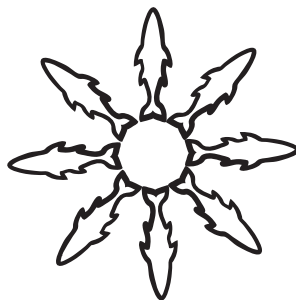


# **XLIX SZKOLENIE - KONFERENCJA HODOWCÓW RYB ŁOSOSIOWATYCH**



## **MATERIAŁY SZKOLENIOWE**

Materiały pod redakcją:  
dr hab. inż. Radostawa Kowalskiego

ISBN 978-83-948062-9-3



Fundusze Europejskie  
dla Rybactwa

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Morskiego, Rybackiego i Akwakultury  
w ramach Programu Fundusze Europejskie dla Rybactwa na lata 2021 – 2027.



Wstęp .....	5
Obraz polskiej akwakultury w 2023 roku na podstawie badań statystycznych przy zastosowaniu kwestionariusza RRW-22 .....	7
Serwis Statystyczny - wielkość i struktura produkcji ryb łososiowatych w ujęciu ankiety SPRŁ .....	16
Rynek i spożycie ryb w 2023 roku .....	37
Ślad wodny pstrąga tęczowego - bezpośrednie i pośrednie zużycie wody .....	53
Przyrzeczenie, przeniesienie i wygaśnięcie pozwolenia wodnoprawnego .....	60
Kierunki rozwoju rynku detalicznego i gastronomii w świetle potrzeb krajowych konsumentów .....	74
Jak wyróżnić swój produkt w komunikacji z konsumentem? Zasady tworzenia przekazów marketingowych w oparciu o przepisy prawa żywnościowego. ....	83
Metody diagnostyczne w ocenie stanu zdrowia ryb - możliwości i wyzwania .....	86
20 lat urzędowej kontroli pozostałości barwników w produktach akwakultury w Polsce .....	104
Wrzodziejąca martwica skóry (UDN) ryb łososiowatych - analiza zagrożenia .....	120
Związki bioaktywne w diecie - dystrybucja z paszy do mięsa i ikry pstrąga .....	128
Perspektywy produkcji biomasy mikrogłonów w oparciu o odcieki pochodzące z systemów akwakultury .....	142
Produkcja materiału zarybieniowego ryb łososiowatych - jak wspomóc dzisiejsze ekosystemy i skutecznie utrwalić populację ryb w rzekach.....	165
„Nowe” zagrożenia dla zdrowia ryb łososiowatych w nowoczesnych systemach akwakultury .....	171



## Wstęp

Radostaw Kowalski

Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie

Szanowni Państwo,

Serdecznie witamy na tegorocznej konferencji hodowców ryb łososiowatych, która odbywa się w wyjątkowym okresie dla naszej branży. Choć pasja do hodowli ryb zawsze była siłą napędową naszych działań, obecnie stajemy przed wyzwaniami, które nie tylko zmieniają nasze codzienne funkcjonowanie, ale i przyszłość całej produkcji rybackiej. Połączenie globalnych problemów, takich jak zmiany klimatyczne, kryzys energetyczny, pandemia i napięcia geopolityczne, stawia przed nami pytania, jak utrzymać efektywność i zrównoważony rozwój w tych trudnych czasach.

Nasza branża nieustannie musi dostosowywać się do zmieniających się warunków. Z jednej strony, globalne ocieplenie wpływa na temperatury wód, co zagraża hodowlom i wymusza innowacje, które pozwolą nam sprostać wymaganiom produkcji w trudniejszych środowiskach. Z drugiej strony, kryzys energetyczny i wzrastające ceny energii wymuszają szukanie bardziej efektywnych i zrównoważonych technologii. Do tego dochodzą rosnące oczekiwania konsumentów związane z jakością produktów i ich wpływem na zdrowie, co tylko podkreśla rolę ryb jako źródła cennego białka i składników odżywczych w diecie.

Nie sposób pominąć także kwestii dobrostanu ryb, która wciąż nie została odpowiednio uregulowana na poziomie Unii Europejskiej. Mimo że EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności) od ponad dekady prowadzi prace nad wytycznymi w tym zakresie, ostateczne regulacje wciąż pozostają nieosiągnięte. Aktualnie znajdujemy się w kluczowej fazie konsultacji, w której mamy szansę wziąć aktywny udział i wpłynąć na kształt przyszłego prawa dotyczącego hodowli ryb. Wypracowanie jasnych norm dobrostanu nie tylko zwiększy ochronę zwierząt, ale także pomoże hodowcom lepiej dostosować się do przyszłych wymagań. Nasz głos jest istotny, aby zapewnić, że regulacje te będą realistyczne, a jednocześnie skutecznie odpowiedzą na potrzeby zarówno branży, jak i ochrony środowiska.

Jak co roku, wspólnie stajemy przed kluczowymi pytaniami: jak podtrzymać produkcję ryb łososiowatych w obliczu kryzysów i jak zapewnić, że nasze działania będą miały pozytywny wpływ zarówno na środowisko, jak i na przyszłe pokolenia? Dzisiejsze spotkanie to nie tylko okazja do wymiany doświadczeń, ale także przestrzeń do dyskusji nad nowymi rozwiązaniami technologicznymi i strategią rozwoju, która umożliwi nam sprostanie tym wyzwaniom. Razem mamy możliwość kreowania przyszłości naszej branży i zapewnienia, że produkty, które dostarczamy na rynek, będą nie tylko opłacalne, ale i zdrowe oraz przyjazne środowisku.

Życzymy Państwu inspirujących rozmów oraz owocnej wymiany wiedzy!

## Obraz polskiej akwakultury w 2023 roku na podstawie badań statystycznych przy zastosowaniu kwestionariusza RRW-22

Marek Trella

Zakład Bioekonomiki Rybactwa

Instytut Rybactwa Śródlądowego – Państwowy Instytut Badawczy

10-719 Olsztyn, ul. Oczapowskiego 10, m.trella@infish.com.pl

**Dr Leszek Myszkowski (2.08.1959-7.11.2023)**

*Tekst został przygotowany na podstawie wieloletnich opracowań, których współautorem, a później autorem był dr inż. Leszek Myszkowski, dotyczących produkcji rybackiej prowadzonej w stawach rybnych i innych urządzeniach służących do chowu lub hodowli na podstawie analizy kwestionariuszy RRW-22. Badania ekonomiczne z zakresu rybactwa śródlądowego przewidziane w Programie Badań Statystyki Publicznej. Dr Leszek Myszkowski był ekspertem Komisji Europejskiej do spraw statystyk rybackich (Working Group on Fisheries Statistics). Pan Leszek zmarł w dniu 7 listopada 2023 roku w wieku 64 lat. W naszym Instytucie pracował przez ponad 40 lat.*

### **Wstęp**

Prezentowane wyniki pochodzą z badań statystycznych sektora akwakultury, wykonanych w 2023 roku w Instytucie Rybactwa Śródlądowego - Państwowym Instytucie Badawczym. Analizę przeprowadzono przy zastosowaniu kwestionariusza statystycznego RRW-22. Od kilku lat liczba nadsyłanych kwestionariuszy ustabilizowała się na poziomie około 1100 do 1200, w 2023 roku było ich 1148, czyli niewiele mniej niż w roku poprzednim.

Z uwagi na konieczność wcześniejszego złożenia tekstu artykułu do materiałów konferencyjnych, przedstawiane tutaj dane statystyczne dotyczące sezonu 2023 r. należy traktować jako wstępne. Oficjalne dane końcowe zostaną przekazane do Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi zgodnie z podpisaną umową w końcu września 2023 r. Artykuły zawierające charakterystykę akwakultury

w 2023 r. zostaną zamieszczone w pismach branżowych, m.in. w Komunikatach Rybackich i Przeglądzie Rybackim.

Akwakultura w Polsce obejmuje chów i hodowlę ponad trzydziestu gatunków ryb przeznaczonych zarówno do konsumpcji, jak i do obsad stawów i innych urządzeń oraz zarybień jezior, rzek, zbiorników zaporowych i Battyku. Do krajowej akwakultury zalicza się również chów skorupiaków (raków) oraz produkcję ikry ryb przeznaczonej do konsumpcji z ryb jesiotrowatych i łososiowatych. W Polsce stosowane są zróżnicowane technologie chowu ryb. Produkcja odbywa się zarówno w stawach ziemnych, jak i betonowych, basenach i torach wodnych, przegrodach i sadzach, klatkach oraz w systemach recyrkulacyjnych. Uzyskiwane wyniki chowu i hodowli, rosnąca z roku na rok produkcja ryb i wartości ich sprzedaży, jednoznacznie wskazują, że Polska dysponuje już nowoczesnym, dużym i liczącym się w Unii Europejskiej potencjałem.

Nowym problemem, odczuwalnym w skali globalnej są postępujące zmiany klimatyczne. Wpływ tych zmian na ekosystemy wodne i zasoby ryb stanowi przedmiot coraz liczniejszych badań naukowych prowadzonych w różnych częściach świata (Islam i inni 2014, Linderholm i inni 2014, Williams i inni 2015, Himes-Cornell i Kasperski 2015, Kao i inni 2015). Odnotowywane także w Polsce zmiany klimatyczne bezpośrednio wpływają na warunki chowu ryb, gdyż wyższa termika wody sprzyja lepszym przyrostom karpia i gatunków ryb karpiowatych w stawach ziemnych, natomiast w klasycznych przepływowych ośrodkach pstrągowych zbyt wysokie dla tego gatunku temperatury wody skutkują perturbacjami hodowlanymi, m.in. koniecznością czasowego wstrzymywania karmienia ryb (Myszkowski 2023). Łagodzenie zmian klimatu i adaptacja do zmian klimatu to kluczowe wyzwania, jaki musi stawić czoła w XXI cała branża rybacka. U podstaw tych wyzwań leży kwestia energii – a ściślej rzecz biorąc - kwestia naszego całkowitego poziomu zużycia energii i naszej zależności od paliw kopalnych (Gielen i inni 2019). Przejście od paliw kopalnych do rozwiązań niskoemisyjnych będzie odgrywać zasadniczą rolę, ponieważ emisja dwutlenku węgla stanowi dwie trzecie wszystkich gazów cieplarnianych (Trella 2022). Następujące w ostatnich latach na całym świecie zmiany klimatyczne wymusiły na naukowcach zajmujących się szeroko pojętym gospodarowaniem wodami (Arlinghaus i inni 2015, Cooke i inni 2015, Hunt i inni 2016), aby do badań dotyczących zarządzaniem rybactwem, dodać nowy aspekt badawczy,

a konkretnie wpływ tych zmian na prowadzoną gospodarkę rybacką (Trella i inni 2019).

Według danych IMGW należy stwierdzić, że 2023 r. był termicznie ekstremalnie ciepły w każdym regionie Polski, poza pasem pobraży, był to zarazem drugi najcieplejszy rok w XXI wieku, zaledwie o 0,2 stopnia chłodniejszy od 2019 r., który był najcieplejszy w historii pomiarów instrumentalnych temperatury na ziemiach polskich (IMGW 2024).

Ponownie jak rok temu, wszystkie pory roku pod względem termicznym na niemal całym terenie kraju była uznane jako ciepłe lub ekstremalnie ciepłe i anomalnie ciepłe. Rok 2023 pod względem opadowym, został sklasyfikowany jako przeciętny, co oznacza poprawę względem roku poprzedniego, gdzie był bardziej suchy. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych na podstawie pomiarów synoptycznych wyniosła 656,2 mm, co stanowi 107,3% wartości wieloletniej (1991-2020) (IMGW 2024). Podsumowując, dla akwakultury niskointensywnej ostatni sezon w odniesieniu do warunków termicznych i wodnych był w większości gospodarstw bardziej sprzyjający niż rok poprzedni.

## **Metodologia**

Celem badań było wykonanie analiz statystycznych krajowej akwakultury za 2023 r. w ramach Programu Badań Statystycznych Statystyki Publicznej realizowanego na podstawie art. 31 ustawy z dnia 29 czerwca 1995 r. o statystyce publicznej (Dz. U. z 2016 r., poz. 1068, z późn. zmianami). Badania przeprowadzono na zbiorze podmiotów prowadzących chów i hodowlę ryb w stawach rybnych oraz innych urządzeniach służących temu celowi, zewidencjonowanych przy użyciu kwestionariusza statystycznego RRW-22. Wartości liczbowe zawarte w poszczególnych kwestionariuszach, po weryfikacji były sumowane, dla poszczególnych gatunków ryb oraz zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady doszacowane według wiedzy eksperckiej, maksymalnie do 10%. Kwestionariusz RRW-22 zawiera szeroki zakres informacji, co umożliwi Polsce, podobnie jak wszystkim krajom członkowskim Unii Europejskiej zrealizować wymogi zawarte w Rozporządzeniu 762/2008. Według zapisów tego rozporządzenia, państwa członkowskie obligatoryjnie przekazują do Komisji Europejskiej dane obejmujące cztery obszary:

- a) roczną produkcję akwakultury (wyrażoną w masie i wartości);
- b) roczny wkład do chowu materiału pochodzenia naturalnego (wyrażony w wielkości i wartości jednostkowej);
- c) roczną produkcję wylęgarni i podchowalni;
- d) strukturę sektora akwakultury.

Z uwagi na konieczność wcześniejszego złożenia tekstu artykułu do materiałów konferencyjnych, przedstawiane tutaj dane statystyczne dotyczące sezonu 2023 r. należy traktować jako nieostateczne. Oficjalne dane końcowe, zgodnie z podpisaną umową zostaną przekazane do Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w końcu września. Artykuły zawierające charakterystykę akwakultury w 2023 r. zostaną zamieszczone w pismach branżowych, m.in. w Komunikatach Rybackich i Przeglądzie Rybackim.

## **Wyniki badań i ich dyskusja**

### **Przebieg zbierania kwestionariuszy**

W 2023 r. otrzymano 1148 wypełnione kwestionariusze RRW-22, co oznacza spadek o 16 sztuk w porównaniu z sezonem 2022 r. Od kilku już lat liczba nadsyłanych sprawozdań ustabilizowała się na poziomie ok. 1100 - 1200, w bieżącym sezonie liczba respondentów z sektora akwakultury intensywnej, szczególnie raportujących chów pstrągów tęczowych oraz ryb jesiotrowatych pozostała na bardzo zbliżonym poziomie. Przed wprowadzeniem informacji z kwestionariuszy do komputerowej bazy danych poddano je dokładnej weryfikacji, poprawiono ewidentne błędy oraz uzupełniono brakujące dane. W wątpliwych przypadkach kontaktowano się telefonicznie z właścicielami gospodarstw w celu wyjaśnienia nieścisłości i błędów.

### **Produkcja ryb przeznaczonych do konsumpcji**

Po trwającym od 2015 roku trendzie wzrostowym w 2021 roku odnotowano znaczny spadek produkcji ryb w akwakulturze (Tab. 1). W 2023 roku produkcja ryb ustabilizowała się i była niemal identyczna w porównaniu z poprzednim sezonem. Podobnie jak w poprzednich latach, także w ostatnim sezonie zdecydowanie dominowały dwa gatunki, karp i pstrąg tęczowy. Po raz drugi w historii badań statystycznych sektora na pierwszym miejscu znalazł się pstrąg tęczowy. W roku

2022 udział karpia w całkowitej produkcji polskiej akwakultury wyniósł 40% natomiast udział pstrąga tęczowego był równy 47%.

**Tabela 1. Produkcja ryb przeznaczonych do konsumpcji z krajowej akwakultury od 2012 roku (tys. ton)**

Rok	Razem	Karpie	Łososiowate	Pozostałe
2012	36,15	17,70	14,57a	3,88
2013	35,10	18,80	13,70a	2,60
2014	40,10	20,30	16,10a	3,70
2015	36,99	17,75	15,80b	3,44
2016	37,87	18,55	16,33b	2,99
2017	38,24	18,32	16,89b	3,03
2018	43,30	20,75	18,82b	3,73
2019	44,71	21,25	19,72b	3,74
2020	50,00	21,14	24,39b	4,47
2021	44,20	17,40	22,57b	4,23
2022	44,11	17,75	22,52b	3,89
2023	40,67	17,70	19,49b	3,48

a) łącznie pstrąg tęczowy, palia, pstrąg źródlany, b) łącznie pstrąg tęczowy, palia, pstrąg źródlany, łosoś atlantycki, troć, c) łącznie gatunki z akwakultury niskointensywnej i intensywnej

### **Produkcja w warunkach intensywnych i niskointensywnych**

W 2023 roku produkcja niskointensywna (stawowy chów karpia w polikulturach z innymi gatunkami) stanowiła ok. 43% ogólnej produkcji akwakultury przeznaczonej do konsumpcji, natomiast z akwakultury intensywnej (chów w basenach i torach wodnych, systemach recyrkulacyjnych, przegrodach i sadzach ryb łososiowatych, jesiotrowatych, sumów afrykańskich, ikry do konsumpcji) pochodziło pozostałe 57%. Należy oczekiwać, że zgodnie z założeniami strategii rozwoju akwakultury w Polsce, w najbliższych latach udział

produkcji pochodzącej z akwakultury intensywnej będzie z roku na rok wzrastał, mimo obecnego obserwowanego spadku sprzedaży ryb przeznaczonych do konsumpcji. W 2023 roku 148 producentów pstrąga tęczowego wyprodukowało ok. 18 tys. ton. pstrąga tęczowego przeznaczonego do konsumpcji.

### **Produkcja, sprzedaż i ceny najważniejszych ryb polskiej akwakultury**

W 2023 r. wielkość produkcji ryb i skorupiaków przeznaczonych do konsumpcji wyniosła 40,67 tys. ton (Tab. 2), podczas gdy w poprzednim sezonie 44,11 tys. ton. Od lat w polskiej akwakulturze dominują dwa gatunki ryb przeznaczonych do konsumpcji – pstrąg tęczowy i karp. W ostatnich latach udział karpia w produkcji ogólnej krajowej akwakultury systematycznie spada. W 2023 r. wyniósł 43 % [39,6% w 2022 r. 38,9% w 2021 r., 42,2% w 2020, 47,5% w 2019 r., 47,9% w 2018 r.]. Udział pstrąga tęczowego systematycznie rośnie do 48,7% w 2022 r., w tym roku spadł do ok.45% w poprzednich latach: 45,9% w 2021 r., 42,0%, w 2020 r. 36,4% w 2019 r., 36,8% w 2018 r. W 2023 r. wielkość produkcji karpia była niemal taka sama jak w poprzednim sezonie.

Produkcja najbardziej popularnego gatunku ryb łososiowatych, pstrąga tęczowego wyniosła w 2023 r. ponad 18 tys. ton wobec 20,8 tys. ton w 2022 r. Łączna produkcja wykazywanych w kwestionariuszach RRW-22 czterech gatunków pstrągów wyniosła ok. 19,6 tys. ton, znacznie mniej niż w ubiegłym sezonie. Udział wartości sprzedaży pstrąga tęczowego w sprzedaży wszystkich ryb z polskiej akwakultury nieznacznie wzrósł w porównaniu ubiegłym sezonem do 44,9% [44,1 w 2021, 47,2% w 2020 r., 44,1% w 2019 r., 42,0% w 2018 r.]. Po czteroletniej dominacji pstrąga tęczowego nad karpem w wartości sprzedanych ryb konsumpcyjnych w 2022 roku nastąpiło odwrócenie trendu i trend ten się utrzymał. Pomimo większej od karpia o nieco ponad 0,5 tys. ton sprzedaży konsumpcyjnych pstrągów tęczowych ich wartość była niższa od wartości sprzedanych karpia konsumpcyjnych. W 2023 roku wielkość sprzedaży zarówno karpia była podobna jak w 2 latach poprzednich, w przypadku pstrąga tęczowego była podobna do tej w 2019 roku jednak cena zbytu pstrąga wzrosła względem roku poprzedniego o ok. 18%, natomiast cena karpia spadła z rekordowej wartości 21,45 zł/kg do 20,97 zł/kg, co oznacza niewielki spadek względem roku poprzedniego (ok. 2%).

Produkcja istotnych w polikulturach z karpem tak zwanych ryb roślinożernych (tołpyga biała, tołpyga pstra i amur biały) wyniosła w 2023 roku

ponad 1,6 tys. ton i była niższa o niecałe 400 ton od ubiegłorocznej produkcji tych gatunków ryb. Nieznacznie wzrosła produkcja cenionych przez konsumentów i poszukiwanych na rynku ryb drapieżnych (szczupak, sandacz, sum europejski, okoń). Odłowiono łącznie 0,56 tys. ton tych ryb. Produkcja sandacza, cennego gatunku, wzrosła w porównaniu z poprzednim sezonem i wyniosła ok. 70 ton.

**Tabela 2. Produkcja, sprzedaż i ceny najważniejszych ryb polskiej akwakultury**

Gatunek	Produkcja (tys. ton)	Sprzedaż (tys. ton)	Udział sprzedaży w produkcji [%]	Średnia cena zbytu (zł/kg) w roku 2023	Zmiana ceny 2022/2021 [%]
pstrąg tęczowy	21,06	18,28	86,80	19,17	18,11
karp	20,21	17,70	87,59	20,97	-2,24
palia	0,92	0,90	97,58	26,81	34,99
jesiotr	1,06	0,85	80,36	38,24	34,08
amur biały	0,92	0,67	73,03	20,68	4,50
sum afrykański	0,45	0,46	101,92	25,05	80,09
tołpyga pstra	0,58	0,46	79,25	12,78	20,57
pstrąg źródlany	0,31	0,27	89,45	25,37	18,22
karaś	0,22	0,20	88,87	12,72	36,77
szczupak	0,32	0,26	82,02	32,03	2,23

Najdroższym gatunkiem krajowej akwakultury w 2023 roku był sandacz, którego sprzedaż wyniosła ok. 43 tony, przy średniej ważonej cenie zbytu na poziomie 47,58 zł/kg. Również ceny innych gatunków ryb drapieżnych były wysokie (Tab. 2): szczupaka 32,03 zł/kg, suma europejskiego 34,31 zł/kg, co świadczy o dużym, stale niezaspokojonym popycie na te gatunki. Do najtańszych gatunków pochodzących z akwakultury zaliczają się karaś oraz tołpygi. W 2023 r. cena zbytu

pstrąga tęczowego wzrosła w porównaniu z poprzednim sezonem o ponad 18% osiągając wartość 19,17 zł/kg. Ceny te zawierały się w przedziale (od ok. 16 do ok. 35 zł/kg).

### **Wartość produkcji akwakultury**

W 2023 roku odnotowano najwyższą w historii badań statystycznych wartość sprzedanych ryb z krajowej akwakultury. Wyniosła ona ok. 844 mln zł, co oznacza wzrost o 6% w porównaniu z poprzednim rokiem. Pomimo mniejszej produkcji akwakultury stosunkowo duże wzrosty cen ryb konsumpcyjnych, spowodowały dalszy przyrost dochodów sektora w porównaniu do 2022 roku.

Wartość sprzedaży karpia konsumpcyjnego była w 2023 roku porównywalna, pomimo nieznacznego spadku produkcji (Tab. 1) i pogorszeniu sprzedaży (Tab. 2). W przypadku sprzedaży pstrąga tęczowego wyniosła ona 350 mln zł a karpia przeznaczonego do konsumpcji 371 mln zł, przy czym drugi rok z rzędu wartość sprzedaży karpia była wyższa od wartości sprzedaży pstrąga tęczowego. Łączna wartość sprzedaży ryb konsumpcyjnych wszystkich gatunków pstrągów (tęczowy, źródłany, potokowy i palia) zwiększyła się w 2023 roku w porównaniu z poprzednim sezonem i wyniosła blisko 382 mln zł wobec 366 mln zł w 2022 roku.

Od kilku lat znaczącym segmentem akwakultury jest produkcja ikry przeznaczonej do konsumpcji, głównie kawioru. W 2023 roku wyprodukowano jej łącznie ok. 47,3 tony w tym ok. 39 tony kawioru o wartości przekraczającej 68 mln zł.

### **Literatura**

1. Arlinghaus, R., Lorenzen, K., Johnson, B.M., Cooke, S.J., Cowx I.G. 2015 - Management of freshwater fisheries - W: Freshwater Fisheries Ecology (Red.) J.F. Craig, 557-579.
2. Cooke, S.J., Arlinghaus R., Johnson B.M., Cowx I.G. 2015 – Recreational fisheries in inland waters – W: Freshwater Fisheries Ecology (Red.) J.F. Craig, 449-465. <https://doi.org/10.1002/9781118394380.ch36>.
3. Linderholm, H.W., Cardinale, M., Bartolino, V., Chen, D., Ou, T., Svedäng, H. 2014 – Influences of large-and regional-scale climate on fish recruitment in the Skagerrak-Kattegat over the last century – Journal of Marine Systems, 134, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2014.02.006>.
4. Lirski A., Myszkowski L. 2013-2022 – Raporty z produkcji rybackiej prowadzonej w stawach rybnych i innych urządzeniach służących do chowu i hodowli na podstawie analizy kwestionariuszy RRW-22.

5. Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, D. M., Wagner, N., Gorini, R. 2019 – The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24, 38-50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>.
6. Himes-Cornell, A., Kasperski, S. 2015 – Assessing climate change vulnerability in Alaska's fishing communities – *Fisheries Research* 162, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.09.010>.
7. Hunt, L.M., Fenichel, E.P., Fulton, D.C., Mendelsohn, R., Smith, J.W., Tunney, T.D., Lynch, A.J., Paukert, C.P., Whitney, J.E. 2016 – Identifying Alternate Pathways for Climate Change to Impact Inland Recreational Fishers – *Fisheries*, 41, 362-372. <https://doi.org/10.1080/03632415.2016.1187015>.
8. Islam, M., Sallu, S., Hubacek, K., Paavola, J. 2014 – Limits and barriers to adaptation to climate variability and change in Bangladeshi coastal fishing communities – *Marine Policy*, 43, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.06.007>.
9. Kao, Y., Madenjian, C.P., Bunnell, D.B., Lofgren, B.M., Perroud, M. 2015 – Potential effects of climate change on the growth of fishes from different thermal guilds in Lakes Michigan and Huron – *Journal of Great Lakes Research*, 41(2), 423-435. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.03.012>.
10. Myszkowski L. 2023 – Produkcja rybacka prowadzona w stawach rybnych i innych urządzeniach służących do chowu i hodowli w 2022 roku na podstawie analizy kwestionariuszy RRW-22 – XLVIII Szkolenie-Konferencja Hodowców Ryb Łososiowatych: 7-14.
11. Trella M 2022 – Wpływ zmian klimatycznych i gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej na podstawie informacji uzyskanych od rybackich użytkowników wód – Praca doktorska. IRS, Olsztyn: 229 s. DOI: 10.13140/RG.2.2.14229.19684
12. Trella, M., Czerwiński, T., Wołos, A. 2019 – Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe – *Fisheries & Aquatic Life*, 27, 208-223. <https://doi.org/10.2478/aopf-2019-0024>.
13. Trella M., Dubrowski M., B. Cejko 2024 – Produkcja rybacka prowadzona w stawach rybnych i innych urządzeniach służących do chowu i hodowli w 2022 roku na podstawie analizy kwestionariuszy RRW-22 (raport w przygotowaniu).
14. Williams, J.E., Isaak, D.J., Imhof, J., Hendrickson, D.A., McMillan, J.R. 2015 – Cold-Water Fishes and Climate Change in North America – Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 1-10. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09505-1>
15. Charakterystyka wybranych elementów klimatu w Polsce w 2023 roku – podsumowanie. IMGW-PIB. [Online] <https://www.imgw.pl/wydarzenia/charakterystyka-wybranych-elementow-klimatu-w-polsce-w-2023-roku-podsumowanie> [Dostęp 09.09.2023].

## Serwis Statystyczny - wielkość i struktura produkcji ryb łososiowatych w ujęciu ankiety SPRŁ<sup>1</sup>

Krzysztof Hryszko

Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej  
Państwowy Instytut Badawczy

00-002 Warszawa, Świętokrzyska 20, hryszko@ierigz.waw.pl

Oddajemy w Państwa ręce dwunaste opracowanie stanowiące prezentację wyników końcowych analizy danych z otrzymanych ankiet produkcyjnych sektora producentów ryb łososiowatych za 2023 rok. W tym roku, w ramach ankiety, spytaliśmy także o wskazanie głównych problemów w prowadzeniu/rozwoju Państwa gospodarstw, a syntetyczne ich przedstawienie znajduje się w ostatniej części opracowania.

