAT CCC AGC ATT		
<i>vanB</i>	vanB-I	GCT CCG CAG CCT GCA TGG ACA	529	[12]
	vanB-II	ACG ATG CCG CCA TCC TCC TGA		
<i>vanC-1</i>	vanC-I	GAA AGA CAA CAG GAA GAC CGC	796	[9]
	vanC-II	ATC GCA TCA CAA GCA CCA ATC		

Tabela 2. cd.

Tetracyklina				
<i>tetK</i>	tetK-I	TCG ATA GGA ACA GCA GTA	169	[24]
	tetK-II	CAG CAG ATC CTA CTC CTT		
<i>tetM</i>	tetM-I	GTG GAC AAA GGT ACA ACG AG	406	
	tetM-II	CGG TAA AGT TCG TCA CAC AC		
<i>tetO</i>	tetO-I	AAC TTA GGC ATT CTG GCT CAC	515	
	tetO-II	TCC CAC TGT TCC ATA TCG TCA		
Erytromycyna				
<i>ermA</i>	ermA-I	TCT AAA AAG CAT GTA AAA GAA	645	[27]
	ermA-II	CTT CGA TAG TTT ATT AAT ATT AGT		
<i>ermB</i>	ermB-I	GAA AAG GTA CTC AAC CAA ATA	639	
	ermB-II	AGT AAC GGT ACT TAA ATT GTT TAC		
<i>ermC</i>	ermC-I	TCA AAA CAT AAT ATA GAT AAA	642	
	ermC-II	GCT AAT ATT GTT TAA ATC GTC AAT		
Aminoglikozydy				
<i>Aac(6')le-aph(2'')la</i>	aac_aph-I	GAG CAA TAA GGG CAT ACC AAA AAT C	480	[18]
	aac_aph-II	CCG TGC ATT TGT CTT AAA AAA CTG G		



Ryc. 1. Przykładowy wyniki badania PCR potwierdzającej przynależność do *Enterococcus* spp. Zielonym prostokątem oznaczono marker mas, a czerwoną strzałką wielkość produktu – 733 pz

3. Wyniki

Ze wszystkich zebranych 95 prób, po wstępnym rozpoznaniu morfologicznym na podłożach mikrobiologicznych zostało wybranych 41 szczepów, które poddano reakcji łańcuchowej polimerazy (PCR) celem potwierdzenia przynależności do rodzaju *Enterococcus*. Wynik dodatni w tym badaniu dało 25 szczepów (26,34%), co zostało przedstawione na rycinie 1. Bakterie *Enterococcus* spp. zostały potwierdzone u 21 ptaków (84%) z gatunku *Parus major*, u 2 osobników (8%) z gatunku *Cyanistes caeruleus* i u 2 ptaków (8%) z gatunku *Passer montanus*. Wśród szczepów należących do rodzaju *Enterococcus* przynależność do gatunku *Enterococcus faecium* wykazały 3 próby (3/3 100% osobniki *Parus major*) oraz nie stwier-

dzono obecności *Enterococcus faecalis* i *Enterococcus gallinarum*. Pozostałe szczepy nie zostały zidentyfikowane do gatunku, a rozpoznanie ich przynależności gatunkowej będzie prowadzone w dalszych – poszerzonych badaniach.

Szczepy *Enterococcus* spp. poddane badaniu wrażliwości na wybrane antybiotyki w metodzie krążkowo-dyfuzyjnej wykazały w większości przypadków duże strefy zahamowania. Szczegółowe wyniki badania wrażliwości bakterii na środki przeciwdrobnoustrojowe zostały umieszczone w tabeli 3. Szczepy wykazujące oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe oznaczono literą R, szczepy średnio wrażliwe na środki literą I, a szczepy wrażliwe literą S.

Tabela 3. Wyniki badania wrażliwości szczepów *Enterococcus* spp. na antybiotyki

Środek przeciwdrobnoustrojowy	Liczba szczepów (n = 25)		
	S	I	R
Ampicylina	23	–	2
Penicylina	23	–	2
Amoksycylina + kwas klawulanowy	25	–	–
Erytromycyna	17	6	2
Tetracyklina	24	–	1
Gentamycyna	25	–	–

Obecność genu *tetO* została wykazana w 1 szczepie pochodzącym od osobnika z gatunku *Passer montanus*. Gen odpowiadający za oporność na β -laktamy – *blaZ* był obecny u dwóch szczepów *Enterococcus* spp., które pochodziły od osobników z gatunków *Passer montanus* (ten sam osobnik, u którego została wykazana obecność genu *tetO*) oraz *Parus major*. W przypadku genów oporności na wankomycynę tylko 1 szczep *Enterococcus* spp. pochodzący od *Parus major* wykazał obecność genu *vanB*.

4. Dyskusja

Obserwowanie ptaków stało się w ostatnich latach coraz powszechniej wybieraną formą spędzania wolnego czasu. Rozwój „birdwatchingu” notuje się na całym świecie, w tym również w Polsce, a liczba osób obserwujących ptaki stale rośnie [17]. Według Anderwalda podglądanie ptaków najczęściej rozpoczyna się od obserwacji prowadzonych zimą przy karmnikach [1]. Wzrost liczby obserwatorów i towarzyszący mu wzrost liczby karmników przyczynić się może do powstawania nowych interakcji na linii człowiek–przyroda, jak na przykład częstszy kontakt z ptasimi odchodami.

Przeprowadzone badania wykazały, że ptaki wróblowe są rezerwuarem bakterii z rodzaju *Enterococcus*. Liczna obecność dzikich ptaków w okolicy ludzkich domostw oraz doskonała zdolność *Enterococcus* spp. do przystosowania się do warunków panujących w środowisku sugeruje, że ptaki te mogą stanowić potencjalne źródło zakażeń tymi drobnoustrojami. Opublikowane wcześniej badania [5, 25, 32] wskazywały, że najczęściej występującym u ludzi i zwierząt enterokokiem jest *Enterococcus faecalis*, jednak w toku niniejszych badań nie stwierdzono jego obecności w badanym materiale.

Wśród wyizolowanych szczepów tylko trzy należały do gatunku *Enterococcus faecium*, co w przypadku procentowego porównania wyników własnych z wynikami otrzymanymi przez innych autorów wskazuje na duże podobieństwo [5, 25, 32]. Daje to możliwość dalszej analizy mikrobioty jelit, mającej na celu identyfikację pozostałych wyizolowanych od ptaków szczepów enterokoków. Jednak wiadomo, że wśród populacji dzikich ptaków w rejonie, w którym były obrączkowane, większość szczepów była wrażliwa na antybiotyki i nie posiadała genów oporności.

Wśród paciorkowców kałowych naturalnie występują rozwinięta oporność na cefalosporyny, niskie stężenia aminoglikozydów, linkozamidy, klindamycynę oraz obniżona wrażliwość na penicyliny. Szczególnie wysoki potencjał epidemiologiczny mają szczepy posiadające fenotyp VanA i VanB, ze względu na szybkość rozprzestrzeniania genu między enterokokami oraz częstość występowania [28]. Mechanizm oporności na antybiotyki z grupy glikopeptydów, do których należy wankomycyna, polega na zmianie kodowania prekursorów dla peptydoglikanu, wykazujących niskie powinowactwo do glikopeptydów [8, 16]. Innym mechanizmem oporności na antybiotyki β -laktamowe jest obecność β -laktamaz, które hydrolizują pierścienie β -laktamowe antybiotyków, czego wynikiem jest zahamowanie ich wpływu na bakterie. Zatem obecność genu *blaZ* będzie predysponowała bakterie z rodzaju *Enterococcus* do oporności na penicyliny i inne antybiotyki z grupy β -laktamów [8, 21]. Niektóre szczepy *Enterococcus* spp. są również z natury odporne na niskie stężenia aminoglikozydów, co w głównej mierze związane jest z obecnością genu *aac(6')le-aph(2')la* odpowiedzialnego za kodowanie enzymu bifunkcyjnego o aktywności acetylazofosfotransferazy/fosfotransferazy (Aac(6')-Aph(2')), który modyfikuje aminoglikozydy [8, 18]. Tetracykliny, jako kolejna grupa środków przeciwdrobnoustrojowych, mają za zadanie zahamować syntezę białek bakteryjnych poprzez uniemożliwienie procesu translacji, wiążąc się do podjednostki 30S rybosomu. Enterokoki wykształciły jednak dwa mechanizmy przeciwdziałające temu zjawisku: przyłączanie genów oporności *tetM*, *tetO*, *tetW* do rybosomów bakteryjnych, co przeciwdziała wpływowi tetracyklin oraz aktywne wypompowywanie tetracyklin poza komórkę, za co odpowiedzialne są geny *tetK* oraz *tetL* [8, 24]. Istotnym mechanizmem oporności na środki z grupy makrolidów, linkozamidów i streptogramin z grupy B, w tym erytromycyny, jest modyfikacja przez mutację punktu uchwytu białka 23S mRNA. Mechanizm ten związany jest z genami *ermA*, *ermB*, *ermC*, które kodują N-6 metylotransferazę. Enzym odpowiedzialny jest za metylację adeniny w miejscu działania antybiotyku 23S rRNA [8, 27]. Dodatkowo obecność biofilmu zwiększa oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe oraz zjadliwość *Enterococcus* spp. [32].

W badaniu wykazano, że niewielka liczba szczepów *Enterococcus* spp. uzyskanych od wróblowych okazała się niewrażliwa na pojedyncze chemioterapeutyki, co w przypadku rozwoju choroby daje szeroką gamę możliwości leczenia. Głównym środkiem, na który bakterie wykazały całkowitą lub częściową oporność, była erytromycyna, co jest podobnym wynikiem do badań prowadzonych na szczepach izolowanych od indyków [32]. W badaniach własnych odsetek szczepów opornych na erytromycynę wynosi 32%, z czego tylko jeden szczep to szczep należący do gatunku *Enterococcus faecium*. W przeciwieństwie do badań na drobiu hodowlanym oraz badaniach wśród dzikiej fauny szczepy enterokoków pochodzące od wróblowych nie wykazały oporności na tetracyklinę [5, 25, 32]. Niestety, nie znając konkretnego składu gatunkowego bakterii *Enterococcus* wśród dzikich ptaków, trudno porównywać ich oporność z opornością bakterii, u których konkretna przynależność gatunkowa jest znana. Badanie PCR wykazało również obecność tylko kilku genów lekooporności, które nie ukazały swojej ekspresji.

Ważnym aspektem badania jest wykazanie braku najczęściej występujących genów oporności na wankomycynę – *vanA*, *vanB* oraz *vanC*. Wankomycyna była dotychczas antybiotykiem z powodzeniem stosowanym w przypadku zakażeń wywołanych przez bakterie Gram-dodatnie w przypadku ich oporności na antybiotyki β -laktamowe. Była ona najskuteczniejszym środkiem w przypadku zakażeń gronkowcami, paciorkowcami i innymi lekoopornymi Gram-dodatnimi bakteriami. Jednak zwiększająca się ilość szczepów *Enterococcus* spp. opornych na działanie wankomycyny (ang. VRE – Vancomycin-Resistant Enterococcus) i możliwość rozpowszechniania genu oporności typu *vanA* wśród rodzaju *Enterococcus* oraz poza nim znacznie zmniejszają możliwości leczenia przy użyciu tego antybiotyku glikopeptydowego [6]. W toku niniejszego badania wykazano, że szczepy *Enterococcus* spp. izolowane z kałomoczu ptaków dzikich nie mają jeszcze oporności na ten chemioterapeutyk.

Dodatkowo wszystkie badane szczepy były wrażliwe na gentamycynę. Daje to nadzieję, że w środowisku dzikich ptaków na terenie województwa świętokrzyskiego patogenne szczepy *Enterococcus* spp. odporne na wankomycynę oraz gentamycynę występują w zmniejszonej ilości.

5. Podsumowanie

Ptaki wróblowe zamieszkujące okolice ludzkich domostw mogą być źródłem potencjalnie chorobotwórczych szczepów *Enterococcus* spp., jednak mikrobiotę ich jelit trzeba poddać szczegółowej ocenie przy zastosowaniu analizy widma unikatowego profilu białkowego badanego mikroorganizmu (metoda MALDI-TOF MS), aby wskazać, jakie konkretnie gatunki enterokoków ją tworzą. Chociaż w toku niniejszych badań wykazano, że wyizolowane bakterie z rodzaju *Enterococcus* nie wykazywały większych cech lekooporności, to warto pamiętać, że oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe jest zjawiskiem dynamicznym, który może, ale nie musi ulec zmianie.

Podziękowania

Serdeczne podziękowania dla dr Małgorzaty Klimowicz-Bodys za nadzór merytoryczny i przeprowadzenie przez całość badań, mgr. inż. Jakuba Wyki za możliwość uczestnictwa w akcjach obrączkowania i pomoc w zbieraniu próbek oraz dla mgr inż. Magdaleny Siedleckiej i mgr Magdaleny Karwańskiej za pomoc w zdobyciu technicznej wiedzy laboratoryjnej i cierpliwe odpowiadanie na pytania.

Literatura

- [1] Anderwald D. Turystyka ornitologiczna – co to takiego? Turystyka w obszarach Natura 2000 [W:] Wnuk Z., Ziaja M. (red.) Wyd. Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, 2007, s. 275–288.
- [2] Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2023–2021 data. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control and World Health Organization, 2023.

- [3] Brittingham M.C., Temple S.A. Impacts of supplemental feeding on survival rates of black-capped chickadees. *Ecology*, 1988, Vol. 69 s. 581–589.
- [4] Byappanahalli M.N., Nevers M.B., Korajkic A., Staley Z.R., Harwood V.J. (2012). Enterococci in the environment. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 76(4), 685–706.
- [5] Cagnoli G., Bertelloni F., Interrante P., Ceccherelli R., Marzoni M., Ebani V.V. Antimicrobial-Resistant *Enterococcus* spp. in Wild Avifauna from Central Italy. *Antibiotics*, 2022, Vol. 11(7), s. 852.
- [6] Cetinkaya Y., Falk P., Mayhall C.G. Vancomycin-resistant enterococci. *Clinical Microbiology Reviews*, 2000, Vol. 13(4), s. 686–707.
- [7] Chajęcka-Wierzchowska W., Zadernowska A., Łaniewska-Trokenheim Ł. Virulence factors, antimicrobial resistance and biofilm formation in *Enterococcus* spp. isolated from retail shrimps. *LWT-Food Science and Technology*, 2016, Vol. 69, s. 117–122.
- [8] Chajęcka-Wierzchowska W., Zadernowska A., Łaniewska-Trokenheim Ł. Oporność na antybiotyki bakterii z rodzaju *Enterococcus* występujących w żywności. *Kosmos*, 2017, Vol. 66(1), s. 67–79.
- [9] Clark N.C., Teixeira L.M., Facklam R.L., Tenover M.D. Detection and differentiation of vanC-1, vanC-2, and vanC-3 glycopeptide resistance genes in enterococci. *Journal of Clinical Microbiology*, 1994, Vol. 32, s. 1891–1894.
- [10] Deasy B.M., Rea M.C., Fitzgerald G.F., Cogan T.M., Beresford T.P. A rapid PCR based method to distinguish between *Lactococcus* and *Enterococcus*. *Systematic and Applied Microbiology*, 2000, Vol. 23(4), s. 510–522.
- [11] Dutka-Malen S., Evers S., Courvalin P. Detection of glycopeptide resistance genotypes and identification to the species level of clinically relevant enterococci by PCR. *Journal of Clinical Microbiology*, 1995, Vol. 33(1), s. 24–27.
- [12] Fraimow H.S., Jungkind D.L., Lander D.W., Delso D.R., Dean J.L. Urinary tract infection with an *Enterococcus faecalis* isolate that requires vancomycin for growth. *Annals of Internal Medicine*, 1994, Vol. 121, s. 22–26.
- [13] Fröhlich A., Mrowiec W., Ciach M. Zgrupowanie ptaków zimujących w zabudowie wiejskiej południowej i południowo-wschodniej Polski. *Ornis Polonica*, 2017, Vol. 58, s. 73–82.
- [14] <http://clsivet.org/GetDoc.aspx?doc=CLSI%20VET01S%20ED6:2023&xormat=SPD-F&src=BB> (dostęp 28.04.2023)
- [15] Islam, Tashmin Afroz Binte, and S.M. Shamsuzzaman. Isolation and species identification of enterococci from clinical specimen with their antimicrobial susceptibility pattern in a tertiary care hospital. Bangladesh. *J Coast Life Med.*, 2015, Vol. 3.10, s. 787–90
- [16] Jabłoński A., Zębek S., Mokrzycka A., Wybrane mechanizmy oporności bakterii na chemioterapeutyki. *Medycyna Weterynaryjna*, 2010, Vol. 66(7), s. 449–452.
- [17] Janeczko E., Anderwald D. Birdwatching jako nowa forma turystyki na obszarach leśnych i przyrodniczo cennych w Polsce. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 2001, Vol. 2(27), s. 307–314.
- [18] Kao S.J., You I., Clewell D.B., Donabedian S.M., Zervos M.J., Petrin J., Shaw K.J., Chow J.W. Detection of the high-level aminoglycoside resistance gene *aph(2'')-Ib* in *Enterococcus faecium*. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 2000, Vol. 44, s. 2876–2879.

- [19] Klare I., Heier H., Claus H., Reissbrodt R., Witte W., vanA-mediated high-level glycopeptide resistance in *Enterococcus faecium* from animal husbandry. FEMS Microbiology Letters, 1995, Vol. 125, s. 165–171.
- [20] Klein G., Taxonomy, ecology and antibiotic resistance of enterococci from food and the gastro-intestinal tract. International Journal of Food Microbiology, 2003, Vol. 88 (2–3), s. 123–131.
- [21] Martineau F., Picard F.J., Grenier L., Roy P.H., Ouellette M., Bergeron M.G. Multiplex PCR assays for the detection of clinically relevant antibiotic resistance genes in *staphylococci* isolated from patients infected after cardiac surgery. Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 2000, Vol. 46(4), s. 527–534.
- [22] Mérő T.O., Žuljević A. Does the Weather Influence the Autumn and Winter Movements of Tits (Passeriformes: Paridae) in Urban Areas? Acta Zoologica Bulgarica, 2014, Vol. 66(4): s. 505–510.
- [23] Moellering Jr R.C. Emergence of Enterococcus as a significant pathogen. Clinical Infectious Diseases, 1992, s. 1173–1176.
- [24] Ng L.K., Martin I., Alfa M., Mulvey M. Multiplex PCR for the detection of tetracycline resistant genes. Molecular and Cellular Probes, 2001, Vol. 15, s. 209–215.
- [25] Santos T., Silva N., Igrejas G., Rodrigues P., Micael J., Rodrigues T., Poeta P. Dissemination of antibiotic resistant *Enterococcus* spp. and *Escherichia coli* from wild birds of Azores Archipelago. Anaerobe, 2013, Vol. 24, s. 25–31.
- [26] Šálek M., Havlíček J., Riegert J., Nešpor M., Fuchs R., Kipson M. Winter density and habitat preferences of three declining granivorous farmland birds: the importance of the keeping of poultry and dairy farms. Journal for Nature Conservation, 2015, Vol. 24, s. 10–16.
- [27] Sutcliffe J., Grebe T., Tait-Kamradt A., Wondrack L. Detection of erythromycin-resistant determinants by PCR. Antimicrobial agents chemotherapy, 1996, Vol. 40, s. 2562–2566
- [28] Szczypka A., Talaga K., Bulanda M. Enterokoki odporne na wankomycynę jako czynniki etiologiczne zakażeń związanych z opieką zdrowotną – chorobotwórczość i metody kontroli. Hygeia Public Health, 2016, Vol. 51(2), s. 134–140
- [29] Tryjanowski P., Skórka P., Sparks T.H., Biaduń W., Brauze T., Hetmański T., Martyka R., Indykiewicz P., Myczko Ł., Kunysz P., Kawa P., Czyż S., Czechowski P., Polakowski M., Zduniak P., Jerzak L., Janiszewski T., Gołowski A., Duduś L., Nowakowski J., Wuczyński A., Wysocki D. Urban and rural habitats differ in number and type of bird feeders and in bird species consuming supplementary food. Environmental Science and Pollution Research 2015, Vol. 22, s. 15097–15103.
- [30] Tryjanowski P., Nowakowski J.J., Indykiewicz P., Andrzejewska M., Śpica D., Sandeck R., Mitrus C., Gołowski A., Dulisz B., Dziarska J., Janiszewski T., Minias P., Świtek S., Tobolka M., Włodarczyk R., Szczepińska B., Klawe J.J. *Campylobacter* in wintering great tits *Parus major* in Poland. Environmental Science and Pollution Research, 2020, Vol. 27, s. 7570–7577.
- [31] Werner G., Coque T.M., Hammerum A.M., Hope R., Hryniewicz W., Johnson A., Woodford N., Emergence and spread of vancomycin resistance among *enterococci* in Europe. Eurosurveillance, 2008, Vol. 13(47), s. 19046.
- [32] Woźniak-Biel A., Bugła-Płoskońska G., Burdzy J., Korzekwa K., Ploch S., Wieliczko A. Antimicrobial resistance and biofilm formation in *Enterococcus* spp. isolated from humans and turkeys in Poland. Microbial Drug Resistance, 2019, Vol. 25(2), s. 277–286.

- [33] Van Doren B.M., Conway G.J., Phillips R.J., Evans G.C., Roberts G.C.M., Liedvogel M., Sheldon B.C. Human Activity Shapes the Wintering Ecology of a Migratory Bird. *Global Change Biology*, 2021, Vol. 27, s. 2715–2727.

OCCURRENCE OF *ENTEROCOCCUS* BACTERIA AND THEIR DRUG RESISTANCE IN PASSERINE BIRDS

Abstract

The aim of the experiment was to determine the prevalence of *Enterococcus* species and their drug resistance in feces collected from selected species of birds of the passerine family (*Passeriformes*) – the great tit (*Parus major*), the blue tit (*Cyanistes caeruleus*), and the tree sparrow (*Passer montanus*).

The material for the study consisted of 95 samples of fresh feces collected during bird ringing, which was carried out from December 2022 to February 2023. The collected feces were sown on Columbia Agar with 5% addition of sheep blood and CHROMagar™ Orientation for preliminary morphological identification. Isolated pure bacterial colonies suspected to belong to the genus *Enterococcus* were subjected to polymerase chain reaction (PCR) for confirmation of their species affiliation. For this purpose, primer sequences for *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* and *Enterococcus gallinarum*, the most common intestinal commensals, were used. Belonging to the genus *Enterococcus*, 25 strains were shown, but only 3 of them could be assigned to species – to *Enterococcus faecium*. This was followed by determining the drug resistance of *Enterococcus* strains to the most commonly used antimicrobials in human and veterinary medicine: gentamicin, ampicillin, penicillin, tetracycline, erythromycin and amoxicillin with clavulanic acid using the Kirby-Bauer method (disc-diffusion method) and polymerase chain reaction (PCR) using specific primer sequences. The results of the drug resistance tests did not show higher levels of resistance to any of the antimicrobial agents tested, and the PCR reactions indicated the presence of single resistance genes, which, however, did not produce a phenotypic effect. The results indicate that passerine birds present in the vicinity of human homes predominantly carry *Enterococcus* spp. strains that are sensitive to the most common antimicrobials.

Keywords: *Enterococcus* spp., *Passeriformes*, prevalence, drug resistance

Opiekun pracy
Małgorzata Klimowicz-Bodys

Recenzenci:
dr hab. Anna Woźniak-Biel
dr Maciej Kuczkowski

PRZYCZYNY WIELOPŁASZCZYZNOWYCH RÓŻNIC POMIĘDZY KOBIECIAMI A MĘŻCZYZNAMI

Karolina Surowiec*, Wiktoria Gawryś

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Studenckie Koło Naukowe Neurobiologów,
pl. M. Curie-Skłodowskiej 5, 20-031 Lublin

* e-mail: karolina.surowiec898@gmail.com

Streszczenie

Dymorfizm płciowy związany jest z występowaniem różnic w budowie ciała, a także zachowaniu samców i samic jednego gatunku. U człowieka dymorfizm ten jest obserwowany w większości sytuacji życia codziennego. U podstaw jego wykształcenia leżą mechanizmy genetyczne, embrionalne, a także hormonalne. Hormony warunkują prawidłowy rozwój płciowy oraz ukształtowanie mózgowia o wzorcu męskim bądź kobiecym. Mają one również istotne znaczenie w całym dorosłym życiu, a w powiązaniu z neurogenenezą postnatalną indukowaną bodźcami środowiskowymi umożliwiają modyfikację prenatalnie ukształtowanego dymorfizmu płciowego.

Słowa kluczowe: dymorfizm płciowy, tożsamość płciowa, hormony płciowe, testosteron, neurogeneza

1. Wstęp

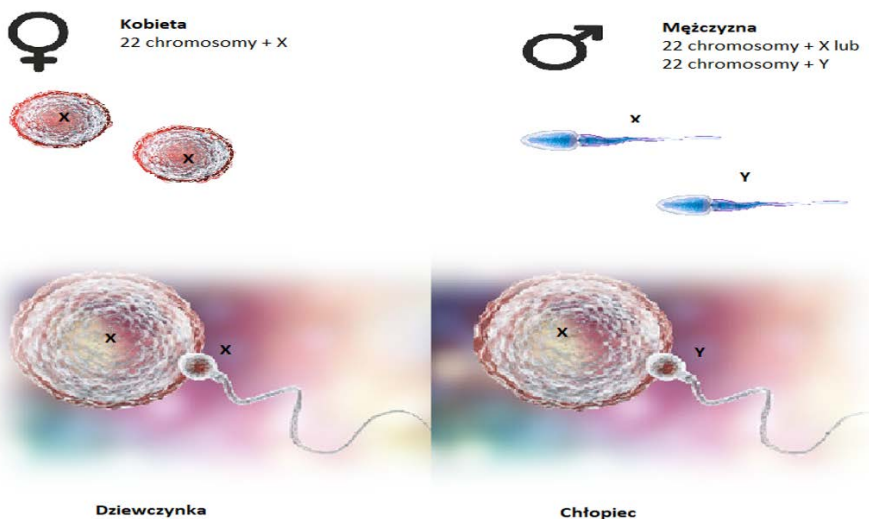
Środowiska naukowe, a także ogół społeczeństwa od dawna toczą debatę na temat tego, jakie czynniki – biologia czy wychowanie, odgrywają większą rolę w kształtowaniu tożsamości płciowej. Niektóre artykuły negują dowody na wrodzone uwarunkowania związane z kształtowaniem się płci i sugerują, że nadrzędną rolę w tym procesie pełnią socjalizacja oraz wpływ kultury i społeczeństwa. Inne opracowania naukowe prezentują przeciwstawne stanowisko, zgodnie z którym w kształtowaniu tożsamości płciowej kluczowe znaczenie mają czynniki biologiczne, tj. geny oraz czynniki hormonalne. Dzisiaj wiemy, że nie da się jednoznacznie określić, które z nich pełnią większą rolę w trakcie kształtowania płci, proces ten wydaje się być uzależniony od ich złożonych interakcji, do których dochodzi w różnych okresach życia [1].

Wpływ środowiska społecznego i oczekiwań dotyczących płci w kulturach ludzkich jest mocno zauważalny, co powoduje zepchnięcie znaczenia wkładu biologicznego na dalsze miejsce. Jednak badania na naczelnych, które nie są narażone na wszechobecne wpływy społeczne i kulturowe tak jak człowiek, dają niepodważalne dowody na występowanie behawioralnych różnic płciowych analogicznych do różnic płciowych u ludzi [2]. Inne badania na zwierzętach oraz nieprawidłowości zaobserwowane u ludzi świadczą o kluczowym wpływie odpowiedniego stężenia androgenów w okresie prenatalnym na powstanie cech płciowych.

Ponadto udowodniono, że hormony płciowe nie tylko są zaangażowane w tworzenie narządów rozrodczych, ale także indukują rozwój i organizację mózgu według wzorca męskiego lub żeńskiego [3]. Różnice w budowie mózgowia, wynikające z różnej ekspozycji na hormony, wpływają na powstanie zachowań specyficznych dla kobiet i mężczyzn [4]. Wykształcenie tożsamości płciowej jest możliwe tylko wtedy, gdy dojdzie do prawidłowego ukształtowania płci.

2. Determinujący wpływ hormonów na kształtowanie płci

Zróżnicowanie płciowe u ludzi rozpoczyna się w momencie zapłodnienia. Kobiety i mężczyźni różnią się od siebie każdą komórką ciała, ponieważ każda z nich zawiera inny zestaw chromosomów. Płeć zależy od tego, jaki heterochromosom, tj. X lub Y, płód otrzyma od ojca (rys. 1).



Opracowanie własne: na podstawie Moir, Jessel [26]

Rys. 1. Powstawanie płci warunkowane dziedziczeniem chromosomów X i Y

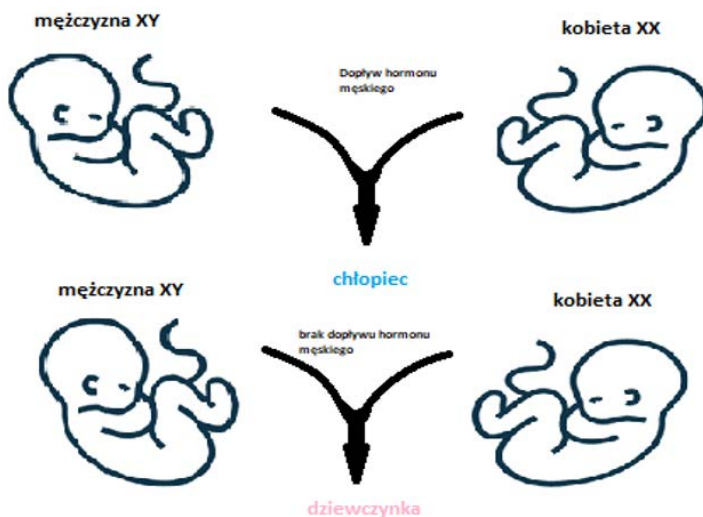
Chociaż płeć jest determinowana przede wszystkim przez czynniki genetyczne, to cechy i funkcje specyficzne dla płci rozwijają się także podczas życia płodowego. W tym okresie kluczowe znaczenie mają hormony płciowe, wśród których najważniejszym jest testosteron.

Męskie i żeńskie zarodki ludzkie rozwijają się identycznie w pierwszej fazie ciąży. Dopiero po ósmym tygodniu ciąży widoczne jest zróżnicowanie w zakresie rozwoju anatomicznego i fizjologicznego prowadzące do powstania odmiennego fenotypu męskiego i żeńskiego. Około 7. tygodnia życia płodowego znajdujący się na chromosomie Y gen *SRY* inicjuje rozwój jąder u płodów męskich. Komórki Sertoliego gruczołów płciowych wytwarzają białko hamujące rozwój przewodów Müllera, tj. hormon antymüllerowski (AMH, ang. *anti-müllerian hormone*). Hormon ten nie determinuje bezpośrednio gonad, ale ma wpływ na ich rozwój. AMH hamuje rozwój przewodów Müllera, z których w późniejszych etapach

rozwoju powstają jajowody, macica oraz pochwa. U męskich płodów produkcja większych stężeń AMH prowadzi do regresji jajowodów, macicy i górnego odcinka pochwy, tworząc narządy szczątkowe. Dodatkowo płodowe komórki Leydiga migrują do gonad i produkują testosteron, co wspiera różnicowanie struktur przewodu Wolffa, które następnie stają się męskim układem moczowo-płciowym. Decydujące znaczenie w rozwoju cech płciowych męskich będzie miało odpowiednie stężenie testosteronu. Testosteron warunkuje różnicowanie płci, ponieważ odpowiada za prawidłowe ukształtowanie się męskich narządów płciowych, spermatogenezę i płodność oraz za zstępowanie jąder przez kanał pachwinowy w ostatnich dwóch miesiącach życia płodowego. Testosteron jest również przekształcany w dihydrotestosteron, który indukuje powstawanie prostaty i męskich zewnętrznych narządów płciowych [5–7].

Gdy zarodkowi brakuje chromosomu Y, a tym samym genu *SRY*, rozwijają się jajniki. Jajniki płodu nie wytwarzają odpowiednich ilości testosteronu i dlatego nie dochodzi do wykształcenia przewodów Wolffa. Synteza hormonu AMH w komórkach warstwy ziarnistej jajnika u płodów żeńskich jest na bardzo niskim poziomie, przez co przewody Müllera rozwijają się swobodnie. Skutkuje to prawidłowym rozwojem żeńskich narządów rozrodczych [5].

Ponieważ rozwój żeńskich gonad nie wymaga naznaczenia określonymi hormonami, to przy braku testosteronu oraz AMH, niezależnie od genotypu, płód będzie przyjmował fenotyp żeński. Natomiast jeśli płód będzie poddany działaniu tych dwóch hormonów, ukształtuje się fenotyp męski (rys. 2).



Opracowanie własne: na podstawie Moir, Jessel [26]

Rys. 2. Wpływ testosteronu na kształtowanie płci płodu

Testosteron jest kluczowym czynnikiem determinującym płeć biologiczną. Eksperymenty prowadzone na szczurach dowodzą, że okres różnicowania płciowego obejmuje prenatalną fazę wrażliwości na androgeny. Testosteron podany podczas ciąży modyfikuje morfologię genitaliów oraz powoduje fizjologiczną i behawioralną maskulinizację samic szczurów. U ta-

kich samic obserwowano brak owulacji, brak sutków, zwiększoną odległość między odbytem i ujściem cewki moczowej oraz agenezję dolnej części pochwy. I odwrotnie – podanie antyandrogenów podczas ciąży powoduje modyfikację genitaliów samców [8–10].

Okazuje się, że hormony płciowe nie tylko wpływają na uformowanie się narządów płciowych, ale także na ukształtowanie mózgowia [3]. W konsekwencji ekspozycja na testosteron w krytycznych okresach rozwoju płodowego powoduje trwałe zmiany behawioralne. Wysokie stężenia androgenów w czasie życia płodowego występują w tych etapach rozwojowych, które pokrywają się z okresami kształtowania strukturalnych różnic płciowych w mózgu, jak i zachowań seksualnych. Okresy krytyczne w trakcie rozwoju, w których manipulacje hormonalne wpływają na układ nerwowy i behawioralny, różnią się, jednak wyniki tych manipulacji są w dużej mierze spójne.

Ekspozycja żeńskich płodów gryzoni, jak i zwierząt naczelnych na działanie wysokiego poziomu testosteronu w krytycznych okresach rozwoju (np. poprzez wstrzykiwanie płodom lub ciężarnym samicom androgenu) powoduje w życiu postnatalnym występowanie zachowań typowych dla samców. Objawia się to m.in. częstszym występowaniem brutalnych zabaw czy też zachowań seksualnych typowych dla osobników płci męskiej. Natomiast wyeliminowanie wpływu testosteronu na rozwijające się płody męskie ma odwrotne skutki, tj. zwiększa występowanie zachowań typowych dla samic [4].

Okres krytyczny, w którym testosteron wpływa na płciowe zróżnicowanie układu nerwowego i behawioru u człowieka, przypada od ok. 8. do 24. tygodnia ciąży [11]. Badania osób z zaburzeniami genetycznymi powodującymi prenatalne nieprawidłowości hormonalne dostarczają nam dowodów na kluczową rolę testosteronu w kształtowaniu się nie tylko narządów płciowych, ale i zachowań u ludzi. Jednym z tego typu zaburzeń jest wrodzony przerost nadnerczy u kobiet powodujący podwyższenie poziomu androgenów nadnerczowych, w tym testosteronu. U płodów dziewczynek narażonych na podwyższony poziom tego hormonu w okresie prenatalnym obserwuje się częściową lub całkowitą wiryliczację zewnętrznych narządów płciowych objawiającą się przerostem łechtaczki, co niekiedy utrudnia określenie płci po urodzeniu ze względu na znaczne zmiany w wyglądzie zewnętrznych narządów płciowych. W wyniku wiryliczmu sylwetka kobiety przybiera kształt typowy dla sylwetki męskiej, dodatkowo mogą pojawić nadmierne owłosienie w nietypowych miejscach np. na twarzy, łysienie plackowate oraz inne zaburzenia. Prenatalna ekspozycja na podwyższony poziom testosteronu wpływa również na rozwój behawioralny, ponieważ dziewczynki te wykazywały typowe zachowania męskie, m.in. preferencje dotyczące zabawek – wybierały zabawki, które zwykle wybierają chłopcy, np. pojazdy posiadające elementy ruchome (takie jak koła), klocki czy broń. Badane dziewczynki również częściej dobierały sobie chłopców jako towarzyszy zabaw oraz były bardziej zainteresowane brutalnymi zabawami [4].

Innym zaburzeniem powodującymi prenatalne nieprawidłowości hormonalne jest zespół całkowitej niewrażliwości na androgeny (CAIS, ang. *Complete Androgen Insensitivity Syndrom*). CAIS jest sprzężoną z chromosomem X recesywną chorobą genetyczną wynikającą z mutacji obejmujących gen receptora androgenowego. Rozpoznanie opiera się na obecności żeńskich zewnętrznych narządów płciowych u genetycznego chłopca z prawidłowo rozwiniętymi, ale niezstąpionymi jądrami i całkowitym brakiem reakcji tkanek docelowych na androgeny. Nie tylko narządy płciowe zewnętrzne są typowe dla kobiet, ale też i zachowanie, w tym kształtowanie się podstawowej tożsamości płciowej, orientacji seksualnej i zachowań podczas zabaw w dzieciństwie. Sugeruje to, że funkcjonalny brak ekspozycji na

androgeny prowadzi do rozwoju psychoseksualnego typowego dla kobiet, pomimo obecności chromosomu Y [12–13].

Ekspozycja na androgeny w okresie prenatalnym wpływa na zachowania człowieka w okresie dzieciństwa (rodzaj preferowanych zabaw), a także na orientację seksualną, pierwotną tożsamość płciową i inne cechy wskazujące zróżnicowanie płciowe.

3. Wpływ hormonów płciowych na kształtowanie mózgowia u kobiet i mężczyzn

W trakcie życia prenatalnego zachodzi kształtowanie się centralnego układu nerwowego, który kontroluje zarówno percepcję, jak i reakcje na bodźce pochodzące ze środowiska wewnętrznego i zewnętrznego. Kluczowymi czynnikami pozwalającymi na ukształtowanie się struktur tworzących mózgowie są wzajemne interakcje pomiędzy heterochromosomami X i Y a hormonami płciowymi. Istotne znaczenie mają również czynniki środowiskowe, np. dieta matki i stosowane przez nią używki. Wzajemne interakcje między tymi czynnikami wpływają na proces neurogenezy, w trakcie którego dochodzi do przekształcania nerwowych komórek progenitorowych w funkcjonalne neurony. Poprzez synaptyczną integrację powstałych komórek w funkcjonalne szlaki neuronalne możliwe są utworzenie struktur mózgowia oraz dalszy rozwój prenatalny płodu [14]. U zwierząt poddanych w okresie okołoporodowym działaniu wysokiego stężenia testosteronu obserwowano rozwój strukturalny mózgowia charakterystyczny dla samców, zaś w przypadku braku ekspozycji na androgeny rozwój strukturalny mózgowia był charakterystyczny dla samic. Liczne badania wskazują na to, że neurogeneza i prenatalne kształtowanie się mózgowia u ludzi również są uzależnione od wpływu hormonów, ale mechanizmy te nie zostały jeszcze dokładnie poznane i wymagają dalszych badań. Obserwacje przeprowadzone w trakcie terapii hormonalnej u osób transseksualnych wykazały obecność istotnych zmian w obrębie mózgowia. Leczenie estrogenami oraz antyandrogenami powodowało istotne zmiany w obrębie trzeciej, a także bocznej komory mózgowej u kobiet i mężczyzn. Stwierdzono, że zmiany te były przynajmniej częściowo spowodowane modyfikacjami w przyśrodkowych strukturach mózgu, znajdujących się w pobliżu tych komór, w tym między innymi podwzgórze, co przyczyniło się do zmiany całkowitej objętości mózgowia. Leczenie androgenami zwiększało objętość mózgu u kobiet, zaś podawanie estrogenów oraz antyandrogenów zmniejszało rozmiar mózgu mężczyzn [3].

4. Struktura mózgowia jako uwarunkowanie odmienności obu płci

Odmienność w zachowaniu mężczyzn i kobiet jest obserwowana w wielu prozaicznych sytuacjach życia codziennego. Stereotypowe kategoryzowanie różnic między płciami jest też w wielu przypadkach podkreślane przez społeczeństwo. Na przykład uznaje się, że kobiety są bardziej emocjonalne. Mężczyznom przypisuje się natomiast większą łatwość podejmowania decyzji, mniejszą wrażliwość na różnego rodzaju bodźce społeczne, słabsze zdolności werbalne, a także zdolność konkretnej oceny danej sytuacji. Różnic dostrzeganych w funkcjonowaniu kobiet i mężczyzn jest znacznie więcej. Pomimo ich funkcjonowania w tym

samym środowisku wykazują oni różne predyspozycje, a nawet w inny sposób odbierają te same bodźce. Przeprowadzone badania wskazują, że u podłoża różnic funkcjonalnych obu płci mogą leżeć różnice strukturalne mózgowia, które mogą być obserwowane już we wczesnym dzieciństwie. Badania płodów z wykorzystaniem rezonansu magnetycznego wykazały, że różnice te pojawiają się już na etapie życia prenatalnego, kiedy dochodzi do kształtowania poszczególnych struktur mózgowia [16, 17].

Analiza cech mózgowia mężczyzn i kobiet potwierdziła również zmiany w zakresie wielkości i organizacji poszczególnych struktur. Jedną z takich struktur jest ciało modzelowate, inaczej nazywane spoidłem wielkim, które odpowiada za łączność pomiędzy obiema półkulami mózgowymi. Jest to największy zbiór włókien nerwowych w całym mózgowiu [18]. Wykazano, że ciało modzelowate kobiet zawiera znacznie większą liczbę włókien nerwowych niż u mężczyzn, co przekłada się na różnice w zachowaniu i codziennym funkcjonowaniu obu płci. Większa liczba połączeń, a przez to lepszy przepływ informacji pomiędzy obiema półkulami mózgowymi sprawia, że kobiety znacznie łatwiej radzą sobie z przeprowadzeniem złożonych czynności oraz wykonywaniem kilku działań w tym samym czasie [19, 20].

Spoidło wielkie jest strukturą narażoną na uszkodzenia w wyniku uderzeń i wstrząsów. Jego uszkodzenia skutkują szeregiem zmian behawioralnych, które są znacznie bardziej rozległe u kobiet niż u mężczyzn. W przypadku kobiet, u których wykonywanie czynności jest uzależnione od integracji pracy obu półkul, uszkodzenie spoidła wielkiego powodowało znacznie większe problemy z ustabilizowaniem stanu zdrowia po przebytych urazach niż w przypadku mężczyzn. Z drugiej jednak strony, dzięki zaangażowaniu kilku obszarów mózgowia w wykonywanie danej czynności, uraz mechaniczny jednego z nich nie powodował aż tak dużego upośledzenia czynnościowego jak u mężczyzn, u których poszczególne czynności są kontrolowane przez ściśle określone rejony mózgu. W tej sytuacji uszkodzenie takiego rejonu prowadzi do całkowitej utraty określonej funkcji [21].

Wykonywanie określonych czynności przez mężczyzn związane jest z aktywnością jednej półkuli mózgowej, podczas gdy u kobiet w tych samych sytuacjach zaobserwowano aktywność w obrębie obu półkul. Szczegółowym badaniom poddano również zdolności werbalne kobiet i mężczyzn. Nawet podczas składania pojedynczych zdań kobiety angażują kilka obszarów mózgu, zaobserwowano też u nich większy stopień integracji między poszczególnymi ośrodkami w mózgowiu, a także obecność bardziej złożonych połączeń nerwowych między nimi [15].

Lepsza współpraca różnych ośrodków mózgowia oraz większa liczba włókien nerwowych w obrębie ciała modzelowatego wskazują na lepszą i bardziej wydajną komunikację międzypółkulową. Sprawna integracja ośrodków odpowiedzialnych za wykonywanie poszczególnych funkcji umożliwia efektywne funkcjonowanie kobiet nawet w przypadku obciążenia wieloma zadaniami w jednym czasie. Kobietom przypisuje się również posiadanie wyjątkowej intuicji, co w rzeczywistości związane jest ze zdolnością sprawnej analizy bodźców wynikającej z wydajnego przesyłania informacji pomiędzy obiema półkulami mózgu. Efekt ten jest dodatkowo wzmacniany przez silniejszy rozwój sieci włókien nerwowych w obszarze skroniowym, czołowym, ciemieniowym, a także potylicznym kory mózgowej kobiet [21].

Dowodów zależność zróżnicowania funkcjonalnego obu płci od poszczególnych cech strukturalnych mózgu dostarcza również analiza poszczególnych obszarów kory mózgu, która zawiera aż 80% neuronów ośrodkowego układu nerwowego [17, 22].

W mózgu kobiet stwierdzono znacznie słabszą łączność pomiędzy brzusznią i grzbietową częścią kory zakrętu obręczy, co ma wpływ na zdolności wzrokowo-przestrzenne [23]. Wyjaśnia to słabszą wyobraźnię przestrzenną kobiet, co powoduje gorszą orientację w przestrzeni czy też trudności w czytaniu map. Wykazano również, że mężczyźni lepiej wykonują zadania przestrzenne dzięki większej aktywności prawej półkuli, która odpowiada między innymi za percepcję, a także analizę bodźców wzrokowo-przestrzennych. Mężczyźni osiągają też lepsze wyniki w sporcie, co związane jest z większym zagęszczeniem funkcjonalnych połączeń w skorupie (*putamen*), która jest odpowiedzialna za zdolności motoryczne. Biorąc pod uwagę wszelkie aspekty postrzegania wzrokowo-przestrzennego, mężczyźni wykazują przewagę w czynnościach takich jak: celowanie, rozwiązywanie problemów związanych z rotacją umysłową, manipulowanie obrazem wizualnym w pamięci roboczej [24].

Od wczesnych etapów życia dziewczynki na ogół wykazują większe zdolności werbalne, co objawia się większą łatwością mowy, wcześniejszym formowaniem pełnych zdań, mniejszymi problemami z ortografią, a także większą skłonnością do interakcji werbalnych [25]. Badania obszarów funkcjonalnych kory mózgowej wykazały lepsze uorganizowanie obszarów czołowych oraz skroniowych kory mózgowej kobiet. Wykazano również różnice w obszarze korowych ośrodków mowy, tj. ośrodka Broca w korze przedczołowej i ośrodka Wernickiego w korze skroniowej. Obszary te są znacznie większe u kobiet niż u mężczyzn. Dodatkowo mózgi kobiet przetwarzają język werbalny przy współpracy obu półkul, podczas gdy u mężczyzn czynność ta obejmuje tylko lewą półkulę. Przewaga kobiet w zakresie zdolności językowych związana jest również z tym, iż w trakcie wykonywania zadań werbalnych potrafią one sprawniej odbierać i wiązać ze sobą bodźce społeczne, wzrokowe i słuchowe. Umieją też interpretować daną sytuację poprzez łączenie różnych, niedostrzegalnych dla mężczyzn bodźców. Sprawia to, że kobiety często dominują w trakcie rozmów prowadzonych z mężczyznami [15].

Lepszy rozwój kory mózgowej w obszarze płatów czołowych, ciemieniowych, w tylnej części płata skroniowego oraz w górnej części płata potylicznego sprawia, że kobiety wyróżniają się wyostrozonymi zmysłami wzroku, węchu, smaku i słuchu, co ma związek z przypisywaną im intuicją [15].

Kobiety i mężczyźni widzą świat inaczej, o czym świadczy między innymi fakt, że kobiety widzą lepiej w nocy, zaś mężczyźni w dzień. Kobiety mają większe zagęszczenie światłoczułych komórek, tj. czopków na siatkówce, są bardziej wrażliwe na czerwony kranciec spektrum barw światła, odróżniają dzięki temu więcej odcieni barw oraz mają lepszą pamięć wzrokową. Z reguły mają lepiej rozwinięty słuch, węch, a także silniej odczuwają smaki. Potwierdza to, że w przypadku percepcji bodźców kobiety są zdecydowanie bardziej wrażliwe w porównaniu z mężczyznami [26].

5. Zmiany dymorfizmu płciowego w trakcie życia osobniczego

Prenatalne ukształtowanie się płci i poszczególnych struktur mózgowia są kluczowymi elementami w formowaniu dymorfizmu płciowego. Jednak w trakcie życia osobniczego w dalszym ciągu obserwuje się wpływ biologicznych mechanizmów, które kształtują cechy osobowości, a także zachowania mężczyzn oraz kobiet. W okresie dojrzewania stężenie hormonów modyfikuje wzorce asymetrii półkulowej mózgowia. Stosunkowo duże wahania estrogenów,

i progesteronu w trakcie cyklu miesięcznego kobiet wpływają na emocjonalność i zmiany samopoczucia kobiet. U mężczyzn testosteron wpływa głównie na seksualność, pewność siebie, a także zachowania agresywne, jednak zmiany stężenia tego hormonu w organizmie nie wpływają tak znacząco na ich codzienne funkcjonowanie.

6. Podsumowanie

Czynniki genetyczne, hormony oraz prenatalne ukształtowanie się struktur mózgowia powodują, że kobiety i mężczyźni są ukierunkowani do pełnienia określonych funkcji oraz wykazują predyspozycje do określonych zachowań i wykonywania określonych czynności. Przedstawione czynniki biologiczne pełnią kluczową rolę w kształtowaniu dymorfizmu płciowego obserwowanego w wielu sytuacjach życia codziennego. Kobiety i mężczyźni wykazują określone predyspozycje, co jest szczególnie ważne w aspekcie pełnienia określonych funkcji w społeczeństwie. Na kształtowanie się osobowości mają również wpływ czynniki środowiskowe, takie jak wychowanie oraz środowisko dorastania. Wszystkie te czynniki powodują wykształcenie się oraz nieustanne modyfikowanie dymorfizmu płciowego zachodzącego w trakcie życia osobniczego. Zmiany te nie byłyby możliwe bez pierwotnego wykształcenia płci, a także struktur mózgowia o wzorcu typowo kobiecym bądź typowo męskim. Dlatego też wpływ czynników biologicznych jest kluczowy do ukształtowania się tożsamości płciowej.

Literatura

- [1] Hines M. Human gender development. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2020, Vol. 118, s. 89–96.
- [2] Wallen K., Hassett J.M. Sexual differentiation of behaviour in monkeys: role of prenatal hormones. *Journal of Neuroendocrinology* 2009, Vol. 21(4), s. 421–426.
- [3] Hilleke P., Hulshoff E., Cohen-Kettenis P.T., Van Haren N.E. M., Peper J.S., Brans R.G.H., Cahn W., Schnack H.G., Gooren L.J.G., Kahn R.S. Changing your sex changes your brain: influences of testosterone and estrogen on adult human brain structure. *European Journal of Endocrinology*, 2006, Vol. 155(1) s. S107–S114.
- [4] Hines M. Prenatal testosterone and gender-related behaviour. *European Journal of Endocrinology*, 2006, Vol. 155(1), s. S115–S121.
- [5] Nassar G.N., Leslie S.W. *Physiology, testosterone*. StatPearls Publishing, 2018.
- [6] Josso N., Racine C., di Clemente N., Rey R., Xavier F. The role of anti-Müllerian hormone in gonadal development. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 1998, Vol. 145(1–2), s. 3–7.
- [7] Wilson J.D., George F.W., Griffin J.E. The hormonal control of sexual development. *Science*, 1981, Vol. 211(4488), s. 1278–1284.
- [8] Huffman L., Hendricks S.E. Prenatally injected testosterone propionate and sexual behavior of female rats. *Physiology & Behavior*, 1981. Vol. 26(5), s. 773–778.
- [9] Hotchkiss A.K., Lambright C.S., Ostby J.S., Parks-Saldutti L., Vandenberg J.G., Gray Jr L.E. Prenatal testosterone exposure permanently masculinizes anogenital distance, nipple development, and reproductive tract morphology in female Sprague-Dawley rats. *Toxicological Sciences*, 2007, Vol. 96(2), s. 335–345.

- [10] Wolf C.J., Hotchkiss A., Ostby J.S., LeBlanc G.A., Gray Jr L.E. Effects of prenatal testosterone propionate on the sexual development of male and female rats: a dose-response study. *Toxicological Sciences*, 2002. Vol. 65(1), s. 71–86.
- [11] Smail P.J., Reyes F.I., Winter J.S. D., Faiman C. The fetal hormonal environment and its effect on the morphogenesis of the genital system. *Pediatric Andrology*, 1981 s. 9–19.
- [12] Lanciotti L., Cofini M., Leonardi A., Bertozzi M., Penta L., Esposito S. Different clinical presentations and management in complete androgen insensitivity syndrome (CAIS). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, Vol. 16(7), s. 1268.
- [13] Hines M., Ahmed S.F., Hughes I.A. Psychological outcomes and gender-related development in complete androgen insensitivity syndrome. *Archives of Sexual Behavior*, 2003, Vol. 32, s. 93–101.
- [14] Ruigrok A.N., Salimi-Khorshidi G., Lai M.C., Baron-Cohen S., Lombardo M.V., Tait R.J., Suckling J. A meta-analysis of sex differences in human brain structure. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2014, Vol. 39, s. 34–50.
- [15] Zaidi J.F. Gender differences in human brain: An overview. *The Open Anatomy*, 2010, Vol. 2, s. 37–55.
- [16] Wheelock M.D., Hect J.L., Hernandez-Andrade E., Hassan S.S., Romero R., Eggebrecht A.T., Thomason M.E. Sex differences in functional connectivity during fetal brain development. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2019, Vol. 36, s. 100632.
- [17] Luders E., Toga A.W. Sex differences in brain anatomy. *Progress in Brain Research*, 2010, Vol. 186, s. 2–12.
- [18] Eileen L., Toga A.W. Sex differences in brain anatomy. *Progress in Brain Research*, 2010, Vol. 186 s. 2–12.
- [19] Ardekani B.A., Figarsky K., Sidtis J.J. Sexual dimorphism in the human corpus callosum: an MRI study using the OASIS brain database. *Cerebral cortex*, 2013, Vol. 23(10), s. 2514–2520.
- [20] Luders E., Toga A.W., Thompson P.M. Why size matters: differences in brain volume account for apparent sex differences in callosal anatomy: the sexual dimorphism of the corpus callosum. *Neuroimage*, 2014, Vol. 84, s. 820–824.
- [21] Grissom N.M., Reyes T.M. Let's call the whole thing off: evaluating gender and sex differences in executive function. *Neuropsychopharmacology*, 2019, Vol. 44(1), s. 86–96.
- [22] Sun Y., Lee R., Chen Y., Collinson S., Thakor N., Bezerianos A., Sim K. Progressive gender differences of structural brain networks in healthy adults: a longitudinal, diffusion tensor imaging study. *PloS One*, 2015, Vol. 10(3), s. e0118857.
- [23] Gong G., He Y., Evans A.C. Brain connectivity: gender makes a difference. *The Neuroscientist*, 2011, Vol. 17(5), s. 575–591.
- [24] Voyer D., Voyer S.D., Saint-Aubin J. Sex differences in visual-spatial working memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2017, Vol. 24, s. 307–334.
- [25] Burman D.D., Bitan T., Booth J.R. Sex differences in neural processing of language among children. *Neuropsychologia*, 2008, Vol. 46(5), s. 1349–1362.
- [26] Moir A., Jessel D. Płeć mózgu: o prawdziwej różnicy między mężczyzną a kobietą. PIW, Warszawa 1993.