Odnotowaliśmy niestety znaczący spadek zwrotu ankiet do poziomu 45 wobec 55 uzyskanych rok wcześniej. Ankiety ponownie trafiły do 107 podmiotów zajmujących się chowem i hodowlą ryb łososiowatych. Dziękujemy za kompletne wypełnienie ankiet wraz z danymi szczegółowymi - pełne dane obejmujące produkcję i sprzedaż zaraportowały 43 podmioty<sup>2</sup> (łączny wolumen 8,463 tys. ton produkcji – **38,5%** w stosunku do całej produkcji netto). Dane te pozwalają na estymację danych odnoszących się do całej populacji (całego sektora), ale są obarczone większą możliwością błędu niż w latach poprzednich. W tym miejscu chcielibyśmy podziękować Tym z Państwa, którzy zdecydowali się kontynuować podjętą inicjatywę Serwisu Statystycznego. Natomiast niezdecydowanych po raz kolejny zachęcamy do wypełnienia ankiety w przyszłym roku, ponieważ przy wyraźnie niższej ściągalności wpływa to nie tylko na jakość prezentowanych wyników, ale także na właściwe szacunki dotyczące całej branży. Przypominamy także, że coroczne i kompletne wypełnienie ankiety jest jednym z warunków otrzymania i utrzymania certyfikatu NASZ PSTRĄG.

---

<sup>1</sup> Opracowanie i zbior ankiet: Anna Swacha – Polańska, Marta Walkusz - Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiowatych, 84-300 Łęborg, Al. Wolności 30/105, biuro@sprl.pl.

<sup>2</sup> Jeden podmiot prowadzi prawie wyłączenie działalność wylęgarniczą i sprzedaż ikry, a w drugim przypadku podmiot udzielił tylko odpowiedzi na pytania dodatkowe dotyczące problemów w prowadzeniu/rozwoju gospodarstwa.

**Tab. 1. Ściągalność ankiet Serwisu Statystycznego**

<b>Wyszczególnienie</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Ankiety wystane	123	113	108	109	118	107	107	107	107	107
Liczba odpowiedzi	53	55	55	45	68	62	53	54	55	45
Ściągalność ankiet	43%	49%	51%	41%	58%	58%	50%	50%	51%	42%

## 1. Warunki klimatyczne i epizootyczne produkcji ryb w 2023 roku

Globalne zmiany klimatyczne, obserwowane także w Polsce, bezpośrednio wpływają na warunki chowu ryb. Wyższa termika wody, nie przekraczająca jednak 28°C sprzyja lepszym przyrostom karpia i innych gatunków ryb karpiowatych w stawach ziemnych, natomiast w klasycznych przepływowych ośrodkach pstrągowych zbyt wysokie dla tego gatunku temperatury wody, oscylujące powyżej ok. 20°C wpływają m.in. na konieczność czasowego wstrzymywania karmienia

Odnotowywany w krajowej akwakulturze intensywniej wzrost liczby obiektów korzystających zarówno z systemów RAS (recyrkulacyjnych), jak i wykorzystujących jedynie częściową recyrkulację wody, uzasadniany jest możliwościami zredukowania negatywnego oddziaływania zmian klimatycznych na chów i hodowlę ryb. Produkcja w systemach RAS pozwala zredukować ryzyko hodowlane w okresach deficytu wody i zbyt wysokich jej temperatur. W 2023 r. sytuacja epizootyczna w gospodarstwach prowadzących chów ryb łososiowatych nie pogorszyła się radykalnie w porównaniu z poprzednimi sezonami, liczba obiektów zakażonych lub zapowietrzonych pozostaje na stałym poziomie, utrudniając kilkunastu podmiotom zwiększanie produkcji.

Według danych IMGW, średnia obszarowa temperatura powietrza w 2023 r. wyniosła w Polsce 10,0°C i była aż o 1,3 stopnia wyższa od średniej rocznej wieloletniej (1991-2020). Ubiegły rok należy zaliczyć do lat ekstremalnie ciepłych. Najcieplejszym regionem było Podkarpacie, gdzie średnia temperatura powietrza wyniosła 10,5°C i była wyższa od normy dla tego obszaru o 1,5 stopnia. Ponieważ znacząca liczba obiektów pstrągowych zlokalizowana jest na Pomorzu, istotny i raczej pozytywny jest fakt, że był to najchłodniejszy region kraju, gdzie średnia roczna temperatura wyniosła 9,8°C (0,8 stopnia powyżej normy). Epizody fal ciepła były w minionym roku częstsze i zdecydowanie bardziej długotrwałe niż fale chłodu. Wyjątkowo ciepło było na początku minionego roku oraz we wrześniu. Warto odnotować także fakt wystąpienia na przelomie pierwszej i drugiej dekady sierpnia fali chłodu, chłodny był także przelom listopada i grudnia.

Obszarowo uśredniona suma opadu atmosferycznego w 2023 r. wyniosła w Polsce 656,2 mm, co stanowiło 107,3% normy określonej na podstawie pomiarów w latach 1991-2020. Według klasyfikacji stosowanej w IMGW, pod względem wielkości opadów atmosferycznych, miniony rok należy zaliczyć do lat przeciętnych. Podobnie jak w poprzednich latach odnotowano dużą zmienność sumy tych opadów w poszczególnych regionach Polski.

Podsumowując, dla akwakultury niskointensywnej ostatni sezon w odniesieniu do warunków termicznych był w większości gospodarstw sprzyjający, natomiast w części kraju w różnych okresach mogły wiosną i latem wystąpić deficyty wody. W niektórych przepływowych obiektach pstrągowych i jesiotrowych odnotowywano przejściowe perturbacje, związane z wysokimi temperaturami wody oraz jej zakwitami.

## **2. Wielkość produkcji i sprzedaży ryb łososiowatych w 2023 r.**

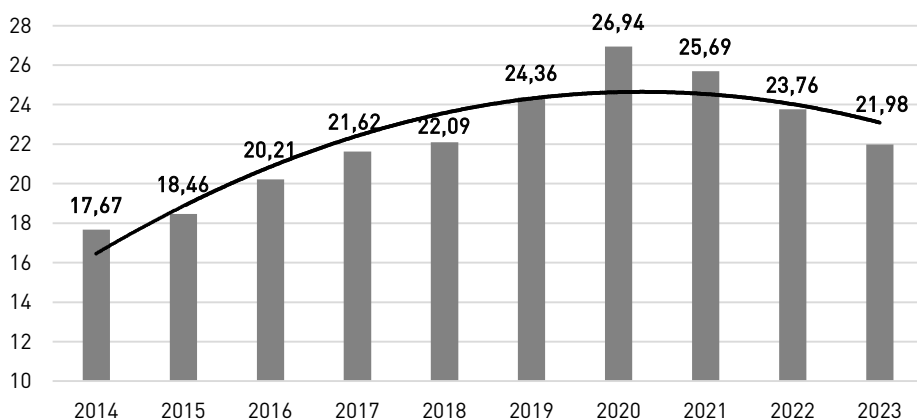
Według danych zebranych w wyniku przeprowadzonej ankiety średnia wartość współczynnika przyrostowego w produkcji ryb łososiowatych netto w 2023 r. wyniosła 1,13 (wobec: 1,11 w 2022 r., 1,12 w 2021 r., 1,09 w 2020 r., 1,08 w 2019 r., 1,10 w 2018 r., 1,13 w 2017 r., 1,15 w 2016 r., 1,16 w 2015 r. i 1,14 w 2014 r. Sprzedaż pasz wśród największych dystrybutorów wyniosła w 2023 r. 24 472 tony (wobec: 26 477 t w 2022 r., 30 091 t w 2021 r., 29 068 t w 2020 r., 26 500 t w 2019 r., 24 715 t w 2018 r., 24 350 t w 2017 r., 23 200 t w 2016 r., 21 247 t w 2015 r. i 20 613 t w 2014 r.) – dane te nie obejmują pasz pstrągowych sprzedanych producentom innych gatunków ryb oraz pasz sprzedanych największej hodowli łososia – która nie została objęta ankietą. Na dzień 1 stycznia 2023 roku suma stanów magazynowych pasz wynosiła wśród badanych podmiotów 1 065 tony, co przy estymacji na całą populację daje wielkość 2 760 ton. W końcu roku stan zapasów zmniejszył się do odpowiednio 915 i 2 380 tony.

Wielkość sprzedaży pasz została skorygowana o oszacowane stany magazynowe z początku oraz końca okresu. Następnie tak określona wartość została podzielona przez średni FCR, dając wielkość produkcji na poziomie 21 982 ton. Spadek produkcji jest notowany już trzeci rok z rzędu i drugi rok z rzędu na poziomie ok. 8%. W porównaniu z rekordowym 2020 r. produkcja obniżyła się już o ok. 18,4%. W 2023 r. o spadku produkcji, podobnie jak rok wcześniej, decydowały wysokie ceny i słaby popyt oraz duży import. Według GUS ceny zbytu

świeżych pstrągów wzrosły o 21,2%, ceny detaliczne o 19,7%, a ceny transakcyjne notowane w imporcie obniżyły się o 2,3%.

### Szacowana wielkość produkcji netto ryb łososiowatych w 2023 roku wyniosła 21,982 tysiąca ton

Rys. 1. Produkcja ryb łososiowatych w latach 2014-2023 (tys. ton)



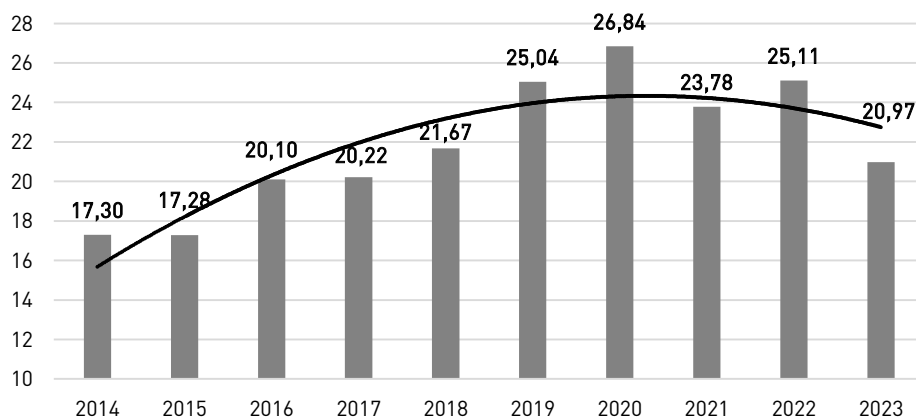
Analiza ryzyka błędu statystycznego wskazuje na większe prawdopodobieństwo niedoszacowania produkcji niż jej przeszacowania, na co wpływa kilka czynników:

- brak danych o niewielkich zakupach pasz z pominięciem polskich dystrybutorów,
- raczej przeszacowany współczynnik przyrostowy (większość hodowców uwzględnia w nim straty),
- niewielki wpływ niedoszacowania lub przeszacowania stanów magazynowych na ogólny wynik produkcji.

Wielkość sprzedaży ryb łososiowatych w 2023 r. oszacowana została na podstawie relacji biomasy na początek okresu i koniec okresu (estymacja: 1 stycznia 2023 r. – 8 886 ton i 31 grudnia 2023 r. – 9 896 ton) do wielkości produkcji. Przyjmując zatem wielkość produkcji netto na poziomie 21 982 ton oraz wzrost biomasy o 1010 ton, to:

## Wielkość sprzedaży ryb łososiowatych w 2023 roku należy oszacować na poziomie 20,972 tysiąca ton

Rys. 2. Sprzedaż ryb łososiowatych w latach 2014-2023 (tys. ton)



### 3. Symulacja produkcji w 2024 roku

Współczynnik krotności biomasy początkowej wobec wielkości produkcji wyniósł w 2023 r. 2,47 (wobec: 2,34 w 2022 r., 2,84 w 2021 r., 2,56 w 2020 r., 2,43 w 2019 r., 2,53 w 2018 r., 2,27 w 2017 r., 1,92 w 2016 r., 2,42 w 2015 r. i 2,32 w 2014 r.) – posłużył on każdorazowo do szacowania pewnego potencjału wzrostu produkcji maksymalnej w stosunku do biomasy startowej. Szacowanie potencjału produkcji w kolejnym roku oparto na wieloletniej średniej współczynnika krotności (średnia 10-letnia), która wyniosła 2,41. Ponieważ biomasa na koniec 2023 r. wzrosła aż o 12% założono, że w 2024 r. w nadal trudnych warunkach rynkowych, nie ulegnie ona zmianie.

- oszacowana produkcja w 2023 roku – 21 982 ton
- współczynnik krotności biomasy – 2,41
- estymowana wielkość biomasy na 1 stycznia 2024 roku – 9 896 ton
- zakładana stabilizacja wielkości biomasy w 2024 roku
- szacowana wielkość biomasy na 31 grudnia 2024 roku – 9 896 ton
- szacowana maksymalna wielkość produkcji w 2024 roku – 23 849 ton

Oszacowana na 23,85 tys. ton wielkość maksymalnej produkcji w 2024 r., zakłada przyjęcie średniego, wieloletniego wskaźnika krotności biomasy, który

obrazuje statystyczną zdolność do powielania biomasy startowej. Taki pomysł na estymację możliwej w kolejnym roku produkcji opiera się na założeniu, że produkcja roczna jest wypadkową biomasy na starcie, jakości sezonu (pogoda, temperatury, występowanie chorób) oraz decyzji hodowców. W 2023 r. na zwiększenie biomasy duży wpływ miał rekordowy poziom importu, który zbliżył się w przeliczeniu na masę żywą ryb do 20,0 tys. ton i był o 25% większy niż rok wcześniej. Ceny transakcyjne również w przypadku kilku głównych dostawców były niższe od średnich krajowych – m.in. ryb pochodzących z Włoch, Turcji i Danii. Tak duży import stanowi poważne zakłócenie konkurencyjności dla krajowych producentów. W I półroczu 2024 r. presja importowa nieco obniżyła się - import spadł o ok. 15%, ale notowano bardzo niskie ceny (zwłaszcza w imporcie z Włoch i Turcji, które nie przekraczały 15 zł/kg). Stan taki może spowodować, że szacowany poziom maksymalnej produkcji zakładający wzrost w relacji do 2023 r. o 8,5% prawdopodobnie nie będzie miał miejsca, a realna wielkość produkcji w 2024 r. może być zbliżona do tej odnotowanej przed rokiem. Dodatkowo na wielkość produkcji wpływają problemy z dostępnością materiału obsadowego, wysokie temperatury wody oraz sygnalizowane zwiększenie strat spowodowanych chorobami.

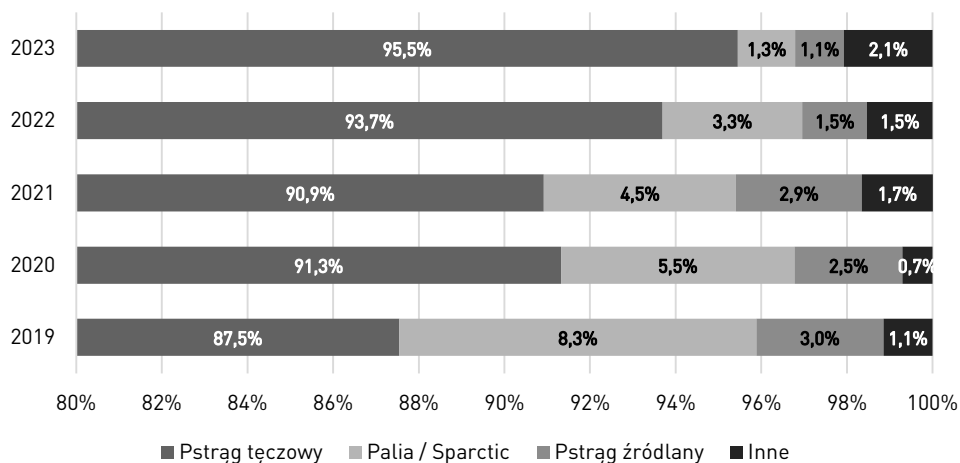
#### **4. Struktura sprzedaży ryb łososiowatych**

Dzięki zmianom w ankietach wprowadzonym od 2018 r., możemy przedstawić Państwu także strukturę produkcji i sprzedaży dla poszczególnych gatunków oraz frakcji pstrąga tęczowego. Zmiany te podyktowane były przede wszystkim potrzebami wynikającymi z wymogów sprawozdawczych SPRŁ jako uznanej organizacji producentów, jednak możliwość ich prezentacji poprawiło także jakość danych pod kątem ich analizy przez członków Stowarzyszenia. Znaczący spadek liczby wypełnionych ankiet w 2023 r. powoduje jednak, że wielkość sprzedaży estymowana dla poszczególnych gatunków może być obciążona większym błędem niż w latach poprzednich, zwłaszcza w odniesieniu do produkcji palii i łososa atlantyckiego. Szacujemy, że w 2023 r. produkcja ryb łososiowatych wyniosła 21,982 tys. ton i była o 7,5% mniejsza niż rok wcześniej.

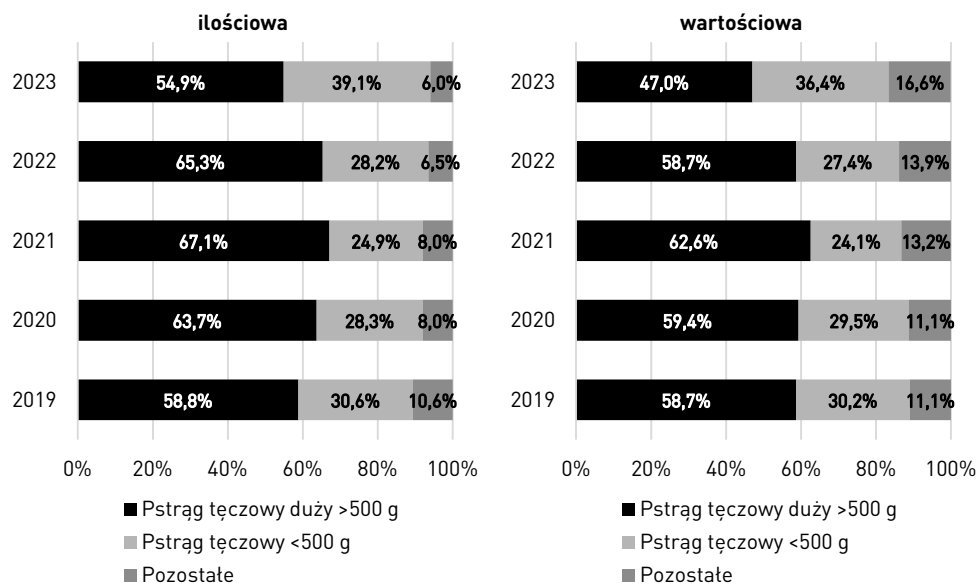
Tab. 2. Produkcja ryb łososiowatych w Polsce w latach 2019-2023 w podziale na gatunki (tony)

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022	2023	Zmiana 2023/2022
Pstrąg tęczowy	21 327	24 599	23 358	22 264	20 982	-5,8%
Pstrąg źródlany	723	678	755	359	250	-30,4%
Palia / Sparctic	2 031	1 470	1 152	776	294	-62,1%
Troć / pstrąg potokowy	37	38	49	66	52	-22,0%
Łosoś	3	6	8	9	4	-58,4%
Inne	239	146	369	288	400	38,7%
<b>RAZEM</b>	<b>24 361</b>	<b>26 937</b>	<b>25 690</b>	<b>23 763</b>	<b>21 982</b>	<b>-7,5%</b>

Rys. 4. Struktury produkcji ryb łososiowatych w Polsce w latach 2019-2023



Szacunkowa wielkość produkcji pstrągów tęczowych wyniosła w 2023 r. ok. 20,98 tys. ton i była o 5,8% mniejsza niż rok wcześniej i o 14,7% mniejsza niż w rekordowym 2020 r. Udział pstrągów tęczowych w produkcji ryb łososiowatych systematycznie rośnie w ostatnich latach. W roku poprzednim stanowiły one 95,5% wszystkich wyprodukowanych ryb wobec 87,5% odnotowanych pięć lat wcześniej. Poza pstrągami tęczowymi wyprodukowano w 2023 r. ok. 1,00 tys. ton innych gatunków ryb łososiowatych, wobec 1,50 tys. ton rok wcześniej.

**Rys. 5. Struktury sprzedaż ryb łososiowatych w Polsce w latach 2019-2023**

Dynamika spadku sprzedaży ryb łososiowatych była 2-krotnie wyższa niż produkcji pod wpływem rosnącej wielkości biomasy (spadek o 16,5% do 20,972 tys. ton). Rosnące ceny zbytu pozwoliły jednak na utrzymanie na poziomie ubiegłorocznym wartości sprzedaży, która łącznie wyniosła ok. 426 mln zł. Analiza danych ankietowych wskazuje na znaczący wzrost udziału w strukturze sprzedaży pstrągów tęczowych dużych względem sztuk do 500 g masy.

**Tab. 3. Sprzedaż ryb łososiowatych w Polsce w latach 2019-2023 w podziale na gatunki (tony)**

Wyszczególnienie		2019	2020	2021	2022	2023	Zmiana 2023/2022
Pstrąg tęczowy (do 500 g)	sprzedaż (tony)	14 725	17 097	15 955	16 403	11 515	-29,8%
	wartość (tys. zł)	195 333	206 876	215 125	251 615	200 234	-20,4%
	średnia cena	13,27	12,10	13,48	15,34	17,40	13,4%
Pstrąg tęczowy (> 500 g)	sprzedaż (tony)	7 655	7 610	5 918	7 074	8 197	15,9%
	wartość (tys. zł)	100 617	102 811	82 916	117 378	154 845	31,9%
	średnia cena	13,14	13,51	14,01	16,59	18,89	31,9%
Pstrąg źródlany	sprzedaż (tony)	572	637	249	196	120	-38,7%
	wartość (tys. zł)	7 741	8 674	3 808	3 680	3 073	-16,5%
	średnia cena	13,55	13,62	15,30	18,77	25,56	36,2%
Palia / Sparctic	sprzedaż (tony)	1 876	1 259	1 028	818	369	-54,9%
	wartość (tys. zł)	25 531	18 381	15 424	15 384	8 848	-42,5%
	średnia cena	13,61	14,60	15,00	18,82	23,97	27,4%
Troć / pstrąg	sprzedaż (tony)	38	32	21	27	44	64,1%

potokowy	wartość (tys. zł)	1 165	1 242	719	1 495	3 440	130,1%
	średnia cena	30,30	38,82	34,97	54,85	77,66	41,6%
Łosoś	sprzedaż (tony)	3	6	6	9	11	17,2%
	wartość (tys. zł)	349	1 079	961	2 157	2 549	18,2%
Inne	średnia cena	107,07	179,77	166,83	245,82	241,73	-1,7%
	sprzedaż (tony)	172	203	604	583	716	22,8%
RAZEM	wartość (tys. zł)	2 006	9 478	24 587	36 721	53 007	44,4%
	średnia cena	11,66	46,69	40,73	63,03	74,06	17,5%
RAZEM	sprzedaż (tony)	25 042	26 844	23 780	25 110	20 972	-16,5%
	wartość (tys. zł)	332 742	348 541	343 539	428 430	425 996	-0,6%
	średnia cena	13,29	12,98	14,45	17,06	20,32	19,1%

## 5. Dane strukturalne

W Serwisie Statystycznym znalazły się także pytania dotyczące struktury obiektów i ich parametrów. Poza celami informacyjnymi, intencją tychże pytań było badanie efektywności produkcji w stosunku do zasobów oraz zmian, jakie będą dokonywały się w czasie (wraz z kolejnymi latami badania).

**Wykorzystanie recyrkulacji wód zadeklarowało w 2023 r. 25 podmiotów, a w ich obiektach zawracane było łącznie około 19 m<sup>3</sup>/s** wobec 26 podmiotów i 19 m<sup>3</sup>/s w 2022 r. i odpowiednio 24 podmioty i 22 m<sup>3</sup>/s w 2021 r., 21 podmiotów i 167 m<sup>3</sup>/s w 2020 r., 26 podmiotów i 9 m<sup>3</sup>/s w 2019 r., 23 podmioty i 12 m<sup>3</sup>/s w 2018 r., 14 podmiotów i 9 m<sup>3</sup>/s w 2017 r., 19 podmiotów i 7 m<sup>3</sup>/s w 2016 r., 20 podmiotów i 9 m<sup>3</sup>/s w 2015 r. oraz 21 podmiotów i 8 m<sup>3</sup>/s w 2014 roku.

**Ankietowani dysponowali w 2023 r. 16,6 m<sup>3</sup>/s wody dyspozycyjnej** – wobec: 33,1 m<sup>3</sup>/s w 2022 r., 33,9 m<sup>3</sup>/s w 2021 r., 23,2 m<sup>3</sup>/s w 2020 r., 35,7 m<sup>3</sup>/s w 2019 r., 36,6 m<sup>3</sup>/s w 2018 r., 30,0 m<sup>3</sup>/s w 2017 r.; 32,3 m<sup>3</sup>/s w 2016 r., 33,6 m<sup>3</sup>/s w 2015 r. i 33,4 m<sup>3</sup>/s wody w 2014 roku.

**Co dla całej populacji daje średnią produkcję 0,51 tony z 1 l/s** (0,36 t z 1 l/s w 2022 r., 0,37 t z 1 l/s w 2021 r., 0,46 z 1 l/s w 2020 r., 0,33 t z 1 l/s w 2019 r., 0,31 t z 1l/s w 2018 r., 0,44 t z 1l/s w 2017 r., 0,55 t z 1l/s w 2016 r., 0,45 t z 1 l/s w 2015 r., i 0,45 t z 1 l/s w 2014 roku)

**Stany niżowe wód w 2023 r. zadeklarowało 53% badanych - średnio 76% wody dyspozycyjnej** (w roku 2022 – 45% badanych i 72% wody dyspozycyjnej i odpowiednio 44 i 72% w 2021 r., 51 i 74% w 2020 r., 57 i 76% w 2019 r., 38 i 61% w 2018 r., 33 i 90% w 2017 r., 53 i 77% w 2016 r., 62 i 72% w 2015 r. W 2014 r. stany niżowe zadeklarowało 55% ankietowanych – średnio 79% wody dyspozycyjnej.

**Ilość obiektów – 42 ankietowanych podmiotów prowadziło działalność w 71 obiektach** (w 2022 r. 55 podmiotów / 94 obiekty, w 2021 r. 54 podmiotów / 93 obiekty; w 2020 r. 53 podmiotów / 96 obiektów, w 2019 r. 62 podmiotów / 131 obiektów, w 2018 r. 68 podmiotów / 125 obiektów, w 2017 r. 45 podmiotów / 75 obiektów, w 2016 r. 55 podmiotów / 78 obiektów, w 2015 r. 55 podmiotów / 99 obiektów i w 2014 r. 53 podmioty prowadziły działalność na 95 obiektach).

**Tab. 4. Liczebność podmiotów/obiektów wg typu produkcji**

Wyszczególnienie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>obiekty tuczowo-narybkowe:</b>										
l. podmiotów	38	38	40	34	50	40	31	33	32	29
l. obiektów	52	55	56	47	70	59	48	48	45	37
<b>wylęgarnie z podchowalnikami:</b>										
l. podmiotów	18	17	18	11	21	19	15	13	13	9
l. obiektów	22	21	22	14	28	23	17	16	17	13
<b>obiekty kompleksowe:</b>										
l. podmiotów	18	21	20	12	24	28	27	23	25	19
l. obiektów	21	23	23	14	27	49	31	27	32	21

W 2023 r. badane podmioty gospodarowały na powierzchni około 36,47 ha o kubaturze powierzchni urządzeń (stawów, basenów, innych urządzeń) do chowu ryb wynoszącej 179,3 tys. m<sup>3</sup>. Zmiany powierzchni i objętości zachodzące na przestrzeni lat przedstawiono w tabeli poniżej.