THE REASONS FOR THE MULTIFACETED DIFFERENCES BETWEEN MEN AND WOMEN

Abstract

Sexual dimorphism is associated with the occurrence of differences in body structure, as well as behavior of males and females of one species. In humans, this dimorphism is observed in most situations of everyday life. Underlying its development are genetic, embryonic, as well as hormonal mechanisms. Hormones determine normal sexual development and the formation of a brain with a male or female pattern. They are also important throughout adulthood, and, in conjunction with postnatal neurogenesis induced by environmental stimuli, allow modification of prenatally formed sexual dimorphism.

Key words: sexual dimorphism, gender identity, sex hormones, testosterone, neurogenesis

Opiekun pracy
dr hab. Dorota Nicoczym

Recenzenci:
dr Jacek Szczurowski, prof. uczelni
dr inż. Przemysław Pokorny

STRES OKSYDACYJNY U PSÓW MIESZKAJĄCYCH W SCHRONISKU

Elena Jarmoła*, Klaudia Kaliszky

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Sekcja Fizjoterapii i Mobilizacji Ruchowej Zwierząt,
ul. Akademicka 13, 20-400 Lublin

*e-mail: elena.jarmola0707@onet.pl

Streszczenie

Stres oksydacyjny ze względu na swój negatywny wpływ na organizm może wywołać różne skutki zdrowotne. Warunki schroniskowe również mogą być znaczącym źródłem stresu oksydacyjnego u psów. Antyoksydanty przeciwdziałają wolnym formom tlenowym. W celu sprawdzenia wpływu reakcji oksydacyjnych na organizm przeprowadzono badania krwi w schronisku dla bezdomnych zwierząt, z których wyodrębniono pięć antyoksydantów i podzielono ze względu na wiek zwierząt. Badania miały na celu sprawdzenie, czy psy mieszkające od dłuższego czasu w schronisku wykazują wyższy poziom stresu oksydacyjnego i są bardziej podatne na choroby związane z nadmierną produkcją wolnych rodników w organizmie. Na podstawie uzyskanych wyników można wyciągnąć wnioski odnośnie czasu przebywania w schronisku a poziomem stresu oksydacyjnego.

Słowa kluczowe: psy, schronisko, stres oksydacyjny, wolne rodniki, antyoksydanty

1. Wstęp

1.1. Funkcja reaktywnych form tlenu w organizmie

Ocenia się, że do komórki w ciągu sekundy dociera ok. 1012 cząsteczek tlenu, z czego około 1% powoduje uszkodzenie ważnych biomolekuł takich jak białka, DNA i lipidy [1]. Większość (około 99%) dostarczanego pierwiastka jest niezbędna do różnych funkcji komórkowych, w tym produkcji energii w postaci ATP. Pożyteczne dla organizmu zużycie pochłoniętego tlenu wynosi około 95%, reszta podlega niekorzystnej przemianie, w wyniku której powstają wolne rodniki, które odpowiadają za uszkodzenia wielu składników komórki [2]. Warto zauważyć, że również stres powoduje uwalnianie wolnych rodników, co skutkuje wzrostem poziomu wybranych enzymów antyoksydacyjnych we krwi [3]. Stres oksydacyjny to stan, gdzie występuje brak równowagi między produkcją reaktywnych form tlenu, które są wysoce reaktywnymi cząsteczkami mogącymi uszkadzać składniki komórkowe, takie jak tłuszcze, białka i DNA, a systemem obrony antyoksydacyjnej organizmu, co w konsekwencji prowadzi do uszkodzenia tkanek i przewlekłych zmian w organizmie, związanych z rozwojem różnych stanów chorobowych [4]. Stres oksydacyjny, spowodowany utlenianiem składników komórkowych, może prowadzić do uszkodzenia i śmierci komórek w wyniku apoptozy lub nekrozy, a toksyczne produkty uboczne powstające podczas tego procesu dodatkowo przyczyniają się do uszkodzenia

blony komórkowej i cytostatycznych skutków stresu oksydacyjnego [5, 6]. Stres oksydacyjny może służyć jako wskaźnik przewlekłego stresu, gdyż odzwierciedla on skumulowane skutki stresu w czasie. W przeciwieństwie do ostrego stresu, który jest zazwyczaj krótkotrwały, przewlekły stres może utrzymywać się przez tygodnie, miesiące, a nawet lata [7]. Długotrwała ekspozycja na czynniki stresogenne może prowadzić do nagromadzenia reaktywnych form tlenu w organizmie, co skutkuje stresem oksydacyjnym.

Reaktywne formy tlenu uszkadzają DNA, modyfikują funkcję i zmieniają strukturę białek. Źródłem czynników oksydacyjnych są między innymi czynniki egzogenne – czyli pochodzące z zewnątrz organizmu. Schronisko jest miejscem, gdzie takich czynników może być dużo, m.in. ze względu na dużą liczbę innych, często obcych zwierząt i wystawienie na długotrwały hałas. Czynniki wspierające stres oksydacyjny to: niewystarczająca aktywność fizyczna i brak urozmaiconych bodźców, które przyczyniają się do długotrwałego napięcia nerwowego oraz nieprawidłowa dieta. Wszystkie wymienione czynniki mają kluczowe znaczenie w powstawaniu reaktywnych form tlenu, a te do powstawania chorób np. układu krążeniowego, reumatoidalnych czy neurodegeneracyjnych [8]. Ze względu na mechanizmy działania antyoksydanty mogą być enzymatyczne i nieenzymatyczne [9].

1.2. Pobyt w schronisku a poziom stresu oksydacyjnego

Schroniska często przyjmują zwierzęta porzucone, źle traktowane lub zaniedbane. Jednym z głównych powodów, dla których zwierzęta schroniskowe są podatne na stres oksydacyjny, są problemy zdrowotne. Wiele zwierząt ze schronisk trafia tam z istniejącymi wcześniej stanami chorobowymi, takimi jak niedożywienie, infekcje i urazy. Te problemy zdrowotne mogą osłabić układ odpornościowy zwierzęcia i system obrony antyoksydacyjnej, pozostawiając je bardziej podatnymi na stres oksydacyjny [10]. Dodatkowo zwierzęta, które doświadczyły zaniedbania lub znęcania się, są bardziej narażone na stres oksydacyjny z powodu fizycznej i emocjonalnej traumy, której doświadczyły [11]. Samo środowisko schroniska może być również istotnym źródłem stresu. Zwierzęta doświadczają stresu z powodu różnych czynników, w tym braku socjalizacji, zamknięcia, nieznanego otoczenia i obecności innych zwierząt [12]. Zwierzęta w schroniskach często przebywają w zatłoczonych i głośnych warunkach, z niewielkim dostępem do naturalnego światła i świeżego powietrza. Warunki te powodują stres i niepokój, co dodatkowo osłabia system odpornościowy i antyoksydacyjny [13]. Badania wykazały, że również wysokie temperatury przyczyniają się do występowania stresu oksydacyjnego u zwierząt, w tym zwierząt schroniskowych [14]. Aktywacja białek szoku cieplnego (HSP) jest jednym ze sposobów, w jaki wysokie temperatury wywołują stres oksydacyjny [15]. Pomagają one chronić komórki przed uszkodzeniami poprzez stabilizację białek i zapobieganie ich agregacji. Jednak HSP mogą również generować reaktywne formy tlenu (RFT) jako produkt uboczny swojej aktywności, co prowadzi do stresu oksydacyjnego. Połączenie tych czynników może powodować chroniczny stres, który może mieć negatywny wpływ na ich zdrowie i samopoczucie, a także przyczyniać się do rozwoju problemów behawioralnych takich jak lęk i agresja, co może utrudnić adopcję zwierząt ze schroniska.

1.3. Mechanizmy oksydacyjne w organizmie

Poprzez oddychanie tlenowe komórka pozyskuje energię. Podczas tego procesu dochodzi do redukcji cząsteczki tlenu do wody, jeśli redukcja będzie niepełna, to powstają cząsteczki

zawierające przynajmniej jeden niesparowany elektron – rodnik tlenowy. Wolna cząsteczka dąży do sparowania elektronów, poprzez oddanie lub odebranie go innym cząsteczkom, co powoduje ich uszkodzenie [16]. Jest to endogenne źródło reaktywnych form tlenu w organizmie. Natomiast źródłami egzogennymi mogą być: wysiłek fizyczny, promieniowanie jonizujące, nieprawidłowa dieta czy zanieczyszczenie środowiska. Stres oksydacyjny to moment, gdy nie jest zachowana równowaga między powstawaniem i usuwaniem wolnych rodników. Może być bezpośrednią lub pośrednią przyczyną nasilenia istniejących stanów chorobowych, powstania chorób i zaburzeń [8].

1.4. Rodniki a starzenie się

Starzenie się jest złożonym procesem, który obejmuje stopniowe pogorszenie funkcji organizmu i zwiększoną podatność na choroby. Jedną z teorii starzenia sugeruje, że nagromadzenie reaktywnych form tlenu i oksydacyjne uszkodzenia składników komórkowych przyczyniają się do tego procesu. Naukowcy badający zdolności antyoksydacyjne wątroby u szczurów narażonych na stresowe warunki również zauważyli wzrost poziomu enzymów antyoksydacyjnych [3]. Z wiekiem system obrony antyoksydacyjnej żywego organizmu staje się mniej skuteczny w neutralizowaniu reaktywnych form tlenu. Prowadzi to do zwiększenia stresu oksydacyjnego i uszkodzenia składników komórkowych, co dodatkowo wpływa na nasilenie procesów starzenia. Oksydacyjne uszkodzenia DNA może prowadzić do mutacji, które przyczyniają się do rozwoju nowotworów i innych chorób związanych z wiekiem [17]. Chociaż związek między wolnymi rodnikami a starzeniem się jest złożony, jasne jest, że uszkodzenie oksydacyjne składników komórkowych przyczynia się do procesu starzenia.

1.5. Mechanizmy obronne przed wolnymi rodnikami – antyoksydanty

Wyodrębniono trzy antyoksydanty zapobiegające powstaniu reaktywnych form tlenu. Dysmutaza ponadtlenkowa SOD to enzym antyoksydacyjny osocza, odpowiedzialny za katalizowanie reakcji dysproporcjonowania anionorodnika ponadtlenkowego do nadtlenu wodoru [18]. Występuje w postaci zewnątrzkomórkowej (cytoplazmatycznej) i wewnątrzkomórkowej (mitochondrialnej). Zewnątrzkomórkowa dysmutaza ponadtlenkowa (EC-SOD) katalizuje reakcję dysmutacji anionorodnika ponadtlenkowego w międzykomórkowych przestrzeniach tkanek i płynach pozakomórkowych, natomiast mitochondrialna w najważniejszych narządach organizmu (m.in. wątroba, płuca) [5]. CAT jest następnym enzymem antyoksydacyjnym. Katalaza uczestniczy w obronie organizmu. Katalizuje ona reakcję dysproporcjonowania nadtlenu wodoru, przebiegającą w dwóch etapach, prowadzących do powstania tlenu cząsteczkowego i wody. Dwa powyżej wymienione enzymy: SOD, CAT, razem z GPx są podstawową obroną enzymatyczną przed oksydantami i ich nierodnikowymi pochodnymi. GPx nosi nazwę peroksydazy glutationowej. Działa w pierwszej i drugiej linii obrony przed wolnymi rodnikami. Te białka konstituują enzymy mające zdolności redukcji nadtlenu nieorganicznych i organicznych. Wlicza się tutaj pięć izoform białka GPx. Jedną z nich występuje w plazmie krwi, pełniąc funkcję zewnątrzkomórkowego antyoksydantu. Znajduje się też w komórkach wątroby, trzustki, mięśni szkieletowych, mózgu i serca. Funkcję antyoksydacyjną pełni także S-transferaza glutationowa (GST). Enzymy te łącznie z GPx są określane jako enzymy zależne od glutationu, uczestniczące również w drugiej linii obrony. GST chroni komórki przed uszkodzeniami DNA, w tym komórkami nowotworowymi-

mi, i działa w odpowiedzi na ich tworzenie się w organizmie. S-transferazy glutationowe to rodzina trzech enzymów, do których należą: forma cytozolowa, mitochondrialna i mikrosomalna. Ważną funkcją S-transferazy glutationowej jest katalizowanie reakcji połączenia glutationu (GSH) ze związkami elektrofilowymi, w tym z ksenobiotykami, i usuwanie ich na zewnątrz komórki. Enzym ten uczestniczy w reakcji usuwania poza komórkę utlenionej postaci glutationu powstałej w wyniku reakcji redukcji nadtlenu wodoru z wykorzystaniem GSH jako donora protonów. S-transferaza glutationowa inaktywuje endogenne nienasycone aldehydy, epoksydy lub nadtlenuki, czyli reaktywne produkty stresu oksydacyjnego [19].

Pomiar całkowitego potencjału antyoksydacyjnego, czyli TAC znany również m.in. jako CPA, FRAP czy TRAP, dostarcza często dużo więcej informacji niż analiza poszczególnych antyoksydantów. TAC odzwierciedla intensywność procesu neutralizacji wytworzonych reaktywnych form tlenu w organizmie, a tym samym nasilenie stresu oksydacyjnego [18]. Alternatywą dla wskaźnika TAC mogą być aminokwasy aromatyczne i siarkowe. Niektóre badania wskazują, że ocena zawartości grup tiolowych jest lepszym wskaźnikiem zawartości stresu oksydacyjnego [5].

2. Cel pracy

Badania przeprowadzono, aby ustalić, czy psy zamieszkujące od lat schroniska dla bezdomnych zwierząt mają wyższy poziom stresu oksydacyjnego i są tym samym bardziej narażone na występowanie niektórych chorób, będących następstwem nadprodukcji wolnych rodników w organizmie. Celem badania było więc sprawdzenie, czy poziom wybranych antyoksydantów jest wyższy we krwi starszych zwierząt oraz ustalenie korelacji między stresującymi czynnikami a wytwarzaniem wolnych rodników.

3. Metody badawcze

3.1. Zwierzęta

Przeprowadzono badanie laboratoryjne surowicy krwi pobranej od 39 psów mieszkających w schronisku dla zwierząt od co najmniej 3 miesięcy. Wszystkie zwierzęta znajdowały się w przedziale wiekowym od 1 do 6 lat. Znalazło się w nim 21 samic i 18 samców. W zdecydowanej większości były to rasy mieszane, poza nimi był to jeszcze jeden labrador ($n = 1$) i jeden cane corso italiano ($n = 1$). Utworzono dwie grupy badawcze: zwierzęta powyżej 3. roku życia (starsze) oraz zwierzęta poniżej 3. roku życia (młodsze). Zwierzęta dobrano tak, aby poza rasą i wiekiem ich parametry fizjologiczno-zdrowotne były takie same, tj. osobniki były klinicznie zdrowe. Dbano o ich profilaktykę, aktualne szczepienia i odrobaczenia. Behawioralnie również nie wykazywały anomalii pod żadną postacią m.in. lęku czy agresji.

3.2. Pobieranie i analiza krwi

Zwierzęta były przywiezione przez opiekuna ze schroniska do kliniki weterynaryjnej na rutynowe badania stanu zdrowia (badania trwały 7 dni). Badanie kliniczne wraz z pobraniem krwi zostało wykonane przez lekarza weterynarii i trwało około 30 minut u każdego z psów.

Zwierzęta przed planowaną wizytą nie były poddawane przygotowaniu dietetycznemu. Krew została pobrana po poskromieniu zwierzęcia z żyły odpromieniowej prawej do próbki z aktywatorem krzepnięcia.

Wszystkie wymienione procedury zostały wykonywane w trakcie czynności lekarsko-weterynaryjnych i były zgodne z ustawą z dnia 18 grudnia 2003 r. o zakładach leczniczych dla zwierząt (Dz.U. z 2019 r. poz. 24).

Pobrana krew została odwirowana i poddana analizie laboratoryjnej w laboratorium referencyjnym. Z próbek krwi w osoczu oznaczono i przeanalizowano poziom 5 kluczowych parametrów: TAC (mM), SOD (mU/mg), CAT (U/mg), GPx (mU/mg), GST (U/mg).

3.3. Metody analizy danych

Wyniki analizy pobranych próbek od grupy badanych psów zostały zestawione w tabeli i poddane szczegółowej analizie statystycznej w programie Statistica 9.1 (StatSoft, Polska).

Wartości analizowanych zmiennych ilościowych przedstawiono za pomocą wartości mediany, a zmiennych jakościowych za pomocą liczności i odsetka. W przypadku cech jakościowych do wykrycia istnienia zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi użyto testu Chi2 z poprawką Yatesa. Sprawdzenie normalności rozkładu zmiennych w badanych grupach wykonano za pomocą testu normalności Shapiro-Wilka. Do zbadania różnic pomiędzy dwiema grupami zastosowano test t-Studenta, a w przypadku niespełnienia warunków do jego zastosowania test U Manna-Whitneya. Do oceny zależności liniowej wieku i analizowanych zmiennych wykorzystano korelacje r-Pearsona. Przyjęto poziom istotności $p < 0,05$ wskazujący na istnienie istotnych statystycznie różnic lub zależności.

4. Wyniki i dyskusja

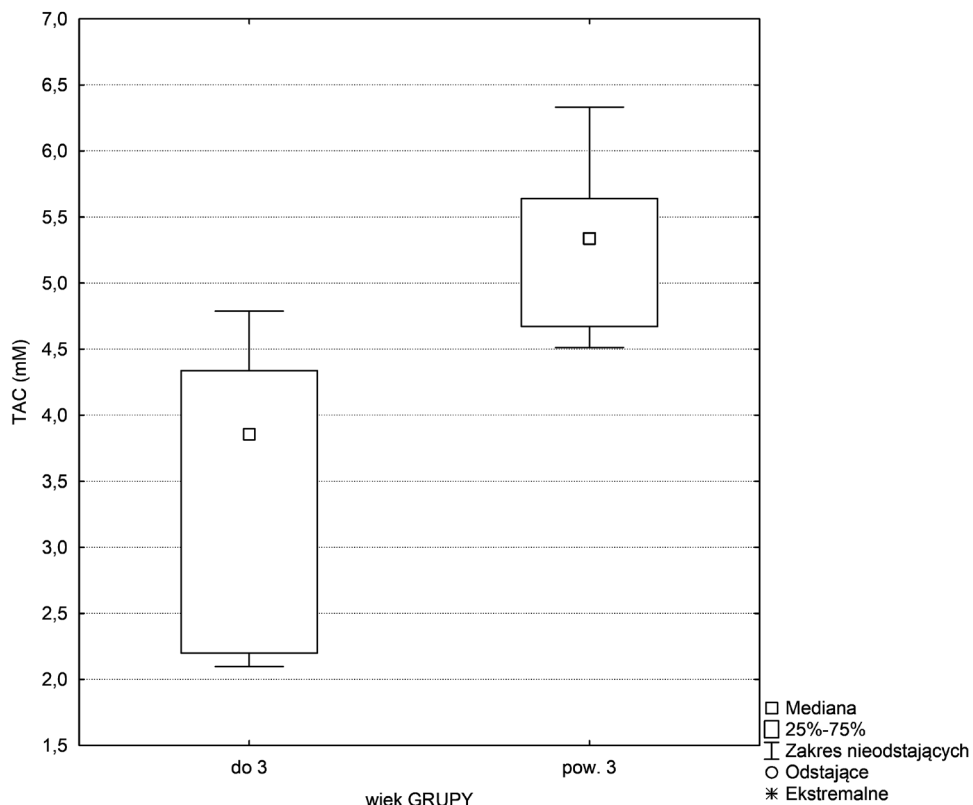
Pomiędzy porównywanymi grupami wiekowymi odnotowano istotne statystycznie różnice we wszystkich analizowanych zmiennych (wartość $p < 0,05$). Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że współczynnik korelacji analizowanych zmiennych był zbliżony do 1, co oznacza, że wraz z wiekiem rosną wartości tych zmiennych (tab. 1). Na tej podstawie można stwierdzić, że psy starsze cechują się istotnie wyższymi wartościami antyoksydantów niż psy młodsze (wykres 1). Medianę poziomu poszczególnych antyoksydantów w grupie badanych psów przedstawia tabela 2. Otrzymane wyniki przemawiają za tym, że im dłużej zwierzę przebywa w schronisku, tym wyższy poziom stresu oksydacyjnego.

Tabela 1. Analiza korelacji oraz wartość prawdopodobieństwa dla analizowanych zmiennych

	Wartość r	Wartość p
TAC (mM)	0,9748	0,00
SOD (mU/mg)	0,9604	0,00
CAT (U/mg)	0,9600	0,00
GPx (mU/mg)	0,9812	0,00
GST (U/mg)	0,9798	0,00

Tabela 2. Mediana poziomu antyoksydantów w grupie psów do i powyżej 3. roku życia

	Psy młodsze	Psy starsze
TAC [mM]	3,86	5,33
SOD [mU/mg]	7,60	9,51
CAT [U/mg]	7,10	11,15
GPx [mU/mg]	23,10	26,96
GST [U/mg]	2,99	5,05



Wykres 1. Porównanie mediany potencjału antyoksydacyjnego (TAC) w grupie psów młodszych i starszych

W przeprowadzonych testach Chi2 z poprawką Yatesa (ze względu na małe licznosci grupy), testie t-Studenta oraz w porównaniu grup z wykorzystaniem testu u Manna-Whitneya nie odnotowano istotnie statystycznych różnic w poziomie antyoksydantów a płcią męską i żeńską, a także u psów poddanych oraz niepoddanych zabiegowi kastracji chirurgicznej.

Obecnie uważa się, że za destrukcję składników komórki w procesie starzenia są odpowiedzialne zarówno wolne rodniki, jak i inne utleniacze, powstające w wyniku procesów metabolicznych, których wytwarzanie nasila się wraz z wiekiem [20]. O szkodliwym wpływie reaktywnych form tlenu (RFT) świadczy również gromadzenie się oksydacyjnie zmody-

fikowanych składników komórkowych w starzejącym się organizmie. Nasiloną akumulacją może być wynikiem osłabionego działania mechanizmów naprawczych komórki lub systemów degradujących uszkodzone fragmenty [8]. Autorzy nie znaleźli zbyt wielu doniesień na temat zależności w poziomie antyoksydantów a odpowiedzią na stresu u psów. Jest to temat niewątpliwie ciekawy, który dostarczył interesujących wyników i zasługuje na rozszerzenie.

5. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując, poziom stresu oksydacyjnego jest istotny u zwierząt w schroniskach ze względu na ich podatność na stresory środowiskowe i złe odżywianie. Redukcja stresu oksydacyjnego poprzez odpowiednie żywienie, redukcję toksyn środowiskowych i minimalizowanie stresu może mieć pozytywny wpływ na zdrowie i dobrostan tych zwierząt [21]. Otrzymane wyniki badań potwierdzają, że u zwierząt dłużej przebywających w schronisku, a tym samym zwierząt starszych dochodzi do nasilenia stresu oksydacyjnego. Jednym ze sposobów przeciwdziałania temu zjawisku jest stosowanie diety bogatej w składniki odżywcze, w tym przeciwutleniacze, takie jak witaminy C, E i A, a także minerały, jak selen i cynk [22]. Zmniejszenie stresu oksydacyjnego wymaga holistycznego podejścia, poprzez zmniejszenie poziomu stresu u zwierząt w schronisku, dzięki czemu zwiększą się ich szanse na znalezienie domów docelowych poprzez ograniczenie występowania zaburzeń zdrowotnych oraz behawioralnych.

Literatura

- [1] Potargowicz E., Szerszenowicz E., Staniszevska M., Nowak D. Mitochondria jako źródło reaktywnych form tlenu. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2005, 59, 259–266.
- [2] Zań R., Roliński Z., Kowalski C., Burmańczuk A. Leczenie toksycznych uszkodzeń wątroby u psów i kotów przy użyciu antyoksydantów. *Vetpol Prace kliniczne i kazuistyczne, Życie Weterynaryjne*, 2013, 88(5), 392–395.
- [3] Djordjevic J., Djordjevic A., Adzic M., Niciforovic A., Radojic M.B. Chronic Stress Differentially Affects Antioxidant Enzymes and Modifies the Acute Stress Response in Liver of Wistar Rats, *Physiological Research*, 2010, 59, 729–736.
- [4] Sies H. What is Oxidative Stress? *Oxidative Stress and Vascular Disease*, 2000, 1–8.
- [5] Kulbacka J., Saczko J., Chwiłkowska A. Stres oksydacyjny w procesach uszkodzenia komórek. *Polski Merkuriusz Lekarski*, 2009, 27(157), 44–47.
- [6] Lykkesfeldt J., Svendsen O. Oxidants and antioxidants in disease: Oxidative stress in farm animals. *The Veterinary Journal*, 2007, 173(3), 502–511.
- [7] Marie-France M., Lord C., Andrews J., Juster R.P., Sindi S., Arsenaault-Lapierre G., Fiocco A.J., Lupien S.J. Chronic stress, cognitive functioning and mental health. *Neurobiology of Learning and Memory*, 2011, 96(4), 583–595.
- [8] Jopkiewicz S., Stres oksydacyjny Część I. Stres oksydacyjny jako czynnik rozwoju chorób cywilizacyjnych. *Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine*, 2018, 21 (2), 48–52.

- [9] Augustyniak A., Skrzydlewska E. Zdolności antyoksydacyjne w starzejącym się organizmie. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* (online), 2004, 58, 194–201.
- [10] Michałak A., Krzeszowiak J., Markiewicz-Górka I. Starzenie się organizmu a stres oksydacyjny oraz zmniejszona sprawność systemów naprawczych. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2014, 68, 1483–1491.
- [11] Biegańska-Hendryk M., Praca ze zwierzęciem po przejściach – specyficzny rodzaj pacjenta. *Animal Expert*, 2021, 26.
- [12] Tuber D.S., Miller D.D., Caris K.A., Halter R., Linden F., Hennessy M.B. Dogs in Animal Shelters: Problems, Suggestions, and Needed Expertise. *Psychological Science*, 1999, 10(5), 379–386.
- [13] Pesavento P.A., Murphy B.G. Common and Emerging Infectious Diseases in the Animal Shelter. *Veterinary Pathology*, 2013, 51(2), 478–491.
- [14] Megahed G., Anwar M., Wasfy S., Hammadeh M. Influence of Heat Stress on the Cortisol and Oxidant-Antioxidants Balance During Oestrous Phase in Buffalo-Cows (*Bubalus bubalis*): Thermo-protective Role of Antioxidant Treatment. *Reproduction in Domestic Animals*, 2008, 43(6), 672–677.
- [15] Kaźmierczuk A., Kiliańska Z.M. Rola białek szoku cieplnego w apoptozie komórek. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 2010, 64, 273–283.
- [16] Skiba M., Pedrycz A., Cichacz B. Reaktywne rodniki tlenowe – skuteczność antyoksydantów w terapii. *Polish Hyperbaric Research*, 2016, 1 (54), 41–48.
- [17] Lee H.C., Wei, Y.H. Oxidative stress, mitochondrial DNA mutation, and apoptosis in aging. *Experimental Biology and Medicine*, 2007, 232(5), 592–606.
- [18] Głód B.K., Piszcz P. Właściwości antyoksydacyjne części białkowej i niebiałkowej krwi w różnych stanach chorobowych. *Cameraeparatoria*, 2015, 7(2), 129–136.
- [19] Gałecka E., Jacewicz R., Mrowicka M., Florkowski A., Gałecki P. Enzymy antyoksydacyjne – budowa, właściwości, funkcje. *Polski Merkurusz Lekarski*, 2008, XXV, 147, 266–268.
- [20] Czajka A. Wolne rodniki tlenowe a mechanizmy obronne organizmu. *Nowiny Lekarskie*, 2006, 75(6), 582–586.
- [21] Kruk E. Polish and Estonian Regulations on Homeless (Stray) Animals. *Studia Iuridica Lublinensia*, 2021, 30(1), 145–166.
- [22] Aengwanich W., Sakundeck K., Chompoosan C., Tuchpramuk P., Boonsorn T. Physiological Changes, Pain Stress, Oxidative Stress and Total Antioxidant Capacity Before, During, and After Castration in Male Dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 2019, 32, 76–79.