**Tab. 5. Powierzchnia gospodarstw i kubatura urządzeń**

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>powierzchnia (ha)</b>									
38,3	27,5	26,7	19,7	43,84	43,06	52,56	44,23	39,12	37,55
<b>kubatura (tys. m<sup>3</sup>)</b>									
216,2	238,4	231,7	197,3	306,4	277,2	180,6	256,0	238,2	189,5

**Szacowana wydajność produkcji w gospodarstwach ogółem ukształtowała się zatem w 2023 r. na poziomie 225,5 ton z ha i 44,7 kg z 1 m<sup>3</sup>**

**Tab. 6. Estymacja wydajności produkcji w gospodarstwach ogółem**

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>ton z 1 ha</b>									
143	177	143	224	259	271	205	287	305	225
<b>kg z 1 m<sup>3</sup></b>									
37	31	25	33	37	42	56	50	50	45

W 2023 r. podmioty deklarujące działalność w zakresie produkcji narybku na wylęgarniach (27 podmiotów) wyprodukowały go 33,9 mln szt. Średnia masa jednostkowa narybku opuszczającego podchowalnie wyniosła 10,47 g, co daje łączną produkcję w wysokości 355 ton.

**Tab. 7. Produkcja wylęgarni - narybek**

Wyszczególnienie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
l. podmiotów	29	31	33	24	36	35	29	27	32	27
produkcja mln szt.	34,0	37,7	30,7	25,2	42,5	44,6	37,9	37,2	41,2	33,9
masa jednostkowa	3,32	3,12	4,95	5,08	6,89	7,13	7,59	7,74	6,99	10,47
produkcja tony	112,9	121,6	92,9	128,2	292,8	318,0	287,8	287,2	288,0	354,9

Własne stada tartowe spośród ankietowanych gospodarstw posiadało 10 podmiotów deklarując produkcję 163 tys. szt. ryb o łącznej wadze 314 ton.

**Tab. 8. Produkcja tartaków**

Wyszczególnienie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
l. podmiotów	14	13	11	11	13	16	11	12	14	10
produkcja tys. szt.	137	394	260	286	164	181	188	133	210	163
produkcja tony	167	194	246	237	197	203	289	297	315	314

W 2023 r. 18 z ankietowanych podmiotów zadeklarowało zakup 30,1 mln szt. ikry zaoczkowanej, a 10 podmiotów pozyskanie 292 mln szt. ikry. Duża różnica między ilością zakupioną, a pozyskaną ikry wskazuje, na znaczący udział eksportu w produkcji.

**Tab. 9. Ikra zakupiona/pozyskana**

Wyszczególnienie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>ikra zakupiona</b>										
l. podmiotów	24	31	27	19	36	29	27	21	20	18
mln szt.	31,0	27,0	29,9	22,4	62,7	33,8	39,5	31,6	37,4	30,1
<b>ikra pozyskana</b>										
l. podmiotów	14	14	14	11	15	13	12	12	11	10
mln szt.	198	193	249	247	90	350	263	230	287	292

## 6. Dane rynkowe

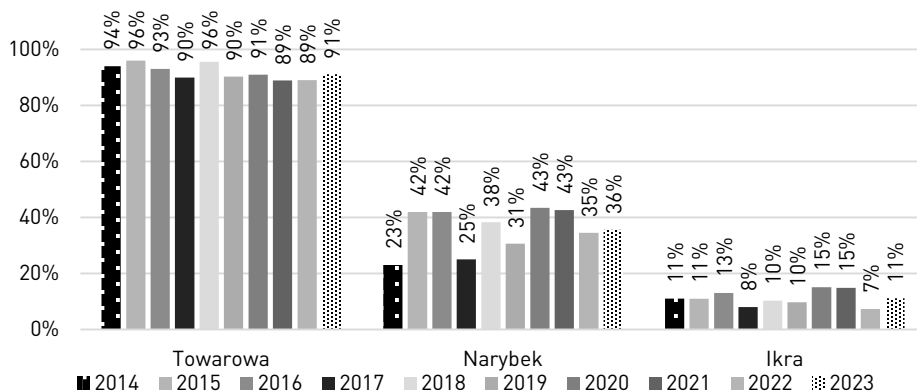
Wyniki uzyskane w trakcie badania ankietowego Serwisu Statystycznego pozwalają także na analizę struktury sprzedaży i jej rozkładu.

Zdecydowana większość respondentów (91,1%, o 2 pkt proc. więcej niż rok wcześniej) zadeklarowało sprzedaż ryby towarowej. Spośród tych podmiotów dla 26 (63%) gospodarstw przychody z tej kategorii asortymentu stanowią 100% przychodów, a dla 12 (29%) ponad 75% przychodów. Oznacza to, że nadal głównym celem działania gospodarstw jest produkcja ryby handlowej – co jest bardzo stabilnym zjawiskiem od lat. Tylko 3 gospodarstwa wskazały udział ryb towarowych w strukturze sprzedaży na poziomie poniżej 75%.

Sprzedaż narybku prowadziło 35,6% podmiotów – nieco więcej niż w poprzednim roku (o 1 pkt proc.). Z 16 podmiotów deklarujących produkcję narybku tylko 2 deklarują przychody z tej sprzedaży jako 100% swoich wpływów, 1 powyżej 90% i 3 w przedziale 20-30%. Należy zatem stwierdzić, że narybek jest dodatkowym źródłem przychodów gospodarstw towarowych, w przypadku wystąpienia jego nadmiaru.

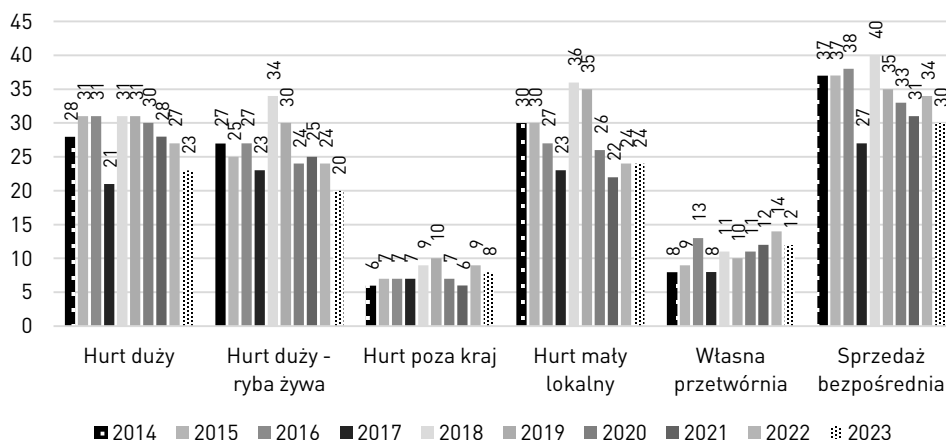
Na niższym poziomie pozostaje liczba podmiotów deklarujących sprzedaż ikry – 11,1% (5 podmiotów) ankietowanych sprzedaje ikrę zaoczkowaną, gdzie dla jednego podmiotu stanowi ona główne źródło przychodów (99%) - z pozostałych ankietowanych podmiotów wszystkie umiejscowiły tę kategorię produktu na poziomie od 0 do 2%.

**Rys. 6. Udział hodowców deklarujących sprzedaż poszczególnych kategorii towarowych w ogólnej liczbie respondentów w latach 2014-2023**



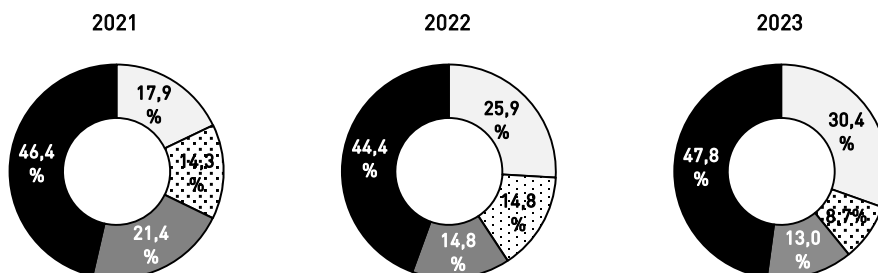
Elementem, który w obrębie populacji został także zbadany, jest struktura sprzedaży wg rodzaju wykorzystywanego kanału. Rozkład sprzedaży charakteryzował się w ostatnich pięciu latach względnie statym poziomem.

**Rys. 7. Rozkład sprzedaży - ilość podmiotów deklarujących poszczególne formy sprzedaży w latach 2014-2023**



**Hurt duży (ryba świeża, przetwórnice)** – chodzi o duże dostawy lub odbiory ryb świeżych, zalodowanych lub w kaszy lodowej (poza transportem na żywo), przeznaczonych do przetwórstwa lub sprzedaży sieciowej, włącznie ze sprzedażą dla podmiotów zagranicznych mających zakłady na terenie kraju. Ponad 51% ankietowanych hodowców stosowało w 2023 r. tę formę sprzedaży, a dla 48% z nich kanał ten stanowił od 75 do 100% produkcji sprzedanej.

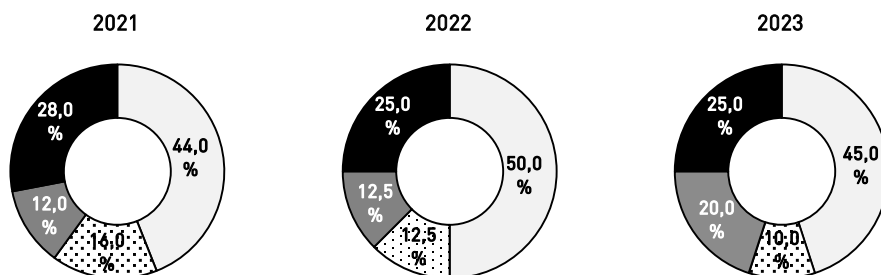
**Rys. 8. Udział hurtu dużego w sprzedaży**



procent podmiotów deklarujących formę sprzedaży w widetkach przychodowych (1 grupa od 0% do 24,9% □ 2 grupa od 25% do 49,9% ▨ 3 grupa od 50% do 74,9% ▩ 4 grupa od 75 % do 100% ■)

**Hurt duży na żywo – ryba żywa** (specjalistyczny transport na żywo) – dotyczy dużych dostaw lub odbioru ryby żywej (specjalistyczny transport na żywo) dla/przez podmioty krajowe. Tę formę sprzedaży prowadziło w 2023 r. 44,4% ankietowanych. Podmioty, które zadeklarowały wykorzystywanie tej metody w większości nie traktują jej priorytetowo, jest ona bowiem podstawową formą zbytu tylko dla około 1/4 hodowców. Najwięcej gospodarstw deklaruje udział tej formy sprzedaży na poziomie do 25% przychodów – ta forma traktowana jest więc jako dodatkowa wobec głównych kanałów zbytu.

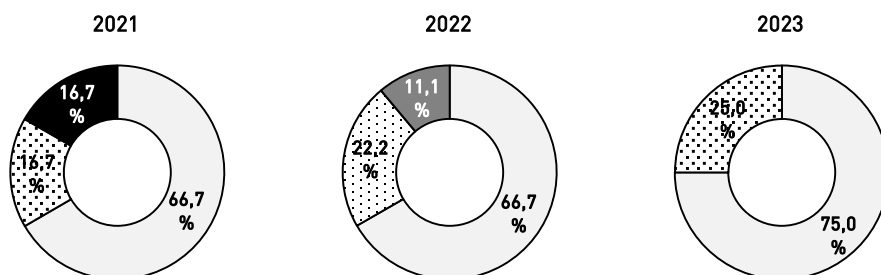
**Rys. 9. Udział hurtu dużego na żywo (ryba żywa) w sprzedaży**



procent podmiotów deklarujących formę sprzedaży w widetkach przychodowych (1 grupa od 0% do 24,9% □ 2 grupa od 25% do 49,9% ▨ 3 grupa od 50% do 74,9% ▩ 4 grupa od 75% do 100% ▤ 5 grupa od 100% ▀ )

**Hurt poza kraj** (wszystkie formy, Unia Europejska i poza) – wszystkie formy sprzedaży hurtowej poza granice Polski (podmioty zagraniczne – UE i inne). Porównując rok do roku sprzedaż na eksport bezpośredni wzrosła – zadeklarowało ją obecnie 17,8% ankietowanych wobec 16,4% przed rokiem. Zmniejszył się jednak udział tego kanału w sprzedaży w ankietowanych podmiotach. Spośród 8 firm, w 6 udział ten nie przekraczał 25%, a w dwóch 50%.

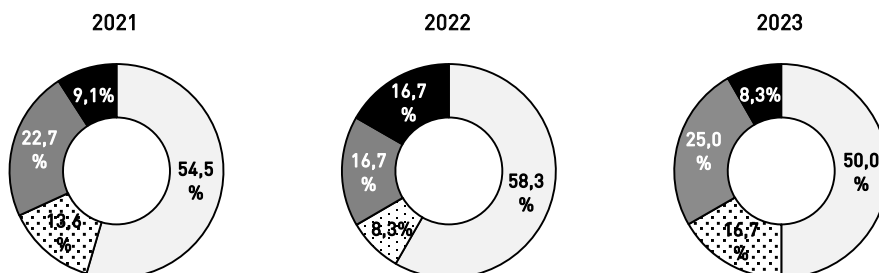
**Rys. 10. Udział hurtu poza kraj w sprzedaży**



procent podmiotów deklarujących formę sprzedaży w widetkach przychodowych (1 grupa od 0% do 24,9% □ 2 grupa od 25% do 49,9% ▨ 3 grupa od 50% do 74,9% ▩ 4 grupa od 75% do 100% ▤ 5 grupa od 100% ▀ )

**Hurt mały lokalny** – sprzedaż na rynku lokalnym do sklepów, hurtowni, gastronomii itp., nieujęta w pozostałych pozycjach sprzedaży hurtowej. Forma ta nadal pozostaje jedną z popularniejszych form dostarczania towaru na rynek – w 2023 r. zadeklarowało ją 53,3% ankietyowanych, a udział deklarujących taką formę zbytu zwiększa się w ostatnich latach (o blisko 10 pkt proc. więcej niż rok wcześniej)].

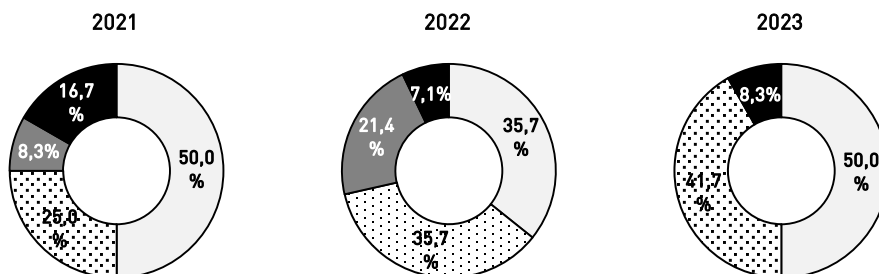
**Rys. 11. Udział hurtu małego (lokalnego) w sprzedaży**



procent podmiotów deklarujących formę sprzedaży w widetkach przychodowych (1 grupa od 0% do 24,9% □ 2 grupa od 25% do 49,9% ▨ 3 grupa od 50% do 74,9% ▩ 4 grupa od 75% do 100% ■ )

**Własna przetwórnia** – sprzedaż produktów przetworzonych we własnych zakładach przetwórczych (lub MLO). Podobnie jak eksport jest to jedna z najmniej wykorzystywanych form sprzedaży – zadeklarowało ją 26,7% ankietyowanych. Nie jest to również istotna forma sprzedaży. Połowa podmiotów wprowadza na rynek w ten sposób poniżej 25% swojej produkcji, a w ponad 90% udział ten nie przekracza 50% przychodów.

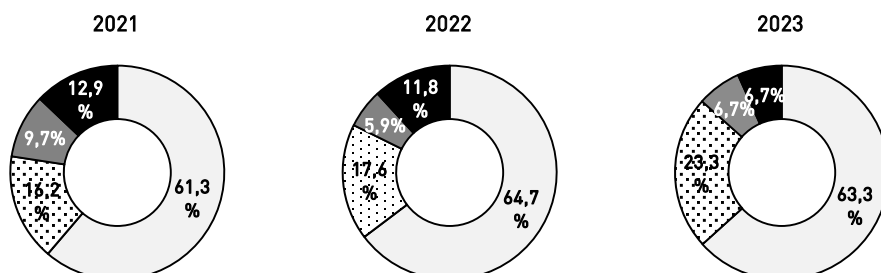
**Rys. 12. Udział produktów pochodzących z własnej przetwórnii (lokalnego) w sprzedaży**



procent podmiotów deklarujących formę sprzedaży w widetkach przychodowych (1 grupa od 0% do 24,9% □ 2 grupa od 25% do 49,9% ▨ 3 grupa od 50% do 74,9% ▩ 4 grupa od 75% do 100% ■ )

Sprzedaż bezpośrednia (detal, sprzedaż na grobli, łowisko) – sprzedaż ryb nieprzetworzonych lub wypatroszonych w ramach sprzedaży bezpośredniej we wszystkich formach detalicznych. Jest to najpopularniejsza forma sprzedaży, którą wskazuje 66,7% ankietowanych. Jednakże nie ma dużego udziału w sprzedaży indywidualnych hodowców – tylko 13,4% z nich osiągało ponad 50% swoich przychodów przy wykorzystaniu tej formy sprzedaży, a dla aż 63,3% ta forma stanowi źródło mniej niż 25% przychodów.

Rys. 13. Udział zbytu bezpośredniego w sprzedaży



procent podmiotów deklarujących formę sprzedaży w widetkach przychodowych (1 grupa od 0% do 24,9% □ 2 grupa od 25% do 49,9% ▨ 3 grupa od 50% do 74,9% ▩ 4 grupa od 75% do 100% ■ )

## 7. Zatrudnienie

Ostatnim elementem jaki podlega badaniu była struktura zatrudnienia. Z powodu poziomu ściągalności ankiet nie ma możliwości dokładnego oszacowania zatrudnienia przy produkcji. Wyniki wskazują na proces zastępowania najmniejszej siły roboczej pracą własną w konsekwencji skokowo rosnących kosztów pracy.

Łączne zatrudnienie wśród badanych podmiotów kształtowało się w następujący sposób:

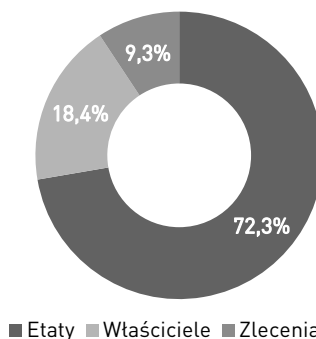
Tab. 10. Rodzaje zatrudnienia i umów w ankietowanych podmiotach

Wyszczególnienie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Umowy o pracę (etaty)	394	396	444	370	496	468	442	437	442	326
Pracujący wspólnicy, właściciele i domownicy (osoby)	122	143	116	99	120	113	136	94	88	83
Umowy cywilnoprawne (sztuki)	134	126	83	56	58	50	52	54	63	42

Szacunkowe zatrudnienie dla całej branży wyliczone proporcjonalnie na podstawie wielkości oszacowanej produkcji ogółem wyniosło w 2023 r.:

- Umowy o pracę - 847 etatów (spadek o 38 etatów w porównaniu z rokiem poprzednim).
- Pracujący wspólnicy, właściciele i domownicy – 216 (wzrost o 41 osób).
- Umowy cywilnoprawne – 109 (spadek o 17 umów).

Rozkład zatrudnienia 2023 r.



## 8. Wyniki ankiety rozwojowej

W 2023 r., nawiązując do formuły dodatkowych pytań ankietowych z lat 2021 i 2022 dotyczących wpływu pandemii oraz skutków wojny w Ukrainie na wyniki Państwa działalności, poprosiliśmy o odpowiedź na pytania o główne problemy, które obecnie Państwo widzą w prowadzeniu i ewentualnym rozwoju Waszych gospodarstw rybackich. Pytania te okazały się bardzo zasadne w kontekście obserwowanych w ostatnich latach spadków produkcji.

Pierwsze pytanie dotyczyło kosztów działalności produkcyjnej w zakresie 7 podstawowych czynników wytwórczych oraz tradycyjnie kategorii ujmowanych jako inne. Oceny dokonywaliście państwo w skali od 0 do 10, gdzie 0 oznacza brak jakichkolwiek trudności/problemów w danym obszarze, a 10 maksymalne trudności. Przyjmując (subiektywnie przez autora opracowania), że odpowiedzi w granicach 7-10<sup>3</sup> świadczą o dużym wpływie ograniczającym prowadzenie działalności w zakresie produkcji ryb łososiowatych i decydującym o ewentualnym jej rozwoju, to wyniki wskazują, że głównymi czynnikami w tym zakresie są obecnie rosnące koszty energii (61% wskazań), następnie koszty wynagrodzeń (51%) i koszty tlenu (47%). Zdecydowanie najmniej niekorzystny wpływ na opłacalność produkcji mają koszty związane z obsługą weterynaryjną, zakupem leków i środków dezynfekcyjnych (12%).

<sup>3</sup> Odpowiedzi na pytania w zakresie 0-3 traktowano jak mające bardzo mały negatywny wpływ na prowadzenie działalności, 4-6 średni oraz 7-10 bardzo duży.

**Tab. 11. Wyniki ankiety w zakresie kosztów działalności produkcyjnej**

wyszczególnienie	brak trudności/problemu					maksymalne trudności						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
pasza (35 odpowiedzi)	3%	0%	9%	17%	9%	17%	17%	3%	17%	0%	9%	
wynagrodzenia (39)	0%	0%	3%	8%	13%	15%	10%	15%	18%	3%	15%	
energia (38)	5%	0%	5%	11%	3%	5%	11%	3%	29%	5%	24%	
tlen (38)	3%	5%	0%	5%	13%	11%	16%	13%	18%	5%	11%	
leki, środki dezynfekcyjne, obsługa weterynaryjna (36)	0%	14%	8%	11%	14%	25%	17%	3%	6%	0%	3%	
serwis sprzętu, naprawy (39)	0%	5%	10%	13%	23%	15%	10%	15%	3%	0%	5%	
koszty środowiskowe (34)	0%	9%	12%	15%	6%	26%	0%	9%	9%	6%	9%	
Inne (22)	9%	9%	18%	18%	5%	23%	0%	5%	9%	0%	5%	

\*odpowiedzi mogą się nie sumować do 100% lub przekraczać tą wartość ze względu na zaokrąglenia składowych

Kolejne pytania dotyczyły odczuć producentów w zakresie dostępu do podstawowych czynników produkcji (ziemia, kapitał, praca) które decydują o możliwościach jej zwiększenia lub wprowadzenia nowych technologii. Największe problemy ankietowani mają ze znalezieniem i zatrudnieniem pracowników, zarówno wykwalifikowanych, jak i kadry podstawowej (odpowiednio 68 i 62% odpowiedzi w zakresie skali 7-10). Producenci wskazują natomiast na dość dobre możliwości późniejszego doszkadzania pracowników. Ważną przeszkodą w rozwoju jest brak dostępu do ziemi i wody (45%) oraz wysoka kapitałochłonność produkcji (62%). Dobrze oceniana jest natomiast dostępność do bankowych źródeł finansowania oraz innowacyjnych rozwiązań technologicznych dedykowanych sektorowi.

**Tab. 12. Wyniki ankiety w zakresie dostępu do podstawowych zasobów produkcji**

wyszczególnienie	brak trudności/problemu					maksymalne trudności						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
kadry wykwalifikowanej (37)	5%	3%	5%	3%	8%	8%	0%	16%	19%	11%	22%	
kadry podstawowej (36)	0%	3%	3%	8%	6%	14%	6%	17%	17%	14%	14%	
systemu doszkadzania (36)	17%	8%	3%	17%	6%	19%	6%	0%	6%	8%	11%	
dostęp do ziemi i wody (35)	9%	9%	6%	0%	9%	11%	9%	14%	17%	6%	11%	
innowacyjne rozwiązania i postęp technologiczny (35)	29%	9%	9%	6%	0%	31%	3%	0%	9%	0%	6%	
bankowe źródła finansowania (34)	41%	6%	12%	12%	3%	9%	3%	3%	3%	3%	6%	
kapitałochłonność inwestycji (35)	0%	0%	6%	9%	0%	14%	9%	11%	20%	11%	20%	

Hodowcy ryb łososiowatych uważają, że rozwiązania prawne dotyczące pośrednio i bezpośrednio prowadzonej przez nich działalności oraz związana z tym „biurokracja” i procedury administracyjne są zdecydowanie za bardzo rozbudowane i stanowią przeszkodę dla rozwoju sektora. Tylko ok. 15%

ankietowanych odpowiedziało, że kwestie te nie stanowią dla nich problemu (odpowiedzi w przedziale 0-3), natomiast dla około połowy respondentów są to zagadnienia bardzo trudne (odpowiedzi w przedziale 7-10). Bardzo dobrze oceniany jest dostęp do wsparcia finansowego w ramach środków publicznych (krajowych/unijnych). Producenci nie mają większych trudności z kwestiami dobrostanu ryb i umiarkowane w odniesieniu do kwestii „Zielonego Ładu”.

**Tab. 13. Wyniki ankiety w zakresie uwarunkowań prawnych i administracyjnych**

wyszczególnienie	brak trudności/problemu						maksymalne trudności					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
biurokracja [36]	6%	3%	6%	8%	3%	11%	8%	19%	17%	6%	14%	
prawodawstwo w odniesieniu do sektora [34]	3%	3%	6%	9%	6%	21%	9%	15%	15%	6%	9%	
wsparcie finansowego w ramach środków publicznych [35]	20%	6%	14%	14%	11%	20%	3%	9%	0%	0%	3%	
dobrostan ryb [33]	9%	12%	15%	3%	9%	18%	12%	9%	9%	3%	0%	
„Zielony Ład” [32]	16%	3%	13%	9%	6%	25%	3%	6%	9%	3%	6%	

Szeroki zakres pytań dotyczył kwestii związanych ze zbytem, konkurencyjnością, współpracą ze szczeblem przetwórstwa i handlu oraz oceną systemu informacji rynkowej i promocji. Podmioty, które udzieliły odpowiedzi na tę część ankiety, nie miały większych problemów ze zbytem swoich produktów. Tylko 4 z 35 ankietowanych (12%) oceniło końcowy etap swojej działalności jako odbywający się w trudnych warunkach i nastrożający dużych problemów. Odpowiedzi w zakresie 0-3, kwalifikowane jako bezproblemowe, wskazało 49% podmiotów i kolejne 40% jako obciążone średnim poziomem trudności. Bardzo źle oceniana jest przez sektor jego pozycja (negocjacyjna) względem przetwórstwa i sieci handlowych. Załedwie 3 z 32 podmiotów (9%) wskazało, że współpraca ta przebiega na dobrym poziomie, natomiast aż 56% odpowiedziało, że proces ten jest bardzo trudny i prawdopodobnie niekorzystny, oznaczający w konsekwencji uzyskiwanie relatywnie niższych cen zbytu w relacji do oczekiwanych. Dostyc dobrze oceniany jest stopień integracji produkcji z przetwórstwem (51% wskazań na brak trudności w tym zakresie lub niewielkie problemy). W odniesieniu do postrzegania sektora pstrągowego w aspekcie jego konkurencyjności, należy stwierdzić, że producenci widzą porównywalne i raczej średnie zagrożenia ze strony rynku produktów żywnościowych ogótem, ale również na rynku ryb (konkurencja pomiędzy gatunkami i asortymentami). Świadczyć to może o dużej świadomości producentów o jakości i ugruntowanej pozycji rynkowej oferowanych produktów. Odmienna sytuacja występuje w ocenie

przez producentów konkurencji na rynku unijnym, gdzie odczuwają oni zdecydowanie większą presję (47% wskazań na bardzo duże trudności w utrzymywaniu wysokiej konkurencyjności i 27% na średnie problemy). Dobrze oceniany jest system informacji rynkowej w zakresie rynku ryb i dostępu do wydarzeń branżowych. W porównywalnym stopniu rozkładają się opinie producentów w obszarze intensywności i jakości działań promocyjnych na rynku produktów z ryb łososiowatych (produkowanych w krajowych akwakulturach). Na poszczególne przedziały skali trudności w tym zakresie przypada odpowiednio 32% (brak lub niski), 37% (średni) i 31% (duży i bardzo duży). Podobnie oceniane są skutki dla branży obserwowanych okresowo działań instytucji i osób obejmujących tzw. czarny PR, czyli pojawiające się m.in. informacje o złych warunkach hodowli ryb i zniechęcające konsumentów do zakupu określonych produktów.

**Tab. 14. Wyniki ankiety w zakresie zbytu i konkurencyjności**

wyszczególnienie	brak trudności/problemu						maksymalne trudności				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
zbyt produkcji [35]	20%	9%	14%	6%	17%	14%	9%	6%	6%	0%	0%
pozycja względem przetwórstwa / sieci handlowych [32]	3%	0%	3%	3%	13%	9%	13%	3%	19%	9%	25%
integracja produkcji z przetwórstwem [33]	12%	6%	15%	18%	0%	18%	3%	3%	15%	3%	6%
konkurencyjność branży											
• na rynku krajowych art. żyw. ogółem [36]	8%	6%	8%	6%	14%	19%	11%	17%	8%	0%	3%
• na rynku ryb [35]	11%	6%	9%	6%	11%	14%	11%	9%	14%	6%	3%
• w eksporcie [26]	12%	8%	8%	0%	0%	19%	8%	8%	19%	12%	8%
system inf. rynkowej [34]	9%	9%	15%	18%	9%	21%	6%	6%	3%	3%	3%
intensywność działań promocyjnych [32]	13%	3%	13%	3%	9%	25%	3%	6%	9%	13%	3%
czarny PR [34]	9%	6%	18%	9%	9%	9%	3%	9%	12%	15%	3%

Hodowcy ryb łososiowatych bardzo negatywnie oceniają wpływ zmian środowiskowych i klimatycznych (wzrastające temperatury, w tym wody, malejące zasoby wody, nagłe zjawiska pogodowe, etc) na możliwości zwiększenia podaży. Również złe, choć w nieco mniejszym stopniu są negatywne odczucia dotyczące oddziaływania zwierząt (w tym chronionych), na prowadzenie produkcji rybackiej. Odpowiedzi w zakresie 7-10 wskazało odpowiednio 63% i 46% ankietowanych. Dość dobrze oceniane są działania organizacji rybackich, otoczenia rynkowego i administracji odnośnie informowania o wielofunkcyjnym charakterze sektora.

Tab. 15. Wyniki ankiety w zakresie środowiska

wyszczególnienie	brak trudności/problemu						maksymalne trudności				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
zmiany środowiskowe / klimatyczne [36]	3%	0%	8%	3%	8%	8%	6%	14%	19%	11%	19%
informowanie rynku o wielofunkcyjnym charakterze sektora [31]	6%	3%	19%	10%	13%	3%	10%	10%	13%	6%	6%
negatywne oddziaływanie zwierząt [37]	14%	3%	11%	3%	8%	11%	5%	5%	11%	11%	19%

## 7. Podsumowanie

Zapisy strategii rozwoju akwakultury intensywnej z 2013 i 2020 roku zostały brutalnie zweryfikowane przez „rynek” (choć w przypadku tej drugiej - perspektywa realizacji została określana na 2027 r., więc wszystko się jeszcze może zdarzyć). Przed dekadą oczekiwano, że w okresie 7 lat uda się zwiększyć produkcję z 19 do 42 tys. ton i mimo że ostatecznie rok 2020 okazał się rekordowym, to i tak do założeń zabrakło „tylko” ok. 17 tys. ton. W kolejnej odsłonie strategicznych planów wzrostu produkcji ryb oczekiwania są już bardziej realistyczne i choć dotyczą prognoz ogółem dla akwakultury niskointensywnej i intensywnej, to za całkowity wzrost odpowiadać ma tylko ten drugi sektor. Jako rok bazowy przyjęto oficjalne wyniki uzyskane w 2019 r. (wg danych zawartych w kwestionariuszach statystycznych RRW-22) i założenia o wzroście o 5 tys. ton zostały w zasadzie spełnione już w chwili pisania strategii w 2020 r. Niestety skutki pandemii, wojny i inflacji wpłynęły na znaczący regres produkcji, widoczny także w badaniach ankietowych realizowanych przez SPRŁ. Powrót do zakładanej wielkości ok. 25 tys. ton wyprodukowanych ryb wydaje się jednak jak najbardziej możliwy do spełnienia w perspektywie najbliższych lat, a wiedza uzyskana z odpowiedzi na pytania, jakie przeszkody stoją wg gospodarstw rybackich na drodze do wzrostu, powinna w tym procesie wydatnie pomóc. Spośród 34 zadanych pytań, największy negatywny wpływ na rozwój produkcji miały: niedobory pracowników, zmiany środowiskowe i klimatyczne, kapitałochłonność inwestycji, koszty energii i wynagrodzeń, biurokracja oraz pozycja producentów względem przetwórstwa i sieci handlowych. Czynniki te w sposób pośredni i bezpośredni decydują o opłacalności produkcji, która jest wyznacznikiem dla każdego podmiotu gospodarczego. Miejmy nadzieję, że w 2024 r. nastąpi odwrócenie trendu spadkowego produkcji ryb łososiowatych i wzrost jej rentowności. W tym miejscu jeszcze raz prosimy o zaufanie i wzrost aktywności w badaniu ankietowym, którego wyniki w największym stopniu służą Państwu.

## Rynek i spożycie ryb w 2023 roku

**Krzysztof Hryszko**

**Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej  
Państwowy Instytut Badawczy**

00-002 Warszawa, Świętokrzyska 20, hryszko@ierigz.waw.pl

### **1. Wstęp**

Rok 2023 r. przebiegał pod znakiem dochodzenia do równowagi rynkowej, po okresie nienotowanych wzrostów cen czynników produkcji i w konsekwencji bardzo wysokiej inflacji. Sektor rybny w Polsce pozostawał jednak w dalszym ciągu pod presją ograniczonego popytu i malejącej siły nabywczej konsumentów obserwowanego zarówno na rynku krajowym, jak i na zagranicznych rynkach zbytu. Głębsze spadki konsumpcji hamowała w pewnym stopniu obniżka stawek podatku VAT na żywność, a podmioty w sektorze rybołówstwa i akwakultury zostały objęte wsparciem finansowym za dodatkowe koszty poniesione przez nie w związku z zakłóceniami rynku spowodowanymi prowadzoną przez Rosję wojną napastniczą przeciwko Ukrainie i jej wpływem na łańcuch dostaw. Poprawa koniunktury i spadek cen w drugiej połowie roku pozwoliły na powrót tendencji wzrostowych na rynku i w konsekwencji zarówno wolumen produkcji zakładów przetwórczych, eksport oraz konsumpcja krajowa w skali roku nie uległy większym zmianom w porównaniu z 2022 r.

Celem artykułu jest przedstawienie szczegółowej sytuacji krajowego sektora rybackiego w 2023 r. poczynając od bazy surowcowej, poprzez handel zagraniczny, wyniki ekonomiczne przetwórstwa ryb, a kończąc na konsumpcji. Analiza ta została poprzedzona oceną sytuacji na światowym rynku ryb. Ze względu na bardzo duże opóźnienia w dostępie do danych o produkcji światowej część informacji dotyczy 2022 roku.

### **2. Metodologia**

Dane analizowane w opracowaniu w zakresie połowów i produkcji ryb w akwakulturach pochodzą z baz statystycznych Centrum Monitorowania Rybołówstwa (Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi) oraz danych uzyskiwanych w ramach kwestionariusza RRW-22 (Instytut Rybactwa Śródlądowego). Wyniki

handlu zagranicznego zostały opracowane na podstawie danych Ministerstwa Finansów, które po zastosowaniu odpowiednich wartości przeliczeniowych z masy produktów do masy żywej ryb (wg metodologii EUMOFA) były podstawą stworzenia bilansu rynkowego oraz obliczenia poziomu konsumpcji poszczególnych gatunków ryb. Badania odnośnie cen detalicznych oraz wyników ekonomiczno-finansowych zakładów przetwórstwa rybnego przeprowadzono w oparciu o niepublikowane dane GUS. Analiza sytuacji na światowym rynku ryb została dokonana na podstawie danych FAO, EUROSTAT oraz ITC (International Trade Center). Oceny uzyskanych wyników dokonano metodami analizy opisowej, statystycznej i analizy porównawczej na podstawie danych z szeregów czasowych.

### 3. Wyniki badań i ich dyskusja

#### Światowy rynek ryb

W 2023 r., wg najnowszych szacunków FAO<sup>1</sup>, globalna produkcja i połowy organizmów wodnych wyniosły 187,2 mln t i były o 1,0% większe niż przed rokiem. Połowy zmniejszyły się o 1,5% do 89,6 mln t, natomiast podaż organizmów wodnych pochodzących z akwakultury wzrosła o 3,4% do 97,6 mln t. Dodatkowo złowiono na wodach otwartych lub wyprodukowano w akwakulturach ok. 39,0 mln t roślin i 1,4 mln sztuk zwierząt, z czego odpowiednio 97% roślin pochodziło z akwakultury, natomiast 100% zwierząt z połowów. Łączna światowa produkcja i połowy organizmów wodnych wyniosła zatem w 2023 r. ok. 226,2 mln t i była o 1,3% większa niż rok wcześniej. Na cele konsumpcyjne przeznaczono w 2023 r. 167,3 mln t produktów, tj. o 1,6% więcej niż przed rokiem, w konsekwencji czego spożycie w przeliczeniu na mieszkańca zwiększyło się o 0,5% i oszacowane zostało na 20,8 kg (w przeliczeniu na masę żywą ryb). Ceny ryb na rynku światowym utrzymywały się w I półroczu 2023 r. na stabilnym, ale wysokim poziomie z wyraźną tendencją spadkową w drugiej połowie roku. Wartość wskaźnika cen FAO Fish Price Index (FPI), obrazującego globalne zmiany cen w porównaniu do okresu bazowego 2014-2016, wyniosła w 2023 r. 117 pkt., tj. o 2 pkt mniej niż rok wcześniej. Oznacza to, że w 2023 r., w porównaniu z rokiem poprzednim, światowe ceny ryb spadły średnio o 1,4%. Niższe były przede wszystkim ceny krewetek (o 16,3%), ryb białych (o 10,8%) oraz w mniejszym stopniu ryb pelagicznych (o 3,7%), natomiast wzrosty cen obserwowano na rynku

---

<sup>1</sup> Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets, FAO, June 2024, Rome (<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/19dc62f7-0d7f-4d74-b32c-f6f9f4ccfbe7/content>).

tuńczyków (o 26,5%) i łososi (o 6,7%). Ceny głównych substytutów ryb, tj. mięsa i mleka oraz ich przetworów spadły w 2023 r. odpowiednio o 3,4 i 17,2%, co oznacza że produkty rybołówstwa nominalnie podrożały. Spadek cen żywności ogółem na świecie wyniósł w analizowanym okresie przeciętnie 13,7%.

**Tab. 1. Światowa produkcja ryb i innych organizmów wodnych**

Wyszczególnienie	2021	2022	2023 szacunek	2023 2022=100
Produkcja ogółem (mln t)	182,7	185,4	187,2	101,0
potowy	91,6	91,0	89,6	98,5
akwakultura	91,1	94,4	97,6	103,4
Przeznaczenie produkcji (mln t)	182,7	185,4	187,2	101,0
do konsumpcji	161,8	164,6	167,3	101,6
niekonsumpcyjne	20,9	20,8	19,9	95,7
Spożycie ogółem (kg/mieszkańca)	20,4	20,7	20,8	100,5
z potowów	9,0	8,8	8,7	98,9
z akwakultury	11,4	11,8	12,1	102,5
Produkcja i potowy roślin wodnych (mln t)	36,3	37,8	39,0	103,2
Potowy zwierząt (mln szt.)	1,2	1,4	1,4	100,0

Źródło: opracowanie autora na podstawie Food Outlook, FAO.

Największym producentem ryb i innych organizmów wodnych na świecie (potowy i akwakultura wraz z roślinami wodnymi) są Chiny (39,7% w 2022 r.), następnie Indonezja (9,9%), Indie (7,1%), Wietnam (3,9%), Peru (2,5%) i Rosja (2,4%). Spośród krajów UE, które łącznie odpowiadają za 2,1% podaży globalnej (4,78 mln t) największym producentem jest Hiszpania z udziałem 0,5% (1,09 mln t), co daje dopiero 24 miejsce na świecie (Polska plasuje się na 62 miejscu).

**Tab. 2. Potowy i produkcja ryb i owoców morza wg krajów (mln t)**

Potowy	2020	2021	2022	Akwakultura	2020	2021	2022
Chiny	13,45	13,14	13,18	Chiny	70,48	72,81	75,39
Indonezja	6,99	7,22	7,40	Indonezja	14,85	14,49	14,63
Indie	4,66	5,02	5,54	Indie	8,64	9,41	10,24
Peru	5,68	6,58	5,37	Wietnam	4,68	4,75	5,17
Rosja	5,08	5,17	4,99	Bangladesz	2,58	2,64	2,73
USA	4,27	4,31	4,26	Filipiny	2,32	2,25	2,35
Wietnam	3,51	3,54	3,59	Korea Płd.	2,33	2,44	2,31
Japonia	3,27	3,25	2,97	Norwegia	1,49	1,67	1,65
Chile	2,18	2,39	2,69	Egipt	1,59	1,58	1,55
Norwegia	2,63	2,58	2,61	Chile	1,51	1,44	1,52
Pozostałe	39,26	39,62	39,69	Pozostałe	12,32	12,75	13,38
<b>Świat</b>	<b>90,98</b>	<b>92,82</b>	<b>92,29</b>	<b>Świat</b>	<b>122,79</b>	<b>126,23</b>	<b>130,92</b>

Źródło: obliczenia autora na podstawie danych FAO.

Wartość światowej akwakultury liczona w cenach pierwszej sprzedaży (część państw podaje ceny zbytu lub ceny eksportowe) została oszacowana w 2022 r. na 312,8 mld USD i była o 5,1% wyższa niż rok wcześniej. W dekadzie 2012–2022 wartość produkcji rośnie w zdecydowanie szybszym tempie niż jej wolumen (wzrost odpowiednio o 73 i 48%), co wynika zarówno ze zmiany struktury produkcji i wykorzystywaniu w hodowli gatunków o dobrych perspektywach rynkowych i osiągających wysokie ceny, jak również z samego wzrostu cen. Najbardziej wartościowymi gatunkami organizmów wodnych produkowanych w akwakulturach były w 2022 r.: krewetki białe (39,1 mld USD, wzrost o 6,9% w porównaniu z rokiem poprzednim), raki Luizjańskie (25,3 mld USD, wzrost o 9,7%), łososie atlantyckie (21,9 mld USD, wzrost o 14,9%) i amury białe (14,1 mld USD, wzrost o 2,7%). Łączny udział 10 najważniejszych gatunków wyniósł w 2022 r. 49,7%. Spośród nich najwyższym tempem wzrostu w okresie ostatniej dekady charakteryzowały się raki Luizjańskie, których wartość produkcji zwiększyła się 6,3-krotnie, przy ok. 2,2-krotny wzroście dwóch kolejnych gatunków, tj. krewetek białych i łososi atlantyckich. Światowa produkcja dwóch najważniejszych gatunków ryb hodowanych w Polsce, tj. karpia i pstrąga tęczowego wyniosła w 2022 r. odpowiednio 4,01 i 1,00 mln t o wartości 8,42 i 5,07 mld USD.

**Tab. 3. Światowa produkcja i połowy organizmów wodnych wg gatunków (mln t)**

Połowy	2020	2021	2022	Akwakultura	2020	2021	2022
Sardela peruw.	4,90	5,88	4,86	Rośliny wodne <sup>a</sup>	35,07	35,10	36,50
Mintaj	3,54	3,48	3,36	Krewetki <sup>a</sup>	6,88	7,41	7,93
Tuńczyk bonito	2,85	2,99	3,06	Ostrygi <sup>a</sup>	6,27	6,68	7,07
Śledź atlantycki	1,61	1,63	1,65	Amur biały	5,79	5,98	6,15
Tuńczyk żółtopł.	1,60	1,57	1,56	Totpyga biała	4,90	4,97	5,07
Sardynka europ.	1,34	1,36	1,55	Tilapia nilowa	4,59	4,83	5,00
Makrela pacyf.	1,41	1,71	1,40	Catla (karp azjat.)	3,54	3,78	4,15
Sardynka pacyf.	1,62	1,41	1,38	Karp	4,17	4,18	4,01
Makrela atlantycka	1,05	1,14	1,10	Totpyga pstra	3,19	3,23	3,32
Katamarnica Hum.	0,91	1,00	1,08	Rak Luizjański	2,47	2,71	2,97
Pozostałe	70,15	70,65	71,29	Pozostałe	45,92	47,36	48,75
<b>Świat</b>	<b>90,98</b>	<b>92,82</b>	<b>92,29</b>	<b>Świat</b>	<b>122,79</b>	<b>126,23</b>	<b>130,92</b>

<sup>a</sup> wszystkie gatunki

Źródło: obliczenia autora na podstawie danych FAO.

Zdecydowanie mniejszą wartość generują połowy organizmów wodnych dziko żyjących, które szacuje się na ok. 159 mld USD<sup>2</sup>, a do najważniejszych gospodarczo gatunków ryb należą tuńczyki, mintaje, śledzie, makrele i dorsze. Połowy poszczególnych gatunków ryb charakteryzują się bardzo dużą zmiennością, co wpływa na fluktuacje cen. W 2022 r. spośród poszczególnych gatunków najwyższe połowy odnotowano w przypadku sardeli peruwiańskich (4,86 mln t, spadek o 17,3% w porównaniu do roku poprzedniego), mintajów (3,36 mln t, spadek o 3,4%) oraz tuńczyków bonito (3,06 mln t, wzrost o 2,3%).

Ryby, owoce morza i inne organizmy wodne są grupą produktów o bardzo dużym znaczeniu dla światowego handlu rolno-spożywczego z ok. 8,5% udziałem. W 2023 r. obroty handlowe produktami rybołówstwa wyniosły, według wstępnych danych, 176,0 mld USD (eksport<sup>3</sup>) i były o 6,8% niższe niż rok wcześniej. Spadek ten wynikał zarówno z mniejszego wolumenu (o 2,1% do 68,5 mln t), jak i spadku cen transakcyjnych. Handel produktami rybołówstwa stanowi ok. 30% produkcji i połowów sektora ogółem. Krajem o najwyższej wartości eksportu były w 2023 r. Chiny (11,0% światowego handlu ogółem), wyprzedzając Norwegię (8,9%) i Ekwador (5,1%), natomiast w imporcie zdecydowanie przeważały USA (15,2%), Chiny (12,6%) i Japonia (7,6%). Polska zajmuje 16 miejsce w światowym eksporcie produktów rybnych i 15 w ich imporcie.

### **Połowy i produkcja ryb w kraju**

Połowy krajowe w 2023 r. cechowały pogłębiające się problemy w rybołówstwie morskim oraz wzrost produkcji ryb w akwakulturach. Łączne połowy krajowe wyniosły 209,4 tys. t i były o 0,5% większe od wielkości uzyskanej rok wcześniej. Na połowy bałtyckie przypadało 45,5% wolumenu ogółem, na połowy ryb w wodach śródkowodnych oraz produkcję w akwakulturach 23,2%, a na połowy dalekomorskie 31,3%.

Połowy ryb na Morzu Bałtyckim wyniosły w 2023 r. 95,4 tys. t i były o 13,0% mniejsze niż w roku poprzednim. Zmniejszyły się przede wszystkim wyładunki szprotów (o 15,5% do 60,1 tys. t) i storni (o 35,7% do 6,8 tys. t), przy większych niż

---

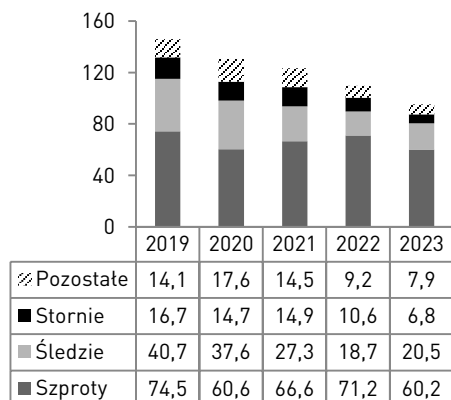
<sup>2</sup> <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture/en>

<sup>3</sup> Analiza światowego, jak i polskiego handlu zagranicznego rybami, przetworami rybnymi i owocami morza została oparta o dane grup produktów oznaczonych następującymi kodami taryfy celnej: 0301-0309, 051191, 1604-1605, 23012000.

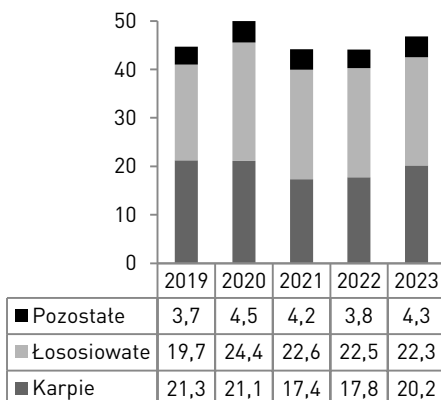
przed rokiem połowach śledzi (o 9,6% do 20,5 tys. t). Przytów dorszy w połowach innych gatunków ryb wyniósł podobnie jak przed rokiem 148 t. Spośród polskich portów największe znaczenie miał Hel z 39,1% udziałem w wyładunkach ryb ogółem, następnie Kołobrzeg (26,4%) oraz Władystawowo (17,2%). W portach zagranicznych sprzedano 18,7% ilości złowionych ryb. Wartość rybołówstwa battyckiego oszacowana została w 2023 r. na ok. 150 mln zł.

Pod polską banderą operują także statki realizujące morskie połowy dalekomorskie, jednak ryby te nie trafiają na rynek krajowy, a są wyładowywane w portach obcych lub przeladowywane na statki innych bander bezpośrednio na akwenach. W 2023 r. połowy te wyniosły 65,5 tys. t i były o 24% większe od wielkości uzyskanej rok wcześniej (poławiano głównie ostroboki, błękitki i makrele).

**Rys. 1. Wielkość połowów na M. Battickim (tys. t)**



**Rys. 2. Wielkość produkcji ryb w akwakulturze (tys. t)**



Źródło: opracowanie autora na podstawie danych MGMiŻŚ, MRiRW oraz IRS.

Ważnym źródłem zaopatrzenia rynku jest produkcja i połowy ryb słodkowodnych w wodach śródlądowych. Warunki termiczno-hydrologiczne dla akwakultury były w 2023 r. dla większości gospodarstw rybackich dobre. Łączna produkcja ryb w akwakulturach oraz zawodowe odłowy ryb słodkowodnych wyniosły ok. 48,5 tys. t i były o 5,9% większe niż rok wcześniej. Produkcja ryb w akwakulturach zwiększyła się, wg wstępnych danych, o 6,1% do 46,8 tys. t. Karpie wyprodukowano 20,2 tys. t, a pstrągów tęczowych 21,1 tys. t, tj. odpowiednio o 13,8 i 1,4% więcej niż w 2022 r. Wartość sprzedanych ryb oraz ikry przeznaczonych do konsumpcji i wyprodukowanych w krajowych akwakulturach

zwiększyła się o ok. 8% i wyniosła ok. 915 mln zł. Była to najwyższa w historii badań statystycznych wartość.

### **Handel zagraniczny produktami rybołówstwa**

W 2023 r. odnotowano stabilizację obrotów handlu zagranicznego produktami rybołówstwa w ujęciu ilościowym. Utrzymywała się wysoka dynamika cen transakcyjnych w eksporcie, co wpłynęło na znaczący wzrost wartości sprzedaży produktów. Jednocześnie ceny importowe wykazywały tendencje spadkową. W rezultacie dużej poprawie uległo saldo handlu.

**Tab. 4. Wyniki handlu zagranicznego sektora rybnego**

Lata	Eksport <sup>c</sup>			Import			Saldo
	tys. ton <sup>a</sup>	tys. ton <sup>b</sup>	mln PLN	tys. ton <sup>a</sup>	tys. ton <sup>b</sup>	mln PLN	mln PLN
<b>2019</b>	543,5	688,4	9 889	607,7	936,6	9 947	-58
<b>2020</b>	591,3	713,1	10 806	651,6	968,1	10 208	+598
<b>2021</b>	599,8	741,0	11 565	684,8	1 039,0	11 632	-67
<b>2022</b>	535,3	691,4	13 493	655,2	988,6	14 624	-1 131
<b>2023</b>	545,1	708,8	14 692	662,2	1 014,1	14 898	-206

<sup>a</sup> w masie produktu, <sup>b</sup> w ekwiwalencie masy żywej, <sup>c</sup> wyniki eksportu oficjalnie podawanego przez GUS zostały powiększone o dane odnośnie eksportu burtowego

Źródło: opracowanie autora na podstawie danych MF, MGMIŻŚ i MRiRW.

Eksport sektora rybnego wyniósł 545 tys. t (masy produktów) o wartości 14,69 mld zł i był odpowiednio o 1,8 i 8,9% większy niż w roku poprzednim. Spośród głównych grup produktów zmniejszył się przede wszystkim wywóz ryb wędzonych, solonych i suszonych (o 13,3% do 64,1 tys. t). Nieznacznie większy był eksport mięsa i filetów rybnych (wzrost o 1,1% do 107,9 tys. t), a znacząco więcej niż przed rokiem sprzedano za granicę przetworów i konserw z ryb (o 14,3% do 149,9 tys. t). Łączna wartość eksportu tych trzech grup wyrobów zwiększyła się o 8,7% i wyniosła 13,32 mld PLN, a wysoka dynamika wynikała ze wzrostu cen transakcyjnych. W ujęciu gatunkowym, blisko 2,3-krotnie więcej wyeksportowano wyrobów z mintajów (29,3 tys. t), przy ograniczeniu sprzedaży pozostałych głównych asortymentów. Wywóz produktów z dorszy zmniejszył się o 21,5% do 21,2 tys. t, z makreli o 10,7% do 24,7 tys. t, z pstrągów o 4,0% do 8,9 tys. t, z łososi o 2,4% do 129,1 tys. t i ze śledzi o 1,6% do 60,1 tys. t. Eksport produktów na rynek niemiecki zwiększył się w 2023 r. o 3,2% do 170,2 tys. t i o 10,2% do 6,65 mld PLN, co stanowiło odpowiednio 31 i 45% eksportu ogółem. Duży wzrost wywozu odnotowano na rynek włoski (o 37,4%, ilościowo), czeski (o 22,1%) i amerykański

(o 14,7%), a spadek na brytyjski (o 9,7%) i francuski (o 4,8%). Udział ryb, owoców morza oraz ich przetworów w polskim eksporcie rolno-spożywczym wyniósł 6,4%.

Ceny transakcyjne najważniejszych produktów kształtowały się następująco:

- przetwory ze śledzi – 15,56 zł/kg (wzrost o 7,2%),
- wędzone łososie – 84,43 zł/kg (wzrost o 12,0%),
- mrożone filety z łososi – 53,93 zł/kg (wzrost o 9,0%),
- świeże filety z łososi – 66,64 zł/kg (wzrost o 11,7%),
- mrożone filety z dorszy – 38,03 zł/kg (wzrost o 5,4%),
- świeże filety z dorszy – 49,64 zł/kg (wzrost o 12,5%),
- przetwory z mintajów – 19,81 zł/kg (spadek o 14,1%),
- wędzone pstrągi – 78,95 zł/kg (wzrost o 8,2%),
- wędzone makrele – 22,01 zł/kg (spadek o 22,6%).