OXIDATIVE STRESS IN DOGS LIVING IN A SHELTER

Abstract

Oxidative stress, due to its negative effects on the body, can cause various health effects. Shelter conditions can increase the production of oxidative stress in dogs. Antioxidants counteract free oxygen species. In order to test the effects of oxidative reactions on the body, blood tests were conducted in a shelter for homeless animals, from which five antioxidants were extracted and divided according to the age of

the animals. Based on the results, it was concluded that dogs that stay longer in the shelter have higher levels of oxidative stress, and other studies show that it can have serious health consequences.

Keywords: dogs, shelter, oxidative stress, free radicals, antioxidants

Opiekun pracy

lek. wet. Aleksandra Garbiec

Recenzenci:

dr inż. Anna Budny-Walczak

dr inż. Przemysław Pokorny

SYNDROM „CZARNEGO KOTA”

Klaudia Kaliszyk*

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Felinologiczne Studenckie Koło Naukowe,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

* kladia.kaliszyk@gmail.com

Streszczenie

Celem pracy była ocena opinii dotyczących syndromu czarnego kota w społeczeństwie, który odnosi się do zjawiska polegającego na tym, że czarne koty są źle postrzegane oraz adoptowane w mniejszym stopniu niż koty o innym umaszczeniu. Przeprowadzono badanie kwestionariuszowe mające na celu określenie przyczyn tego zjawiska, ze szczególnym uwzględnieniem roli przesądów i postaw kulturowych wobec czarnych kotów.

Słowa kluczowe: syndrom czarnego kota, kot, stereotyp, przesady

1. Wprowadzenie

Syndrom czarnego kota to zjawisko, w którym czarne koty są stygmatyzowane i rzadziej adoptowane niż koty o innym umaszczeniu [1]. Problem ten jest powszechny w schroniskach dla zwierząt, gdzie czarne koty są często pomijane przez potencjalnych adoptujących na rzecz kotów o kolorowej sierści. Przyczyny tego zjawiska są wielopłaszczyznowe i obejmują kombinację czynników historycznych, kulturowych i psychologicznych [2]. Jednym z głównych czynników jest historyczne i kulturowe znaczenie czarnych kotów, zwłaszcza ich związek z czarami i czarną magią. W wielu kulturach czerń jest kojarzona z negatywną energią lub złem, co zostało utrwalone w literaturze, filmie i kulturze popularnej [3]. Przyczyniło się to do ukształtowania reputacji czarnych kotów jako pechowych, a nawet złych stworzeń. Przesady te przetrwały do czasów współczesnych i często nadal przyczyniają się do negatywnego nastawienia wobec czarnych kotów [4]. Może mieć ono szkodliwy wpływ na dobrostan zwierząt, w tym trudności w znalezieniu im przyszłych domów. Pracownicy schronisk z wieloletnim doświadczeniem uważają, że czarne koty i psy mają problemy z adopcją. Zjawisko to może być związane z tradycyjnymi przesądami, takimi jak przekonanie, że czarne koty przynoszą pecha lub że spotkanie z jednym z nich to zły omen [5].

1.1. Historia, przesady i znaczenie kulturowe czarnych kotów

Pomimo niepotwierdzonych dowodów sugerujących, że czarne koty mogą być w gorszej sytuacji, jeśli chodzi o adopcję, przyczyny tego stanu rzeczy nie są w pełni zrozumiałe. Niektórzy naukowcy twierdzą, że negatywne postrzeganie czarnych kotów przez ludzi może wynikać z kulturowych i religijnych przekonań wiążących kolor czarny ze złem [6].

Przesady dotyczące czarnych kotów mają długą i złożoną historię. Początki tego negatywnego skojarzenia z czarnymi kotami sięgają czasów starożytnych, kiedy to czarne koty łączone były z czarami i czarną magią. Zostało ono wzmocnione w średniowieczu, kiedy uważano, że czarne koty są ulubieńcami czarownic i demonów. W wielu kulturach czarne koty były kojarzone z czarami, demonami i innymi istotami nadprzyrodzonymi [7]. W starożytnym Egipcie koty były czczone jako święte zwierzęta i sądzono, że przynoszą szczęście tym, którzy je trzymają. Jednak w średniowiecznej Europie czarne koty były kojarzone z czarami i diabłem. Wiara ta była częściowo podsycana przez powszechne prześladowania czarownic, o których wierzono, że mają demoniczne moce i często uważano, że mają czarne koty jako swoich chowańców. W wielu krajach europejskich uznawano, że czarne koty to zmiennokształtne czarownice w przebraniu [8]. To przekonanie doprowadziło do powszechnych prześladowań i zabijania czarnych kotów podczas polowań na czarownice w XVI i XVII wieku [9]. W niektórych częściach Europy wierzono, że czarny kot przebiegający drogę jest zapowiedzią śmierci lub nieszczęścia. Przesady dotyczące czarnych kotów istniały również w Azji. W Japonii wierzono, że czarne koty przynoszą szczęście i często były wręczane jako prezenty dla samotnych kobiet, aby pomóc im znaleźć męża. Jednak w niektórych regionach Chin czarne koty były uważane za przynoszące pecha i kojarzone ze śmiercią [10]. Nawet w dzisiejszych czasach przesady dotyczące czarnych kotów wciąż istnieją. W niektórych kulturach nadal uważa się, że czarne koty przynoszą pecha, podczas gdy w innych są postrzegane jako symbol szczęścia i dobrobytu.

Konsekwentne negatywne przedstawianie czarnych kotów w folklorze, literaturze i popkulturze jeszcze bardziej utrwaliło ich reputację. Te negatywne skojarzenia wzmocniane są przez równie negatywne korelacje z kolorem czarnym. Metafora „czarne jest złe” strukturyzuje sposób, w jaki kolor jest używany i postrzegany w społeczeństwie. Kolor jest nieodłącznym elementem naszej codzienności, a jego obecność jest widoczna we wszystkim, co postrzegamy [11]. Powszechnie wiadomo, że również kolory mają silny wpływ na nasze emocje i uczucia [12]. Kolor czarny ma bogate znaczenie kulturowe, które obejmuje wiele społeczeństw i przedziałów czasowych. W szczególności preferencje kolorystyczne są związane z tym, czy kolor wywołuje pozytywne, czy negatywne uczucia. W wielu kulturach czerń kojarzy się ze śmiercią, żałobą i ciemnością. To skojarzenie znajduje odzwierciedlenie w ubraniach noszonych na pogrzebach oraz w przedstawieniach śmierci i zła w sztuce i literaturze [13]. Naturalne pochodzenie symboliki barw poszerzone o kulturową kontekstualizację (czarny jako negatywny/niebezpieczny/zły) nakłada moralne i psychologiczne konotacje.

Syndrom czarnego kota jest syntezą czynników fizycznych i środowiskowych oraz pamięci kulturowej. W szczególności jest on kształtowany przez społeczne postrzeganie koloru czarnego jako kojarzonego z negatywnością lub złem, co było przekazywane przez pokolenia zarówno w tradycji ustnej, jak i pisemnej [14]. Systemy konceptualne, takie jak symbolika kolorów, są głęboko zakorzenione w ludzkiej kulturze i mają znaczący wpływ na różne aspekty naszego życia, począwszy od procesów myślowych, po nasze działania i podejmowanie decyzji, nawet w takich sprawach jak wybór kota do adopcji [15]. Systemy te są z natury metaforyczne, a ich wpływ jest wszechobecny i często nieświadomy.

1.2. Psychologia adopcji

Badania w zakresie psychologii adopcji zwierząt wykazały, że potencjalni adoptujący biorą pod uwagę kilka czynników przed przyjęciem kota, w tym jego wygląd fizyczny, wiek i zachowanie [16]. Okazuje się, że ludzie mają tendencję do faworyzowania kotów o określo-

nych cechach fizycznych, takich jak jasne umaszczenie, wzory i okrągły kształt pyska. Istnieją dowody, że ludzie wykorzystują wskazówki mimiki kotów do odczytywania sygnałów społecznych i emocjonalnych [17]. To, co sprawia, że koty te wydają się bardziej negatywnie odbierane niż inne, to fakt, że ich ciemny kolor ma realne negatywne skojarzenia. Kolor sierści czarnych kotów powoduje, że ekspresja ich pyszczka jest trudniejsza do wykrycia. Problem w odczytywaniu wskazówek z twarzy kotów o ciemnym umaszczeniu może sprawić, że ludzie będą mniej przychylnie nastawieni do czarnych kotów.

Negatywne postrzeganie czarnych kotów doprowadziło do dyskryminacji w procesie adopcji. Wyniki dotychczasowych badań wskazały, że najdłużej trwa adopcja kotów czarnych, niezależnie od wieku i płci [18]. Ten dodatkowy czas spędzony w schroniskach negatywnie wpływa na zdrowie, a tym samym na dobrostan czarnych kotów schroniskowych.

2. Materiały i metody

Autorski kwestionariusz ankiety składał się z 16 pytań jednokrotnego wyboru. Zawierał pytania dotyczące danych socjodemograficznych oraz pozwalał na zebranie informacji z zakresu postaw ludzi wobec czarnych kotów, w tym negatywnych lub pozytywnych spostrzeżeń. Kwestionariusz udostępniony został na portalu społecznościowym „Facebook” w grupach łączących osoby zainteresowane kocią tematyką.

W ankiecie udział wzięły 4992 osoby. Spośród osób uczestniczących w badaniu większość stanowiły kobiety (93,5%). Mężczyźni stanowili zaledwie 5,3%, a pozostałą część (1,2%) osoby, które zdecydowały się nie ujawniać swojej płci. W badaniu wzięli udział respondenci z różnych grup wiekowych, począwszy od osób poniżej 18. roku życia aż do osób powyżej 36. roku życia. Osoby w wieku 18–26 lat liczyły 52,8% badanej grupy w opozycji do osób w wieku poniżej 18 lat, które stanowiły zaledwie 4,5% wszystkich ankietowanych. Wśród przebadanych 57,9% ankietowanych wskazało na swoje miejsce zamieszkania duże miasto, natomiast pozostałą grupę badanych tworzyły osoby z mniejszych miast (24,9%) oraz wsi (17,2%). W badanej grupie 47% respondentów posiadało wykształcenie wyższe oraz średnie, na które wskazało 44,1% ankietowanych. Pozostałą nieznaczną część stanowiły osoby o wykształceniu podstawowym (4,3%), zasadniczo zawodowym (2,7%) i gimnazjalnym (1,8%). Ponadto w kwestionariuszu znalazło się pytanie dotyczące posiadania kotów przez respondentów oraz o umaszczenie posiadanego kota, a konkretnie o to, czy kot był czarny, czy innego koloru. Odpowiedzi wykazały, że 92,3% ankietowanych jest właścicielem kota, a wśród nich 42,2% posiada kota o czarnym umaszczeniu.

2.1. Badanie wiary w przesady wśród respondentów

Badawcza część kwestionariusza rozpoczęła się od zapytania respondentów o ich świadomość „syndromu czarnego kota”. W pytaniu „Czy słyszał/a Pan/Pani o syndromie czarnego kota?” zaledwie 29,2% ankietowanych odpowiedziało „zdecydowanie tak” opcję „raczej tak” wybrało 22,2% badanych. Pozostałą część stanowią osoby, które wskazały odpowiedzi „raczej nie” (22,2%), „nie wiem” (20,2%) oraz „zdecydowanie nie” (20%). Negatywne odpowiedzi większości (62,4%) respondentów mogą świadczyć o braku wystarczającej wiedzy w tym zakresie.

Kwestionariusz zawierał szereg dodatkowych pytań, aby dokładniej zbadać omawiane zagadnienie z zakresu wiary respondentów w przesady związane z czarnymi kotami. Pytanie

dotyczące wiary w przesady spotkało się z niejednoznacznymi odpowiedziami – część respondentów wskazywała na wiarę w pewne przesady, podczas gdy inni zdecydowanie zaprzeczali.

Co ciekawe, w kolejnym pytaniu „Czy czarny kolor kojarzy się Panu/Pani ze złem lub innymi negatywnymi emocjami?” odpowiedź była bardziej jednogłośna. Aż 61,9% respondentów odpowiedziało „zdecydowanie nie” a 28,8% udzieliło odpowiedzi „raczej nie”. Odpowiedzi „raczej tak” udzieliło 6,2% ankietowanych, „nie wiem” 2,4% natomiast odpowiedzi „zdecydowanie tak” 0,8%. W ankiecie znalazło się jeszcze jedno pytanie, którego celem było zbadanie wiary respondentów w jeden z najbardziej znanych i powielanych w społeczeństwie przesądów. Zostało postawione jako kontynuacja poprzedniego pytania o przesąd dotyczący koloru czarnego – pytano respondentów o to, czy wierzą, że czarny kot przynosi pecha. W odpowiedzi na pytanie: „Czy wierzy Pan/Pani, że czarny kot przynosi pecha?” większość respondentów (86%) odpowiedziało „zdecydowanie nie.” Pozostali respondenci byli niepewni lub mieli mieszane opinie. Niewielki odsetek respondentów (9,7%) odpowiedział „raczej nie”, natomiast 2,5% odpowiedziało „nie wiem”. Tylko 1,4% respondentów odpowiedziało „raczej tak”, a 0,2% odpowiedziało „zdecydowanie tak”.

Na podstawie uzyskanych odpowiedzi można wywnioskować, że idea czarnych kotów przynoszących pecha nie jest powszechnie wyznawanym przekonaniem wśród badanych. Jednak niewielki odsetek respondentów wyraził pewien poziom wiary w ten przesąd. Nie można zatem stwierdzić, że przesąd ten jest całkowicie nieobecny w badanej populacji.

2.2. Związek między umaszczeniem kota a cechami charakteru

W ankiecie postawiono respondentom również pytania dotyczące postrzegania czarnych kotów pod względem ich charakteru i wyglądu. Aby zbadać ogólne przekonania uczestników na temat związku między cechami charakteru kota a jego wyglądem fizycznym, druga część ankiety rozpoczęła się od następujących pytań: „Czy uważa Pan/Pani, że umaszczenie kota ma związek z jego cechami usposobienia?”. Jak wynika z badania, znaczna część respondentów (46,3%) nie wierzyła, że umaszczenie kota ma związek z jego cechami usposobienia, przy czym 26,6% odpowiedziało „raczej nie”, a 10,5% „nie wiem”. Tylko niewielki odsetek respondentów (4,3%) odpowiedział „zdecydowanie tak”, a 12,2% odpowiedziało „raczej tak”, co sugeruje, że część respondentów wierzy w korelację między kolorem umaszczenia kota a jego cechami usposobienia.

W kolejnych pytaniach z tego zakresu dotyczących kotów o czarnym umaszczeniu respondenci wykazali większą zgodność. Były to pytania: „Czy uważasz, że czarne koty są mniej atrakcyjne niż koty o innym umaszczeniu?” oraz „Czy uważasz, że czarne koty są mniej przyjazne niż koty o innym umaszczeniu?”. Jak wynika z badania, zdecydowana większość (80,2%) respondentów nie uznała czarnych kotów za mniej atrakcyjne od kotów o innych kolorach. Jednak niewielki odsetek respondentów (4,5%) uważał w jakimś stopniu czarne koty za mniej atrakcyjne, a tylko 0,9% wskazało odpowiedź „zdecydowanie tak”. Znaczna część respondentów (13,1%) odpowiedziała na to pytanie „raczej nie”, wskazując na stanowisko neutralne lub niepewne. Wyniki te sugerują, że większość respondentów nie sądzi, że czarne koty są mniej przyjazne od innych kotów, przy czym 79,1% respondentów wybrało jako odpowiedź „zdecydowanie nie”, a 14,5% „raczej nie”. Dodatkowo, tylko 1,7% respondentów wybrało jako odpowiedź „zdecydowanie tak” lub „raczej tak”, co wskazuje, że niewielki odsetek respondentów uważa, że czarne koty są mniej przyjazne. Pozostałe 4,7% respondentów wybrało odpowiedź „nie wiem”. Podobnie jak w poprzednim pytaniu,

respondenci zgodnie wskazali, że czarny kolor sierści kota nie wiąże się z mniej przyjaznym nastawieniem. Większość respondentów (79,1%) wybrała jako odpowiedź „zdecydowanie nie”, a 14,5% „raczej nie”. Tylko 1,7% respondentów wybrało jako odpowiedź „zdecydowanie tak” lub „raczej tak”, co oznacza, że niewielki odsetek badanych uważa, że czarne koty są mniej przyjazne. Niewielki odsetek respondentów (4,7%) nie miał pewności i wybrał odpowiedź „nie wiem”, wskazując na brak wiedzy lub opinii w tej sprawie.

Ogólnie rzecz biorąc, odpowiedzi uzyskane z powyższych pytań sugerują, że chociaż niektórzy ludzie mogą mieć pewne przekonania na temat związku pomiędzy kolorem umaszczenia kota a jego charakterem, przekonania te nie są powszechnie podzielane.

Uczestnikom badania przedstawiono pytanie, czy rodzaj sierści kota ma dla nich jakiegokolwiek znaczenie. Spośród wszystkich badanych 4,3% zdecydowanie uważało, że rodzaj umaszczenia kota ma dla nich znaczenie, natomiast 12,9% wybrało odpowiedź „raczej tak”. Około 3,4% respondentów nie miało pewności, czy rodzaj umaszczenia kota ma dla nich znaczenie, czy też nie. Jedna czwarta respondentów (25%) wybrała opcję „raczej nie”, wskazując na neutralne lub niezdecydowane stanowisko w tej sprawie. Większość respondentów, 54,4%, wybrała opcję „zdecydowanie nie”, twierdząc, że rodzaj umaszczenia kota nie ma dla nich znaczenia. Odpowiedzi sugerują, że większość respondentów nie przykładała większej wagi do rodzaju umaszczenia, jaką miał ich kot. Jednakże niewielka, ale znacząca mniejszość respondentów uznała, że rodzaj sierści jest dla nich ważny.

W ostatniej części ankiety respondentom pokazano zdjęcia sześciu kotów o różnym umaszczeniu, wszystkie w podobnych, neutralnych pozach (rys. 1), i poproszono o wskazanie, który kot ich zdaniem jest najbardziej przyjazny.



Źródło: Google Grafika

Rys. 1. Zdjęcia kotów, które oceniali respondenci

Największy odsetek respondentów (31,3%) wybrał kota nr 2 (czarny) jako najbardziej przyjaznego. Kot nr 6 (biało-czarny) został wybrany jako drugi najbardziej przyjazny przez 24,6% respondentów, a następnie kot nr 5 (biało-popielaty) przez 20,2%. Pozostałe trzy koty zostały wybrane przez mniejszy odsetek respondentów, przy czym kot nr 3 (rudy) przez 10,6%, kot nr 4 (biało-czarno-rudy) przez 8,3%, a kot nr 1 (pręgowany) zaledwie przez 5%. Wyniki te sugerują, że postrzeganie przyjazności kota przez respondentów nie opiera się wyłącznie na jego kolorze umaszczenia, ponieważ najbardziej przyjazny kot niekoniecznie był tym, który miał najpopularniejszy kolor umaszczenia.

Fakt, że kot postrzegany jako najbardziej przyjazny niekoniecznie był kotem o najpopularniejszym kolorze umaszczenia, wskazuje, że czynniki inne niż kolor mogły wpływać na opinie respondentów. Subiektywny charakter oceny „przyjazności” podkreśla również znaczenie indywidualnych preferencji w kształtowaniu postaw wobec kotów. Wyniki te świadczą o tym, że należy ostrożnie podchodzić do badań dotyczących związku między kolorem umaszczenia kota a jego postrzeganymi cechami charakteru, ponieważ na postrzeganie przez ludzi może wpływać wiele innych czynników. Oznacza to, że czynniki inne niż kolor, takie jak wyraz pyska, postawa, a nawet wcześniejsze doświadczenia danej osoby z kotami, mogą odgrywać rolę w kształtowaniu postrzegania przez nią cech charakteru kota. Ponadto, subiektywny charakter oceny „przyjazności” podkreśla znaczenie indywidualnych preferencji i uprzedzeń w kształtowaniu postaw wobec kotów.

3. Podsumowanie

Wyniki ankiety dowodzą, że przekonanie, iż czarne koty przynoszą pecha, nie jest powszechnym przesądem wśród badanej społeczności. Większość respondentów nie uznała czarnych kotów za mniej atrakcyjne lub mniej przyjazne niż inne koty, co wskazuje, że kolor sierści kota nie wpływa znacząco na jego postrzegane cechy charakteru. Na podstawie uzyskanych wyników można również stwierdzić, że postrzeganie przez ludzi cech charakteru kota, takich jak przyjazność, nie jest oparte wyłącznie na jego kolorze umaszczenia. Większość respondentów zapytana konkretnie o czarne koty nie uznała ich za mniej atrakcyjne lub mniej przyjazne niż koty w innych kolorach, co wskazuje, że negatywne stereotypy związane z czarnymi kotami mogą nie być powszechnie obowiązujące. Wyniki badania sugerują, że na postawy ludzi wobec kotów nie ma znaczącego wpływu ich wygląd fizyczny, a czynniki takie jak osobowość, zachowanie i temperament są uznawane za ważniejsze w określaniu sympatii lub atrakcyjności kota.

Chociaż mogą istnieć pewne kulturowe przekonania lub skojarzenia z niektórymi kolorami umaszczenia kotów, takie jak przesady dotyczące czarnych kotów, przekonania te niekoniecznie odzwierciedlają postawy większości właścicieli i miłośników kotów. Obecnie wiele przesądów, które łączyły koty, a w szczególności czarne koty z czarami, zostało przezwyciężonych.

Przyszłe badania nad syndromem „czarnego kota” mogą mieć szersze implikacje dla naszego zrozumienia tego, jak ludzie postrzegają zwierzęta i jak z nimi współdziałają. Badając czynniki, które wpływają na postawy ludzi wobec różnych zwierząt, możemy uzyskać wgląd w procesy psychologiczne i kulturowe, które kształtują nasze relacje z innymi gatunkami.

Literatura

- [1] Leonard A., The plight of “Big black dogs” in American animal shelters: Color-based canine discrimination. *Pap Kroeber Anthropol*, 2011, Vol. 99, s. 168–183.
- [2] Jones H.D., Hart C.L. Black cat bias: Prevalence and predictors. *Psychological reports*, 2020, Vol. 123(4), s. 1198–1206.
- [3] Gavin B. Halloween, Superstition, and Black Cat Bias, 2019.
- [4] Krajewska-Kułak E., Radziejewski P., Van Damme-Ostapowicz K., Lewko J., Jankowiak B., Kowalewska B., Wróblewska K., Chilińska J., Ortman E., Moczydłowska A. Postawy dorosłych i młodzieży wobec tradycyjnych przesądów i zabobonów. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2011, Vol. 92(3), s. 441–450.
- [5] Świtkowski J. Okultyzm i magia: w świetle parapsychologii. Oficyna Wydawnicza Polczek, 1990.
- [6] Sherman G.D., Clore G.L. The color of sin: White and black are perceptual symbols of moral purity and pollution. *Psychological science*, 2009, Vol. 20(8), s. 1019–1025.
- [7] Goworek A. Demon wiedźmy. Literackie przedstawienia kota-diabła i kota czarownicy na wybranych przykładach literatury światowej i polskiej (XIX–XXI wiek). *ZOO-PHILOLOGICA. Polish Journal of Animal Studies*, 2021, Vol. 8, s. 1–30.
- [8] Ronowska B. Zwierzęce wyobrażenia zła. Likantropia osób podejrzanych o czarostwo. Definicje i stan badań. W drodze ku przyszłości. *Pamiętnik XXIII Ogólnopolskiego Zjazdu Historyków Studentów*, Toruń, 2015, Vol. 2, s. 19–32.
- [9] Levack B.P. Polowanie na czarownice w Europie wczesnonowoczesnej. Zakład Narodowy im. Ossolińskich 2009.
- [10] Watson C.W., Ellen R.F. Understanding witchcraft and sorcery in Southeast Asia. University of Hawaii Press, 1993.
- [11] Kaya N., Epps H.H. Relationship between color and emotion: A study of college students. *College Student Journal*, 2004, Vol. 38(3), s. 396–405.
- [12] Hemphill M. A note on adults’ color–emotion associations. *The Journal of genetic psychology*, 1996, Vol. 157(3), s. 275–280.
- [13] Jurek K. Znaczenie symboliczne i funkcje koloru w kulturze, *Kultura-Media-Teologia*, 2011, Vol. 6, s. 68–80.
- [14] Crumley C. Exploring venues of social memory. *Social memory and history: Anthropological perspectives*, 2002, s. 39–52.
- [15] Workman M.K. Perceptions of personality: How what we see influences our perceptions about and behavior toward companion animals. *Companion animals in everyday life: Situating human-animal engagement within cultures*, 2016, s. 61–72.
- [16] Brown W.P., Morgan K.T. Age, breed designation, coat color, and coat pattern influenced the length of stay of cats at a no-kill shelter. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 2015, Vol. 18(2), s. 169–180.
- [17] Bennett V., Gourkow N., Mills D.S. Facial correlates of emotional behaviour in the domestic cat (*Felis catus*). *Behavioural processes*, 2017, Vol. 141, s. 342–350.
- [18] Kogan L.R., Schoenfeld-Tacher R., Hellyer P.W. Cats in animal shelters: Exploring the common perception that black cats take longer to adopt. *The Open Veterinary Science Journal*, 2013. Vol. 7(1), s. 18–22.

„BLACK CAT” SYNDROME

Abstract

The aim of this study was to investigate current predictions of the black cat syndrome in society, which refers to the phenomenon that black cats are stigmatised by society and adopted less than cats of other colours. A survey was conducted to determine the causes of this phenomenon, with a particular focus on the role of superstition and cultural attitudes towards black cats.