**Tab. 5. Handel zagraniczny produktami rybotówstw wg grup produktów i gatunków**

eksport	tys. ton <sup>a</sup>		mln PLN		import	tys. ton <sup>a</sup>		mln PLN	
	2022	2023	2022	2023		2022	2023	2022	2023
wędzone, susz. i sol.	73,9	64,1	4944	4946	świeże	219,5	233,3	7005	7583
filety i mięso	106,7	107,9	4446	4832	filety i mięso	208,6	224,8	4059	4139
przetwory i kons. z ryb	131,2	149,9	2860	3542	mrożone	117,3	109,9	1949	1665
mrożone	86,9	97,8	633	651	przetwory i kons. z ryb	55,2	50,5	821	781
łosoś	132,2	129,1	8261	8992	łosoś	226,2	232,0	7897	8188
śledź	61,1	60,1	785	817	śledź	79,5	96,2	660	813
dorsz	27,1	21,2	885	764	mintaj	55,7	55,8	958	840
mintaj	12,9	29,3	279	587	makreła	47,9	43,8	439	408
pstrąg i troć	9,2	8,9	470	522	dorsz	45,4	43,4	1056	994
makreła	27,6	24,7	475	338	czarniak	17,8	19,4	320	283
szprot i sardynka	40,1	36,1	344	282	pstrąg i troć	13,8	17,3	352	452
surimi	10,8	9,8	135	134	tuńczyk	12,9	12,6	293	304
czarniak	3,9	5,1	85	107	morszczuk	12,7	9,9	203	168
<b>Razem</b>	<b>535,3</b>	<b>545,1</b>	<b>13493</b>	<b>14692</b>	<b>Razem</b>	<b>655,2</b>	<b>662,2</b>	<b>14624</b>	<b>14898</b>

<sup>a</sup> w masie produktu (zmiany procentowe zawarte w tekście obliczono na dokładnych danych)

Źródło: opracowanie autora na podstawie danych MF i MRiRW.

Import ryb i owoców morza wyniósł w 2023 r. 662,2 tys. t (masy produktów) o wartości 14,90 mld PLN i był odpowiednio o 1,1 i 1,9% wyższy niż rok wcześniej. Dynamika handlu liczna w USD i EUR była wyższa (wyniosła odpowiednio 7,5 i 4,6%), a aprecjacja złotego sprzyjała importerom niwelując poziom cen. W największym stopniu ograniczono przywóz ryb mrożonych (o 6,3% do 109,9 tys. t) oraz przetworów i konserw (o 8,6% do 50,5 tys. t), przy wzroście zapotrzebowania na ryby świeże i chłodzone (o 6,3% do 233,3 tys. t) oraz filety i mięso z ryb (o 7,8% do 224,8 tys. t). Mniejszy niż przed rokiem był popyt m.in. na

pangi i tilapie (o ok. 28%), morszczuki (o 22%), makrele (o 9%), dorsze (o 4%) i tuńczyki (o 2%), a większy na łupacze, pstrągi i śledzie (o 21-29%), szproty i sardynki (o 13%), czarniaki (o 9%), krewetki (o 6%), łososie (o 3%) oraz miruny (o 2%). Nie zmieniła się wielkość importu mintajów. Dynamika cen w układzie średniorocznym malała w kolejnych miesiącach 2023 r., a w listopadzie i grudniu wiele gatunków ryb było znacząco tańszych niż w poprzednich miesiącach (zwłaszcza dorszy i mintajów). Wyjątek stanowią silnie drożejące śledzie. Tendencje cen importowanych podstawowych surowców rybnych kształtowały się następująco:

- świeże łososie – 34,66 zł/kg (spadek o 2,4%),
- mrożone filety ze śledzi – 8,12 zł/kg (wzrost o 1,6%),
- mrożone makrele – 8,23 zł/kg (wzrost o 0,5%),
- mrożone filety z mintajów – 15,57 zł/kg (spadek o 13,0%),
- mrożone dorsze – 19,93 zł/kg (spadek o 8,9%),
- mrożone filety z czarniaków – 18,91 zł/kg (spadek o 22,5%),
- świeże pstrągi i trocie – 25,48 zł/kg (spadek o 2,3%),
- konserwy z tuńczyków – 23,11 zł/kg (wzrost o 5,2%).

Najwięcej ryb sprowadziliśmy z Norwegii (41,5% wolumenu) oraz Rosji (7,2%), Islandii (6,0%), Szwecji (5,6%) i Chin (5,3%). Spośród 10 głównych dostawców ryb na polski rynek największy wzrost przywozu w 2023 r. odnotowano w przypadku Chin (o 20,4%), Norwegii (o 16,6%) oraz Islandii (o 9,8%). Największy spadek wystąpił w handlu z USA (o 33,5%) i Niemcami (o 21,7%). Udział ryb, owoców morza oraz ich przetworów w polskim imporcie rolno-spożywczym wyniósł w 2023 r. 9,9%.

**Tab. 6. Kierunki handlu zagranicznego produktami rybołówstwa**

eksport	tys. ton <sup>a</sup>		mln PLN		import	tys. ton <sup>a</sup>		mln PLN	
	2022	2023	2022	2023		2022	2023	2022	2023
Niemcy	164,9	170,2	6033	6651	Norwegia	242,8	274,8	6670	7724
Włochy	18,8	25,8	983	1141	Rosja	53,3	47,9	1153	931
Francja	26,2	25,0	933	953	Islandia	36,0	39,6	612	543
Dania	73,3	75,8	773	795	Szwecja	37,7	36,9	1153	1005
USA	17,9	20,5	707	793	Chiny	29,4	35,3	522	579
Czechy	14,2	17,3	439	618	Dania	40,6	33,5	499	474
W. Brytania	19,6	17,7	534	545	Niemcy	32,2	25,3	613	491
Szwecja	17,9	12,7	541	488	Holandia	24,3	24,5	257	235
Holandia	35,0	49,9	265	442	USA	23,3	15,5	579	304
Belgia	4,4	4,3	221	223	Litwa	12,5	13,2	160	188
<b>Razem</b>	<b>535,3</b>	<b>545,1</b>	<b>13493</b>	<b>14692</b>	<b>Razem</b>	<b>655,2</b>	<b>662,2</b>	<b>14624</b>	<b>14898</b>

<sup>a</sup> w masie produktu

Źródło: opracowanie autora na podstawie danych MF i MRiRW.

**Przetwórstwo ryb i owoców morza**

Liczba zakładów przetwarzających produkty rybołówstwa i uprawnionych do ich wprowadzania na rynek UE, według stanu z sierpnia 2024 r. (rejestr Głównego Inspektoratu Weterynarii) wynosiła 232 (z czego 25 podmiotów miało zawieszoną działalność). W porównaniu z rokiem poprzednim liczba zakładów zmniejszyła się o 13. Rozmieszczenie podmiotów jest silnie skoncentrowane terytorialnie, a połowa z nich zlokalizowana jest w regionie nadmorskim, w województwie zachodniopomorskim i pomorskim.

**Tabela 7. Podstawowe dane o przetwórstwie ryb w Polsce**

Wyszczególnienie	2021	2022	2023 <sup>s</sup>
Zatrudnienie (tys. osób) <sup>a</sup>	16,88	16,20	16,40
Wielkość produkcji (tys. ton)	645,02	629,55	650,00
Wartość produkcji (mld PLN) <sup>4</sup>	14,51	16,80	18,50

<sup>a</sup> według RRW-20 w podmiotach o PKD 10.20.Z, <sup>s</sup> – szacunek

Źródło: Obliczenia autora na podstawie danych GUS.

W drugiej połowie 2023 r. obserwowano znaczący wzrost produkcji ryb i przetworów rybnych w zakładach, co z nadwyżką zrekompensowało jej spadek z poprzednich miesięcy. Łącznie w 2023 r. produkcja wyniosła 557,3 tys. t wyrobów i była o 2,1% większa w roku poprzednim. Niemniej jednak rosta przede wszystkim podaż całych mrożonych ryb morskich (2,3-krotnie z 10,9 do 24,8 tys. t) oraz mrożonego mięsa (o 84% z 28,6 do 52,5 tys. t), przy spadku produkcji większości pozostałych grup wyrobów rybnych. Przetworów i konserw wyprodukowano 251,5 tys. t (spadek o 6,7%), przy czym zmniejszyła się przede wszystkim podaż produktów takich jak, wyroby garmażeryjne i kulinarne, sałatki, pasty, paluszki rybne czy paprykarze (o 8,5%) oraz konserw i prezerw (również o 8,5%). Mniejsza była dynamika spadku produkcji marynat (spadek o 2,6%). Produkcję przetworów i konserw z łososi zwiększono o 9,1%, a ze śledzi o 1,5%, natomiast mniej wyprodukowano przetworów z makreli (o 13,4%) oraz ze szprotów i sardynek (o 5,1%). W 2023 r. ograniczono także produkcję wyrobów solonych i suszonych (o 13,0% do 10,3 tys. t), świeżych lub chłodzonych filetów z ryb (o 3,1% do 90,1 tys. t) i mrożonych filetów (o 19,7% do 28,8 tys. t), przy większej podaży ryb wędzonych (o 4,3% do 95,6 tys. t). Szacuje się, że produkcja wyrobów konsumpcyjnych w całym przetwórstwie wyniosła w 2023 r. ok. 650 tys. t

<sup>4</sup> Wartość ta różni się od danych zawartych w części dotyczącej wyników finansowych sektora ze względu na odmienną klasyfikację przychodów w badaniach.

(wzrost o ok. 3%), natomiast jej wartość zwiększyła się o ok. 10% do 18,5 mld zł. Produkcja wyrobów niekonsumpcyjnych wyniosła ok. 30 tys. ton.

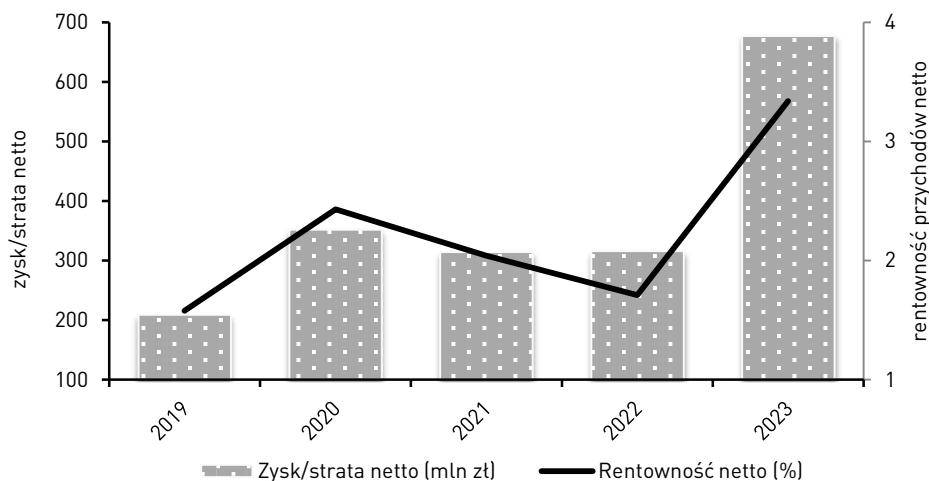
**Tabela 8. Wielkość produkcji przetwórstwa rybnego (tys. ton, wyroby konsumpcyjne)**

Wyszczególnienie	2021	2022	2022	2023
	zakłady o zatrudnieniu 10 i więcej osób	zakłady o zatrudnieniu 50 i więcej osób	zakłady o zatrudnieniu 50 i więcej osób	zakłady o zatrudnieniu 50 i więcej osób
<b>Wielkość produkcji ogółem</b>	<b>614,6</b>	<b>604,1</b>	<b>545,8</b>	<b>557,3</b>
Filety i mięso z ryb świeże i chłodzone	114,4	106,1	93,0	90,1
Ryby, filety i mięso mrożone	103,8	95,2	79,5	109,8
Ryby solone i suszone	17,8	19,8	11,9	10,3
Ryby wędzone	113,0	102,7	91,7	95,6
Ryby przetworzone lub konserwowane	260,0	273,2	269,7	251,5
- konserwy i przerwy	82,1	87,1	87,0	79,6
- marynaty	77,6	84,6	81,2	79,1
- wyroby kulinarne i garmazeryjne	100,4	101,5	101,5	92,8
Pozostałe wyroby	5,6	7,1	-	-

Źródło: obliczenia autora na podstawie danych GUS.

W 2023 r. sektor przetwórstwa ryb osiągnął rekordowe wyniki finansowe. Zysk netto średnich i dużych zakładów o zatrudnieniu powyżej 9 osób załogi (81 jednostek, które złożyły sprawozdania) wyniósł 677 mln zł i był ponad 2-krotnie wyższy niż rok wcześniej (76 podmiotów). Wpływ na to miała wyższa dynamika wzrostu przychodów ze sprzedaży (wzrost o 10,6% do 19,73 mld zł) niż kosztów operacyjnych (wzrost o 7,4% do 18,99 mld zł) oraz nadwyżka pozostałych przychodów operacyjnych i finansowych nad ich kosztami. Przychody uzyskiwane ze sprzedaży produktów w kraju wzrosły o 11,5% do 6,26 mld zł i stanowiły 34,7% przychodów ogółem, natomiast wpływy z eksportu zwiększyły się o 13,0% do 11,80 mld zł. Rentowność netto w sektorze zwiększyła się w porównaniu z 2022 r. z 1,71 do 3,34%, płynność bieżąca z 1,26 do 1,46, a wskaźnik zadłużenia ogółem spadł z 63,8 do 56,6%. Wartości te były jednak nadal wyraźnie gorsze od notowanych w przemyśle spożywczym ogółem (PKD 10). Nakłady inwestycyjne w sektorze wyniosły w 2023 r., podobnie jak przed rokiem, 323 mln zł, co oznacza obniżenie wartości stopy inwestowania. Inwestycje nadal jednak przekraczały wartość odpisów amortyzacyjnych (o 15,3%). Ceny produkcji sprzedanej wzrosły w 2023 r. o 8,7%.

Rys. 3. Zysk i rentowność sektora przetwórstwa ryb w latach 2019-2023



Źródło: opracowanie autora na podstawie danych GUS.

### Spożycie ryb i owoców morza

Krajowa podaż ryb, owoców morza oraz ich przetworów wyniosła w 2023 r. 514,4 tys. t (w ekwiwalencie masy żywej ryb) i była o 1,7% większa niż przed rokiem. Złożyło się na to wyłącznie zwiększenie importu netto, przy zbliżonej do roku poprzedniego wielkości połowów. Wskaźnik samowystarczalności zmniejszył się o 0,5 pkt proc. do 40,7%.

Tab. 9. Bilans ryb i owoców morza w Polsce (tys. ton masy żywej ryb)

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022	2023
Połowy morskie	195,2	191,9	185,6	162,6	160,9
w tym: bałtyckie	146,0	130,4	123,1	109,9	95,4
dalekomorskie	49,2	61,5	62,5	52,7	65,5
Połowy śródlądowe i akwakultura	46,8	52,1	46,1	45,8	48,5
Razem połowy krajowe <sup>a</sup>	242,0	244,0	231,7	208,4	209,4
Import <sup>b</sup>	936,6	968,1	1039,0	988,6	1014,1
Eksport <sup>b</sup>	688,4	713,1	741,0	691,4	709,1
Podaż ryb konsumpcyjnych na rynek krajowy	490,2	499,0	529,7	505,6	514,4
<b>Spożycie per capita (kg/mieszkańca)</b>	<b>12,77</b>	<b>13,10</b>	<b>13,97</b>	<b>13,39</b>	<b>13,67</b>

<sup>a</sup> połowy śródlądowe i akwakultura (bez połowów wędkarskich)

<sup>b</sup> wielkość handlu zagranicznego, którego baza danych dostępna jest w masie produktów została przeliczona na masę żywą ryb w oparciu o metodykę stosowaną przez EUMOFA (<https://www.eumofa.eu/supply-balance-and-other-methodologies>)

Źródło: obliczenia autora na podstawie danych MIR-PIB, MGMIŻŚ, IRS oraz MF.

W konsekwencji spadku liczby ludności w Polsce w 2023 r. tempo wzrostu spożycia ryb i owoców morza w przeliczeniu na mieszkańca było nieco wyższe niż podaży i wyniosło 2,1% (do 13,67 kg). Ze względu na brak stanu zapasów początkowych i końcowych na rynku i możliwość dłuższego przechowywania surowców mrożonych przeznaczanych do produkcji wyrobów gotowych np. w następnym roku, w celu obserwacji trendu bardziej właściwe wydają się korzystanie ze średnich trzyletnich. W latach 2021-2023 spożycie przeciętnie wyniosło 13,67 kg/mieszkańca i było o 6,5% większe niż średnio w latach 2018-2020. W porównywanych okresach największy spadek spożycia odnotowano w przypadku dorszy, które obniżyło się o 33%. O ok. 14% spadła konsumpcja makrel i ryb płaskich, a o 10% śledzi i karpie. Na znaczeniu zyskiwały natomiast takie gatunki jak mintaj, morszczuk, miruna czy owoce morza, w przypadku których wzrost spożycia wyniósł 20-36%. Popyt na pstrągi zwiększył się o 13%. W konsumpcji dominują ryby morskie (81,6%). Zdecydowanie mniejszą rolę odgrywają ryby słodkowodne (14,7%) oraz owoce morza (3,7%).

**Tab. 10. Spożycie ryb w Polsce wg danych bilansowych (w kg masy żywej na 1 mieszkańca)**

Gatunek	2015-2017	2018-2020	2021-2023
<b>Razem ryby i owoce morza</b>	<b>12,48</b>	<b>12,85</b>	<b>13,68</b>
mintaje	2,28	2,10	2,78
śledzie	2,71	2,75	2,47
makrele	0,91	1,22	1,03
łososie	0,81	0,79	0,87
czarniaki	0,40	0,78	0,75
szproty i sardynki	0,58	0,59	0,63
tuńczyki	0,54	0,59	0,63
pstrągi i trocie	0,50	0,56	0,63
ryby płaskie	0,82	0,72	0,62
dorsze	1,12	0,91	0,61
morszczuki	0,35	0,40	0,54
miruny	0,44	0,42	0,54
karpie	0,55	0,58	0,52
owoce morza	0,28	0,43	0,50

*Źródło: dane i obliczenia autora na podstawie danych MF, MGMIŻŚ, MRIRW, IRS i GUS.*

Według badań budżetów gospodarstw domowych prowadzonych przez GUS w okresie pierwszych trzech kwartałów 2023 r. spożycie ryb i owoców morza świeżych, chłodzonych, solonych, wędzonych i suszonych (bez przetworów i konserw z ryb) zmniejszyło się o 10,5% (liczone w wadze produktu). Wydatki na wszystkie grupy produktów wyniosły natomiast 11,05 zł/miesięcznie/osobę i były o 7,0% wyższe niż w analogicznym okresie roku poprzedniego. Uwzględniając

wzrost wskaźnika cen detalicznych w tym okresie, realne wydatki gospodarstw domowych na produkty rybne zmalały o 9,9%. W największym stopniu zwiększyły się wydatki na ryby świeże i chłodzone (o 15,1% do 2,44 zł/osobę) oraz świeże i mrożone owoce morza (o 12,9% do 0,35 zł/osobę/miesięcznie). Nieco niższa była dynamika wzrostu wydatków na konserwy, marynaty, dania gotowe, wyroby garmażeryjne i inne przetwory (wzrost o 11,1% do 4,20 zł/osobę miesięcznie) oraz produkty suszone, wędzone i solone (wzrost o 5,0% do 2,73 zł/osobę), a mniej niż przed rokiem wydatkowano na ryby mrożone (1,54 zł/osobę, spadek o 5,5%). W ostatnim kwartale 2023 r., wraz z wyhamowaniem wzrostu cen detalicznych, konsumpcja ryb wzrosła.

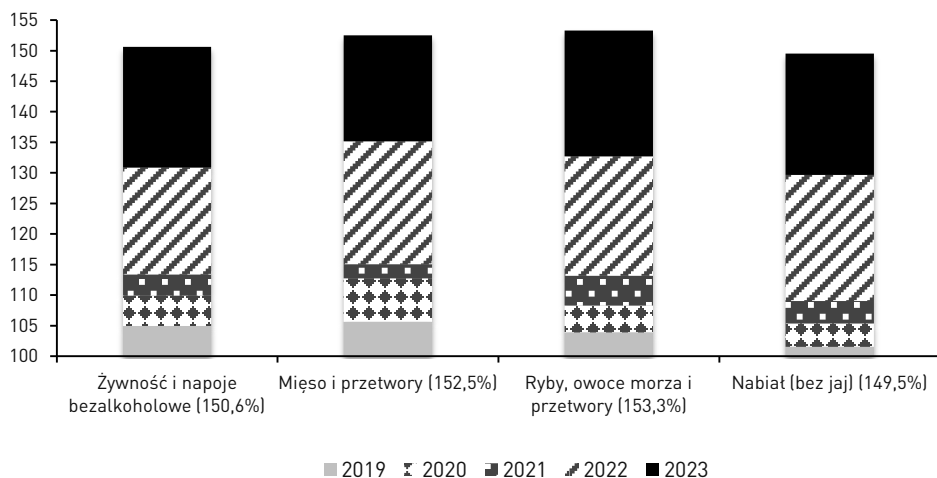
### **Ceny ryb i owoców morza**

W okresie pierwszych pięciu miesięcy 2023 r. utrzymywała się wysoka dynamika wzrostu cen, która maksimum osiągnęła w lutym, tj. 23,5% (w porównaniu z lutym 2022 r.). W czerwcu i lipcu, po raz pierwszy od kilkunastu miesięcy, ceny detaliczne produktów rybołówstwa praktycznie nie zmieniły się, a w sierpniu i wrześniu odnotowano ich spadek. W kolejnych dwóch miesiącach ceny ponownie zaczęły rosnąć, ale już w umiarkowanym stopniu, a w grudniu powrócono, do obserwowanych w latach przed pandemią, znacznych obniżek cen w okresie okołoswiątecznym. Przetwórcy i handlowcy w tym czasie, tj. wzmożonego popytu (ok. 25% rocznej sprzedaży ryb), korzystają z efektu skali, rezygnując z części marż. Znacząco potaniały także świąteczne karpie (o 10%, w relacji do świąt 2022 r.). Wpłynęło to na znaczące obniżenie dynamiki wzrostu w ujęciu rocznym. Czynnikiem determinującym niższe ceny płacone przez konsumentów w ostatnich miesiącach były przede wszystkim: spadek cen ryb importowanych, aprecjacja złotego oraz relatywnie niewielkie podwyżki cen realizowane przez sektor przetwórstwa (wzrost cen produkcji sprzedanej przemysłu rybnego wyniósł w 2023 r. 8,7%).

Średni wzrost cen detalicznych produktów rybołówstwa wyniósł w 2023 r. 15,5% i był nieco większy niż średnia dla cen żywności i napojów bezalkoholowych ogółem (15,1%). Zmiany cen produktów substytucyjnych były generalnie zbliżone do obserwowanych w przypadku produktów rybnych (z wyjątkiem mięsa drobiowego). Mięso ogółem podrożało w 2023 r. o 12,9%, w tym wieprzowe o 17,0%, drobiowe o 1,7%, a wędliny o 15,3%. Nabiał był natomiast droższy niż w 2022 r. przeciętnie o 15,3%, w tym sery o 13,3%. Spośród głównych grup produktów rybnych najbardziej wzrosły ceny ryb świeżych i chłodzonych (o 19,5%, w tym m.in. świeżych

pstrągów o 19,7%) oraz ryb mrożonych (o 18,7%, w tym m.in. mrożonych filetów z miruny o 24,2%). Najmniej podrożały owoce morza – świeże o 8,4%, a mrożone o 10,7%. Wzrost cen produktów rybnych w relacji grudzień 2023 r. do grudnia 2022 r. był już zdecydowanie mniejszy i wyniósł tylko 3,5%. W grudniu tańsze niż rok wcześniej były ryby świeże i chłodzone (o 0,2%, głównie w wyniku wspomnianych obniżek cen karpia). Nieznacznie podrożały mrożone owoce morza (o 0,8%), a wzrost cen pozostałych grup wyrobów wyniósł od 3,9 do 5,3%.

**Rys. 4. Skumulowany wskaźniki wzrostu detalicznych ryb i owoców morza na tle innych grup żywności (2018=100)**



Źródło: opracowanie autora na podstawie danych GUS.

**Tab. 11. Ceny detaliczne wybranych produktów rybnych (PLN)**

Produkt	masa	2022	2023	zmiana
Karp świeży, cały	1kg	29,57	33,91	+14,7%
Dzwonko lub filet z tososia, świeży	1kg	77,18	85,62	+10,9%
Pstrąg świeży	1kg	30,44	36,43	+19,7%
Filety mrożone z miruny	1kg	38,38	47,67	+24,2%
Filety mrożone z dorsza	1kg	46,30	53,97	+16,6%
Filety mrożone z morszczuka	1kg	32,68	39,09	+19,6%
Krewetki mrożone	500 g	48,21	52,45	+08,8%
Łosoś wędzony	100 g	12,54	13,99	+11,6%
Pstrąg wędzony	1 kg	41,48	48,73	+17,5%
Makrela wędzona	1kg	24,00	26,33	+09,7%
Płaty lub filety śledziowe	1kg	19,54	22,11	+13,2%
Filety śledziowe w sosie	400 g	10,88	12,29	+13,0%
Sardynka w oleju	160 g	5,97	6,72	+12,6%
Tuńczyk w sosie własnym	170 g	6,53	7,53	+15,3%
Paluszki rybne, mrożone	250 g	8,34	10,11	+21,2%

Źródło: obliczenia autora na podstawie danych GUS.

Średni wzrost cen detalicznych ryb i produktów rybnych w krajach Unii Europejskiej wyniósł w 2023 r. 9,6% (wg zharmonizowanych wskaźników cen konsumpcyjnych HICP). Najbardziej produkty te podrożały na Węgrzech (o 20,9%), w Szwecji (20,3%) i Rumunii (19,1%). Zdecydowanie wolniejszy wzrost obserwowano w takich krajach jak: Portugalia, Malta, Grecja, Cypr i Włochy (od 4,2 do 6,4%). Ryby świeże zdrożały przeciętnie o 7,1%, ryby mrożone o 14,0%, ryby i owoce morza wędzone, solone i suszone o 12,2%, a przetwory i konserwy o 12,9%. Ceny świeżych owoców morza wzrosły średnio o 4,3%, a mrożonych o 5,7%.

Cen zbytu ryb bałtyckich w portach krajowych znacząco wzrosły w 2023 r. Spośród głównych gatunków o ok. 39% wyższe ceny niż w 2022 r. rybacy uzyskiwali przy sprzedaży storni (2,16 zł/kg) i o 35% wyższe w przypadku szprotów (1,55 zł/kg). Ceny skupu śledzi wzrosły o 4% do 2,05 zł/kg. Według wstępnych danych Instytutu Rybactwa Śródlądowego (badanie RRW-22) ceny zbytu karpia, po dwuletnim okresie skokowych wzrostów, w 2023 r. spadły o 2,2% do 20,97 zł/kg. Ceny pstrągów tęczowych wzrosły natomiast o 18,1% do 19,17 zł/kilogram.

## Ślad wodny pstrąga tęczowego - bezpośrednie i pośrednie zużycie wody

Tomasz Heese

Laboratorium Gospodarki Wodnej, Politechnika Koszalińska

tomasz.heese@tu.koszalin.pl

### Wstęp

Aktualnie, w pewnym uproszczeniu, obiekty hodowli ryb łososiowatych rozwijają się w kierunku redukcji powierzchni gospodarstwa i wykorzystania nowoczesnych technologii i najnowszych rozwiązań technicznych. Gospodarstwa łososiowe z uwagi na kurczące się zasoby wodne, muszą wdrażać rozwiązania technologiczne nastawione na efektywniejsze ich wykorzystanie przy jednoczesnym minimalizowaniu negatywnych wpływów na środowisko wodne. Wszystkie te działania, nakierowane na optymalizację wykorzystywanych zasobów wodnych, winny być szczególnie promowane poprzez wsparcie różnorodnych inwestycji w systemy oczyszczania, poprawiania jej właściwości fizykochemicznych i ponownego wykorzystania. Czy obecnie dysponujemy dobrym narzędzie do oceny tej optymalizacji?

Można tylko odpowiedzieć, że tak. Właśnie z tych powodów bardzo szybko rośnie znaczenie określania śladu wodnego, podobnie jak wcześniej śladu węglowego. Ślad wodny to połączenie zasobów wodnych z konsumpcją dóbr. Zarządzanie zasobami wody winno się odbywać poprzez szacowanie bezpośredniego zużycia wody jak i pośredniego. U podstaw obliczania śladu wodnego jest obliczenie niezbędnej ilości wody, uwzględniając pełny łańcuch procesu produkcyjnego dla danego produktu lub usługi. Wykonane obecnie szacunki w skali światowej dzielą ślad wodny w następujący sposób: 85% śladu wodnego ludzkości jest związane z konsumpcją żywności, 10% z produkcją przemysłową a jedynie 5% to konsumpcja wody w gospodarstwach domowych. Przy produkcji żywności wykorzystujemy wodę pozyskując ją z naturalnych źródeł, częściowo konsumujemy i następnie jako zużytą (zanieczyszczoną) oprowadzamy do środowiska naturalnego.

Ślad wodny bardzo dobrze opisuje wpływ człowieka na środowisko i wiąże się bezpośrednio z naszą konsumpcją. Problemy takie jak niedobór wody

i zanieczyszczenie, są łatwiejsze do opisanie i lepszemu zrozumienia jeśli uwzględnia się całość produkcji i łańcuchy dostaw.

## Ślad wodny

W śladzie wodnym mamy 3 typy wody oznaczonej kolorami: niebieską, zieloną i szarą (Florek 2016). Niebieska to woda powierzchniowa i gruntowa wykorzystywana do nawadniania, także akwakultury na lądzie, i woda skonsumowana w rezultacie produkcji jakiegoś dobra lub usługi. Woda zielona to woda deszczowa (opad) skonsumowana w czasie procesu produkcji oraz ta, która ulega ewapotranspiracji gdzie mamy parowanie gruntowe (terenowe) i transpirację roślin. Pełniejsza definicja ewapotranspiracji to proces uwalniania wody z ekosystemu w postaci pary wodnej do atmosfery zarówno dzięki fizycznemu procesowi parowania, jak i biologicznym procesom transpiracji i respiracji. Ostatni typ wody wchodzący w skład śladu wodnego, to wody szare definiowane tutaj jako woda niezbędna do rozcieńczenia wody skażonej/zanieczyszczonej do np. wody zaliczanej do stanu ekologicznego dobrego definiowanego przez Europejską Dyrektywę Wodną. W literaturze krajowej pojawiają się także terminy dzielenia śladu wodnego na niebieski ślad wody, zielony i szary ślad wody. W praktyce chodzi o te same "typy" wód. Warto w tym miejscu zacytować dane z literatury, że produkty spożywcze pochodzenia zwierzęcego w globalnym rozrachunku to 1/3 śladu wodnego całkowitej produkcji rolniczej (Gerbens-Leenes i in., 2011, Florek 2016). A ile w tym globalnym rachunku mają ryby?

Obecnie dysponujemy dość ogólnym wyliczeniem i tak ryby hodowlane to około 2000 litrów na kilogram produktu. Ryby wolno żyjące w jeziorach, rzekach i oceanach mają ślad wodny równy zero! (Mekonnen i Hoekstra, 2012, Poore i Nemecek 2019, Salmon Farming Industry Handbook 2022). W produkcji ryb łososiowatych mamy kilka problemów do rozstrzygnięcia. Największe zapotrzebowanie mamy na wodę niebieską, tą pochodzącą z wód powierzchniowych czy podziemnych. Oczywiście wartość ta będzie różna przy produkcji ryb w technologiach o ekstensywnym poziomie produkcji i jednokrotnym wykorzystaniu wody (OOH) czy przy produkcji i recyrkulacji wody (RAS). Woda typu zielonego to ta niezbędna do produkcji paszy. Ile wody typu szarego - i tu co jest bardzo ważnym aspektem należy się pogłębić i rzetelna analiza. Wstępnie analizy zostały zakończone na rybie towarowej w asortymencie M (350-500 g) i D (501-850g). Oczywiście analizy można wykonać dla różnego typu chowu czy

hodowli. Woda niebieska jest kierowana do środowiska naturalnego jako woda przepływowa wzbogacona w różny sposób produktami przemiany materii. Ilość wody zielonej zależy do rodzaju zastosowanej paszy. A ile wody szarej? Jeśli gospodarstwo stawowe dysponuje swoimi obiektami socjalnymi to praktycznie można policzyć ilość personelu przeliczając na zapotrzebowanie na wodę do celów spożywczych i sanitarnych. Woda ta jest odprowadzana do zbiorników bezodpornych i wywożona do pobliskiej oczyszczalni ścieków lub kierowana do sieci sanitarnej.

W pewnym uproszczeniu woda niebieska to ilość wody potrzebna do przepływu i tak np. bateria trzech stawów o typowych rozmiarach 30x3x1 m (objętość to około 90 m<sup>3</sup>) wymaga przepływu w ilości 100 l/s zapewniając rozwój od kilku do kilkudziesięciu kg ryb w metrze sześciennym (Goryczko 2001, Wiśniewska i in., 2012). Tak wielkie zróżnicowanie w produkcji będzie miało wpływ na sumaryczne określenie śladu wodnego dla poszczególnych gospodarstw osobno czy np. dla gospodarstw zlokalizowanych na tym samym cieku. To może mieć również wpływ na decyzje administracyjne co do dalszego rozwoju produkcji ryb łososiowatych korzystających z zasobów tej samej rzeki. Warto więc policzyć ślad wodny dla pstrąga tęczowego w warunkach Polski, jednak przekazać te obliczenia fachowcom -ichtiologom, specjalistom od chowu i hodowli oraz produkcji pasz.

Obliczenie precyzyjne przy ograniczonych zasobach wodnych jest konieczne by poszukiwać rozwiązań optymalnych. Na przykład skrócenie cyklu hodowlanego może doprowadzić do obniżenia śladu niebieskiego ale już zwiększenie dawki paszy może mieć wpływ na ślad zielony. Recyrkulacja wody to kolejny powód by ślad niebieski dokładnie oszacować. Gospodarstwa o niskim śladzie wodnym mogą na przykład być uwzględniane przy polityce podatkowej lub związanej ze wsparciem finansowym z uwagi np. na zastosowanie nowoczesnych rozwiązań odnowy wody. Osobnym tematem jest jakość wody niebieskiej poprodukcyjnej. Nie znalazłem jak na razie metod obliczania. Istnieją w literaturze sposoby liczenia wody szarej dla produkcji roślinnej gdzie uwzględnia się na przykład dawki nawożenia i stosowanych środków ochrony roślin, które przedostają się do systemu wodnego. U ryb łososiowatych mamy dobrze policzony bilans energetyczny zjedzonej paszy, więc musimy i te dane uwzględnić przy szacowaniu wody niebieskiej, i na przykład zastosować jakiś akceptowalny przelicznik.

Opisane powyżej elementy śladu wodnego to woda wykorzystywana pośrednio do produkcji, ale przecież dla ryb to woda jest niezbędna jako woda wykorzystywana bezpośrednio bo to jej środowisko życia. Dla zwierząt hodowanych na łąkach woda bezpośrednio to taka, która jest wykorzystywana głównie do pojenia i woda niezbędna do obsługi w okresie chowu w gospodarstwie. A u ryb? Ryby słodkowodne nie muszą pić wody, sole mineralne pobierają poprzez skrzelę a nadmiar wody dostający się do wnętrza ciała w wyniku osmozy jest intensywnie usuwany z moczem (Heese, Przybyszewski 1993).

## Metodologia

Metodologia obliczania śladu wodnego ma swoją krótką historię. Zaczęła się od wprowadzenia pojęcia wody wirtualnej co pozwoliło na ocenę ilości wody niezbędnej do wyprodukowania danego towaru i na przykład dalej ich wyeksportowaniu (Allan 1993). Wzory i metodykę obliczania śladu wodnego zaproponował Arjen Y. Hoekstra i P. Q. Hung (2002). Profesor Arien Hoekster, specjalista w zakresie zarządzania gospodarką wodną pracujący na holenderskim uniwersytecie publicznym Twente, jest uważany za twórcę śladu wodnego.

Obecnie punktem wyjścia przy szacowaniu śladu wodnego jest ekologiczna ocena cyklu życia LCA (ang. *Life Cycle Assessment*). Warto tu zacytować powszechnie stosowaną definicję LCA - „LCA jest procesem oceny efektów, jaki dany wyrób wywiera na środowisko podczas całego życia, poprzez wzrost efektywnego zużycia zasobów i zmniejszenie obciążeń środowiska. Ocena wpływu na środowisko może być prowadzona zarówno dla wyrobu, jak i dla jego funkcji. LCA jest traktowana jako „analiza od kotyski do grobu” (Michałowska 2021). Normą dedykowaną do zarządzania zasobami wodnymi i oceny śladu wodnego jest międzynarodowa norma ISO 14046 (2014), Norma ta pozwala też identyfikować potencjalne skutki środowiskowe wynikające z korzystania z zasobów wodnych. Tak więc Norma ISO 14046 (2014) określa zasady, wymagania i wytyczne dotyczące oceny śladu wodnego dla produktów, dalej procesów i organizacji opierając się o wspomnianą już ocenę cyklu życia (LCA).

## Obliczenia

Obliczenia wody niebieskiej związanej z zapotrzebowaniem danego gospodarstwa dopasowanego do obsady ryb w stawach tuczowych czy narybkowych w skali roku czy w przeliczeniu na kilogram produkcji jest łatwe i praktykom nie sprawi trudności. Nieco bardziej skomplikowane będzie

obliczenie wody zielonej i szarej. Woda zielona to woda związana z produkcją paszy. Ten ślad zależy od składu i pochodzenia różnych komponentów paszowych. Tu należy zaznaczyć, że według danych literaturowych to ślad wodny koncentratów paszowych jest pięciokrotnie większy niż pasz objętościowych (Gerbens-Leenes i in., 2011). Przybliżając ten problem, to do upraw roślin objętościowych wykorzystuje się głównie wodę deszczową (zieloną), zaś do upraw gdzie produkowane są koncentraty paszowe konieczne jest nawadnianie i nawożenie (woda niebieska i szara). Dla porównania ślad wody niebieskiej i szarej jest wielokrotnie większy dla koncentratów w porównaniu do pasz objętościowych (nawet od 43 do 61 razy). Dla produkcji zwierzęcej na lądzie oszacowano, że woda potrzebna do wyprodukowania paszy stanowi ok. 98% sumarycznego śladu wodnego, natomiast woda przeznaczona do pojenia (1,1%), obsługi (0,8%) i przygotowania paszy dla zwierząt (0,03%) to pozostałe 2% (Mekonnen i Hoekstra 2010). Na tym przykładzie widać wyraźnie, w którym kierunku winno poszukiwać się ograniczeń w śladzie wodnym - w tym przypadku zielonym.

Czy mamy wystarczająco dużo danych wyjściowych by poprawnie policzyć ślad wodny pstrąga tęczowego? Przy wytypowaniu kilku ośrodków, w ramach projektu pilotażowego zapewne sobie poradzimy. Ślad wodny pstrąga tęczowego musi być liczony w zależności od typu produkcji (np. OOH czy RAS) i w różnych obszarach Polski. By przeprowadzić rzetelną analizę potrzeba minimum jednego roku. Oszacowany ślad wodny dla pstrąga tęczowego pochodzącego z Polski winien mieć tzw. charakter kompletny i uwzględniać szereg uwarunkowań typowych dla naszej krajowej produkcji.

## **Podsumowanie**

Sprawą kluczową dla dalszego rozwoju produkcji ryb łososiowatych w Polsce jest zapewnienie przestrzeni i dostępu do wody. W tle mamy adaptację do zmian klimatu. Z tych też powodów szacowanie śladu wodnego i gospodarka wodna jest w centrum globalnej debaty na temat zrównoważonego rozwoju. To zainteresowanie wynika wprost z rosnącego zapotrzebowaniem na wodę, niedoboru wody i jej degradacji co do jakości. Ślad wodny to nowe narzędzie służące poprawie zarządzania wodą, najpierw na poziomie lokalnym, potem dalej regionalnym, krajowym i w końcu globalnym.

Czy uda nam się znaleźć równowagę pomiędzy efektywnością produkcji a niskim śladem wodnym naszych hodowli i produkowanych pasz? Nie

jest to łatwe tym bardziej, że około 80% paszy przeznaczonej dla zwierząt nie nadaje się do konsumpcji przez ludzi. Zwierzęta, w tym też ryby, są zdolne do konwersji biomasy, resztek poprodukcyjnych i niejadalnych produktów ubocznych w produkty jadalne o wysokiej wartości dla ludzi (Guinot i in., 2015). Tu przy okazji wchodzimy w dyskusję dotyczącą rezygnacji z produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego, a zwłaszcza mięsa zwierząt stałocieplnych. Alternatywą są ryby, a wyliczony dokładnie ślad wodny to tylko potwierdzi!

## Literatura

1. Allan J.A. (1993). Fortunately, there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. W: UK Overseas Development Administration, Priorities for Water Resources Allocation and Management, London, 13–26.
2. FAO (2017). <http://www.fao.org/gleam/en/>.
3. Burszta-Adamiak E., Fiałkiewicz W. (2018). Ślad wodny jako wskaźnik zużycia zasobów wodnych w produkcji roślinnej na terenie województwa dolnośląskiego. *Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering*, Volume 19, Issue 6, December 2018, pages 71–79, <https://doi.org/10.12912/23920629/95281>.
4. Gerbens-Leenes P.W., Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. (2011). A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems. *Value of Water Res. Rep. Ser. No. 55*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
5. Goryczko K. (2011). Pstrągi. Chów i hodowla. Wyd. IRŚ Olsztyn.
6. Hoekstra A.Y., Hung P.Q. (2002). Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade. *International Expert Meeting on Virtual Water Trade 12* (11), 1–244.
7. Florek M. (2016). Funkcje i wykorzystanie wody w produkcji podstawowej i przetwórstwie żywności pochodzenia zwierzęcego. *Przegląd hodowlany*, 6: 4-9.
8. Guinot C., Huang H., Legg W. (2015). What is the meat and livestock industry doing to reduce its impact on climate change? *EuroChoices* 14 (2), 48-52. 16.
9. Heese T. (2024). Ślad wodny na lądzie i pod wodą, a ryby, czy mają w nim swój udział? "Przegląd Rybacki", Numer 3(135), s. 12-13.
10. Heese T., Przybyszewski C. (1993). *Życie ryb*. Wydawnictwo WSInż, Koszalin.
11. ISO 14045:291. (2014) Environmental management - Water footprint -Principles, requirements and guidelines.

12. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. (2010) . The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Res. Rep. Ser. No. 48, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
13. Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems* (2012) 15: 401–415, DOI: 10.1007/s10021-011-9517-8.
14. Michałowska M. (2021). Instrumenty zarządzania środowiskiem w przedsiębiorstwach. *Zeszyty Naukowe, Wydziału Zarządzania GWSH, Nr 16/2021*, s. 81-102.
15. Mioduszewski W. (2006). Woda wirtualna – woda do produkcji żywności. *Gosp. Wodna* 5, 173-178.
16. Poore J., Nemecek T. (2019). Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360 (6392): 987-992.
17. Przewodnik IDF do metodologii określania śladu wodnego w sektorze mleczarskim *Biuletyn Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej* 486/2017, str. 101.
18. *Salmon Farming Industry Handbook 2022*, MQWI®, str. 117.
19. Wiśniewska A., Guziur J., Dobosz S., Goryczko K., Szarek J., Zakrzewski J., 2014. Metodyka oceny wskaźników hodowlano-użytkowych pstrągów handlowych z obiektów o zróżnicowanej technologii produkcji. W: J. Szarek, K.A. Skibniewska, J. Zakrzewski, J. Guziur (red.), *Narzędzia oceny stosowanych w Polsce technologii chowu pstrąga tęczowego*, Olsztyn.

## Przyrzeczenie, przeniesienie i wygaśnięcie pozwolenia wodnoprawnego

dr hab.prof. US Przemysław Kledzik

Instytut Nauk Prawnych

Wydział Prawa i Administracji Uniwersytetu Szczecińskiego

70-240 Szczecin, Narutowicza 17a, przemyslaw.kledzik@usz.edu.pl

### 1. Wstęp

W zakresie regulacji ustawy Prawo wodne z 2017 r.<sup>1</sup>, w ramach gospodarowania wodami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju mieści się m.in. wydawanie pozwoleń wodnoprawnych. Wydawanie powyższych pozwoleń jest wymagane w oznaczonym w tej ustawie przypadkach, m. in. na usługi wodne czy szczególne korzystanie z wód<sup>2</sup>. Do trybu, w jakim następuje wydawanie tego rodzaju pozwoleń zastosowanie – z pewnymi odmiennościami zastrzeżonymi w treści powołanej wyżej ustawy – generalnie zastosowanie znajdują przepisy Kodeksu postępowania administracyjnego<sup>3</sup>, obejmujące regulujące ogólne postępowania administracyjnego. Samo wydanie zaś pozwolenia wodnoprawnego następuje, w regulowanej tym Kodeksem, formie prawnej decyzji administracyjnej.

Okoliczność funkcjonowania w obrocie prawnym pozwolenia wodnoprawnego determinuje szereg obowiązków podmiotu na rzecz, którego zostało ono wydane, łączyjących się z wykonywaniem praw wynikających z takiego pozwolenia. Naruszenie tych obowiązków, bądź też nieprzestrzeganie zakresu przyznanych uprawnień może zaś skutkować np. cofnięciem zezwolenia, w drodze decyzji administracyjnej wydawanej w odrębnym postępowaniu administracyjnym. Z instytucją pozwolenia wodnoprawnego - zarówno w odniesieniu do już wydanych pozwoleń, ale także już na etapie obejmującym sam zamiar uzyskania takiego

---

<sup>1</sup> Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz. U. z 2024 r., poz. 1087, ze zm., dalej zwana „p.w.”).

<sup>2</sup> Por. art. 388 i 389 p.w.

<sup>3</sup> Ustawa z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2024 r., poz. 572, dalej zwana „KPA”).

pozwolenia – wiązać mogą się także inne rodzaje postępowań administracyjnych, w którym to zakresie mieszczą się m. in. postępowania w przedmiocie przyrzeczenia pozwolenia wodnoprawnego, przeniesienia wydanego pozwolenia na inny podmiot, jak też wygaszenia tego rodzaju pozwolenia. Niniejsze opracowanie za cel ma przedstawienie, w ramach zwanego opracowania, prawnych uwarunkowań tego rodzaju postępowań w aspekcie materialnoprawnym oraz procesowym.

## 2. Metodologia

Analizę przeprowadzono w oparciu o metodę dogmatyczno-prawną. Badaniu poddane zostały wybrane regulacje p.w. odnoszące się do postępowań administracyjnych w przedmiocie przyrzeczenia wydania pozwolenia wodnoprawnego, przeniesienie tego rodzaju pozwolenia na inny podmiot, jak również wygaszenia pozwolenia wodnoprawnego oraz powiązanych z tą instytucją prawną rozwiązań określających uwarunkowania przedłużenia obowiązywania wydanego wcześniej pozwolenia wodnoprawnego na kolejny okres. W zakresie powyższych rozważań uwzględniono dorobek doktrybny oraz orzecznictwo sądów administracyjnych. Prowadzone rozważania obejmują wnioski *de lege lata* i kończą się podsumowaniem, w którym dokonano ogólnej oceny analizowanej problematyki.

## 3. Przyrzeczenie pozwolenia wodnoprawnego

Uregulowana w art. 412 p.w. instytucja przyrzeczenia wydania pozwolenia wodnoprawnego umożliwiać ma zakładom zamierzającym prowadzić działalność wymagającą pozwolenia wodnoprawnego uprzednie ubieganie się o zapewnienie możliwości rozpoczęcia prowadzenia planowanej działalności po spełnieniu określonych wymagań<sup>4</sup> (ust. 1).

Według art. 412 p.w., przyrzeczenie wydania pozwolenia wodnoprawnego – podobnie jak samego pozwolenia – następuje w formie prawnej decyzji administracyjnej, wydawanej – tak jak samo pozwolenie – w trybie KPA.

Przedmiotowe przyrzeczenie dokonane w drodze ostatecznej decyzji administracyjnej stanowi rodzaj promesy administracyjnej<sup>5</sup> tj. dokumentu

---

<sup>4</sup> Por. K. Gruszecki, Prawo wodne. Gospodarowanie wodami. Komentarz, Warszawa 2024, s. 459.

<sup>5</sup> Por. K. Gruszecki, Prawo wodne..., op. cit., s. 459.

obejmującego gwarancję (zapewnienie) <sup>6</sup> następcej możliwości uzyskania pozwolenia wodnoprawnego w zakresie planowanej działalności. Przyjęte rozwiązanie – poprzez swój gwarancyjny charakter – w istotnym zakresie wywiera zatem bezpośredni wpływ na realizację zasady bezpieczeństwa obrotu prawnego, której istotą jest stabilność, pewność obrotu prawnego oraz skuteczność mechanizmów prawnych <sup>7</sup>.

Jak wyżej zaznaczono przyrzeczenie wydania pozwolenia wodnoprawnego stanowi zapewnienie możliwości rozpoczęcia oznaczonej działalności pod warunkiem spełnienia określonych wymagań, zarówno formalnych jak i materialnych.

Przyrzeczenie ma charakter czasowy. Zgodnie bowiem z treścią art. 412 ust. 4 p.w., w decyzji udzielającej przyrzeczenie należy określić okres jego ważności. Przepis ten zastrzega jednocześnie, że okres ten nie może być krótszy niż rok.

Termin, na jaki udzielane jest przyrzeczenie ma istotne znaczenie w tym względzie, że stosownie do treści art. 412 ust. 5-7 p.w., poza przypadkami określonymi w tych przepisach – o czym szerzej poniżej – w okresie ważności przyrzeczenia organ właściwy nie może odmówić jego adresatowi wydania pozwolenia wodnoprawnego w zakresie objętym treścią udzielonej promesy, jak również nie może on wydać pozwolenia wodnoprawnego dla innego zakładu ani udzielić przyrzeczenia wydania takiego pozwolenia w zakresie objętym danym wnioskiem o udzielenie promesy, od dnia jego złożenia bądź też udzielonym już przyrzeczeniem.

W związku z powyższym, termin ważności przyrzeczenia stanowi – stosownie do treści art. 107 § 2 KPA – dodatkowy składnik decyzji względem ogólnej regulacji, wynikającej z art. 107 § 1 KPA<sup>8</sup>. Element ten ma charakter

---

<sup>6</sup> Por. E. Sobol (red.), Nowy słownik języka polskiego, Warszawa 2003, s. 754.

<sup>7</sup> Por. J. Mojak, Ewolucja zasad współczesnego prawa cywilnego – zasada bezpieczeństwa obrotu, Zasady prawa w strukturze systemu prawa, L. Leszczyński (red.) Studia Iuridica Lubliniensa Vol XXV(1), s. 151 i n. Zob. także L. Bielecki, J. Mojak A. Żywicka (w:) Bezpieczeństwo prawne i bezpieczeństwo obrotu prawnego w Polsce, red. L. Bielecki, J. Mojak A. Żywicka, Lublin 2029, s. 5.

<sup>8</sup> Zgodnie z art. 107 § 1 KPA, Decyzja zawiera: 1) oznaczenie organu administracji publicznej; 2) datę wydania; 3) oznaczenie strony lub stron; 4) powołanie podstawy prawnej; 5) rozstrzygnięcie; 6) uzasadnienie faktyczne i prawne; 7) pouczenie, czy i w jakim trybie służy od niej odwołanie oraz o prawie do zrzeczenia się odwołania i skutkach zrzeczenia się odwołania; 8) podpis z podaniem imienia i nazwiska oraz stanowiska służbowego pracownika organu upoważnionego do wydania decyzji; 9) w przypadku decyzji, w stosunku do której może być wniesione powództwo do sądu

obligatoryjny, a jego brak bądź nieprawidłowe zastosowanie skutkowało będzie istotną wadliwością wydanej decyzji.

Zastrzeżenie terminu rocznego wskazuje, że jest to minimalny termin na jaki może zostać wydane przyrzeczenie. Zaznaczenia wymaga przy tym, że ustawodawca jednocześnie nie określił maksymalnego terminu, na jaki może zostać udzielone przyrzeczenie, niemniej konieczność wskazywania w decyzji okresu, na jaki udzielane jest przyrzeczenie, jak też przyjęcie w zakresie minimalnych ram czasowych rocznego terminu wskazywałoby, że decyzja w tym przedmiocie nie może zostać wydana bezterminowo. Tym bardziej, że funkcjonowanie w obrocie prawnym promesy wydanej na rzecz jednego podmiotu skutkuje ograniczeniami w zakresie ewentualnej możliwości uzyskania przedmiotowych uprawnień przez inne podmioty.

Nie wydaje się także możliwe, ale i zasadne ustalanie w decyzji okresów ważności przyrzeczenia obejmujących termin znacznie przekraczający termin minimalny. Nie oznacza to jednak, że we wniosku nie można sformułować oczekiwania w tym zakresie poprzez wskazanie dłuższego terminu. W sytuacji zaś, gdyby organ właściwy uznał, że brak jest możliwości uwzględnienia wniosku w zakresie zaproponowanego terminu, wówczas zastosowanie powinien znajdować art. 79a KPA, a organ powinien poinformować wnioskodawcę o takiej okoliczności i wskazać proponowany przez siebie termin ważności przyrzeczenia wyznaczając stronie termin na wypowiedzenie się w tej kwestii.

Prawo wodne w art. 412 ust. 3 zastrzega, że w postępowaniu o udzielenie przyrzeczenia zastosowanie znajdują przepisy art. 389-393 oraz art. 395-411 tej ustawy. Powyższe przepisy regulują warunki formalne oraz przesłanki materialne, a także organy właściwe w zakresie wydawania pozwoleń wodnoprawnych, w tym także kryteria pierwszeństwa w zakresie uzyskania tego rodzaju pozwolenia.

Jeżeli jednak przedmiotem wniosku o udzielenie przyrzeczenia wydania pozwolenia wodnoprawnego są usługi wodne lub korzystanie z wód związane z urządzeniem wodnym, które nie zostało wykonane do dnia złożenia takiego

---

powszechnego, sprzeciw od decyzji lub skarga do sądu administracyjnego - pouczenie o dopuszczalności wniesienia powództwa, sprzeciwu od decyzji lub skargi oraz wysokości opłaty od powództwa lub wpisu od skargi lub sprzeciwu od decyzji, jeżeli mają one charakter stały, albo podstawie do wyliczenia opłaty lub wpisu o charakterze stosunkowym, a także możliwości ubiegania się przez stronę o zwolnienie od kosztów albo przyznanie prawa pomocy.

wniosku, to ustawa w art. 412 ust. 3a p.w. zastrzega, że wniosek o udzielenie takiego przyrzeczenia może zostać złożony nie wcześniej niż z dniem złożenia wniosku o wydanie pozwolenia wodnoprawnego na wykonanie tego urządzenia wodnego albo wniosku o udzielenie przyrzeczenia wydania takiego pozwolenia wodnoprawnego.

W kwestii sygnalizowanych wcześniej ograniczeń w zakresie możliwości uzyskania pozwolenia wodnoprawnego przez adresata promesy w okresie jej ważności wskazać należy, że w pierwszej kolejności ograniczenia takie związane mogą być z wystąpieniem okoliczności określonych w art. 399 p.w., tj. stanowiących generalną podstawę odmowy wydania pozwolenia wodnoprawnego. Ma to miejsce m. in. w przypadku, gdy projektowany sposób korzystania z wód pozostawałby w sprzeczności z ustaleniami innych dokumentów lub wymagań warunkujących możliwość uzyskania takiego pozwolenia<sup>9</sup>, a wydanych następczo względem decyzji udzielającej promesy. W przeciwnym razie dana promesa nie powinna być udzielona, w związku ze przedstawioną już regulacją art. 412 ust. 3 p.w.

Zaznaczyć należy także, iż w aspekcie regulacji art. 412 ust. 6 p.w., bezwzględniego charakteru nie wykazuje także zastrzeżenie o braku możliwości wydania dla innego zakładu - w okresie ważności danej promesy oraz w zakresie objętym wnioskiem o jej wydanie licząc od dnia jego złożenia - pozwolenia wodnoprawnego, jak też wydania na rzecz innego zakładu przyrzeczenia wydania tego rodzaju pozwolenia. Ograniczenia w tym zakresie związane są z przywołaną już regulacją art. 393 ust. 1 p.w., obejmującą rozwiązania w zakresie pierwszeństwa do uzyskania pozwolenia wodnoprawnego w sytuacji, gdy o wydanie pozwolenia wodnoprawnego ubiega się kilka zakładów, a ich działalność wzajemnie się wyklucza z powodu stanu zasobów wodnych.