Keywords: black cat bias, cat, stereotype, superstition

Opiekun pracy
dr inż. Justyna Wojtaś

Recenzenci:
dr inż. Sławomir Beeger
dr hab. Piotr Czyżowski, prof. uczelni

ZAGROŻENIA ZIELENI MIEJSKIEJ W ASPEKTCIE WYSTĘPOWANIA OBCYCH GATUNKÓW ENTOMOFAUNY

Alicja Mokrzycka, Kamila Mazur, Izabela Sidor*, Paulina Piekarska

Uniwersytet Rzeszowski, Studenckie Koło Naukowe Krajobrazy,
ul. M. Ćwiklińskiej 1a, 35-601 Rzeszów

* e-mail: izabelasidor24@gmail.com

Streszczenie

W ostatnich dekadach obserwujemy narastający napływ obcych gatunków owadów, które mogą negatywnie oddziaływać na środowisko przyrodnicze. Miasto zмага się ze skutkami obecności tych organizmów. Istnieje wiele dróg, którymi gatunki inwazyjne przedostają się na nowe tereny, a do najbardziej istotnych zalicza się m.in. środki transportu międzynarodowego, w tym drogowy i lotniczy, oraz wymianę handlową o globalnym zasięgu, czego przykładem jest Rzeszów. Na kontynencie europejskim zaobserwowano występowanie wielu owadów agrofagów obcego pochodzenia, jednak wielu z nich nie odnotowano jeszcze na terenie Polski (popilia japońska, dumek jałowcowy, *Aromia bungii*). W przypadku niektórych stwierdzenie ich obecności na terenie naszego kraju pozostaje jedynie kwestią czasu.

Słowa kluczowe: organizmy obce, zieleń miejska, zagrożenia zieleni

1. Wprowadzenie

Inwazje obcych gatunków organizmów są jednym z najistotniejszych problemów przyrodniczych współczesnych czasów [26]. Zjawisko to wynika w dużej mierze z nasilającego się procesu globalizacji i postępującej urbanizacji [14, 36]. Zieleń miejska zмага się z coraz większymi zagrożeniami, które negatywnie na nią oddziałują. Zanieczyszczenia powietrza i wody, pyły, wysokie zasolenie podłoża, nadmiar metali ciężkich oraz hałas powodują tak zwany efekt miejskiej wyspy ciepła [6], a także straty, które w konsekwencji mają negatywny wpływ na wizerunek miasta. Zmiany w strukturze różnorodności gatunkowej roślin bez wątpienia zachodzą również pod wpływem działalności człowieka. Dzieje się to poprzez wprowadzanie do przestrzeni zarówno miejskiej, jak i wiejskiej obcych gatunków roślin, niespotykanych w naszej strefie klimatycznej [9]. Gwałtowne przyspieszenie rozwoju gospodarki napędza wzmożony transport i wymianę handlową. Sytuacji nie poprawia handel roślinami ozdobnymi, gdzie wśród ofert często dominują gatunki obce, a rodzime są coraz trudniej dostępne [36]. Niebagatelną rolę odegrać mogą gatunki zawleczone do Polski wraz z materiałem szkółkarskim i nasadzeniowym [38]. Istnieje szereg organizmów, których mimo że dotychczas nie odnotowano w naszym kraju, to ich zwalczanie w przyszłości może stanowić problem.

Brak konkurencji oraz mniejsza presja wrogów naturalnych powodują czasową lub trwałą niestabilność stosunków między gatunkami owadów napływających do miasta i tymi,

które już je zasiedliły [2, 3]. W miastach spotkać możemy zróżnicowaną florę drzew i krzewów, z których wiele nie występuje w środowisku naturalnym naszej części Europy, dlatego też w terenie zurbanizowanym obok agrofagów bardzo dobrze rozpoznanych w dużym nasileniu pojawiać się będą gatunki „niszowe”, znane jedynie wąskiej grupie miłośników roślin ozdobnych [38]. Celem pracy jest przedstawienie zagrożeń, które mogą wynikać z występowania zamieszkałych oraz jeszcze niestwierdzonych na terenie naszego kraju obcych gatunków entomofauny w odniesieniu do zieleni miejskiej.

2. Problem przybyszów w aspekcie szkodliwości

Antropopresja, jako wszelka działalność człowieka, znacznie przekształca nie tylko środowisko naturalne, lecz także powoduje zachwianie stabilności ukształtowanych już ekosystemów. Presja urbanizacyjna objawia się nie tylko poprzez deformację równowagi populacji rzadkich czy pożytecznych gatunków owadów, ale sprzyja również rozprzestrzenianiu się organizmów inwazyjnych, niewystępujących do tej pory na tych terenach [4, 19].

Za niepokojące z ekologicznego punktu widzenia przyjąć możemy pojawianie się na terenach zurbanizowanych gatunków rzadkich i chronionych, dla których środowisko miejskie jest obce i z dużym prawdopodobieństwem niekorzystne w ich cyklu rozwojowym [8].

Struktura ilościowo-jakościowa entomofauny miejskiej kształtuje się w zależności od cech, jakie charakteryzują określone gatunki, np. zdolność przemieszczania się i migrację w obrębie miasta, a także spoza jego obszaru, możliwość bytowania na niewielkich areałach czynnych biologicznie czy też zdolność do synurbizacji (gatunki eusynantropijne, semisynantropijne, synurbizujące się, przypadkowe) [39] oraz obecność roślin żywicielskich.

2.1. Ćma bukszpanowa *Cydalima perspectalis* Walker 1859 (*Lepidoptera, Crambidae*)

W naszym kraju występuje szeroka gama inwazyjnych gatunków, które zostały nieświadomie zawleczone wraz z transportem.

Jednym z nich jest *Cydalima perspectalis* (ryc. 1), która w ostatnim czasie silnie rozprzestrzeniła się w całej Europie, m.in. w Niemczech w latach 2006–2007, w Polsce w 2012 r., natomiast w Rzeszowie był to rok 2016 [5, 10]. Motyl ten spowodował straty wizualne terenów zielonych, w szczególności bukszpanu wieczniezielonego *Buxus sempervirens* (L.). Gąsienice tego gatunku mogą powodować znaczne uszkodzenie liści bukszpanu, często stanowiącego żelazny punkt nasadzeń w miejskich parkach i ogrodach [38], powodując powstawanie białych plam, które żółkną, zasychają i wykruszają się (ryc. 2). Doprowadza to do zatrzymania procesów asymilacyjnych i transpiracji, co skutkuje zamieraniem porażonego krzewu. Zwalczanie tego agrofaga przez długi czas było istotnym problemem z uwagi na liczbę pokoleń (3–4), które wydaje w ciągu sezonu ćma bukszpanowa, oraz kilkuletni brak zarejestrowanych chemicznych środków ochrony roślin. Dostępnych na rynku było jedynie kilka preparatów biologicznych, opartych na działaniu bakterii *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915, które obecnie są dostępne również dla użytkowników profesjonalnych, jak i nieprofesjonalnych. Do zwalczania *C. perspectalis* dopuszczono preparaty chemiczne z grupy pochodnych neonikotynoidów (acetamipryd) dla użytkowników profesjonalnych i nieprofesjonalnych oraz preparaty z grupy makrocyklicznych laktonów (benzoesan emamektyny) do stosowania przez profesjonalistów [29].



Fot. dr inż. T. Olbrycht

Ryc. 1. Dorosły osobnik *Cydalima perspectalis*



Fot. dr M. Kucharska-Świerszcz

Ryc. 2. Gąsienica *Cydalima perspectalis*

2.2. Skupieniec lipowy *Oxycarenus lavaterae*, Fabricius, 1787 (Hemiptera, Lygaeidae)

Ocieplenie klimatu przyczyniło się do aklimatyzacji nowych gatunków w Europie. *Oxycarenus lavaterae* (ryc. 3) został odnotowany po raz pierwszy w 2014 roku w Rzeszowie i było to jego pierwsze stanowisko w Polsce [18]. W Europie znany jest od trzech dekad. Pluskwiak rozwija się na roślinach z rodziny ślazowatych. Głównie masowo pojawia się na drzewach z rodzaju lipa *Tilia* (L.), tworząc rozległe agregacje liczące setki osobników. Trudno jednoznacznie stwierdzić, czy lipy stanowią źródło pokarmu owada, czy też wyłącznie są miejscem jego zimowania. Istnieje prawdopodobieństwo przenoszenia patogenów oraz grzybów przez pluskwiaka. Istotnym zagadnieniem dotyczącym regulacji populacji tego agrofaga jest niedostateczna pewność co do konieczności zwalczania tego organizmu, jak również brak znanych metod jego zwalczania bądź ograniczania.



Fot. dr inż. T. Olbrycht

Ryc. 3. Dorosły osobnik *Oxycarenus lavaterae*

2.3. Prześwietlik platanowy *Corythucha ciliata* Say, 1832 (Hemiptera, Tingidae)

Corythucha ciliata to pluskwiak, który przybył z Ameryki Północnej. W Europie znany jest od lat 60. XX w. W Polsce pierwszy osobnik został opisany na podstawie przypadkowo odłowionych owadów na szybie autobusu miejskiego we Wrocławiu w 2009 roku [30] (ryc. 4). W Rzeszowie został po raz pierwszy odnotowany w 2010 roku [7]. *C. ciliata* to gatunek inwazyjny i w literaturze często podkreśla się rolę transportu drogowego jako jednego z ważniejszych czynników odpowiedzialnych za rozprzestrzenianie się gatunków inwazyjnych, szczególnie na większe odległości, chociaż owady dorosłe tego gatunku są uważane za dobrych lotników [17].

Natomiast przy udziale wiatru zwiększa się jego zasięg. Stadium larwalne jak i dorosłe są tutaj największym zagrożeniem, żerują one na dolnej stronie liści wzdłuż nerwu głównego. Wskutek jego żerowania dochodzi do odbarwiania blaszek w konsekwencji prowadzących do zamierania rośliny. Według części autorów gatunek jest w stanie przetrwać zimy do temp. -10°C [17]. W warunkach klimatu przejściowego typowego dla naszego kraju, szczególnie w niektóre lata, może okazać się to niewystarczające. Istnieją jednak doniesienia, że *C. ciliata* przeżywa w temperaturach do -24°C [31, 33]. Zdolność przetrwania gatunku w skrajnych warunkach zimowych wydaje się być podstawowym czynnikiem, od którego będzie zależała możliwość trwałego zdomowienia się tego owada na platanach rosnących w Polsce [8]. Intensywne żerowanie organizmu doprowadzić może do znacznego zniszczenia aparatu asymilacyjnego platanów [7].



Fot. dr inż. T. Olbrycht

Ryc. 4. Dorosły osobnik *Oxycarenus lavaterae*

2.4. Popilia japońska *Popillia japonica* Newman, 1841 (Coleoptera, Scarabaeoidea)

Gatunek polifagiczny pochodzący z Azji. *Popillia japonica* zawleczony został do Ameryki Północnej, gdzie stał się znacznie groźniejszym szkodnikiem roślin niż w naturalnym środowisku (ryc. 5). Na kontynencie europejskim znany z wystąpienia na takich obszarach jak m.in. Szwajcaria, Portugalia (Azory) czy Włochy [22]. Chrząszcz rozwija się na liściastych roślinach zielnych i drzewiastych. Znany jest z występowania na ponad 300 gatunkach roślin [24]. Najczęstszymi roślinami, na jakich żeruje, są: klon, jabłoń, morela, róża, kukurydza, brzoza. Larwy żyją w glebie, gdzie odżywiają się materią organiczną i korzeniami, powodując zamieranie rośliny. Szkodniki rozprzestrzeniają się naturalnie przez przeloty dorosłych chrząszczy. Gatunek rozwlekany również wraz z glebą, w której występują jego stadia przedimaginalne oraz z przesyłkami zasiedlonego materiału [24]. Temperatura, a zwłaszcza wil-

gotność gleby, to główne czynniki, które mogą ograniczyć potencjalne rozprzestrzenianie się chrząszcza na nowe obszary. *P. japonica* jest dostosowany do regionów, w których średnia temperatura gleby wynosi od 17,5 do 27,5°C latem i powyżej -9,4°C zimą [27]. Zwalczanie polega na stosowaniu głównie zabiegów chemicznych, odławianiu owadów w pułapki i ich fizycznym niszczeniu [24]. W Polsce, a także na terenie całej Unii Europejskiej, popilia japońska jest organizmem kwarantannowym i podlega obowiązkowi zwalczania [24].



Źródło: opracowanie PIORiN

Ryc. 5. Dorosły osobnik *Popillia japonica*

2.5. Dumek jałowcowy *Lamprodila festiva* Linnaeus, 1767 (*Coleoptera, Buprestidae*)

Dumek jałowcowy *Lamprodila festiva* (rys. 6) to chrząszcz, który do niedawna zaliczany był do rzadkich i chronionych owadów. W latach 2012–2016 stwierdzono jego liczne występowanie i zauważalne szkody w wielu krajach europejskich (m.in. Węgry, Rumunia). Obecnie jego zasięg występowania zbliża się do granic Polski, w Słowacji licznie opanowuje żywotniki i jałowce, prowadząc do ich zamierania [28]. Atakuje on zarówno zdrowe, jak i osłabione rośliny. Jest on charakterystycznym organizmem przez swoje metaliczne, niebiesko-zielone zabarwienie.

Zaobserwowano, że dumek preferuje pojedyncze drzewa, zamiast drzew rosnących w grupach. Samice często szukają granicy między częścią nasłonecznioną a zacienioną. Przypuszcza się, że grzyby z rodzaju *Aspergillus* są przyczyną, dla której larwy wykonują pod korą kręte i poziome tunele powodujące uszkodzenie układu naczyniowego drzew [34]. Ograniczanie populacji tego agrofaga obecnie odbywa się poprzez metodę biotechniczną, czyli stosowanie pułapek feromonowych [13].



Źródło: opracowanie A. Ruicanescu i A. Stoica [35]

Ryc. 6. Dorosły osobnik *Lamprodila festiva*

2.6. *Aromia bungii*, Faldermann, 1835 (Coleoptera, Cerambycidae)

Jest to gatunek chrząszcza pochodzący z Azji. *Aromia bungii* (ryc. 7) znaczący szkodnik drzew owocowych oraz leśnych, a procesy rozwoju przechodzi na różnych gatunkach z rodzaju *Prunus* (L.) (szczególnie na brzoskwini, moreli, śliwie i wiśni). Najbardziej narażone są drzewa z widocznymi spękaniem kory, w których samice składają jaja [23]. Zasięg jego naturalnego występowania jest bliżej nieokreślony, natomiast na terenie Unii Europejskiej, w tym Polski, jest gatunkiem kwarantannowym oraz podlega obowiązkowi zwalczania. Do tej pory w Unii Europejskiej znany z wystąpienia na terenie krajów takich jak Niemcy i Włochy [21]. Szkodnik rozprzestrzenia się poprzez przeloty postaci dorosłych wraz z transportem opanowanego przez niego materiału roślinnego czy też na drewnianych materiałach opakowaniowych (DMO). Temperatura jest ważnym czynnikiem, który decyduje o długości cyklu rozwojowego. Osobniki dorosłe są zdolne do przetrwania tygodni w temperaturze 8°C [11].

Jego aktywne rozprzestrzenianie wiąże się z występowaniem odpowiednich roślin żywicielskich oraz prawdopodobnie pod wpływem bodźców feromonowych uwalnianych przez samce tego gatunku [40]. Poszerzanie jego zasięgu szacuje się na 2–3 km na sezon, jednak na tę odległość wpływają obfitość i bliskość występowania odpowiednich dla niego roślin żywicielskich [35]. *Aromia bungii* może rozprzestrzeniać się w towarach drewnianych [12] w stadium przedimagnalnym tego szkodnika [23]. Jego szkodliwość dotyczy żerowania na bieli i twardzieli pni oraz dużych gałęzi, co doprowadza do osłabienia drzew, a w niektórych przypadkach nawet do ich śmierci [16]. Wykrywanie porażonych drzew jest możliwe dzięki nagromadzeniu odchodów widocznych głównie u podstawy pnia.



Źródło: opracowanie R. Griffo [20]

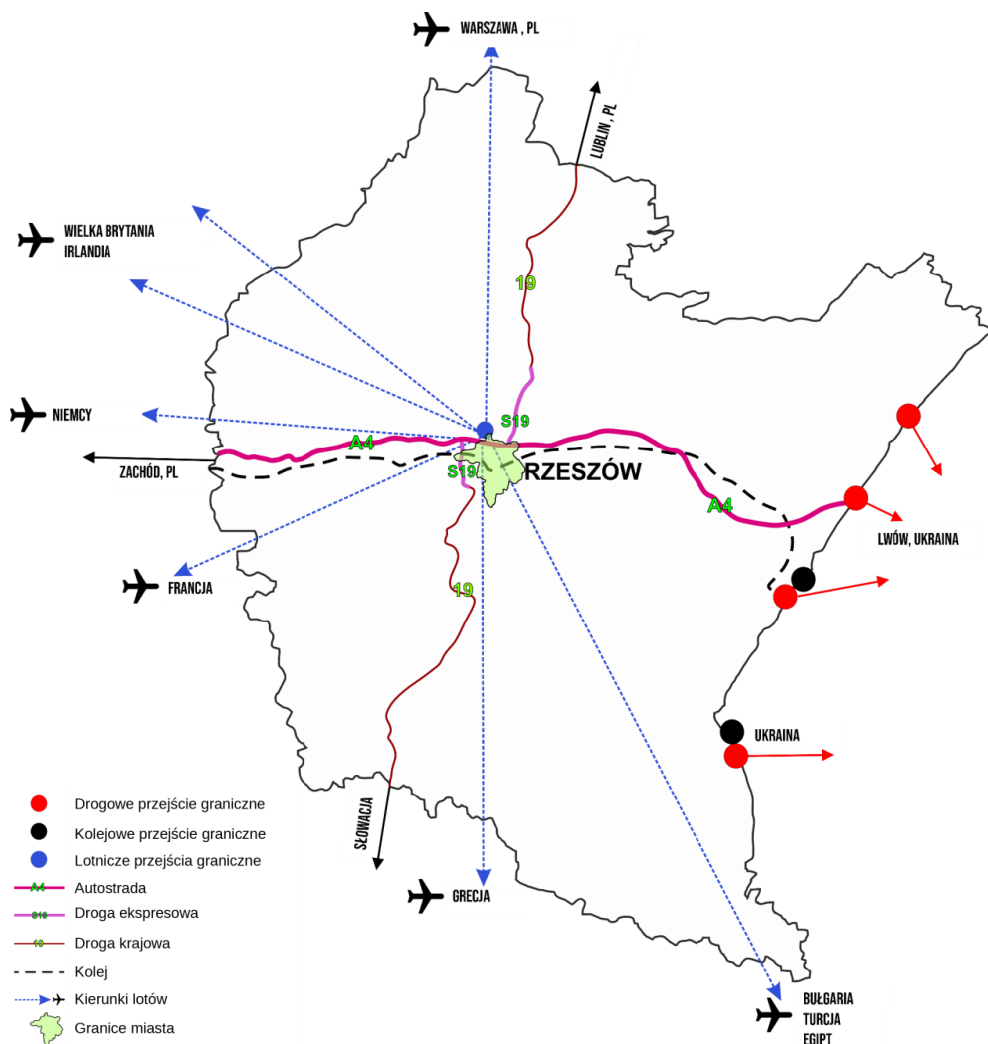
Ryc. 7. Dorosły osobnik *Aromia bungii*

3. Zagrożenie ze strony obcych gatunków entomofauny dla miasta Rzeszowa

Rzeszów jest miastem zlokalizowanym w południowo-wschodniej części Polski w województwie podkarpackim. Dynamicznie rozwija się tu przemysł związany z lotnictwem, informatyką i nowymi technologiami.

Ponadto Rzeszów cechuje się strategiczną lokalizacją, bowiem znajduje się na skrzyżowaniu ważnych szlaków komunikacyjnych oraz sąsiaduje z Ukrainą, gdzie obowiązują nieco odmienne przepisy fitosanitarne, co może przyczyniać się do większej możliwości przenikania obcych gatunków na teren Unii Europejskiej. W stolicy Podkarpacia krzyżują się międzynarodowe trasy: z Drezna do Lwowa i Kijowa, z Gdańska na Słowację i południe Europy, drogi krajowe łączące kraje skandynawskie i nadbałtyckie z państwami Europy Środkowo-Wschodniej, E-30 [25], autostrada A4 prowadząca z zachodu kraju na jego wschód oraz magistrała kolejowa. Nowoczesny port lotniczy Rzeszów-Jasionka uzupełnia sieć drogową i kolejową (rys. 8). Przyjmuje on wszystkie typy samolotów, w tym pasażerskie, towarowe oraz wojskowe, których liczba lotów w ostatnim czasie znacznie się zwiększyła.

Rozwój urbicenozy i towarzysząca jej globalna wymiana towarów przyczyniają się do zmian ekologicznych, które współcześnie są dynamiczne i nieprzewidywalne. Pojawia się swego rodzaju niepewność w aspekcie kolonizacji i zadomowienia napływających gatunków obcych [10]. Powyższe czynniki przyczyniają się do niekontrolowanego przenikania organizmów. Podróżujący w nieświadomy sposób mogą pomagać w ich przemieszczaniu się np. poprzez bagaże turystyczne. Organizmy te w łatwy sposób mogą się rozprzestrzeniać za pomocą różnych środków transportu, np. tir w kolorze żółtym lub białym potrafi zwiabić



Źródło: opracowanie dr M. Kucharska-Świerszcz

Rys. 8. Mapa województwa Podkarpacia ze znaczącymi drogami transportu

owady i przetransportować w inne rejony, które narażają leżące na ich trasie miasta i okolice. Według danych programu *Better Training for Safer Food* (BTSF) realizowanego przez Komisję Europejską, najczęściej zawlekanymi owadami są: chrząszcze, pluskwiaki, muchówki i motyle, a ich nośnikiem są zarówno żywe rośliny, jak i drewno oraz drewniane materiały opakowaniowe (DMO) [20]. Z danych literaturowych wynika, że w ciągu dwóch ostatnich dekad w Rzeszowie, poza wymienionymi w podrozdziałach 2.1–2.3 organizmami, stwierdzono występowanie również innych gatunków obcego pochodzenia, takich jak biedronka azjatycka (*Harmonia axyridis*) [9], *Stelidota geminata* [32], licinek tujowiaczek (*Argyresthia thuiella*) [1], szrotówek kasztanowcowiaczek (*Cameraria ohridella*) [15], wtyk amerykański

(*Leptoglossus occidentalis*) [7] czy kolcoróg bizoniak [37]. Są to głównie gatunki fitofagiczne, których występowanie wiąże się z zagrożeniem dla uprawianych w mieście roślin ozdobnych i użytkowych. W przypadku jakichkolwiek podejrzeń występowania agrofagów kwarantannowych na materiale z importu oraz w lasach, sadach, zieleni miejskiej na terenie kraju należy poinformować o tym fakcie najbliższą jednostkę organizacyjną Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa.

4. Podsumowanie

Znaczna zmiana klimatu i jej konsekwencje wyraźnie powodują zmiany zachodzące na poziomie ekosystemów oraz różnorodności biologicznej. Ponadto szybko postępująca urbanizacja również negatywnie wpływa na bioróżnorodność środowiska. Przyrost infrastruktury miejskiej, takiej jak punkty transportowe i logistyczne, sprzyja szerzeniu się agrofagów. Literatura wskazuje, że transport odgrywa kluczową rolę w przenoszeniu i rozprzestrzenianiu się gatunków obcych. Wprowadzenie nowych gatunków obcych do ekosystemów miejskich może prowadzić do ich zadomowienia, co z kolei może spowodować dalsze ekspansje i zajmowanie nowych obszarów. Czynniki sprzyjające zadomowieniu tych gatunków obejmują różnorodne sposoby wykorzystania gruntów, obecność wielu gatunków roślin, szczególnie tych pochodzących z innych regionów, oraz dużą ilość powierzchni nieprzepuszczalnych, które prowadzą do efektu miejskiej wyspy ciepła. Prognozy wskazują, że różnorodność organizmów obcego pochodzenia lub inwazyjnych w obszarach miejskich będzie nadal wzrastać, zwłaszcza że takie gatunki są bardziej przystosowane do przetrwania w warunkach miejskich. W związku z tym ważne jest, abyśmy świadomie podejmowali działania mające na celu ochronę naszych ekosystemów i różnorodności biologicznej w celu zmniejszenia skutków tych zmian.

Literatura

- [1] Baran T. On The New And Rare Microlepidoptera (Lepidoptera) In Polish Fauna. Polish Journal Of Entomology, 2008, 77, 133–143.
- [2] Barnett L., Phillips B., Hoskin C. Going Feral, Time And Propagule Pressure Determine Range Expansion Of Asian House Geckos Into Natural Environments. Austral, 2017, Ecol 42, s. 165–75.
- [3] Boroń M., Simon R. Wpływ czynników antropogenicznych na bioróżnorodność owadów. Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine, 2016, 19 (3), s. 65–69.
- [4] Bullock J., Bonte D., Pufal G., Da Silva Carvalho C., Chapman D., García C., García D., Matthysen E., Delgado M. Human-Mediated Dispersal And The Rewiring Of Spatial Networks. Trends In Ecology & Evolution, 2018, 33, s. 958–970.
- [5] Bury J., Olbrycht T., Mazur K., Babula P., Czudec P. First Records Of The Invasive Box Tree Moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) In South-Eastern Poland. Fragmenta Faunistica, 2017, 60 (2), s. 101–106.
- [6] Czerniakowski Z.W. Miejskie farmy jako alternatywa dla nieroztropnej urbanizacji. Polish Journal For Sustainable Development, 2016, 20, s. 29–36.
- [7] Czerniakowski Z.W. Olbrycht T. Gatunki inwazyjne i ich rola w historycznych założeniach parkowych. Czasopismo Techniczne – Architektura, 2015, 5, s. 33–40.