W myśl art. 393 ust. 1 p.w. jeżeli w przedstawionej wyżej sytuacji o wydanie pozwolenia wodnoprawnego ubiega się kilka zakładów, pierwszeństwo w uzyskaniu pozwolenia wodnoprawnego mają zakłady, które będą pobierać wodę w celu zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi, a następnie zakłady, których korzystanie z wód przyczyni się do zwiększenia naturalnej lub sztucznej retencji wód lub poprawy stosunków biologicznych

---

<sup>9</sup> Stosowne dokumenty oraz wymagania określa art. 396 ust. 1 p.w.

w środowisku wodnym. W dalszej zaśkolejności właściciele oraz posiadacze samoistni i zależni innych obiektów, instalacji lub urządzeń infrastruktury krytycznej<sup>10</sup>

Tym samym, uzyskanie przez dany podmiot w drodze decyzji - na oznaczony w niej termin - przyrzeczenia na wydanie pozwolenia wodnoprawnego i związane z tym ograniczenia w zakresie możliwości uzyskania promesy lub pozwolenia wodnoprawnego przez inne zainteresowane podmioty, w pełni nie wukluczają - pomimo niewątpliwie uprzywilejowanej pozycji - możliwości uzyskania pozwolenia wodnoprawnego przed adresatem promesy, czego skutkiem może być i najpewniej byłaby następcza odmowa wydania mu pozwolenia wodnoprawnego w zakresie w pełni odpowiadającym uwarunkowaniom przedsięwzięcia określonego w promesie. W związku z powyższym finalnie może nie okazać się korzystne ubieganie się o wydanie promesy na możliwie najdłuższy okres, przy założeniu realizacji inwestycji w odległej perspektywie czasowej.

#### **4. Przeniesienie pozwolenia wodnoprawnego**

Instytucja przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego stanowi przejaw kolejnego typu postępowania, które wiąże się z uzyskaniem pozwolenia wodnoprawnego, ale którego przedmiot nie zmierza bezpośrednio do uzyskania takiego pozwolenia.

Wejście w ogół praw i obowiązków wynikających z pozwolenia wodnoprawnego wydanego na rzecz jednego podmiotu przez drugi podmiot może mieć miejsce bądź w trybie przejęcia tych praw i obowiązków przez następcę prawnego w drodze przejęcia na zasadach sukcesji (art. 411 p.w.), bądź w drodze przeniesienia tych praw i obowiązków na inny podmiot za zgodą uprawnionego zakładu (art. 411a p.w.)<sup>11</sup>.

Z uwagi na ramy opracowania, w tym miejscu analizie poddany zostanie ostatni z wyróżnionych trybów, tj. przeniesienie pozwolenia wodnoprawnego. Niemniej w odniesieniu do obu wskazanych trybów celowe jest zaznaczyć, że

---

<sup>10</sup> Infrastruktury krytycznej w rozumieniu art. 3 pkt 2 ustawy z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. z 2023 r., poz. 122 ze zm.).

<sup>11</sup> Por. D. Pikor, Przejęcie praw wynikających z pozwolenia wodnoprawnego, LEX/el. 2019.

zastosowanie w ich przypadku znajduje tryb ogólnego postępowania administracyjnego, regulowany przepisami KPA, a odpowiednio potwierdzenie przejęcia bądź przeniesienie praw i obowiązków wynikających z pozwolenia wodnoprawnego następuje w drodze decyzji administracyjnej. Powyższe oznacza zaś, że z woli ustawodawcy zastosowanie w tych wypadkach znajduje tryb administracyjnoprawny, a skuteczne przejęcie bądź przeniesienie praw lub obowiązków wynikających z pozwolenia wodnoprawnego wyłączone nie jest możliwe przy wykorzystaniu trybu cywilnoprawnego, np. opartego wyłącznie na zawartej umowie.

W art. 411a ust. 1 i 2 p.w. zastrzeżono, że organ właściwy w sprawach pozwoleń wodnoprawnych, który wydał pozwolenie wodnoprawne, jest obowiązany, za zgodą strony, na której rzecz wydano pozwolenie wodnoprawne, do przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego na rzecz innego podmiotu, jeżeli ten podmiot przyjmuje wszystkie warunki określone w tym pozwoleniu wodnoprawnym oraz – co już zasygnalizowano – że przeniesienie to następuje w drodze decyzji.

W kontekście przywołanych regulacji, pierwszoplanową przesłanką warunkującą możliwość przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego jest zgoda strony, na której rzecz wydano pozwolenie wodnoprawne. Jej brak wyłącza możliwości dokonania przedmiotowego przeniesienia.

Stosownie do treści art. 411a ust. 4 p.w., decyzję w przedmiocie przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego wydaje się na wniosek podmiotu, na rzecz którego przenoszone jest pozwolenie wodnoprawne. W art. 411a ust. 5 p.w. zastrzeżono przy tym, że do wniosku o wszczęcie postępowania w sprawie przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego należy dołączyć oświadczenie podmiotu, na rzecz którego przenoszone jest pozwolenie wodnoprawne, o przyjęciu wszystkich warunków określonych w tym pozwoleniu wodnoprawnym. W konsekwencji – w aspekcie regulacji art. 63 § 2 KPA – unormowanie zawarte w art. 411a ust. 5 p.w. należy traktować jako przepis szczególny, a stosowny oświadczenie jest obowiązkowym elementem wniosku o wszczęcie postępowania, którego brak powinien skutkować w pierwszej kolejności wezwaniem o uzupełnienie braków formalnych podania w oznaczonym terminie – w trybie art. 64 § 2 KPA, a w razie nie uczynienia zadość wystosowanemu wezwaniu skutkować pozostawieniem podania bez rozpoznania.

W przeciwieństwie do wskazanego oświadczenia, zarówno w art. 411a p.w., jak i innych przepisach tej ustawy nie określono, w jakim trybie i formie powinna zostać udzielona zgoda na przeniesienie przez podmiot, na którego rzecz wydano dane pozwolenie wodnoprawne.

Kwestia zgody – jako warunku przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego – wykazuje niewątpliwie podstawowe znaczenie, dlatego pomimo braku regulacji w tym zakresie, okoliczność jej wyrażenia przez podmiot, na którego rzecz wydano pozwolenie wodnoprawne, musi znajdować wyraźne i jednoznaczne odzwierciedlenie w zakresie zgromadzonego w aktach sprawy materiału dowodowego, stosownie do sformułowanych w art. 7 i 14 KPA zasad ogólnych postępowania administracyjnego – prawdy materialnej oraz pisemności. Powyższe wykazuje bowiem podstawowe znaczenie także w zakresie przywołanej już wcześniej zasady bezpieczeństwa obrotu prawnego<sup>12</sup>.

W związku z powyższym zgoda zakładu, na którego rzecz wydano dane pozwolenie wodnoprawne powinna przybrać postać pisma utrwalonego w wersji papierowej lub elektronicznej – stosownie do treści art. 14 § 1a i 1d KPA, podpisanego przez osobę uprawnioną do składania oświadczeń woli w imieniu tego zakładu. Warunek ten spełniać będzie także umowa zawarta pomiędzy podmiotem, na którego rzecz wydano pozwolenie wodnoprawne, a podmiotem, na rzecz którego pozwolenie to miałyby zostać przeniesione<sup>13</sup>. Możliwe jest także złożenie w toku postępowania przez osobę uprawnioną do reprezentowania podmiotu, na rzecz którego pozwolenie wodnoprawne zostało wydane ustnego oświadczenia w przedmiocie zgody do protokołu, który powinien następnie zostać podpisany przez osobę składającą oświadczenie oraz pracownika organu prowadzącego postępowanie, w myśl regulacji art. 63 § 1 i 3 KPA.

Możliwość złożenia ustnie lub przedłożenia pisemnie zgody w toku postępowania możliwe jest w związku z okolicznością, iż zgodnie z art. 411a ust. 3 p.w. stronami postępowania zainicjowanego przez podmiot, na którego rzecz miałyby być przeniesione pozwolenie wodnoprawne jest zarówno ten podmiot, jak i podmiot, na którego rzecz wydano przedmiotowe. W konsekwencji ostni z wyróżnionych podmiotów, po wszczęciu postępowania powinien przez organ

---

<sup>12</sup> D. Pikor, *Przejęcie praw...*, op. cit.

<sup>13</sup> *Ibidem*.

właściwy zostać powiadomiono o fakcie wszczęcia postępowania, na podstawie art. 61 § 4 KPA.

W aspekcie prawnych uwarunkowań instytucji przeniesienia pozwolenia podkreślenia wymaga, że pomimo użytego w art. 411a ust. 1 p.w. dość kategorycznego sformułowania, że organ właściwy „jest obowiązany” do przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego, powyższe nie oznacza, że organ ten w każdym przypadku – pomimo wyrażenia zgody na przeniesienie oraz oświadczenia o przyjęciu wszystkich warunków określonych w danym pozwoleniu – każdorazowo zobowiązany będzie wydać pozytywną decyzję. Wyjątki w tym względzie wprowadza bowiem art. 411a ust. 6 p.w.

Mianowicie zgodnie z przywołanym przepisem art. 411a ust. 6 p.w. , przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego odmawia się, jeżeli podmiot, na który ma nastąpić to przeniesienie, nie wywiązuje się z obowiązków wynikających z dotychczas wydanych na jego rzecz pozwoleń wodnoprawnych albo przeniesionych na jego rzecz pozwoleń wodnoprawnych.

Tym samym sposób wywiązywania się z obowiązków wynikających z pozwoleń wodnoprawnych, wydanych lub przeniesionych na podmiot, który zainicjował postępowanie, może mieć istotny wpływ na możliwość uzyskania pozytywnej decyzji, w trybie art. 411a ust. 1 p.w. Na podstawie treści art. 411a ust. 6 p.w. przyjęć należy jednak – pomimo, że postępowanie w przedmiocie przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego wszczynane jest na wniosek – że ciężar dowodu w zakresie okoliczności, o których mowa w tym przepisie spoczywał będzie na organie prowadzącym postępowanie. W szczególności organ właściwy powinien opierać się w tym względzie na znanych mu z urzędu okolicznościach związanych z wykonywaniem zadań lub wynikających z innych prowadzonych z urzędu postępowań, w szczególności w zakresie przeglądu wydanych pozwoleń wodnoprawnych lub mających za przedmiot cofnięcie lub ograniczenie pozwolenia wodnoprawnego.

Na zakończenie rozważań dotyczących instytucji przeniesienia pozwolenia wodnoprawnego celowe jest jeszcze odnieść się do kwestii organu właściwego. Jak już zaznaczono, kompetencję w powyższym zakresie – stosownie do regulacji art. 411a ust. 1 p.w. posiada organ właściwy w sprawach pozwoleń wodnoprawnych, który wydał pozwolenie wodnoprawne. Ewentualną wątpliwość budzić może kwestia ustalenia organu właściwego w przypadku pozwoleń

wydanych przed wejściem w życie obecnie obowiązującego p.w. z 2017 r., tj. w oparciu o przepisy ustawy Prawo wodne z 2001 r.<sup>14</sup>. Na podstawie ustawy z 2021 r. organem właściwym do wydawania pozwoleń wodnoprawnych był starosta, który obecnie także ujęty jest w katalogu organów właściwych w sprawach gospodarowania wodami. Kwestia ta stanowiła przedmiot orzeczeń sądowych, w których – m. in. z uwagi na regulację analizowanego art. 411a ust. 6 p.w. – zasadnie uznano, że organem właściwym w sprawach przenoszenia uprawnień wodnoprawnych, niezależnie od daty i podstawy prawnej wydania tych pozwoleń, jest w pierwszej instancji właściwy miejscowo dyrektor zarządu zlewni Wód Polskich<sup>15</sup>.

## 5. Wygaśnięcie pozwolenia wodnoprawnego

Instytucja wygaszenia decyzji w postępowaniu administracyjnym wiąże się z bezprzedmiotowością decyzji i co do zasady znajduje podstawę w regulacji art. 162 KPA. W odniesieniu jednak - do wydawanych w formie prawnej decyzji - pozwoleń wodnoprawnych ustawodawca w regulacjach art. 414 i 418 p.w. zawarł jednak rozwiązania szczególne, które względem art. 162 KPA znajdują pierwszeństwo zastosowania. Unormowań szczególnych względem regulacji KPA w powołanych przepisach p.w. jest zresztą więcej, co zostanie przedstawione w poniższych rozważaniach.

Przepis art. 414 ust. 1 p.w. obejmuje wyliczenie przestanków, których wystąpienie powoduje, że pozwolenie wodnoprawne wygasa. Skutek taki następuje, jeżeli: 1) upłynął okres, na który było wydane; 2) zakład zrzekł się pozwolenia wodnoprawnego; 3) zakład nie rozpoczął wykonywania urządzeń wodnych, robót lub działań na podstawie pozwoleń wodnoprawnych, o których mowa w art. 400 ust. 6, w terminie 3 lat od dnia, w którym pozwolenia te stały się ostateczne; 4) inwestor w ramach realizacji przedsięwzięcia w zakresie budowli przeciwpowodziowych, dróg publicznych, linii kolejowych, linii przesyłowych, lotnisk lub lądowisk nie rozpoczął wykonywania urządzeń wodnych w terminie

---

<sup>14</sup> Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2017 r., poz. 1121 ze zm.). Akt utracił moc prawna z dniem 1 stycznia 2018 r.

<sup>15</sup> Por. postanowienie Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 16 kwietnia 2019 r. II OW 12/19 oraz uchwałę 7 sędziów Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 17 kwietnia 2012 r., II OPS 1/12, Centralna Baza Orzeczeń Sądów Administracyjnych (CBOSA), źródło: orzeczenia.nsa.gov.pl

6 lat od dnia, w którym pozwolenie wodnoprawne na wykonanie tych urządzeń stało się ostateczne.

Jak wynika z powyższego wyliczenia, poza przypadkiem zrzeczenia się pozwolenia wodnoprawnego, pozostałe przesłanki związane są z upływem określonego rodzaju terminów. Powyższe wynika stąd, że realizacja zasady zrównoważonego rozwoju determinuje reglamentowanie korzystania ze środowiska, w tym także korzystania z wód. W konsekwencji w decyzjach stanowiących podstawę korzystania z wód, uprawnienia do korzystania ze środowiska przyznawane są tylko przez określony w nich czas<sup>16</sup>.

Zgodnie z art. 418 ust. 1 p.w. stwierdzenie wygaśnięcia pozwolenia wodnoprawnego, co do zasady, następuje w drodze decyzji, która wydana jest w postępowaniu wszczynanym z urzędu lub na wniosek zainteresowanego podmiotu.

Ustawa w art. 418 ust. 2 p.w. zastrzega jednak, że nie wydaje się decyzji stwierdzającej wygaśnięcie pozwolenia wodnoprawnego w przypadku przesłanki upływu terminu, na który pozwolenie wodnoprawne zostało wydane. Tym samym w przypadku upływu terminu, na jaki wydane zostało pozwolenie wodnoprawne, jego wygaszenie następuje z mocy samego prawa, bez konieczności wydawania w tym zakresie odrębnej decyzji. W orzecznictwie wyrażono także pogląd, że rozwiązanie to znajduje zastosowanie także w odniesieniu do pozwoleń wydanych na podstawie wcześniej obowiązujących przepisów, w związku z uchyleniem przez p.w. ustawy Prawo wodne z 2001 r., w tym zawartych w niej przepisów przejściowych<sup>17</sup>.

Pomimo, iż w związku z reglamentacją prawa do korzystania ze środowiska pozwolenia wodnoprawne przyznawane są tylko na czas oznaczony, a po jego upływie wygasają, ustawodawca w art. 414 p.w. wprowadził także możliwość przedłużenia okresu obowiązywania oznaczonych kategorii pozwoleń wodnoprawnych, po spełnieniu określonych w tym przepisie warunków materialnych oraz procesowych.

---

<sup>16</sup> Zob. K. Gruszecki, Prawo wodne..., op. cit., s. 463.

<sup>17</sup> Zob. wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Szczecinie z dnia 29 października 2020 r., II SA/Sz 121/20, CBOSA, orzeczenie nieprawomocne.

Zgodnie z art. 414 ust. 2 p.w. pozwolenie wodnoprawne, o których mowa w art. 389 pkt 1-3 p.w., t.j. na usługi wodne, na szczególne korzystanie z wód oraz na długotrwałe obniżenie poziomu zwierciadła wody podziemnej nie wygasają, jeżeli zakład w terminie 90 dni przed upływem okresu, na który zostało wydane określone pozwolenie złoży wniosek o ustalenie kolejnego okresu jego obowiązywania.

W doktrynie zwrócono uwagę na wątpliwość w kwestii możliwości zastosowania trybu przedłużenia w stosunku do pozoleń wodnoprawnych wydanych na podstawie przepisów wcześniej obowiązującej ustawy Prawo wodne z 2001 r. Zasadnie wskazano na celowość przyjęcia w tym względzie wykładni funkcjonalnej, zmierzającej do uznania dopuszczalności takiej możliwości<sup>18</sup>, co znalazło także oparcie w orzecznictwie sądowym, w związku m.in. z regulacją art. 545 ust. 7 p.w. zachowującą w mocy pozwolenia wodnoprawne wydane na podstawie ustawy z 2001 r.<sup>19</sup>.

W zakresie wniosku o przedłużenie obowiązywania dotychczasowego pozwolenia wodnoprawnego ustawodawca w art. 414 ust. 3-5 p.w. wprowadził rozwiązania szczególne względem regulacji art. 63 § 1-3 oraz art. 64 § 2 KPA.

Mianowicie zgodnie z art. 414 ust. 3 p.w., do wniosku o przedłużenie obowiązywania pozwolenia zainteresowany podmiot zobligowany jest dołączyć operat, na podstawie którego wydano dotychczasowe pozwolenie wodnoprawne oraz oświadczenie, że zawarte w nim informacje zachowały aktualność.

W art. 414 ust. 4 i 5 p.w. zastrzeżono przy, że jeżeli stosowny wniosek nie jest kompletny, to organ właściwy zobowiązany jest wezwać ten podmiot do jego uzupełnienia w terminie 14 dni, a w przypadku braku jego uzupełnień w wyznaczonym terminie, wniosek taki pozostawia się bez rozpatrzenia.

W myśl art. 414 ust. 7 p.w. w razie stwierdzenia przez organ właściwy, że informacje zawarte w przedłożonym wraz z wnioskiem operacie wodnoprawnym są aktualne lub nie zachodzą okoliczności uzasadniające odmowę wydania pozwolenia wodnoprawnego określone w art. 399 ust. 1 p.w., organ właściwy w sprawach pozwoleń wodnoprawnych zobowiązany jest ustalić w drodze decyzji,

---

<sup>18</sup> Zob. K. Gruszecki, Prawo wodne..., op. cit., s. 464-465.

<sup>19</sup> Zob. wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Warszawie z dnia 6 października 2020 r., IV SA/Wa 130/20, oraz z dnia 10 listopada 2020 r., IV SA/Wa 1204/20, CBOSA, orzeczenia prawomocne.

kolejny okres obowiązywania pozwolenia wodnoprawnego, nie dłuższy jednak niż 20 lat, licząc od dnia, w którym decyzja przedłużająca pozwolenie na kolejny okres stała się ostateczna<sup>20</sup>.

W aspekcie powyższych unormowań na uwagę zasługuje pogląd wyrażony w orzecznictwie sądowym, w którym wskazano, że ustawodawca nie nałożył na stronę, która legitymowała się pozwoleniem wodnoprawnym wydanym w poprzednim stanie prawnym żadnych dodatkowych obowiązków mających na celu dostosowanie tamtych decyzji do aktualnego reżimu prawnego. Zaznaczono również, że treść oświadczenia o aktualności danych zawartych w operacie wodnoprawnym, na podstawie którego wydano dotychczasowe pozwolenie wodnoprawne dotyczy wyłącznie okoliczności związanych ze sposobem korzystania z wód przez adresata pozwolenia. Czym innym jest bowiem zmiana warunków świadczenia usługi wodnoprawnej takich jak zmiana ilości albo jakości odprowadzanych wód, zmiana sposobu korzystania z instalacji do odprowadzania wód, itp., a czym innym zmiana przepisów prawa określających warunki, jakie aktualnie powinien spełniać operat wodnoprawny. Z żadnego z przepisów mających zastosowanie w sprawie o ustalenie kolejnego okresu obowiązywania pozwolenia wodnoprawnego, o którym mowa w art. 414 ust. 2 p.w. nie wynika, wszakże, że to strona składając wniosek musi wykazać okoliczności, których "stary operat" nie obejmował, a które są wymagane w odniesieniu do tego opracowania według przepisów aktualnie obowiązującej ustawy z 2017 r. W związku z powyższym uznano, że z zestawienia przepisów art. 414 ust. 3-7 p.w. wynika, jakie obowiązki ustawodawca nałożył na wnioskodawcę i że to organ właściwy zobligowany jest do przeprowadzenia pełnego postępowania, które ma dać odpowiedź na to, czy pozwolenie może zostać przedłużone.

Na wnioskodawcy zaś ciąży obowiązek złożenia w odpowiednim terminie wniosku bez braków formalnych i kompletnego w aspekcie wymogów opisanych

---

<sup>20</sup> W przypadku pozwolenia wodnoprawnego na wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi, okres ten nie może być jednak dłuższy niż 10 lat. W przypadku wprowadzania ścieków przemysłowych zawierających substancje szczególnie szkodliwe do urządzeń kanalizacyjnych będących własnością innych podmiotów – okres ten nie może być dłuższy niż 4 lata. Natomiast w przypadku pozwolenia na wydobywanie z wód powierzchniowych, w tym z morskich wód wewnętrznych wraz z wodami wewnętrznymi Zatoki Gdańskiej oraz wód morza terytorialnego, kamienia, żwiru, piasku oraz innych materiałów, a także wycinanie roślin z wód lub brzegu – okres, na jaki może zostać wydane pozwolenie nie może być dłuższy niż 5 lat. W powyższych przypadkach kolejny okres obowiązywania pozwolenia także liczony jest od dnia uzyskania przez decyzję o przedłużeniu przymiotu ostateczności. Powyższe wynika z art. 414 ust. 7 p.w.

w art. 414 ust. 2 p.w. Wskazana "kompletność" musi być jednak odnoszona wyłącznie do powyższego, a z woli ustawodawcy w aktualnym stanie prawnym to organ właściwy – stosownie do regulacji art. 7 i 77 § 1 KPA - ma obowiązek zbadać, czy dane zawarte w operacie, na podstawie którego było wydane pozwolenie wodnoprawne są aktualne i czy zachodzą okoliczności uzasadniające odmowę wydania pozwolenia wodnoprawnego, w związku z art. 399 ust. 1 p.w.<sup>21</sup>

## 6. Podsumowanie

Jak wynika z przedstawionych wyżej analiz, dokonanych na tle regulacji dotyczących przyrzeczenia wydana pozwolenia wodnoprawnego, jego przeniesienia oraz wygaszenia, instytucja pozwolenia wodnoprawnego wykazuje złożony charakter prawny. Złożoność ta nie dotyczy jedynie przestanek oraz trybu wydawania tego rodzaju pozwoleń, ale – m. in. ze względu na reglamentację korzystania ze środowiska oraz czasowy charakter tego rodzaju pozwoleń – wynika ona także z możliwości zainicjowania lub prowadzenia z urzędu stosunkowo licznych kategorii postępowań odrębnych. Postępowania te zaś – z uwagi na choćby na stosunkowo długi czas, na jaki wydawane są pozwolenia wodnoprawne - mogą znajdować zastosowanie w zupełnie innym stanie prawnym, niż ten jaki obowiązywał w czasie uzyskania danego pozwolenia. Z uwagi na powyższe celowe działanie ukierunkowane na podnoszenie ogólnej świadomości prawnej oraz wiedzy w zakresie funkcjonowania tego rodzaju instytucji, w szczególności w stosunku do adresatów wydanych już wcześniej pozwoleń.

---

<sup>21</sup> Zob. wyrok Wojewódzkiego Sądu Administracyjnego w Warszawie z dnia 10 listopada 2020 r., IV SA/Wa 1204/20, CBOSA, orzeczenie prawomocne.

## Kierunki rozwoju rynku detalicznego i gastronomii w świetle potrzeb krajowych konsumentów

Tomasz Kulikowski

Zakład Ekonomiki Rybackiej

Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy

81-332 Gdynia, Kottątaja 1, tkulikowski@mir.gdynia.pl

### 1. Wstęp

Preferencje konsumentów dotyczące żywności, w tym produktów rybnych, dynamicznie się zmieniają. Konsumenty coraz częściej poszukują produktów, które są nie tylko dostępne (w miejscach, w których konsument dokonuje zakupu), akceptowalne cenowo, a w przypadku ponownego nabycia także smaczne (te trzy czynniki można określić mianem czynników must-have), ale także zaspakajają szereg innych potrzeb konsumentów, odnoszących się do: walorów prozdrowotnych, wygody użytkowania, a nawet pochodzenia (zarówno fizycznego pochodzenia z określonego obszaru geograficznego, jak i pochodzenia z takiej produkcji, co do której konsument ma przekonanie, że jest ona przyjazna środowisku) (Grunert et al. 2014; Bimbo, 2015; Feucht et al. 2017).

Modyfikacja oferty produktów rybnych z pstrąga dla rynku detalicznego i gastronomii jest niezbędna, aby sprostać zmieniającym się preferencjom konsumentów. Adaptacja oferty do tych trendów, wsparta wynikami badań konsumenckich, może prowadzić do zwiększenia atrakcyjności produktów, a tym samym do ich lepszej sprzedaży i lojalności klientów (Altintzoglou et al. 2010; Kulikowski i Szulecka, 2023).

### 2. Metodologia

W analizach oparto się głównie o kompilację dostępnych wyników badań ilościowych (realizowanych metodą CAWI), wskazanych w wykazie źródeł.

Badania CAWI (Computer-Assisted Web Interviewing) to jedna z metod zbierania danych w badaniach społecznych i rynkowych, która polega na przeprowadzaniu ankiet za pośrednictwem internetu. Metodologia ta wykorzystuje specjalnie zaprojektowane kwestionariusze, które są udostępniane respondentom

online. Respondenci mogą wypełniać ankiety na komputerach, tabletach lub smartfonach, co czyni tę metodę bardzo elastyczną i dostępną.

Badania CAWI mają liczne zalety. Po pierwsze, są one stosunkowo niskokosztowe w porównaniu z innymi metodami zbierania danych, takimi jak wywiady telefoniczne (CATI) czy bezpośrednio (face-to-face). Po drugie, badania CAWI umożliwiają dotarcie do szerokiej i zróżnicowanej grupy respondentów, zwłaszcza jeśli są one przeprowadzane na dużą skalę. Dzięki internetowemu charakterowi tej metody możliwe jest szybkie zebranie dużej ilości danych w krótkim czasie. Co więcej, kwestionariusze w badaniach CAWI mogą być łatwo dostosowywane do potrzeb badania, np. poprzez automatyczne pomijanie zbędnych pytań na podstawie wcześniejszych odpowiedzi respondenta. Mimo licznych zalet, badania CAWI mają również swoje wady. Jednym z głównych ograniczeń tej metodologii jest brak kontroli nad próbką badawczą. Respondenci wybierają się sami (grupa panelistów), co może prowadzić do niereprezentatywności wyników. Ponadto, w przypadku badań internetowych istnieje ryzyko, że respondenci mogą nie odpowiadać na pytania szczerze lub mogą przerwać wypełnianie ankiety przed jej zakończeniem, co może wpłynąć na jakość i kompletność danych. Dodatkowym problemem jest potencjalny brak zrozumienia przez respondentów treści kwestionariusza, zwłaszcza w bardziej skomplikowanych badaniach, co może skutkować błędnymi odpowiedziami.