- [8] Czerniakowski Z.W., Olbrycht T. Wpływ zanieczyszczenia światłem na entomofaunę. Polish Journal For Sustainable Development, 2017, Tom 21 (2), s. 10–11.
- [9] Czerniakowski Z.W., Olbrycht T., Kucharska-Świerszcz M. Entomofauna miasta w obliczu zmian klimatu i postępującej urbanizacji [W:] Między architekturą a ekologią krajobrazu, Problemy Ekologii Krajobrazu T., 2018, XLVII, s. 27–32.
- [10] Davinack A., Towards A., More Inclusive And Diverse Invasion Biology Workforce. Bioinvasions Records, 2022, 11(2), s. 307–311.
- [11] De La Peña E., Schrader G., Vos S. European Food Safety Authority (Efsa). Pest Survey Card On Aromia Bungii, 2019, s. 7–19.
- [12] Eppo (European And Mediterranean Plant Protection Organization), Eppo Pest Risk Analysis For Aromia Bungii. Eppo, Paris, 2014, s. 64.
- [13] Faucheux, M. J., Németh, T., Hoffmannova, J., Kundrata, R. Scanning Electron Microscopy Reveals The Antennal Micromorphology Of Lamprodila (Palmar) Festiva (Coleoptera, Buprestidae), An Invasive Pest Of Ornamental Cupressaceae In Western Palaearctic. Biology, 2020, 9 (11), s. 375.
- [14] Fischer L.K., Von Der Lippe M., Kowarik I. Urban Land Use Types Contribute To Grassland Conservation, The Example Of Berlin. Urban Forestry & Urban Greening 12, 2013, s. 263–272.
- [15] Głowaciński Z., Okarma H., Pawłowski J., Solarz W. Gatunki obce w faunie Polski i przegląd i ocena stanu, Kraków 2011.
- [16] Gressitt J.L. Destructive Long-Horned Beetle borers at Canton, China. Special Publication 1. Lingnan Natural History Survey and Museum, Lingnan University, 1942, Canton, China, s. 1–60.
- [17] Halbert S.E., Meeker J. Sycamore Lace Bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera, Tingidae). Entomology Circular, 1998, 387, s. 1–2.
- [18] Hebda G., Olbrycht T. *Oxycarenus lavaterae* (Fabricius, 1787) (Hemiptera, Heteroptera, Oxycarenidae), Gatunek nowy dla fauny Polski. Wiadomości Entomologiczne, 2016, 35 (3), s. 133–136.
- [19] Hölker F., Wolter C., Perkin E.K., Tockner K. Light Pollution As A Biodiversity Threat. Trends In Ecology And Evolution, 2010, 25, s. 681–682.
- [20] https://Ec.Europa.Eu/Food/Safety/Btsf_En (dostęp 28.04.2023).
- [21] <https://gd.eppo.int/taxon/AROMBU/distribution> (dostęp 25.07.2023)
- [22] <https://gd.eppo.int/taxon/POPIJA/distribution> (dostęp 25.07.2023)
- [23] https://Piorin.Gov.Pl/Files/Userfiles/Giorin/Publikacje/Ulotki/Aromia_Bungii_Aktualizacja_2022.Pdf (dostęp 26.04.2023).
- [24] https://Piorin.Gov.Pl/Files/Userfiles/Giorin/Publikacje/Ulotki/P_Japonica_Wyd.1.Pdf (dostęp 25.07.2023).
- [25] <https://Www.Erzeszow.Pl/Pl/511-Transport-I-Komunikacja/6923-Infrastruktura-Komunikacyjna-Miasta-Rzeszowa.Html> (dostęp 26.04.2023).
- [26] Kadej M., Tarnawski D., Smolis A., Zajac K., Szwalko P., Regner J. Nowe dane o wybranych obcych i inwazyjnych owadach w Polsce. Przyroda Sudetów, 2019, 22, s. 83–96.
- [27] Kompendium Gatunków Inwazyjnych Cabi 2018. *Popillia Japonica* (japoński chrząszcz), Ostatni arkusz danych zmieniony, 14.07.2018 r.
- [28] Kosibowicz M. Śródziemnomorska bogatka cyprysowa – zagrożenie polskich żywotników, Szkodniki owadzie. Las Polski 18/2021, s. 26–27.

- [29] Kucharska-Świerszcz M., Olbrycht T., Czerniakowski Z.W. The Occurrence And Harmfulness Of Box Treemoth *Cydalima Perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) In The Podkarpackie Province (Se Poland). *Bioinvasions Records*, 2022, 11 (1), s. 84–94.
- [30] Lis B. *Corythucha ciliata* (Say 1832) (Hemiptera, Heteroptera, Tingidae) – gatunek pluskwiaka nowy dla fauny Polski. *Opole Scientific Society Nature Journal*, 2009, 42, s. 119–122.
- [31] Mazurek J. Prześwietlik platanowy *Corythucha Ciliata* (Say, 1832) (Hemiptera, Heteroptera, Tingidae) We Wrocławiu (Dolny Śląsk). *Heteroptera Poloniae – Acta Faunistica*, Opole, 31 Xii 2010, Vol. 2, 7–10, s. 9.
- [32] Olbrycht T., Kucharska-Świerszcz M. New Data Of The Occurrence Of Invasive Species Strawberry Sap Beetle *Stelidota Geminata* (SAY, 1825) (Coleoptera, Nitidulidae) In Poland. *Wiadomości Entomologiczne*, 2021, 40 (3), s. 8–9.
- [33] Rojht H., Mesko A., Vidrih M., Trdan S. Insecticidal Activity Of Four Different Substances Against Larvae And Adults Of Sycamore Lace Bug (*Corythucha Ciliata* [Say], Heteroptera, Tingidae). *Acta Agriculturae Slovenica*, 2009, 93 (1), s. 31–36.
- [34] Ruicănescu A., Stoica A. The Distribution And Behaviour Studies On A New Invasive Buprestid Species, *Lamprodila Festiva* (Coleoptera, Buprestidae) In Romania, *Travaux Du Muséum National D’histoire Naturelle “Grigore Antipa”*, 2019, 62 (1), s. 52.
- [35] Smith J. Npag Report, *Aromia Bungii* (Faldermann), Redneck Longhorned Beetle Coleoptera/Cerambycidae. New Pest Advisory Group (Npag), Plant Epidemiology And Risk Analysis Laboratory, 2009, Center For Plant Health Science & Technology, Aphis, Usda, Washington, DC, USA.
- [36] Szwalko P., Mielczarek Ł. Obce gatunki drzew oraz niepożądani goście w mieście, drzewa w zieleni miejskiej “Life Urban Green”, Kraków 2020, s. 109.
- [37] Świerczewski D., Stroiński A. The first record of the Nearctic treehopper *Stictocephala bisonia* in Poland (Hemiptera, Cicadomorpha, Membracidae) with some comments on this potential pest. *Polish Journal of Entomology*, 2011, 80 (1), s. 13–22.
- [38] Trojan P., Winiarska G. Miasto Jako Archipelag Wysp Śródlądowych. [W:] Indykiewicz P., Barczak T., Kaczorowski G. (Red.). *Bioróżnorodność i ekologia populacji zwierzęcych w środowiskach zurbanizowanych*. Wyd. Nice. Bydgoszcz, 2001, s. 10–16.
- [39] Winiarska G. Owady w mieście – wybrane zagadnienia dotyczące zagrożenia i ochrony entomofauny w ekosystemie miejskim. *Wiad. Entomol.*, 2000, 18, s. 121–128.
- [40] Xu T., Yasui H., Teale S., Fujiwara-Tsujii N., Wickham J., Fukaya M., Hansen L., Kiriya S., Hao D., Nakano A., Zhang L., Watanabe T., Toloro M. And Millar J. Identification Of A Male-Produced Sex- Aggregation Pheromone For A Highly Invasive Cerambycid Beetle, *Aromia Bungii*. *Scientific Reports*, 2017, 7 (1), s. 7330.

THREATS TO URBAN GREENERY IN THE ASPECT OF THE PRESENCE OF ALIEN SPECIES OF ENTOMOFAUNA

Abstract

In recent decades, we have observed a growing influx of alien insect species that may have a negative impact on the natural environment. The city is struggling with the effects of these organisms. There are many ways for invasive species to enter new areas, and the most important are: international transport, including road and air transport, as well as global trade, an example of which is Rzeszów. On the European continent, the occurrence of many insect pests of foreign origin has been recorded, but many of them have not yet been recorded in Poland (*Popillia japonica*, *Lamprodila festiva*, *Aromia bungii*).

In the case of some, the confirmation of their presence in our country is only a matter of time.

Key words: alien organisms, urban greenery, threats to greenery

Opiekun pracy
dr Monika Kucharska-Świerszcz

Recenzenci:
dr hab. inż. Janina Zawieja
dr hab. Iwona Gruss

WODA W KRAJOBRAZIE MIASTA RZESZOWA. ZNACZENIE, FORMY I FUNKCJE

Angelika Kasprzyk, Marzena Duda*, Adam Bożek

Uniwersytet Rzeszowski, Studenckie Koło Naukowe Krajobrazy,
ul. A. Zelwerowicza 4, 35-001 Rzeszów

*e-mail: marzena.duda@onet.com.pl

Streszczenie

Woda od zawsze pełniła ważną rolę w kreowaniu przestrzeni. Początkowo głównie postrzegana była jako źródło wody pitnej. Następnie dostrzeżono, że woda równie ważna jest dla innych organizmów, którym tworzy siedlisko życia. W późniejszych okresach wodę zaczęto wykorzystywać także do celów rekreacyjnych i estetycznych w kreowaniu miast. Celem pracy była próba zbadania i usystematyzowania różnych form wody w przestrzeni miasta na przykładzie Rzeszowa; jej znaczenia i funkcji w przestrzeni zurbanizowanej. Analizy kartograficzne oraz inwentaryzacja fotograficzna wykazały, iż przez teren Rzeszowa przepływa główna rzeka Wisłok wraz z 12 dopływami. Zinventaryzowano również 4 tereny zabagnione i torfowiskowe, 3 sztuczne zbiorniki wodne, 175 studni publicznych, 11 źródeł ulicznych w formie poidelek i 17 fontann towarzyszących przestrzeniom publicznym. Wykonano pilotażowe badania zbiorowisk bentosowych sinic i glonów rozwijających się w fontannie w ogrodach bernardyńskich jako dowód, że naturalne ciekły i zbiorniki wodne, jak i fontanny mają znaczenie ekologiczne, są ostoją bioróżnorodności w gęsto zabudowanych przestrzeniach zurbanizowanych.

Słowa kluczowe: hydrografia, ekosystemy wodne, sinice, glony

1. Wprowadzenie

Od zawsze rzeki wywierały potężny wpływ na powstawanie i rozwój ludzkich cywilizacji. Większość starożytnych kultur potęgę zawdzięczało właśnie wielkim systemom rzeczonym. Dostępność wody warunkowała lokalizowanie pierwszych osad rolniczych. W sąsiedztwie wielkich rzek: Nilu, Eufratu, Tygrysu, Gangesu, Indusu, Huang-He powstawały cywilizacje takie jak: Egipt, Mezopotamia, Chiny i Indie. Rzeki od zawsze spełniały szereg funkcji. Przede wszystkim zaopatrywały mieszkańców w wodę do picia i do potrzeb sanitarno-higienicznych. Pełniły także funkcje obronną i transportową [4].

Z czasem w starożytnym Rzymie zaczęły powstawać swego rodzaju założenia architektoniczno-wodne, tzw. nimfea, będące zakończeniem wodociągów, które dostarczały wodę do miasta. Nimfea zaopatrywały mieszkańców w wodę, ale także stały się symbolem imperium i jego potęgi. W późniejszych okresach budowano fontanny i zbiorniki wodne, nie tylko w miastach, lecz również w rozległych założeniach ogrodowych. W tym przypadku założenia wodne miały głównie znaczenie estetyczne; podkreślały piękno małej architektury oraz otaczającej przyrody. Założenia wodne w ogrodach służyły rozrywce i relaksowi, a wielkość fontann i zbiorników wodnych różniły się między sobą w zależności od ich

przeznaczenia i pełnionych funkcji. W późniejszych czasach fontanny zaczęły zastępować studnie w przestrzeniach miejskich. W epoce renesansu założenia wodne ewoluowały w rozległe kompozycje przestrzenne. Wiele z nich było bardzo ozdobnych z elementami rzeźbiarskimi, często urządzonych z wielkim przepychem [6].

Do czasu rewolucji przemysłowej formy wodne w przestrzeniach publicznych świadczyły o randze i prestiżu arystokrackich założeń pałacowo-ogrodowych, które były dostępne tylko dla uprzywilejowanych osób. Dopiero w XIX wieku zaczęły powstawać ogólnodostępne przestrzenie o charakterze typowo rekreacyjnym, m.in. parki i skwery miejskie. Zieleni towarzyszyły założenia wodne takie jak: fontanny, baseny, stawy i inne zbiorniki wodne. Płynąca lub tryskająca woda miała zapewnić mieszkańcom kontakt z naturą. W XX wieku formy wodne stanowiły nie tylko element estetyczny przestrzeni publicznej, ale były namiastką natury, której brakowało ludziom na terenach miejskich [6].

Elementy środowiska takie jak zieleń i woda są niezbędne człowiekowi do życia. Oddziaływanie zbiorników wodnych może zniwelować negatywne zjawiska środowiskowe pojawiające się wskutek nadmiernej zabudowy w mieście. Brak wody może wpłynąć na zanik i degradację bioróżnorodności w przestrzeniach miejskich. Woda obniża temperaturę i podwyższa wilgotność powietrza, co ma ogromny wpływ na funkcjonowanie ludzi. Ponadto gorące powietrze jest skupiskiem zanieczyszczeń i pyłów. Woda ma ogromny wpływ na zdrowie psychiczne człowieka. Umożliwienie kontaktu z różnymi formami wodnymi w przestrzeni miejskiej warunkuje kształtowanie wysokiej jakości przestrzeni publicznych [6].

2. Ekosystem miasta Rzeszowa

Pod względem administracyjnym Rzeszów należy do województwa podkarpackiego i jest jego stolicą. Zgodnie z danymi Urzędu Statystycznego w Rzeszowie liczba ludności w dniu 30 czerwca 2021 roku wynosiła 198 476 mieszkańców (pobyt stały i tymczasowy). Rzeszów położony jest w odległości około 90 km od państwowej granicy z Ukrainą oraz Słowacją [11].

Zgodnie z fizycznogeograficznym podziałem Polski, obszar rzeszowskiej aglomeracji leży w obrębie Pogórza Rzeszowskiego i Kotliny Sandomierskiej. Pogórze Rzeszowskie tworzy przykarpacką część Kotliny Sandomierskiej, która rozciąga się między dolinami Wisłoka i Sanu. Aglomeracja w południowej części Pogórza Rzeszowskiego graniczy z Pogórzem Dynowskim i Strzyżowskim. Natomiast sam Rzeszów położony jest w zachodniej części Pogórza Rzeszowskiego [11].

W aspekcie hydrograficznym obszar Rzeszowa przynależy do dorzecza Wisłoka oraz lewego dopływu Sanu. Na terenie Rzeszowa Wisłok spiętrzony jest stopniem wodnym, tworząc tzw. rzeszowski zbiornik. Rzeka ta ma znaczący wpływ na stosunki wodne czwartorzędowego piętra, drenując je podczas niskich i średnich stanów, natomiast w okresie wezbrań podpiętrzając wody gruntowe. Wisłok płynie z południa na północ i przepływa przez Pogórze Strzyżowskie i Dynowskie, a następnie przez Podgórze Rzeszowskie. W południowej części Rzeszowa do Wisłoka wpada rzeka Strug [11].

Dolina Wisłoka stanowi główną oś ekologiczną. Wisłok, jego dopływy, a także ich doliny mają duży wpływ na zachowanie bioróżnorodności w mieście. Pełnią funkcję korytarzy ekologicznych zarówno o znaczeniu lokalnym, jak i regionalnym. Dolina Wisłoka pełni

funkcję regionalnego korytarza ekologicznego poprzez łączenie cennych przyrodniczo terenów, położonych poza miastem, tj. Kotliny Sandomierskiej i Pogórza Karpackie. Natomiast w mieście korytarz ekologiczny o znaczeniu lokalnym tworzą dopływy Wisłoka [11]. Najcenniejszymi przyrodniczo obszarami nadrzecznymi wzdłuż Wisłoka oraz w obrębie zbiornika zaporowego są szuwały i łągi wierzbowe. Tereny te częściowo objęte są ochroną prawną w formie sieci obszarów Natura 2000, rezerwatu przyrody oraz jego otuliny. Ochroną obszarów Natura 2000 objęty jest Wisłok wraz z terenami nadrzecznymi, począwszy od granic Rzeszowa aż do zbiornika zaporowego. Fragment obszaru został objęty ochroną w celu zachowania naturalnego ukształtowania koryta rzecznej Wisłoka oraz towarzyszących tej rzece siedlisk wraz z występującą w rzece chronioną ichtiofauną. W Wisłoku znajduje się wiele gatunków ryb, najliczniej występują gatunki karpiowatych. W rzece żyją także gatunki objęte całkowitą lub częściową ochroną, takie jak różanka pospolita (*Rhodeus sericeus*), piekielnica (*Alburnoides bipunctatus*), ślíz pospolity (*Barbatula barbatula*). W zbiorniku rzeszowskim dominuje populacja leszcza [16].

Zalew Rzeszowski na Wisłoku pierwotnie stanowił 120 ha, aktualnie zajmuje około 40 ha. Powierzchnia zalewu zmalała wskutek sukcesywnego zamulania. Główną jego funkcją jest zapewnienie prawidłowego funkcjonowania brzegowego ujęcia wody i zabezpieczenie przed powodzią. Z powodu stopniowego zamulania w zbiorniku powstało kilka form przyrodniczych. Należą do nich nowy las łąkowy, stary las łąkowy oraz wyspa (tzw. Ptasia Wyspa) porośnięta roślinnością, będąca ostoją ptactwa wodnego. Ptasią Wyspę tworzy wieloletni drzewostan, w którym występuje wiele gatunków ptaków, w większości podlegających ochronie prawnej. Występują ptaki m.in. z czerwonej księgi zwierząt, takie jak: bączek zwyczajny (*Ixobrychus minutus*), zielonka (*Zapornia parva*), rybitwa białoczelna (*Sternula albifrons*). Wskutek licznego występowania rzadkich gatunków ta część Wisłoka jest objęta planami utworzenia obszaru Natura 2000. Zalew zmienił diametralnie krajobraz i biocenozę. Powstały zespoły roślin bagiennych, gdzie pierwotnie dominował krajobraz pogórza [16].

Prawy brzeg zalewu ma bardziej dziki charakter, jest trudniej dostępny, przez co kształtuje się w dużym stopniu samoistnie. Natomiast lewy brzeg zalewu jest wyposażony w alejki i przestrzeń urządzoną w bliskiej odległości wody. Na granicy terasy zalewowej oraz nadzalewowej występuje jedyny w mieście rezerwat przyrody [3]. Rezerwat przyrody Lisia Góra (PLH180030) obejmuje fragmenty lessowej skarpy, która odgranicza dolinę Wisłoka. Celem utworzenia rezerwatu było zachowanie starodrzewu dębowego z okazałymi osobnikami dębu szypułkowego (*Quercus robur*). Na terenie rezerwatu znajduje się około 100 dębów szypułkowych, z których 10 z nich tworzą grupowy pomnik przyrody. W celu ochrony rezerwatu została wyznaczona jego otulina. Nad Mrowlą znajduje się kolejny obszar sieci Natura 2000 Mrowle Łąki (PLH180043). Ochroną zostały objęte ekosystemy łąkowe, częściowo zarastające wskutek zaprzestania użytkowania. Tereny te zajmują siedliska górskich i niżowych łąk świeżych oraz zmiennowilgotnych łąk trzęślicowych, które są podstawą występowania bogatej i chronionej lepidopterofauny [11].

Im bardziej na północ, tym rzeka staje się węższa, a nad funkcjami rekreacyjnymi przeważa rola klimatyczna – jest korytem przewietrzającym miasto. Funkcje przyrodnicze na tym odcinku są zaburzone przez zasypywanie prawej terasy zalewowej, na której znajdują się ogródki działkowe. Krajobraz traci swą wartość, także poprzez przybliżanie zabudowy do rzeki. Wybudowane wieżowce przy samym korycie rzeczonym mogą utrudnić przewietrzanie miasta, migracje ptaków, a także zaburzyć ciągi widokowe. Najbardziej wysunięty na północ fragment rzeki ma trudno dostępne brzegi, co sprawia, że główną jego funkcją jest funkcja

przyrodnicza. Koryta rzeczne pogłębia się, a terasy zalewowe dostępne są tylko dla wędkarzy. Strome zbocza koryta rzecznego porastają zarośla i resztki lasów łęgowych. Zauważono tu bytowanie bobrów [3].

Wszelkie ciekie wodne oraz tereny zielone tworzą błękitno-zieloną infrastrukturę miasta. Wpływają na schładzanie miasta oraz redukują zanieczyszczenia powietrza. Tereny nadwodne stanowią istotny element krajobrazu, pełniący jednocześnie szereg funkcji: klimatyczne, hydrologiczne, biologiczne, krajobrazotwórcze. Wpływają także korzystnie na stan aerosanitarny i lokalne warunki bioklimatyczne miasta. Wody zarówno powierzchniowe, jak i podziemne pełnią funkcje nie tylko regulacyjne i zaopatrzeniowe, ale także hamują negatywne czynniki wpływające na klimat oraz przyczyniają się do łagodzenia miejskiej wyspy ciepła. Oczyszczają powietrze, poprawiają topoklimat i niwelują zanieczyszczenia. Są także niezbędnym siedliskiem dla zwierząt i roślin, zapewniając tym samym bioróżnorodność w mieście. Dzięki bioróżnorodności zasilany jest ekologiczny system miasta, który pełni znaczącą rolę w procesie miejskiej adaptacji do zmian klimatu [11].

2.1. Funkcje ekosystemów wodnych

Ekosystemy wodne możemy podzielić ze względu na funkcje, tj. przyrodnicze oraz społeczno-gospodarcze. Jedną z ważniejszych funkcji przyrodniczych, jaką pełnią ekosystemy wodne, to zmiana mikroklimatu. Polega ona na zmniejszeniu amplitudy wahań temperatury dobowej oraz na wzroście wilgotności powietrza. Doliny rzeczne wpływają także na kierunki wiatrów, a roślinność wodna modyfikuje ich siłę i szybkość. Ekosystemy wodne poprzez retencję opóźniają spływ wód powierzchniowych. Jeziora stanowią naturalne zbiorniki retencyjne. Wodę retencjonują także mokradła czy lasy łęgowe przy dolinach rzecznych. Retencja przyczynia się do ochrony przeciwpowodziowej. Mokradła pełnią funkcję filtrów, wpływając na jakość i skład chemiczny wód powierzchniowych i gruntowych. Zatrzymują również substancje biogenne i toksyczne dla ryb i skorupiaków. Ekosystemy wodne zwiększają różnorodność biologiczną przez zróżnicowanie warunków środowiskowych. Stanowią bazę pokarmową dla zwierząt, m.in. ptaków, a dla wielu gatunków są miejscem bytowania i rozrodu. Środowisko wodne zapewnia wiele różnorodnych mikrosiedlisk zasiedlonych przez zróżnicowane grupy organizmów np.: plankton (bakterie, glony, bezkręgowce), bentos (płajki, ślimaki, małże), peryfiton (glony gąbki, stulbie, nicienie), nekton (ryby, płazy, gady, ptaki i ssaki wodne). Wszelkie wyspy i łachy w dolinach rzek tworzą unikalne siedliska o dużej wartości ornitologicznej. Szlaki migracyjne wzdłuż dolin rzecznych umożliwiają wymianę genową pomiędzy populacjami roślin i zwierząt, co wywiera duży wpływ na przetrwanie gatunków. Ekosystemy wodne wzbogacają i krajobraz poprawiają estetykę miejsca [12].

W aspekcie społeczno-gospodarczym ekosystemy wodne przede wszystkim spełniają rolę źródła wody pitnej. Śródlądowe obszary wodne i wodno-błotne to jedno z najważniejszych źródeł wód słodkich dla przyrody ożywionej, w tym także człowieka. Wody zgromadzone na przykład w zbiornikach sztucznych mogą być wykorzystywane do nawadniania i ochrony przeciwpowodziowej. Stawy umożliwiają hodowle ryb oraz czasowe przetrzymywanie ich. Rzeki i zbiorowiska wodne mogą być wykorzystywane do produkcji energii. Ekosystemy wodne ożywiają krajobraz miejski, a elementy takie jak wodotryski, baseny, fontanny, stawy, często uwzględniane są w założeniach parkowych. Wykorzystywane są w celach sportowych, rekreacyjnych i edukacyjnych, co wiąże się ze zwiększeniem atrakcyjności turystycznej terenu [12].

3. Skutki zaburzenia ekosystemu wodnego w mieście

Rozprzestrzenianie się zabudowy oraz jej nieproporcjonalne zagęszczenie co do zielonej i błękitnej infrastruktury powoduje osuszanie miast. Tworzenie tak zwanej szarej infrastruktury degraduje systemy przyrodnicze miast, które stanowią naturalny nawilżacz powietrza. Takie działania zmieniają drastycznie obieg wody, co wpływa niekorzystnie na zdrowie człowieka. Szara infrastruktura oraz brak przestrzeni zielonych i wody prowadzi do powstawania miejskiej wyspy ciepła. Gęsta zabudowa oraz duża ilość sieci dróg sprzyjają szybszemu nagrzewaniu się materiałów, z których zostały wykonane, co skutkuje występowaniem ekstremalnie wysokich temperatur w mieście i podwyższeniem temperatury w ziemi. Wysoka temperatura może mieć negatywny skutek dla zdrowia człowieka. Podwyższona temperatura prowadzi do wcześniejszego rozpoczęcia lub wydłużenia okresu wegetacyjnego, bądź zwiększenia intensywności pylenia roślin, zwłaszcza w zbyt ujednoliconym krajobrazie. Brak gatunków rodzimych oraz niska bioróżnorodność mogą nasilić występowanie chorób oraz skutkują silniejszym oddziaływaniem na organizm człowieka [5].

Miejska wyspa ciepła wpływa również na obniżanie wilgotności powietrza. Suche powietrze wysusza i uszkadza śluzówki oraz skórę, ułatwiając bakteriom, wirusom i alergenom negatywnie oddziaływanie na organizm. W suchym powietrzu pyły i zanieczyszczenia zwiększają ryzyko zachorowań. Zanieczyszczenia uszkadzają nabłonki dróg oddechowych, co ułatwia penetrację alergenów i ich kontakt z układem immunologicznym oraz wywołuje stany zapalne dróg oddechowych. Rośliny w kontakcie z zanieczyszczeniami tworzą białka obronne, które dla nas mogą być alergenami. Szara infrastruktura zmniejsza ilość mikroorganizmów w glebie, wodzie i powietrzu, które są niezdolne do przeżycia w miejskiej suszy. Konsekwencją tego jest zmiana składu jakościowego i ilościowego tzw. bioareozoli. Takie środowisko nie tworzy zdrowych warunków w mieście, ponieważ nadmiernie sterylne warunki życia, jałowa żywność i szeroko stosowane antybiotyki przyczyniają się do rozwoju astmy i alergii. Gęsta zabudowa ogranicza atrakcyjność przestrzeni zielonych i wody, co sprzyja siedzącemu trybowi życia wewnątrz budynku oraz zmniejsza aktywność fizyczną. Rozwój cywilizacji przyczynił się do powstawania chorób cywilizacyjnych związanych z ograniczeniem kontaktu z przyrodą. Do chorób cywilizacyjnych zaliczamy m.in.: choroby naczyniowo-sercowe, cukrzyce, choroby zwyrodnieniowe stawów, choroby nowotworowe, depresję oraz inne zaburzenia psychiczne, przewlekłe choroby układu oddechowego oraz alergię. Ostatnie w dużej mierze są skutkiem braku wody i zróżnicowanych zbiorowych rodzimej roślinności w miastach [5].

4. Funkcje fontann

Fontanny są elementem architektonicznym wzbogacającym krajobraz miejski oraz uprzyjemniającym wypoczynek. Fontanny są także miejscem (zwłaszcza w upalne dni) ochłody zarówno dla ludzi, jak i zwierząt. Są miejscem bytowania i wodopoju dla zwierząt, zwłaszcza dla ptaków i psów [8]. Woda rozbita na cząsteczki tworzy mgłę wodną, która jest lekka i unosi się na większy obszar, taki rodzaj wody nawilża otaczające tereny zielone w przestrzeniach parkowych. Mgła wodna zapewnia także bezpieczny i przyjemny kontakt z wodą dla użytkowników przestrzeni publicznych (nie moczy całkowicie ubrań). Powstawanie fontann jest elementem zróżnicowanego projektowania. Nowoczesne fontanny i zbiorniki wodne mają wiele funkcji, między innymi sprzyjają regeneracji, łagodzą negatywne skutki klimatyczne

urbanizacji, zachowują różnorodność, gromadzą wody i opady, a także wykazują dodatkowe walory estetyczne (np. fontanny multimedialne) [6]. Wodotryski stwarzają również warunki do inhalacji wilgotnym powietrzem. Rozpylona woda wytrąca kurz i pył z powietrza oraz wzbogaca atmosferę w parę wodną i obniża temperaturę [14].

5. Glony

Glony to proste organizmy plechowe, tj. beztkankowe, których ciało nie jest zróżnicowane na korzenie, łodygi i liście. Glony obejmują wiele gromad, które tworzą samodzielne linie rozwojowe. Wśród nich okrzemki (*Bacillariophyta*) stanowią najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupę [10]. Cechami łączącymi gromady są u większości przypadków autotrofizm (samożywność) oraz funkcja pierwotnego producenta materii organicznej w różnych zbiornikach wodnych. Występują także heterotrofy (cudzożywne). Wśród glonów wyróżnić można zarówno organizmy mikroskopijne, jak i olbrzymie, osiągające nawet kilkadziesiąt metrów (morskie glony) [1].

Glony, ze względu na szerokie spektrum występowania, odgrywają istotną rolę środowiskotwórczą. Występują niemal we wszystkich typach siedlisk związanych z wodą. Można je spotkać w toni wód morskich oraz śródlądowych, zarówno płynących, jak i stojących, tworzą wówczas tzw. plankton, lub na dnie wspomnianych siedlisk jako organizmy bentosowe. Zasadniają także wiele siedlisk lądowych stale lub okresowo wilgotnych, np. na wilgotnych glebach, skałach, lodzie, wśród mchów w strefie oprysku [9, 10]. We wspomnianych typach siedlisk stanowią najczęściej podstawę łańcucha pokarmowego jako pożywienie dla wielu innych organizmów. Ponadto natleniają wodę i kształtują przestrzennie biocenozy (zarośla brunatnic i krasnorostów w przybrzeżnych strefach mórz, ramienice w zbiornikach słodkowodnych), stwarzają także dogodne warunki do życia dla innych organizmów, w tym ryb. Niektóre jednokomórkowe zielenice wchodzą w symbiotyczne związki z pierwotniakami i zwierzętami – stułbiopławami (np. stułbią zieloną *Chlorohydra viridissima*) i gąbkami (np. nadeczniakiem stawowym *Spongilla lacustris*). Symbiotyczne połączenie się zielenic z grzybami (lub grzybów z sinicami) współtworzy szczególne organizmy – porosty [9, 10, 15].

Glony mają także zastosowanie w gospodarce i przemyśle. Szczególną rolę odgrywają w gospodarstwach rybnych. Glony, zwłaszcza planktonowe, są pożądane w stawach hodowlanych, gdyż stanowią idealne pożywienie narybku i ryb roślinożernych. Duże glony, w szczególności brunatnice i krasnorosty, są źródłem wielu cennych surowców. Dostarczają takich pierwiastków jak brom, magnez i jod, a także witamin, przez co stosowane są w kosmetyce i farmaceutyce. Z krasnorostów i brunatnic pozyskiwane są związki kwasu alginowego, które wykorzystywane są m.in. w przemyśle spożywczym, papierniczym oraz włókienniczym (impregnacja tkanin). W przemyśle stosowany jest również agar, który pozyskiwany jest z glonów morskich. Wykorzystywany jest też w mikrobiologii do zestalania pożywek bakteryjnych. W wielu krajach (szczególnie nadmorskich) krasnorosty i brunatnice stosowane są jako pasza dla zwierząt gospodarskich oraz jako wartościowy nawóz. Glony te, zasobne w wartości odżywcze, wykorzystywane są jako składnik pożywienia dla ludzi w niektórych krajach azjatyckich (Chiny, Japonia). Niektóre glony słodkowodne wykorzystywane są jako biopskaźniki jakości wody pitnej. Zbadanie występowania danych gatunków oraz ich ilościowości może wspomóc określenie przydatności wód do celów spożywczych [9, 15].

6. Metody badań

Materiał do badań algologicznych pobrano 13 kwietnia 2023 r. z trzech miejskich fontann: w Ogrodach Bernardyńskich (Fontanna 1), w Parku Jedności Polonii z Macierzą (Fontanna 2) oraz Ogrodzie Miejskim im. Solidarności (Fontanna 3). Lokalizację punktów poboru zaznaczono na mapie (ryc. 1). Stanowiska badawcze znajdowały się w parkach lub ogrodach miejskich położonych blisko siebie, na obszarze śródmieścia.



Źródło: opracowanie własne na podstawie geoportal.gov.pl

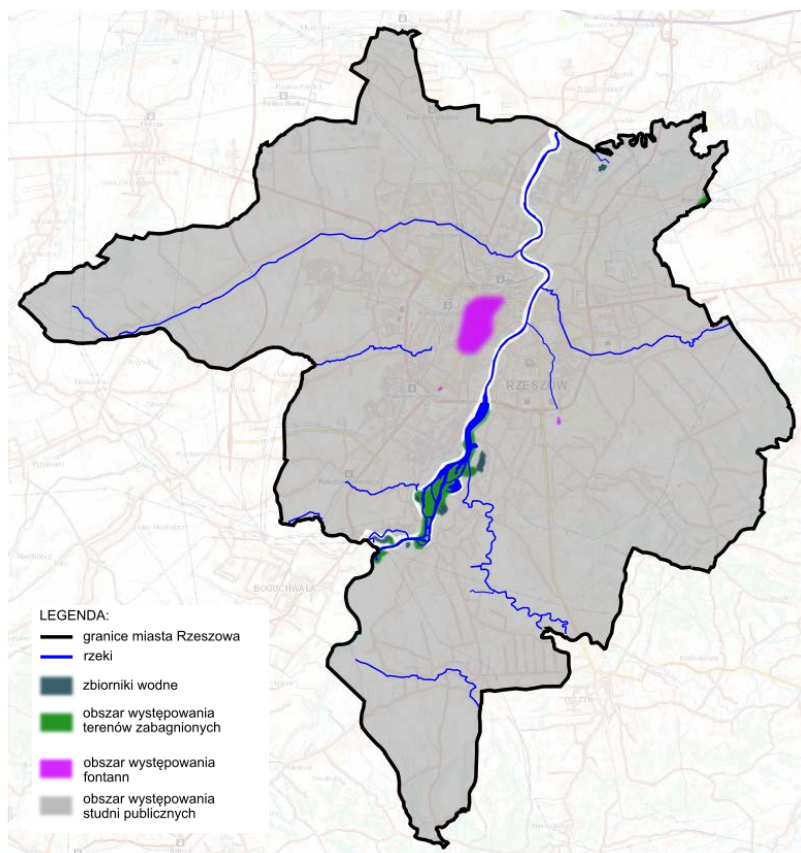
Ryc. 1. Położenie stanowisk badawczych na terenie Rzeszowa

Głony zbierano za pomocą pipety z osadów pokrywających dno oraz brzegi fontann. Bezpośrednio w terenie mierzono podstawowe parametry wody, tj. temperaturę, odczyn oraz przewodnictwo elektrolityczne przy użyciu pehametru oraz konduktometru Martini Instruments. Następnie glony oznaczano pod mikroskopem świetlnym Carl Zeiss Axio Imager A2, przy użyciu przewodników do oznaczania [1, 2, 13]. Nazwy gatunków sinic i glonów podano z AlgaeBase [17].

W laboratorium część każdej próby poddawano maceracji w mieszaninie kwasu siarkowego i dwuchromianu potasu (w stosunku 3:1) w celu uzyskania czystych pancrzyków okrzemek, a następnie materiał przepłukiwano w wirówce przy 2500 obr./min. Trwałe preparaty okrzemkowe zatapiano w sztucznej żywicy Naphrax. Następnie oznaczano pod mikroskopem świetlnym przy użyciu przewodnika do oznaczania okrzemek autorstwa Lange-Bertalot i in. [7]. Okrzemki zliczano w dziesięciu losowo wybranych polach widzenia mikroskopu, aż do osiągnięcia min. 100 okryw i na tej podstawie ustalono skalę liczebności. Za gatunki liczne uznano te, których liczebność w próbce wyniosła co najmniej 10%, a dominujące – jeśli liczebność była większa niż 50%. Oznaczone gatunki odnotowano w poniższej tabeli (tab.1).

Przy użyciu danych kartograficznych z Geoportalu wykonano analizę różnych form wody w Rzeszowie (ryc. 2). Analizy kartograficzne wykazały, iż przez teren Rzeszowa prze-

plywa główna rzeka Wisłok wraz z 12 dopływami. Zinventaryzowano również 4 tereny zabagnione i torfowiskowe, 3 sztuczne zbiorniki wodne, 175 studni publicznych, 11 źródeł ulicznych w formie poidełek i 17 fontann towarzyszących przestrzeniom publicznym.



Źródło: opracowanie własne na podstawie geoportal.gov.pl

Ryc. 2. Mapa ukazująca różne formy wody w Rzeszowie

7. Podsumowanie

Przez teren Rzeszowa przepływa główna rzeka Wisłok, która dzieli miasto na dwie części: wschodnią i zachodnią. Wisłok jest głównym korytarzem ekologicznym przewietrzającym miasto. Na terenie Rzeszowa Wisłok ma 12 dopływów. W południowej części Rzeszowa do Wisłoka wpada m.in. rzeka Strug. Zinventaryzowano także 4 tereny zabagnione i torfowiskowe, znajdujące się w obrębie rezerwatu Lisia Góra. Ponadto zinventaryzowano 3 sztuczne zbiorniki wodne (największy z nich to zbiornik rzeszowski), 175 studni publicznych rozmieszczonych na terenie całego miasta oraz 11 źródeł ulicznych w formie poidełek, zlokalizowanych w centrum miasta. Na terenie miasta zinventaryzowano również 17 fontann, które znajdują się głównie na obszarze śródmieścia w Rzeszowie.

Po zebraniu wody z każdej fontanny poddano ją analizie, w celu ustalenia występowania tam gatunków glonów. W pierwszej próbie (woda z fontanny w Ogrodach Bernardyńskich) występowały glony z gromad: sinice (*Cyanophyta*), eugleniny (*Euglenophyta*), zielenice (*Chlorophyta*) oraz okrzemki (*Bacillariophyta*). Spośród wszystkich gatunków w próbie tej dominowały: *Euglena* cf. *hemichromata* (euglenina) i *Chlamydomonas* (zielenica). *Euglena* cf. *hemichromata* jest gatunkiem kosmopolitycznym, często spotykanym w wodach z zanieczyszczeniami organicznymi. *Chlamydomonas* występuje pospolicie w różnych środowiskach, także w wodach eutroficznymi.

Z gromady okrzemek dominowała *Nitzschia communis*, która występuje w środowiskach bogatych w elektrolity, wręcz słonawych. Jest gatunkiem odpornym na zrzuty ścieków. Poziom występowania *Nitzschia communis* sięga wód mocno zanieczyszczonych. Z gromady okrzemek wyodrębniono także kilka okazów *Mayamaea atomus*, który może występować nawet w ściekach, w słabo natlenionych wodach. Występowanie tych gatunków w próbie pierwszej wynika z panujących tam skrajnych warunków jak niski poziom wody i duże zagęszczenie w wodzie (spowodowane wysoką zawartością materii organicznej i osadów), co skutkowało pojawieniem się gatunków odpornych na ekstremalne warunki [1].

W drugiej próbie (woda z fontanny w Parku Jedności Polonii z Macierzą) odnotowano: eugleniny (*Euglenophyta*), zielenice (*Chlorophyta*) oraz okrzemki (*Bacillariophyta*). Z gromady euglenin zaobserwowano gatunek *Euglena viridis*, który jest gatunkiem pospolitym, często występującym w zbiornikach wodnych o dużym zanieczyszczeniu. Z gromady zielenic odnotowano występowanie pojedynczych osobników z gatunków: *Pandorina* sp. i *Ulothrix* sp. *Pandorina* to gatunek, który preferuje wody bogate w składniki pokarmowe. *Ulothrix* występuje w różnych typach wód płynących i stojących. Jest to gatunek charakterystyczny dla wód mezotroficznymi i eutroficznymi. W gromadzie okrzemek dominującym gatunkiem była *Nitzschia communis*, która znajduje się w wodach bogatych w elektrolity i jest odporna na bardzo duże zanieczyszczenia. Jest to gatunek, który występuje w dużej liczebności, w wodach o różnych warunkach hydrograficznych [1]. Dominacja tych gatunków może świadczyć o zanieczyszczeniu wód tej fontanny.

W trzeciej próbie (woda z fontanny w Ogrodzie Miejskim im. Solidarności) odnaleziono najwięcej gatunków glonów. Występowały tu glony z gromad: sinice (*Cyanophyta*), eugleniny (*Euglenophyta*), zielenice (*Chlorophyta*), okrzemki (*Bacillariophyta*), *Chrysophyta* i *Cryptophyta*. Dominującą eugleniną była *Trachelomonas* cf. *volvocina*. *Trachelomonas* cf. *volvocina* występuje w różnych zbiornikach wodnych. Wśród zielenic dominował *Pyramimonas tetrahynchus*. Licznie występowała też *Spirogyra* sp., powszechna we względnie czystych, eutroficznymi wodach. Z gromady *Cryptophyta* odnotowano liczne występowanie gatunku *Cryptomonas* sp., najczęściej spotykanego w kałużach z gnijącą roślinnością. Z okrzemek dominowały *Achnanthydium minutissimum* i *Achnanthydium saprophilum*. Licznie występowały także *Nitzschia fonticola* i *Nitzschia tabellaria*. *Achnanthydium saprophilum* występuje w wodach o dużej zawartości materii organicznej. *Achnanthydium minutissimum* jest uważany za wskaźnik wód dobrze natlenionych i jest gatunkiem wrażliwym na zanieczyszczenia. *Nitzschia tabellaria* typowa jest dla wód stojących, z średnio do podwyższonej zawartości elektrolitów. Okresowo może tworzyć masowe populacje. *Nitzschia fonticola* bardzo często występuje w wodach ze średnio do podwyższonej zawartości elektrolitów. Jest dobrym wskaźnikiem zanieczyszczenia [7].

Po przebadaniu taksonów w próbie pierwszej i drugiej odnotowano wspólną dominantę *Nitzschia communis*, co może świadczyć o podobnych warunkach. Obydwie próby zostały

pobrane z fontann wykonanych całkowicie ze sztucznych materiałów o betonowym podłożu. Natomiast fontanna trzecia ma podłoże wyłożone kamieniami i jest bardziej zbliżona do naturalnego zbiornika. Występuje w niej najwięcej gatunków glonów. W fontannie tej najliczniej pojawiają się gatunki bentos, co najprawdopodobniej wynika ze sprzyjających warunków do rozwoju glonów bentosowych. Warunki zbliżone do naturalnego zbiornika i kamieniste dno sprzyjają powstawaniu osadów.

W tym zbiorniku dominowały okrzemki (96 okazów), z czego 20% stanowiło *Achnantheidium minutissimum*, a *Achnantheidium saprophilum* 45%. Licznie występowały także *Nitzschia fonticola* (10%) i *Nitzschia tabellaria* (14%). Łącznie we wszystkich trzech fontannach wyodrębniono 3 gatunki sinic, 4 gatunki euglenin, 16 gatunków zielenic, 27 gatunków okrzemek, 2 gatunki z gromady *Chrysophyta* i 1 gatunek z gromady *Cryptomonas*. Wybrane taksony występujące we wszystkich trzech fontannach przedstawiono na rycinie 3.

Tabela 1. Lista taksonów oznaczonych w trzech badanych fontannach rzeszowskich

	Fontanna 1*	Fontanna 2**	Fontanna 3
Gromada: sinice (<i>Cyanophyta</i>)			
<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher ex Gomont	+	–	–
<i>Chroococcus</i> sp. Nägeli	–	–	+
<i>Merismopedia</i> sp. Meyen	–	–	+
Gromada: eugleniny (<i>Euglenophyta</i>)			
<i>Euglena</i> cf. <i>hemichromata</i> Skuja	+++	–	–
<i>E. deses</i> Ehrenberg	–	–	+
<i>Euglena viridis</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	–	+	+
Gromada: zielenice (<i>Chlorophyta</i>)			
<i>Ankistrodesmus</i> Corda	+	–	+
<i>Carteria</i> sp. Diesing syn. <i>Tetraselmis</i>	+	–	–
<i>Chlamydomonas</i> sp. Ehrenberg	+++	–	–
<i>Cryptomonas</i> sp. Ehrenberg	–	–	++
<i>Cosmarium</i> sp. Corda ex Ralfs	+	–	–
<i>Coelastrum</i> sp. Nägeli	–	–	+
<i>Desmodesmus cf armatus</i> (Chodat) E.H.Hegewald	–	–	+
<i>D. cf spinosus</i> (Chodat) E.Hegewald	+	–	+
<i>Desmodesmus</i> sp. (R.Chodat) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald	+	–	–
<i>Mougeotia</i> sp. C.Agardh	–	–	+
<i>Pandorina</i> sp. Bory	–	+	–
<i>Pyramimonas tetrarhynchus</i> Schmarda	–	–	+++
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	+	–	+
<i>P. monactinus</i> (Meyen) Corda	–	–	+
<i>Spirogyra</i> sp. Link	–	–	++
<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs	–	–	+
<i>Trachelomonas cf. Volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	–	–	+++
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	+	+	+

Tabela 1. cd.

Gromada: okrzemki (<i>Bacillariophyta</i>)			
<i>Achnantheidium exiguum</i>	–	–	+
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	–	+	+++
<i>Achnantheidium saprophilum</i>	–	–	+++
<i>Caloneis silicula</i>	–	–	+
<i>Cocconeis pediculus</i>	–	–	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	–	–	+
<i>Cymbopleura amphicephala</i>	–	–	+
<i>Cymatopleura solea</i>	–	–	+
<i>Discostella pseudostelligera</i>	–	–	+
<i>Encyonema caespitosum</i>	–	–	+
<i>Encyonema</i> sp. 18.8 µm x 6.4 µm; 11/10 µm	–	–	+
<i>Encyonema ventricosum</i>	–	–	+
<i>Encyonopsis minuta</i>	–	–	+
<i>Encyonopsis subminuta</i>	–	–	+
<i>Gomphonema italicum</i>	–	–	+
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	–	–	+
<i>Mayamaea atomus</i>	+	–	–
<i>Navicula cryptotenella</i>	–	–	+
<i>Navicula reichardtiana</i>	–	–	+
<i>Neidium</i> sp. (cf. <i>ampliatum</i>)	–	–	+
<i>Nitzschia communis</i>	+++	+++	–
<i>Nitzschia fonticola</i>	–	–	++
<i>Nitzschia palea</i>	–	–	+
<i>Nitzschia tabellaria</i>	–	–	++
<i>Planothidium frequentissimum</i>	–	–	+
<i>Stausosira</i> sp. (cf. <i>venter</i>)	–	–	+
<i>Ulnaria acus</i>	–	–	+
<i>Ulnaria ulna</i>	–	–	+
Gromada: <i>Ochrophyta</i>			
<i>Dinobryon</i> sp. Ehrenberg	–	–	+
<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	–	–	+

* w próbie bardzo dużo nitkowatych bakterii, pojedyncze nicienie, wrotki i pierwotniaki

**w próbie bardzo duża ilość trudnych do oznaczenia lokalnych zielenic

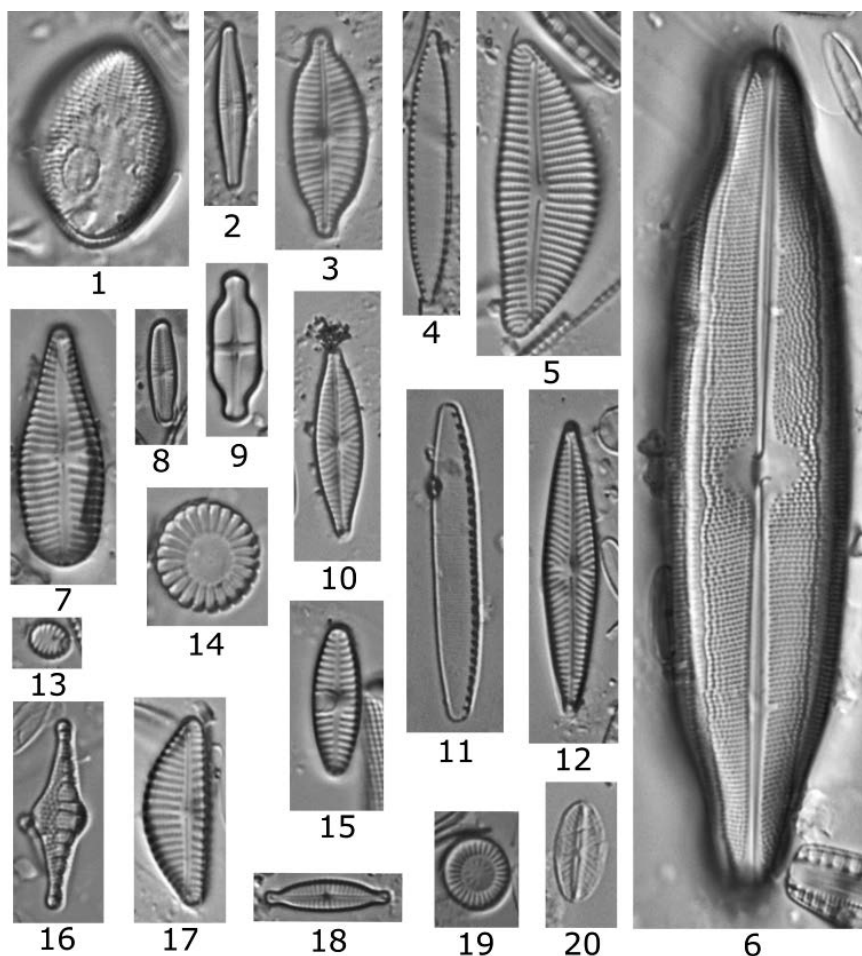
+++ takson występował bardzo często

++ takson występował często

+ takson występował pojedynczo

– takson nie występował na stanowisku

Źródło: opracowanie własne



1 – *Cocconeis pediculus*, 2 – *Achnanthisdium minutissimum*, 3 – *Cymbopleura amphicephala*,
 4 – *Nitzschia palea*, 5 – *Encyonema caespitosum*, 6 – *Neidium ampliatum*, 7 – *Gomphonema italicum*,
 8 – *Achnanthisdium saprophillum*, 9 – *Achnanthisdium exiguum*, 10 – *Navicula reichardtiana*,
 11 – *Nitzschia communis*, 12 – *Navicula cryptonella*, 13 – *Saurosira* cf. *venter*, 14 – *Cyclotella meneghiniana*,
 15 – *Planothidium frequentissimum*, 16 – *Nitzschia tabellaria*, 17 – *Encyonema* sp., 18 – *Encyonopsis minuta*,
 19 – *Discostella pseudostelligera*, 20 – *Mayamaea atomus*

Źródło: opracowanie własne

Ryc. 3. Wybrane taksony występujące na badanych stanowiskach

Literatura

- [1] Bucka H., Wilk-Woźniak E. Glony pro- i eukariotyczne zbiorowisk fitoplanktonu w zbiornikach wodnych Polski Południowej. Kraków 2007, s. 352.
- [2] Czerwik-Marcinkowska J. Praktikum z algologii. Kielce-Kraków 2010, s. 96.

- [3] Ćwik A. Rola doliny Wisłoka w Rzeszowie w opinii mieszkańców miasta. Architektura Krajobrazu, Uniwersytet Rzeszowski. Rzeszów 3/2009, s. 65–70.
- [4] Dzhantamirov A. Spór o zasoby wodne Nilu w środkowej i północno-wschodniej Afryce. Krótki zarys problemu. Forum Politologiczne, Tom 10. Olsztyn 2010, s. 391–402.
- [5] Kupryś-Lipińska I., Kuna P., Wagner I. Woda w przestrzeni miejskiej, a zdrowie mieszkańców. Woda w mieście: zrównoważony rozwój – zastosowania 5. Kraków 2014, s. 50–56.
- [6] Kusińska E. Nowoczesne fontanny w miejskiej przestrzeni publicznej, Środowisko Mieszkaniowe, nr 20/2017. Politechnika Krakowska. Kraków 2017, s.113–118.
- [7] Lange-Bertalot H., Hofmann, G., Werum M., Cantonati M., Kelly M.G. Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment. Vol. 942. Schmitten-Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books. 2017.
- [8] Małecka-Adamowicz M., Kubera Ł. Jakość mikrobiologiczna wód fontann miejskich zlokalizowanych na terenie Bydgoszczy. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach 2017, s. 139–147.
- [9] Podbielkowski Z. Glony. WSiP, Warszawa 1996, s. 2015.
- [10] Rakowska B. Okrzemki-organizmy, które odniosły sukces. Kosmos, 52(2–3). 2003, s. 307–314.
- [11] Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Rzeszowa. Rzeszów 2022, s. 16, 32, 115–123.
- [12] Sikora A. Funkcje ekosystemów wodnych. Kompendium wiedzy – ekosystemy wodne. Materiały opracowane przez Ośrodek Działań Ekologicznych „Źródła”, Warszawa 2010, s. 13–18.
- [13] Starmach K. Plankton roślinny wód słodkich. Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa–Kraków 1989, s. 496.
- [14] Szczepańska M. Fontanny, a rekreacyjna funkcja miasta. Studia Periegetica, nr 4. Dziedzictwo kulturowe, historyczne podróżowanie i współczesne aspekty turystyki. 2010, s. 149–159.
- [15] <https://biologiaogul.blogspot.com/2014/10/znaczenie-glonow-w-przyrodzie-i.html?fbclid=IwAR3Xm2vBnEsiTirCLUGg2beH91itqv2h6EV-CLfn8CljPN86aCHKym3yCY> (dostęp 12.04.2023).
- [16] <https://dzikiezycie.plarchiwum/2005/wrzesien-2005/wislok-niedoceniiany-ekosystem> (dostęp 16.04.2023).
- [17] <https://www.algaebase.org/> (dostęp 08.08.2023).

WATER IN THE LANDSCAPE OF THE CITY OF RZESZÓW. MEANING, FORMS AND FUNCTIONS

Abstract

Water has always played an important role in creating space. Initially, it was mainly perceived as a source of drinking water. Then it was noticed that water is equally important for other organisms, for which it creates a habitat for life. In later periods, water also began to be used for recreational and aesthetic purposes in creating cities.

The aim of the work was an attempt to examine and systematize various forms of water in the city space, on the example Rzeszów; it's meaning and function in urbanized space. Cartographic analyzes and photographic inventory showed that the main Wisłok river with 12 tributaries flows through the area of Rzeszów. Also, 4 swampy and peat-bog area, 3 artificial water reservoirs, 175 public wells, 11 street fountains in the form of drinking bowls and 17 fountains accompanying public spaces were inventoried. A pilot study was also carried out on benthic cyanobacteria and algae communities developing in a fountain in the Bernardine Gardens as proof that, just like natural watercourses and water reservoirs, fountains are also of ecological importance, they are a mainstay of biodiversity in densely built-up urban spaces.

Keywords: hydrography, aquatic ecosystems, cyanobacteria, algae

Opiekun pracy

dr inż. Anita Poradowska

Recenzenci:

dr hab. inż. Janina Zawieja

dr hab. inż. Dorota Richter, prof. uczelni

ZWIĘKSZENIE SKUTECZNOŚCI MONITORINGU I ZARZĄDZANIA WODAMI ŚRÓDLĄDOWYMI DZIĘKI TELEDETEKCYJNEJ TECHNOLOGII SENTINEL-2

Mateusz Piejak*

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii Środowiskowej, Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, Studenckie Koło Naukowe Hydrobiologii i Ochrony Środowiska, ul. B. Dobrzańskiego 37, Lublin 20-262

* e-mail: piejak1111100@gmail.com

Streszczenie

Wiedza o stanie jakości wód powierzchniowych jest podstawowym elementem w skutecznym zarządzaniu zasobami wodnymi. Wyzwaniem jest jednak nadzór nad całością wód, przez co monitoringiem są objęte jedynie wybrane obiekty. Sentinel-2 oferuje dane satelitarne, dzięki czemu możliwe jest uzyskiwanie informacji na temat dowolnego obiektu wód powierzchniowych. Zobrazowania multispektralne mogą zostać wykorzystane do pomiaru wielu parametrów jakości wód, stanowiąc wydajne narzędzie dla monitoringu. Praca ma na celu potencjalne określenie kierunków wykorzystania technologii Sentinel-2 w monitoringu wód powierzchniowych oraz stanowi wstęp do badań praktycznych nad możliwością wykorzystania danych Sentinel-2 do analizy stanu ekologicznego jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.

Słowa kluczowe: Sentinel-2, monitoring wód, teledetekcja, zbiorniki śródlądowe

1. Wprowadzenie

Wody słodkie stanowią ok. 3% zasobów wody na kuli ziemskiej. Jej całkowita objętość to około 35 milionów metrów sześciennych, z czego ponad 2/3 jest zatrzymana w lodowcach i w pokrywie śnieżnej [1]. Drugim największym źródłem wody słodkiej są wody podziemne, które stanowią około 29,6% ogółu. Pozostałe zasoby, czyli rzeki, słodkie jeziora oraz płytkie wody podziemne, to jedynie niewielka część – zaledwie 0,4% ogólnej objętości wód słodkich [1]. Mimo małej wartości procentowej są to ciągle ogromne wielkości, wyższe niż potrzeby wodne całej ludzkości [2]. Biorąc jednak pod uwagę rozkład zasobów wodnych na świecie oraz ich nierównomierność, wyróżnić można miejsca o wyższym lub niższym bilansie wodnym, sięgającym skrajności w obydwu kierunkach [1]. Państwa Afryki Środkowej i Północnej mierzą się z istotnym deficytem wody, podczas gdy Państwa Azji Południowej zmagają się z ulewnymi monsunami, osiągając sumę rocznych opadów nawet 12 000 mm [3]. Do deficytu wodnego przyczyniają się również nieodpowiednie i nieracjonalne gospodarowanie – nadmierne wykorzystywanie wód powierzchniowych i gruntowych, zanieczyszczenia rolnicze, przemysłowe i komunalne prowadzące do degradacji jakości wód [4]. Dodatkowo

zasoby wodne są obiektem konfliktów, prowadzących nawet do klęsk humanitarnych (np. wojna w Darfurze, konflikt w Syrii, konflikt o Nil) [5–8].

Polska jest jednym z krajów najuboższych w wodę w Europie. Średnio w Europie na jednego człowieka przypada rocznie ok. 5000 m³ wody, natomiast w Polsce tylko ok. 1800 m³ [9, 10]. Niektórzy autorzy uznają wartość 1700 m³/os., poniżej której kraj uznaje się za zagrożony deficytem wody [11, 12]. Elementem, który dodatkowo wpływa na zasoby wodne Polski oraz innych państw, są coraz częściej występujące susze [13]. Innym czynnikiem mającym wpływ na zasoby wodne kraju jest stan ekologiczny wód powierzchniowych, dokumentem regulującym i oceniającym ten aspekt jest Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW) [14]. Dobry stan fizykochemiczny i ekologiczny wód powierzchniowych wpływa pozytywnie na jakość wody i ma duże znaczenie w zapewnieniu dostępu do czystej wody pitnej i ochrony zdrowia publicznego [15–17]. Jakość wód powierzchniowych jest więc ważnym elementem krajowych zasobów wodnych. Między innymi z tego tytułu w Polsce przeprowadzany jest monitoring wód powierzchniowych przez Państwowy Instytut Badawczy (PIB) oraz Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska (RDOS). W ramach monitoringu oceniane są wybrane parametry takie jak pH, twardość wody, zawartość tlenu, azotu, fosforu, związków organicznych, metali ciężkich, pestycydów, substancji farmaceutycznych i innych zanieczyszczeń, a także przepływ i poziom wód [18]. Informacje te pozwalają na ocenę stanu zasobów wodnych, zapobieganie zanieczyszczeniom i niedoborom wody oraz właściwe planowanie i zarządzanie zasobami wodnymi. Badania te są jednak wybiórcze i obejmują jedynie niewielką część wód powierzchniowych. Przedstawione w pracy narzędzie może stanowić uzupełnienie monitoringu, zwiększając zakres pozyskiwanych informacji o stanie środowiska.

2. Program Copernicus – misja Sentinel-2

Jednym z nowoczesnych narzędzi mogących znacznie się przyczynić do rozwoju systemów monitoringu wód powierzchniowych są zobrażenia satelitarne Sentinel-2. Sentinel-2 to misja satelitarna opracowana przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) w ramach programu Copernicus – programu obserwacji Ziemi koordynowanym przez Unię Europejską (UE) i ESA [19]. Sentinel-2 dostarcza wysokiej rozdzielczości obrazy powierzchni Ziemi, stref przybrzeżnych i wód śródlądowych, ze szczególnym uwzględnieniem mapowania użytkowania i pokrycia terenu, monitorowania roślinności i zarządzania klęskami żywiołowymi. Satelita jest wyposażony w instrumenty obrazowania multispektralnego (MSI), które pokrywają 13 pasm spektralnych promieniowania elektromagnetycznego od światła widzialnego do dalekiej podczerwieni [19]. Zasada działania systemu opiera się na zjawisku odbicia promieniowania słonecznego od powierzchni. W zależności od materiału odbijającego (np. gleba, roślinność, skała, woda, budynek) oraz od zawartości w nich specyficznych substancji i cząstek (np. wilgotność gleby, zawartość chlorofilu w liściach, tlenków metali w skale, zawiesiny w wodzie) odbijane jest specyficzne widmo spektralne [20–21]. Na podstawie różnic dla określonych długości fali i opracowanych wzorców w przypadku danej mierzonej wartości możliwe jest ocenienie zawartości mierzonego elementu. Przykładowo znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności (NDVI) używany do określenia stanu rozwoju oraz kondycji roślin oblicza się z użyciem dwóch pasm spektralnych, zwykle czerwonego (RED) i bliskiej podczerwieni (NIR) [22]. Struktury komórkowe w roślinach odbijają fale bliskiej podczerwieni (NIR). Gdy zachodzi efektywna fotosynteza, roślina rozwija się i rośnie, budując więcej struktur komórkowych. Oznacza to, że zdrowa roślina

aktywnie pochłania czerwone światło i odbija NIR [23]. Roślina o zahamowanym wzroście, poddana stresom środowiskowym, będzie charakteryzować się niższym wskaźnikiem NDVI ze względu na spowolnioną budowę struktur i niższą zawartość chlorofilu [22].

Odpowiednie kombinacje wartości odbicia poszczególnych pasm mogą zostać użyte do określenia szerokiej gamy parametrów powierzchni Ziemi zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej, czyniąc z danych Sentinel-2 potężne i uniwersalne narzędzie analityczne [19]. Zapewnia ono bezpłatne, otwarte i ciągle dane na temat środowiska i klimatu Ziemi, które mogą być wykorzystywane przez szerokie grono użytkowników, w tym władze publiczne, naukowców i obywateli, do różnych zastosowań, takich jak rolnictwo, leśnictwo, rybołówstwo i zarządzanie kryzysowe [19, 24]. Pośród parametrów i wskaźników możliwych do zaobserwowania z wykorzystaniem danych MSI Sentinel-2 istnieją takie, których zastosowanie może wspomóc lub stanowić część monitoringu wód powierzchniowych [25]. Nieustannie powstają kolejne propozycje modeli pomiarowych o coraz wyższej dokładności, niezawodności i uwzględniających lokalną specyfikę [26].

3. Zastosowanie Sentinel-2 w monitoringu i zarządzaniu wodami powierzchniowymi

3.1. Zakwity glonów i sinic

Obecność i zagęszczenie glonów i sinic w zbiorniku wodnym mogą być mierzone przy użyciu danych Sentinel-2. Pomimo że przedstawiony wcześniej wskaźnik NDVI nie został stworzony z myślą o pomiarze zagęszczenia glonów, to ze względu na obecność chlorofilu w komórkach glonów i podobną zasadę odbicia i absorpcji fal RED i NIR jest z powodzeniem stosowany w tym celu [27, 28]. Dlatego też jeśli w zbiorniku wodnym nastąpi znaczny wzrost wartości NDVI, może to wskazywać na gwałtowny rozwój glonów. Oprócz NDVI wykorzystywane są również dziesiątki innych modeli bazujących na połączeniu danych *in situ* i kombinacji odpowiednich pasm Sentinel-2 [26, 28]. Specyficzne wskaźniki zostały zaprojektowane dla cyjanobakterii np. Blue Green Algae Index (BGAI) [29, 30]. BGAI jest obliczany na podstawie wartości odbicia niebieskich (B) i zielonych (G) pasm spektralnych Sentinel-2. Cyjanobakterie w odróżnieniu od glonów zawierają również C-fykocyjaninę, C-fykoerytrynę, allofykocyjaninę oraz fykoerytrocyjaninę, które absorbują światło w zielonym zakresie spektralnym, a odbijają w niebieskim [31, 32]. Wykazano, że wskaźniki NDVI i BGAI mają zastosowanie w wykrywaniu glonów i sinic w zbiornikach wodnych. Jednak ze względu na wpływ wielu czynników na jakość satelitarnych zobrazowań MSI do potwierdzenia wymagane są dokładniejsze analizy próbek wody [26].

3.2. Parametry fizykochemiczne

Implementowanie satelitarnych zobrazowań MSI może zostać również wykorzystanie we wstępnej ocenie niektórych parametrów fizycznych i chemicznych wody. Necula [33] przedstawia zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego oraz danych multispektralnych Sentinel-2 do zdalnej oceny parametrów wody takich jak zawartość wapnia, chlorków, dwutlenku węgla, potasu, sodu, azotu amonowego, rozpuszczonego tlenu, siarczanów, a także twardości ogólnej. Oszacowania cechowały się błędem procentowym około 10%. W przypadku miedzi, magnezu, azotynów, azotanów i cynku oszacowania były dość dokładne, z odchyleniami

procentowymi w przedziale 10–20%, co świadczy o potencjale zastosowania w systemach wczesnego ostrzegania oraz w monitoringu wód powierzchniowych jako metoda przesiewowa [33]. Dane satelitarne Sentinel-2 mogą być również wykorzystane do pomiaru mętności, całkowitej zawiesiny (TSS), zabarwionej rozpuszczonej materii organicznej (CDOM). Autorzy wykazali wysoką korelację uzyskanych wyników na podstawie algorytmów opartych na danych MSI Sentinel-2 z wynikami analiz laboratoryjnych [34, 35].

3.3. Wykrywanie zbiorników wodnych oraz zmian poziomu wody

Różnica w spektrum światła odbitego od powierzchni Ziemi a światła odbitego od powierzchni wody sprawia, że wskazanie wód powierzchniowych jest prostym zadaniem. Wskaźnikiem, który pozwala na identyfikację występowania wody na danym obszarze, jest Znormalizowany Różnicowy Wskaźnik Wodny (NDWI) [36]. NDWI opiera się na zasadzie absorpcji przez wodę światła w zakresie fal widzialnych (VIS) i bliskiej podczerwieni (NIR), a odbicia światła w zakresie fal krótkich podczerwieni (SWIR) [37]. Z wykorzystaniem tej prostej zasady istnieje możliwość wykrywania i mapowania zbiorników wodnych, jak również zmian powierzchni wód w czasie, obrazowania terenów dotkniętych powodzią czy monitoringu mokradeł [37]. NDWI stanowi praktyczne i proste narzędzie do mapowania i monitorowania wód powierzchniowych i związanych z nimi ekosystemów, przez co może być z łatwością wykorzystany w celu wsparcia monitoringu wód powierzchniowych [38].

4. Potencjalne wykorzystanie w badaniu wód powierzchniowych Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego

Obszar Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego stanowi największy w Polsce zespół łąkowy i wyjątkowe w skali Polski zgrupowanie jezior poza granicą ostatniego zlodowacenia [39]. Na kompleks 64 jezior znajdujących się na tym obszarze składają się trudno dostępne i chronione zbiorniki wodne takie jak Brzeziczno, Bikcze, Nadrybie oraz inne, charakteryzujące się intensywnym rozwojem sektora turystycznego, np. Sumin, Piaseczno, Rotcze. Pojezierze znane jest również z prób melioracji i osuszania znacznej części jego obszarów w latach 70. XX w., co spowodowało degradację dużej części naturalnych siedlisk [39]. Z uwagi na miniony i obecny efekt antropogeniczny na tym obszarze monitoring zbiorników wodnych jest istotny ze względu na jakość świadczonych usług turystycznych i środowiskowych. Jednak objęcie monitoringiem całego regionu byłoby czasochłonnym i pracochłonnym przedsięwzięciem. Wykorzystanie obrazowań Sentinel-2 miałyby w opisanym przypadku duże znaczenie praktyczne, pozwalając na monitoring zdalny wszystkich zbiorników, w tym wielu trudno dostępnych, a także pozwoliłyby na wyznaczenie trendów oraz zaobserwowanie zmian wymagających interwencji. Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie stanowi przykład obszaru, na którym implementacja narzędzi multispektralnych ma swoje praktyczne uzasadnienie.

5. Trudności i ograniczenia

Dane Sentinel-2 są źródłem wartościowych danych. Idea możliwości zdalnego badania parametrów środowiska, a tym samym znacznego zwiększenia wydajności, jest celem wielu

specjalistów i badaczy [40]. Obecnie jednak technologia pozyskiwania wiarygodnych danych MSI zmagają się z wieloma trudnościami. Czynnikiem o bardzo zmiennym charakterze i najbardziej wpływającym na dokładność pomiaru jest efekt atmosferyczny [41]. Odbite spektrum zanim zostanie odebrane przez satelitę, musi przemieścić się przez atmosferę, która cechuje się dużą zmiennością zachmurzenia, zamglenia, aerozoli, drobin lodu i innych, znacznie zmniejszających jakość i wiarygodność pozyskiwanych danych. Stosowanie różnorodnych modeli korekcji atmosferycznej jest obowiązkowe, aby otrzymać dokładniejsze dane, jednak wymagane są niezwykle skomplikowane modele, uwzględniające wszystkie czynniki atmosferyczne i relacje między nimi [41, 42]. Innym problemem jest rozdzielczość obrazów. Pomimo faktu, że Sentinel-2 zapewnia wysoką rozdzielczość obrazów wynoszącą nawet 10 metrów, może to być niewystarczające dla niektórych zastosowań w badaniach wód powierzchniowych, zwłaszcza w przypadku małych zbiorników wodnych lub wąskich cieków [43]. Sentinel-2 ma rozdzielczość 13 pasm spektralnych promieniowania elektromagnetycznego. Mimo że taka ilość jest wynikiem wysokiego zaawansowania technologicznego, może być to niewystarczające, aby uchwycić pełny zakres właściwości optycznych wody, co jest barierą w dalszym rozwoju [43].

6. Podsumowanie

Monitoring jakości wód powierzchniowych jest wymagany w celu właściwego zarządzania zasobami wodnymi. Rozwijanie metod i technologii związanych z monitoringiem przyczynia się do lepszego zrozumienia procesów i zależności hydrologicznych i ekologicznych. Przedstawione w pracy narzędzie, jakim jest baza danych satelitarnych Sentinel-2, charakteryzuje się otwartym i powszechnym dostępem, co pozwala na wykorzystanie nawet przez indywidualnych badaczy, specjalistów i prywatnych użytkowników. 13 pasm spektralnych tworzy zestaw danych pozwalających na badanie szerokiej gamy parametrów, których metody są stale ulepszone. Zdjęcia satelitarne dla danego regionu wykonywane są nieprzerwanie co kilka dni, istnieje więc możliwość porównywania zmian w czasie oraz dostęp do danych konkretnej daty z przeszłości. Wymienione cechy wpływają na potencjał zastosowania danych Sentinel-2 w monitoringu wód powierzchniowych. Pomimo trudności związanych z wykorzystaniem technologii, takich jak niewystarczająca rozdzielczość czy podatność na efekt atmosferyczny, proponowane są modele uwzględniające wiele zmiennych i wykazujące wysoką dokładność. Sentinel-2 jak również inne satelity dostarczają wartościowych informacji, trudnych do zastąpienia innymi metodami.

Praca stanowi wstęp do badań mających na celu wykorzystanie danych Sentinel-2 do monitoringu jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego oraz w celu określenia trendów wybranych parametrów zbiorników. Opracowane dane pozwolą na monitoring jakości wszystkich jezior Pojezierza oraz przyczynią się do zwiększenia wiedzy na temat kierunków zmian stanu ekologicznego.

Literatura

- [1] World Meteorological Organization: State of Global Water Resources 2021 (WMO-No. 1308), WMO, Genewa 2022.
- [2] Wada Y., Florke M., Hanasaki N., Eisner S., Fischer G., Tramberend S., Satoh Y., van Vliet M., Yillia P., Ringler C., Burek P., Wiberg D. Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions initiative and its approaches. *Geosci Model Dev*, 2016, Vol. 9(1), s. 175–222, doi: 10.5194/GMD-9-175-2016.
- [3] Clarke R. *Water: the international crisis*, Routledge, Londyn 2013.
- [4] Cosgrove W.J., Loucks D.P. *Water management: Current and future challenges and research directions*. *Water Resour Res*, 2015, Vol. 51(6), s. 4823–4839, doi: 10.1002/2014WR016869.
- [5] Gleick P.H. *Water as a weapon and casualty of armed conflict: A review of recent water-related violence in Iraq, Syria, and Yemen*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, Vol. 6(4), s.1351-1362, July 2019, doi: 10.1002/WAT2.1351.
- [6] Mazo J. Chapter Three: Darfur: The First Modern Climate-Change Conflict. *The Adelphi Papers*, 2009, Vol. 49(409), s. 73–86, doi: 10.1080/19445571003755538.
- [7] Verhoeven H. The nexus as a political commodity: agricultural development, water policy and elite rivalry in Egypt. *Int J Water Resour Dev*, 2015, Vol. 31(3), s. 360–374, doi: 10.1080/07900627.2015.1030725.
- [8] Bromwich B. Nexus meets crisis: a review of conflict, natural resources and the humanitarian response in Darfur with reference to the water–energy–food nexus. *Int J Water Resour Dev*, 2015, Vol. 31(3), s. 375–392, doi: 10.1080/07900627.2015.1030495.
- [9] GUS: *Ochrona środowiska 2017. Rocznik statystyczny*, Warszawa 2017.
- [10] Europejska Agencja Środowiska: *Środowisko Europy 2005 – Stan i prognozy*, 2005.
- [11] Vörösmarty C.J., Douglas E.M., Green P.A., Revenga C. Geospatial Indicators of Emerging Water Stress: An Application to Africa. *Ambio*, 2005, Vol. 34(3), s. 230–236, doi: 10.1579/0044-7447-34.3.230.
- [12] Damkjaer S., Taylor R. The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. *Ambio*, 2017, Vol. 46(5), s. 513–531, doi: 10.1007/S13280-017-0912-Z.
- [13] Kowalczyk A., Wesołowski P., Woźnicka M. Od powodzi do suszy – analiza zmian sytuacji hydrogeologicznej w Polsce w latach 2010–2015. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 2016, 466, s. 123.
- [14] Parlament Europejski: *Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej*, 2000.
- [15] Whitehead P.G., Wilby R.L., Battarbee R.W., Kernan M., Wade A.J. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrological Sciences Journal*, 2009, Vol. 54(1), s. 101–123, doi: 10.1623/HYSJ.54.1.101.
- [16] Ostroumov S.A. On some issues of maintaining water quality and self-purification. *Water Resources*, 2005, Vol. 32(3), s. 305–313, doi: 10.1007/S11268-005-0039-7.
- [17] Ostroumov S.A. Polyfunctional Role of Biodiversity in Processes Leading to Water Purification: Current Conceptualizations and Concluding Remarks. *Hydrobiologia*, 2002, Vol. 469, s. 203–204, doi: 10.1023/a:1015555022737.
- [18] Śliwa-Dominiak J., Deptuła W. *Przepisy dotyczące monitoringu wód powierzchniowych w Polsce. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2012, Vol. 54.

- [19] Jutz S., Milagro-Pérez M.P. Copernicus: The European Earth Observation programme. *Revista de Teledetección*, 2020, Vol. 56, doi: 10.4995/RAET.2020.14346.
- [20] Amigo J.M. Hyperspectral and multispectral imaging: setting the scene. *Data Handling in Science and Technology*, 2019, Vol. 32, s. 3–16, doi: 10.1016/B978-0-444-63977-6.00001-8.
- [21] Amigo J.M., Grassi S. Configuration of hyperspectral and multispectral imaging systems. *Data Handling in Science and Technology*, 2020, Vol. 32, s. 17–34, doi: 10.1016/B978-0-444-63977-6.00002-X.
- [22] Huang S., Tang L., Hupy J.P., Wang Y., Shao G. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *J For Res (Harbin)*, 2021, Vol. 32(1), s. 1–6, doi: 10.1007/S11676-020-01155-1.
- [23] Nicholson S.E., Farrar T.J. The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall, and soil moisture in semiarid Botswana. I. NDVI response to rainfall. *Remote Sens Environ*, 1994, Vol. 50(2), s. 107–120, doi: 10.1016/0034-4257(94)90038-8.
- [24] Campos-Taberner M. Land use classification over smallholding areas in the European Common Agricultural Policy framework. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2023, Vol. 197, s. 320–334, doi: 10.1016/J.ISPRSJPRS.2023.02. 005..
- [25] Potes M. Use of Sentinel 2-MSI for water quality monitoring at Alqueva reservoir, Portugal. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 2018, Vol.380, s. 73–79, doi: 10.5194/PIAHS-380-73-2018.
- [26] Gholizadeh M.H., Melesse A.M., Reddi L. A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. *Sensors*, 2016, Vol. 16(8), doi: 10.3390/S16081298.
- [27] Visitacion M.R., Alnin C.A., Ferrer M.R., Suñiga L. Detection of algal bloom in the coastal waters of Boracay, Philippines using normalized difference vegetation index (NDVI) and floating algae index (FAI). *Remote Sensing and Spatial Information Science*, 2019, Vol. 42(4), s. 479-484, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W19-479-2019.
- [28] Salarux C., Kaewplang S. Estimation of Algal Bloom Biomass Using UAV-Based Remote Sensing with NDVI and GRVI. *Engineering Access*, 2020, Vol. 6(1), s. 1–6, doi: 10.14456/MIJET.2020.1.
- [29] Wang J., Wang Z., Cui Y., Yan S. Dynamic monitoring of phycocyanin concentration in Chaohu Lake of China using Sentinel-3 images and its indication of cyanobacterial blooms. *Ecol Indic*, 2020, Vol. 142, doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109340.
- [30] Beck R. Comparison of satellite reflectance algorithms for estimating turbidity and cyanobacterial concentrations in productive freshwaters using hyperspectral aircraft imagery and dense coincident surface observations. *J Great Lakes Res*, 2019, Vol. 45(3), s. 413–433, doi: 10.1016/J.JGLR.2018.09.001.
- [31] Stadnichuk I.N., Tropin I.V. Phycobiliproteins: Structure, functions and biotechnological applications. *Appl Biochem Microbiol*, 2017, Vol. 53(1), s. 1–10, doi: 10.1134/S0003683817010185.
- [32] Brisset M. Hindcast and Near Real-Time Monitoring of Green Macroalgae Blooms in Shallow Coral Reef Lagoons Using Sentinel-2: A New-Caledonia Case Study. *Remote Sensing* 2021, Vol. 13(2), s. 211, doi: 10.3390/RS13020211.
- [33] Necula M. How accurate is the remote sensing-based estimate of water physico-chemical parameters in the Danube Delta (Romania)? *Ann for Res*, 2022, Vol. 65(2), s. 103–114, doi: 10.15287/AFR.2022.2682.

- [34] Soomets T., Uudeberg K., Jakovels D., Brauns A., Zagars M., Kutser T. Validation and Comparison of Water Quality Products in Baltic Lakes Using Sentinel-2 MSI and Sentinel-3 OLCI Data. *Sensors*, 2020, Vol. 20(3), s. 742, doi: 10.3390/S20030742.
- [35] Neves V.H., Pace G., Deligido J., Antunes S.C. Chlorophyll and Suspended Solids Estimation in Portuguese Reservoirs (Aguieira and Alqueva) from Sentinel-2 Imagery. *Water*, 2021, Vol. 13(18), s. 2479, doi: 10.3390/w13182479.
- [36] Du Y., Zhang Y., Ling F., Wang Q., Li W., Li X. Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. *Remote Sensing*, 2016, Vol. 8(4), s. 354, doi: 10.3390/RS8040354.
- [37] Yang X., Qin Q., Grussenmeyer P., Koehl M. Urban surface water body detection with suppressed built-up noise based on water indices from Sentinel-2 MSI imagery. *Remote Sens Environ*, 2018, Vol. 219, s. 259–270, doi: 10.1016/J.RSE.2018.09.016.
- [38] Sekertekin A. A Survey on Global Thresholding Methods for Mapping Open Water Body Using Sentinel-2 Satellite Imagery and Normalized Difference Water Index. *Archives of Computational Methods in Engineering*, t. 28, nr 3, s. 1335–1347, maj 2021, doi: 10.1007/S11831-020-09416-2/TABLES/4.
- [39] Sposób J., Turczyński M., *Przekształcenia obszarów bezodpływowych w zlewnie o wymuszonym obiegu wody – Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie*, [w:] *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, red. R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda, Gdańsk 2009, s. 112.
- [40] Zhu L., Suomalainen J., Liu J., Hyypä J., Kaartinen H., Haggren H. A Review: Remote Sensing Sensors, [W:] Rustam B., Hasanova S., Mafhuza H. *Multi-purposeful Application of Geospatial Data*. IntechOpen, London 2018, doi: 10.5772/INTECHOPEN.71049.
- [41] Sola I. Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 73, s. 63–76, doi: 10.1016/J.JAG.2018.05.020.
- [42] Chraïbi E., de Boissieu F., Barbier N., Luque S., Féret J.B. Stability in time and consistency between atmospheric corrections: Assessing the reliability of Sentinel-2 products for biodiversity monitoring in tropical forests. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2022, Vol. 112, doi: 10.1016/j.jag.2022.102884.
- [43] Phiri D., Simwanda M., Salekin S., Nyirenda V.R., Murayama Y., Ranagalage M. Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sensing*, 2020, Vol. 12(14), s. 2291, doi: 10.3390/RS12142291.

ENHANCING THE EFFECTIVENESS OF INLAND WATERWAY MONITORING AND MANAGEMENT THROUGH SENTINEL-2 REMOTE SENSING TECHNOLOGY

Abstract

Knowing the status of surface water quality is an essential element of proper water resource management. However, the challenge is to monitor the entire water body, so only selected sites are monitored. Sentinel-2 provides satellite data to obtain information on any surface water body. Multispectral imagery can be used to measure many water quality parameters, providing a powerful tool for monitoring. This paper is an introduction to research on the use of Sentinel-2 data to analyse the condition of lakes in the Leczynsko-Wlodawa Lake District.

Keywords: Sentinel-2, water monitoring, remote sensing, inland reservoirs

Opiekun pracy
dr Wojciech Płaska

Recenzenci:
dr Joanna Sender
dr hab. Barbara Sowińska-Świerkosz, prof. uczelni