## 2. Wyniki

### 2.1. Metoda produkcji (hodowla vs. połowy ryb dzikich)

W skali Unii Europejskiej [Eurobarometer, 2021], istotnie większy odsetek konsumentów preferuje nabywanie i spożywanie ryb dzikich, a nie hodowlanych. Jedynie 7% konsumentów świadomie wybiera ryby hodowlane, podczas gdy ryby dzikie preferuje aż 32%. W Polsce oraz kilku innych krajach Europy Środkowo-Wschodniej, o stosunkowo małych tradycjach rybackich i wielowiekowej tradycji hodowli ryb, sytuacja jest diametralnie różna. Owszem, także i w Polsce 22% konsumentów preferuje ryby dzikie, ale 77% konsumentów ryb albo preferuje ryby hodowlane (12%), albo nie ma preferencji w tym względzie (36%), nie wie jaka jest metoda produkcji (15%) albo też uważa, że to zależy od gatunku ryby i typu produktu (14%). Można więc powiedzieć, że dla większości polskich konsumentów, to że ryba jest hodowlana nie ma znaczenia (nie jest może motywatorem, ale też nie jest barierą zakupu).

Co więcej, w najmłodszej grupie badanych polskich konsumentów (15-24 lata), jedynie 14% konsumentów preferuje ryby dzikie, a na ryby hodowlane stawia 13% konsumentów.

## 2.2. Szybkość i łatwość przygotowania

W skali Unii Europejskiej [Eurobarometer, 2021], niemal co czwarty konsument ryb i owoców morza (24% respondentów) uważa łatwość i szybkość przygotowania produktu rybne za jedną z trzech kluczowych cech podczas nabywania ryb i produktów rybnych. Podobny odsetek konsumentów (23%) wskazujących na wygodę jest identyfikowany w polskim społeczeństwie. Jesteśmy dużo mniej "leniwi" niż Finowie, Irlandczycy czy Holendrzy (w tych społeczeństwa wygoda i szybkości przygotowania oczekuje powyżej 30% konsumentów), a z drugiej strony znacznie bardziej wygodni niż Grecy i Portugalczycy (tu jedynie dla 11-15% konsumentów wygoda i szybkość przygotowania są tak istotne).

Ponownie, jeśli spojrzymy na przekrój demograficznych polskich konsumentów, wygoda jest mało istotna dla osób starszych (poniżej 12% wskazań w grupie osób urodzonych przed 1946 r.), nieco bardziej istotna w grupie Baby Boomers (17% wskazań wśród osób urodzonych w latach 1946-64), istotna dla pokolenia X (25% wskazań w grupie urodzonych w latach 1965-80) i bardzo istotna dla Millenialsów (30% wskazań w grupie urodzonych po 1980 r.). Co więcej w najmłodszej wchodzącej na rynek grupie konsumentów (15-24 lata) odsetek osób stawiających na szybkość i wygodę przygotowania wynosi aż 38% (wśród osób studiujących - 47%).

Co ciekawe - oczekiwanie wygody i szybkości przygotowania nie jest skorelowane z typem preferowanego miejsca zakupu ryb. To oczekiwanie mają w równej mierze osoby preferujące zakupy bezpośrednio w gospodarstwach rybackich, jak i te kupujące w super- i hipermarketach.

Ciekawe jest, że osoby stawiające na szybkość i wygodę przygotowania są w stanie poświęcić oczekiwania wobec innych cech produktu (w nieco mniejszym stopniu przywiązują uwagę do wyglądu produktu i cech świadczących o świeżości, ceny, ale też określonego pochodzenia produktu).

Do grupy czynników związanych z wygodą, ale i ekonomią, wykorzystania produktu należy też odpowiednia wielkość opakowania. Żyjemy w warunkach malejącej wielkości gospodarstw domowych. Single, wdowcy - nie chcą nabywać

zbyt dużych porcji. Z kolei gospodarstwa wielodzietne - liczą na zakup XXL w obniżonej cenie. W badaniach IMAS, 2021 wykazano, że aż dla 43% polskich konsumentów odpowiednia wielkość opakowania jest istotnym czynnikiem zakupu pakowanych ryb świeżych.

### 2.3. Miejsce pochodzenia produktu

Polacy są narodem umiarkowanie etnocentrycznym, jeśli chodzi o wybieranie ryb i owoców morza, co zapewne wiąże się z tym, że ryb z własnej produkcji mamy niewiele (wskaźnik samozaopatrzenia jest niższy niż 20%). W skali całej UE miejsce pochodzenia produktu rybne jest istotne dla niemal co drugiego konsumenta (49% wskazań). Najbardziej etnocentryczni są: Finowie (62%), Francuzi (60%) i Włosi (55%). W Polsce miejsce pochodzenia produktu jest bardzo istotne dla 37% konsumentów. [Eurobarometer, 2021]. Pochodzenia produktu rybnego jest szczególnie istotne dla osób w wieku 25-44 lata (42% wskazań), nieznacznie mniej istotne dla osób 45 lat+ (35%) i najmniej istotne dla osób w wieku 15-24 lata (26%).

Myśląc o miejscu pochodzenia, zazwyczaj utożsamiamy to z preferencją do spożywania produktów wyprodukowanych we własnym kraju. Inne badania pokazały, że obraz ten jest nieco bardziej skomplikowany (GRASS, 2020): 37% polskich konsumentów chciałoby kupować ryby i produkty rybne wyprodukowane w Polsce; dla 23% wystarczającą gwarancją pochodzenia jest to, że ryby są wyprodukowane w Unii Europejskiej; 32% preferuje ryby poławiane lokalnie, w regionie Morza Bałtyckiego; 20% stawia na ryby z krajów nordyckich/skandynawskich (w tym Norwegii) [odpowiedzi nie sumują się, można było wybrać więcej niż jedno wskazanie].

W badaniach przeprowadzonych w listopadzie 2023 r. (IMAS, 2023a) wykazano z kolei, że "Informacja z jakiego konkretnego gospodarstwa rybackiego pochodzi produkt" jest bardzo istotną cechą dla 29,8% respondentów. Było to szczególnie istotne dla osób w wieku 45 lat+.

### 2.4. Certyfikacja, ale jaka?

Wg badania (IMAS, 2021), dla niemal co czwartego konsumenta (24% respondentów) istotne byłoby zamieszczenie na opakowaniu certyfikatów jakości - to znacząco wyższy odsetek niż osób oczekujących certyfikatu, określającego wpływ produktu na środowisko.

W przedmiotowych badaniach (IMAS, 2021) oczekiwanie certyfikatu jakości oraz oczekiwanie certyfikatu wpływu na środowisko nie wykazywało istotnego związku z wiekiem respondenta (co potwierdzono testem Chi-kwadrat). Natomiast w badaniach Eurobarometer (2021), wykazano, że we wszystkich grupach wiekowych powyżej 25 roku życia oczekiwanie certyfikacji pod kątem środowiskowych, etycznym i społecznym kształtuje się w polskim społeczeństwie na poziomie około 10%, natomiast w najmłodszej grupie wiekowej (15-24 lata) jest na poziomie statystycznie istotnie wyższym (14%).

Wreszcie w badaniu IMAS (2023a) zapytano konsumentów wprost jakiego certyfikatu oczekują w przypadku ryb świeżych. Na certyfikację niskiego śladu węglowego wskazało jedynie 6% respondentów. Niewiele więcej respondentów wskazało na "Gwarancję niskiego negatywnego wpływu na środowisko" (8,5%). Ale już certyfikacją odnoszącą się do "Gwarancji dobrego traktowania ryb w hodowli (dobrostan) i humanitarnego uboju" zainteresowanych byłoby 22,8% konsumentów (a w grupie wiekowej 18-24 lata nawet pow. 33% konsumentów). Jeszcze większym zainteresowaniem cieszyłyby się: certyfikacja dająca "Gwarancję pochodzenia z konkretnego regionu lub gospodarstwa" (31%), "Gwarancję jakości" (44%), "Gwarancję pochodzenia z Polski" (46%).

## 2.4. Identyfikacja i segmentyzacja konsumentów pstrąga

Jeszcze dekadę temu badania wskazywały, że konsumenci pstrąga rekrutują się głównie wśród osób nieco lepiej sytuowanych, z wykształceniem średnim lub wyższym, w wieku głównie powyżej 40 lat, w większym stopniu wśród właścicieli małych biznesów niż kadry menadżerskiej (Kulikowski, 2016). To dawało utrudnienie możliwości dość łatwej identyfikacji grupy odbiorców i profilowania pod nią zarówno produktów, jak i działań promocyjnych.

Ostatnie badania konsumentów pstrąga w sektorze gastronomicznym (IMAS, 2023) sugerują, że nastąpiła daleko idąca egalitaryzacja spożycia pstrąga. Pstrąg trafił więc niejako pod przystawowe strzechy. Na poziomie istotnym statystycznie konsumpcja pstrągów w gastronomii nie jest zróżnicowana socjodemograficznie pod kątem płci respondenta, jego wieku, wykształcenia, wielkości miejscowości zamieszkania oraz sytuacji dochodowej. To oczywiście stwarza szeroką bazę do promocji pstrąga jako ryby powszechnie konsumowanej, ale utrudnia identyfikację specyficznych potrzeb poszczególnych grup odbiorców.

Próbie segmentyzacji nabywców ryb świeżych przedstawiła podczas 10. Kongresu Rybnego w Sopocie, Katarzyna Łozińska-Wróbel przedstawiając dedykowane badania przeprowadzone w 2024 r. przez IMAS International Sp. z o.o. Badanie zidentyfikowało sześć głównych segmentów konsumentów ryb i produktów rybnych: nastawionych na jakość (31%), wrażliwych cenowo (26%), troszczących się o zdrowie (17%), lubiących wygodę (13%) oraz zwracających uwagę na ekologię (7%). Z punktu widzenia rynku pstrąga najbardziej obiecujące są segmenty jakości, ekologii i zdrowia, które istotnie częściej dokonują zakupu droższych i lepszej jakości ryb, chętniej świeżych, częściej w sklepach specjalistycznych. Troszczący się o zdrowie wybierają ryby bogate w składniki odżywcze, kwasy omega-3 i o niskiej zawartości tłuszczu, a ekologiczni – naturalne, ze zrównoważonych źródeł mając na uwadze ochronę ekosystemów wodnych (MPR, 2024).

### 3. Dyskusja wyników i wnioski

Generalne oczekiwania konsumentów nie odnoszą się specyficznie do pstrąga i produktów z pstrąga, lecz ogólnie ryb i produktów rybnych, lub nawet produktów żywnościowych. Rosnąca grupa konsumentów chciałaby nabywając produkt żywnościowy (rybny) aby posiadał on określone cechy funkcjonalne - konsumenci szukają wygody i oszczędności czasu, co jest ważne w dynamicznym stylu życia. Dla coraz większej grupy klientów jest to kryterium podstawowe wyboru produktu. To może być też uzasadnienie słabnącej pozycji ryb i produktów rybnych w koszyku zakupowym żywności w ostatnich latach.

Konsumenci wprost deklarują potrzebę znalezienia na produkcie certyfikatu jakości, a więc gwarancji, że produkt rybny, za który płacą w ich opinii wysoką cenę, daje pełne gwarancje bezpieczeństwa i satysfakcji (pojęcie jakości jest ambiwalentne). W tym kontekście trzeba też uzmysłowić sobie, że poszukiwanie przez konsumentów gwarancji określonego pochodzenia produktu także wpisuje się w percepcję jakości i autentyczności. Konsumenci często kojarzą określone miejsca lub kraje z wysoką jakością produktów, podświadomie uznają produkty ze swojego kraju za produkty wysokiej jakości. Produkty pochodzące z określonych regionów mogą być uważane za bardziej autentyczne lub oryginalne, co jest ważne dla konsumentów ceniących tradycję i unikalność. Do tego dochodzi patriotyzm konsumencki: w wielu przypadkach konsumenci preferują produkty lokalne lub krajowe jako sposób wspierania rodzimych producentów i gospodarki. Podsumowując, gwarancja miejsca i kraju pochodzenia

produktu może zatem odgrywać kluczową rolę w budowaniu zaufania konsumentów, wzmacnianiu ich lojalności wobec marki oraz wpływać na ich postrzeganie jakości, bezpieczeństwa i autentyczności produktu.

W kontekście powyższych rozważań można zapytać, dlaczego tak mało analizowane są potrzeby konsumentów odnoszące się do pro-zdrowotnych walorów pstrąga. Nie ma wątpliwości, że większość konsumentów - przynajmniej w deklaracjach - poszukuje produktów o takich walorach, chce modyfikować dietę eliminując produkty uważane za „niezdrowe”. Jednakże cechy pro-zdrowotne są przypisywane całej kategorii ryb - nie jest to cecha, w oparciu o którą można wyróżnić, pozycjonować pstrąga na tle całej kategorii. I tutaj dochodzimy do clue dyskusji - chcąc zwiększyć konsumpcję pstrąga, producenci muszą spełnić oczekiwania konsumentów odnoszące się do produktów żywnościowych w ogóle (przede wszystkim oferując wyroby spełniające oczekiwania dot. cech funkcjonalnych), a jednocześnie wyróżnić ten produkt.

Stosunkowo najbliższym substytutem pstrąga na rynku jest łosoś. Ta ryba w chwili obecnej oferowana jest nie tylko w formie, w której oferowany jest głównie pstrąg (świeże produkty luzem i pakowane MAP), ale też w postaci szeregu produktów, które można określić mianem wygodnych i szybkich w użyciu (sushi, burgery, kofta, kietbaski, filet z dodatkami do piekarnika/mikrofalówki, ryba w cieście, parówki, plastry fileta marynowane i wędzone z sosami i dodatkami, sałatki, pasty itd.). To ewidentnie pokazuje kierunek zmian produktowych producentom pstrąga (Kulikowski, 2023). Ale nadal pozostaje pytanie - jak pstrąga i produkty z pstrąga wyróżnić?

Jednym z kierunków wyróżnienia produktów z pstrąga na tle produktów z łososia mogłaby być gwarancja dobrostanu i wpływu na środowisko. Niestety te cechy nie są najbardziej istotne dla masowego nabywcy, a ich certyfikacja jest trudna i kosztowna (zresztą w chwili obecnej do łososia łatwiej jest nabyć ze stosownym certyfikatem, np. BIO lub ASC).

Wydaje się więc, że kluczowym czynnikiem wyróżnienia oferty pstrąga na krajowym rynku detalicznym i gastronomicznym, jest zapewnienie systemu gwarancji / certyfikacji pochodzenia - zarówno rozumianego, jako gwarancja wyprodukowania pstrąga w kraju, jak i system komunikacji pochodzenia pstrąga z określonego regionu i gospodarstwa rybackiego. Jest to bowiem jedyna cecha pstrąga, która jest nieosiągalna dla produktu substytucyjnego, czyli łososia.

Podsumowując - rozwój rynku pstrąga i produktów z pstrąga wymaga podjęcia przez producentów i przetwórców wspólnego wysiłku mającego na celu wprowadzenie na rynek nowych produktów o walorach żywności wygodnej, oznakowanych w sposób wyróżniający, jako ryby wyprodukowanej w Polsce ze wskazaniem konkretnego regionu i gospodarstwa rybackiego. Inne informacje (o walorach prozdrowotnych, wpływie na środowisko, aspektach etycznych produkcji) mogą mieć charakter uzupełniający, ale nie są kluczowe dla pozycjonowania pstrąga.

### **3. Źródła danych i literatura przedmiotu**

#### **3.1 Badania CAWI analizowane w publikacji**

Eurobarometer 2021. Wyniki badań Eurobarometr (EU Consumer Habits Regarding Fishery and Aquaculture Products), zrealizowanego w 23 krajach Unii Europejskiej (w tym w Polsce) na reprezentatywnej grupie 26669 konsumentów w wieku pow. 15 lat (w tym 1039 respondentów w Polsce) w okresie od 15/03 do 14/04/2021 przez TNS Opinion & Social. Dostępne online: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2271>. Data dostępu: 13/11/2023

GRASS 2020. Wyniki badań IMAS International przeprowadzonych na zlecenie Morskiego Instytutu Rybackiego - PIB, na grupie 2000 konsumentów w wieku 18-75 lat w krajach regionu Morza Bałtyckiego, w okresie wrzesień-październik 2000 r.

IMAS 2021. Wyniki badań IMAS International przeprowadzonych dla Stowarzyszenia Producentów Ryb Łososiowatych, na reprezentatywnej grupie 1016 konsumentów w wieku 18-74 lata, w październiku 2021 r.

IMAS 2023. Wyniki badań IMAS International przeprowadzonych na zlecenie Magazynu Przemysłu Rybnego, na reprezentatywnej grupie 1001 konsumentów w wieku 18-74 lata, w listopadzie 2023 r.

IMAS 2023a. Wyniki badań IMAS International przeprowadzonych na zlecenie Magazynu Przemysłu Rybnego, na reprezentatywnej grupie 1006 konsumentów w wieku 18-74 lata, w grudniu 2023 r.

### 3.2 Literatura

1. Altintzoglou, T., Einarsdóttir, G., Valsdottir, T., Schelvis, R., Skåra, T., & Luten, J. B. (2010). A voice-of-consumer approach in development of new seafood product concepts. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 19(2), 19-30. <https://doi.org/10.1080/10498850.2010.493636>
2. Mueller Loose, S., Peschel, A., & Grebitus, C. (2013). Quantifying effects of convenience and product packaging on consumer preferences and market share of seafood products: The case of oysters. *Food Quality and Preference*, 28(2), 492-504. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.11.004>
3. Bimbo, F. (2015). Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products: Patterns and insights from a sample of international studies. *Appetite*
4. Feucht, Y. Zander, K., Gallic, B., Nourry, M., Masson, E., Pirrone, C., Avdelas, L., Galinou-Mitsoudi, S. (2017). Deliverable: D2.2 - Results on consumer preferences for sustainable seafood products from Europe. Dostępne online: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn059298.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059298.pdf). Data dostępu: 2024-07-05.
5. Grunert, K. G., Hieke, S., Wills, J. (2014). Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use. *Food Policy*, 44, 177-189. doi:10.1016/j.foodpol.2013.12.001.
6. Kulikowski, T. (2023). Examples of the formation of value-added delicacies in aquaculture in Poland. Prezentacja na konferencji: „Current issues in the development of aquaculture in Ukraine”, Kamieniec Podolski, 12.10.2023 r.
7. Kulikowski, T., Szulecka, O. (2023). The use of low-value cyprinid fish to create products that meet consumers' expectations". Occasional Paper of EIFAAC [European Inland Fisheries and Aquaculture Advisory Commission; Food and Agriculture Organization of the United Nations] (number 53)

## **Jak wyróżnić swój produkt w komunikacji z konsumentem? Zasady tworzenia przekazów marketingowych w oparciu o przepisy prawa żywnościowego.**

**Joanna Olszak**

**Doradca ds. Prawa Żywnościowego**

**IGI FOOD LAW Sp. z o.o.**

ul. Puławska 2, Budynek B, Piętro 3

02-566, Warszawa

igifoodlaw@igifoodlaw.com

### **Wstęp**

Ryby są zdrowe i należy je włączyć do diety – zapewne większość polskich konsumentów zgodzi się z tym stwierdzeniem, które jednocześnie stanowi zalecenie uwzględnione w aktualnych Normach żywienia dla populacji Polski<sup>1</sup>. Dbanie o prawidłową dietę stało się elementem obecnych trendów wśród konsumentów, a wobec natłoku informacji prezentowanych w Internecie rośnie zapotrzebowanie na rzetelną wiedzę na temat wpływu żywności i jej składników na organizm człowieka. Źródłem tej wiedzy mogą być np. publikacje naukowe, wspomniane już Normy żywienia, czy też portale na temat zdrowia – jeśli treści w nich umieszczane podlegają naukowej weryfikacji. W praktyce konsumenci stykają się z informacjami na temat żywności, zamieszczanymi w źródłach internetowych (np. w mediach społecznościowych influencerów, ale także producentów żywności), jak też na etykietach środków spożywczych lub w reklamach telewizyjnych czy radiowych. Oglądając etykiety produktów z sektora ryb i zaglądając do Internetu można zauważyć, że zakres informacji dotyczących korzyści zdrowotnych spożywania ryb znacząco się różni. Na etykietach zobaczymy często, że np. pstrąg jest bogaty w kwasy omega 3. W Internecie przeczytamy, że dzięki temu zapobiega zawałom. Skąd te różnice? Otóż wynika to z ograniczeń, jakie ustanowiono w prawie żywnościowym, a konkretnie w aktach prawnych regulujących przekazywanie informacji na temat żywności. Zgodnie z nimi zakazane jest np. wskazywanie lub nawet sugerowanie, że żywność lub jej

---

<sup>1</sup> Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. pod redakcją Mirosława Jarosza, Ewy Rychlik, Katarzyny Stoś, Jadwigi Charzewskiej. NIZP-PZH. 2020.

składniki (np. kwasy omega 3 zawarte w pstrągu łososiowym) mają działanie lecznicze lub profilaktyczne względem chorób dotykających ludzi. Zakaz ten obejmuje m.in. informacje, które producent żywności chce przekazać o swoich produktach konsumentom (np. w kampanii reklamowej). Nie obejmuje natomiast treści np. na portalach dotyczących zdrowia, jeśli nie są one powiązane w żaden sposób ze sprzedażą konkretnych produktów spożywczych.

### **Jak ryby wpływają na zdrowie i które korzyści mogą podkreślać producenci?**

W Normach żywienia dla populacji Polski czytamy:

- “w prewencji chorób sercowo-naczyniowych zaleca się spożywanie ryb (źródło LC-PUFA n-3) 2 razy w tygodniu, w tym raz ryb tłustych lub suplementację EPA+DHA w ilości od min. 250 mg/dobę (25, 29, 82–84) do 1000 mg/dobę u chorych z niedokrwinną chorobą serca oraz z niewydolnością serca (85, 86).”
- “Podstawowym źródłem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych omega-3, przede wszystkim DHA, są tłuste ryby morskie.”

Z kolei w Serwisie<sup>2</sup> Ministerstwa Zdrowia i Narodowego Funduszu Zdrowia wskazuje się, że:

- „Eksperci żywieniowi są zgodni, że regularnie i często spożywane ryby mają pozytywny wpływ na nasze zdrowie.”
- „Ryby są ważnym źródłem białka zwierzęcego. (...) Ponadto białko ryby odpowiada za poprawę Twojej odporności i jakość składu krwi. Pełnowartościowe białko jest potrzebne do wzrostu i rozwoju organizmu oraz do naprawy zużytych tkanek.”
- „Ryby, szczególnie tłuste ryby morskie są doskonałym źródłem kwasów tłuszczowych omega-3. Jedzenie produktów z kwasami omega-3 przynosi Ci wiele korzyści, jak np:
  - zapobieganie i leczenie cukrzycy typu 2, nadwagi i otyłości
  - zmniejszanie ryzyka rozwoju chorób układu sercowo-naczyniowego takich jak: nadciśnienie, choroba wieńcowa, udary – kwasy omega-3 nie

---

<sup>2</sup> <https://pacjent.gov.pl/aktualnosc/ryby-nie-tylko-od-swieta>

powodują wzrostu poziomu złego cholesterolu LDL, a mogą podnieść poziom dobrego cholesterolu HDL

- obniżanie ryzyka rozwoju nowotworów, choroby Alzheimera, demencji
  - obniżanie ryzyka rozwoju chorób o podłożu zapalnym, np. łuszczycy, reumatoidalnego zapalenia stawów
  - działanie antydepresyjne
  - wspomaganie przebiegu ciąży – w tym rozwoju układu nerwowego płodu
  - prawidłowy rozwój układu nerwowego, narządu wzroku, funkcji mowy u dzieci
  - zwiększenie odporności.”
- “Ryby tłuste są bogate w witaminy rozpuszczalne w tłuszczach – witaminę A i D.”
  - **“Szczególną rybą średniotłustą jest pstrąg tęczowy. Pod względem zawartości kwasów omega-3 dorównuje rybom morskim.”**

Prawie wszystkie ww. korzyści zdrowotne płynące ze spożywania ryb byłyby ocenione za niezgodne z przepisami prawa żywnościowego, gdyby pojawiły się w przekazie komercyjnym (np. reklama, etykieta, strona producenta, profil producenta na facebook-u) dotyczącym np. pstrąga tęczowego sprzedawanego na wagę lub w opakowaniach. Nie znaczy to, że wspomniane informacje są nieprawdziwe. Oznacza to jednak, że producent żywności, jak też każdy inny podmiot branży spożywczej uczestniczący w łańcuchu żywnościowym powinien znać ramy prawne określające zasady, możliwości i ograniczenia w komunikacji z konsumentem. Istnieją bowiem szczegółowe przepisy (przede wszystkim unijne rozporządzenie dotyczące stosowania oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych oraz akty z nim powiązane), które stwarzają możliwość podkreślania korzystnego wpływu składników żywności na zdrowie, jednak w ściśle określony sposób i przy spełnieniu szeregu warunków. Warto je znać, ponieważ walory zdrowotne ryb zdecydowanie zasługują na to, aby o nich mówić – w sposób zgodny z przepisami prawa.

## Metody diagnostyczne w ocenie stanu zdrowia ryb - możliwości i wyzwania

Karolina Duk

Weterynaryjne Laboratorium Diagnostyczne

ALAB Plus – ALAB *bioscience*

02-739 Warszawa, Stępińska 22/30, karolina.duk@alab.com.pl

### 1. Wstęp

Ryby hodowlane są narażone na wiele czynników zakaźnych, takich jak bakterie, wirusy, grzyby i pasożyty. Patogeny te mogą powodować poważne choroby, które stanowią jedno z największych zagrożeń dla akwakultury, prowadząc do znacznych strat ekonomicznych na całym świecie. W związku z intensyfikacją hodowli oraz zmianami klimatycznymi, ryzyko wystąpienia i rozprzestrzeniania się chorób w gospodarstwach akwakultury nieustannie rośnie, co dodatkowo podkreśla potrzebę opracowania i wdrożenia skutecznych metod diagnostycznych oraz strategii zarządzania zdrowiem (Bondad-Reantaso & Subasinghe, 2008; FAO, 2022).

Skuteczna kontrola chorób, oparta na kompleksowym programie zarządzania zdrowiem, jest kluczowa dla ograniczania rozprzestrzeniania się patogenów. Program taki powinien obejmować odpowiednie praktyki hodowlane, takie jak optymalizacja warunków środowiskowych, stosowanie wysokiej jakości pasz oraz przestrzeganie zasad bezpieczeństwa biologicznego i higieny. Ważnym elementem programu są również działania profilaktyczne, w tym szczepienia, które zwiększają odporność ryb na określone patogeny (Adams & Thompson, 2011).

Jednak skuteczne zarządzanie zdrowiem w hodowlach ryb jest niemożliwe bez precyzyjnej i szybkiej diagnostyki, która umożliwia identyfikację czynników chorobotwórczych oraz ich wczesne wykrywanie. Diagnostyka to proces ustalania przyczyny (czynnika etiologicznego) lub charakteru choroby poprzez analizę objawów klinicznych oraz przeprowadzanie specjalistycznych testów diagnostycznych (Subasinghe i in., 2001). W akwakulturze stosuje się szeroki zakres metod diagnostycznych – od prostych technik terenowych, takich jak ocena zachowania ryb czy badanie mikroskopowe świeżych preparatów niebarwionych, po bardziej zaawansowane techniki laboratoryjne, wymagające wysokiego

poziomu specjalistycznej wiedzy i odpowiedniej infrastruktury (Southeast Asian Fisheries Development Center, 1988).

Rozwój technik laboratoryjnych, technologii cyfrowych i sztucznej inteligencji umożliwia wprowadzenie nowych metod diagnostycznych, takich jak wysokoprzepustowe techniki molekularne czy analiza obrazu oparta na algorytmach uczenia maszynowego. Innowacyjne techniki diagnostyczne mogą znacząco poprawić efektywność zarządzania zdrowiem ryb i zmniejszyć straty ekonomiczne w gospodarstwach hodowlanych. Jednak wraz z pojawieniem się nowych możliwości diagnostycznych, pojawiają się również wyzwania, a wybór odpowiednich metod może stać się bardziej skomplikowany (Adams & Thompson, 2011; Subasinghe i in., 2001).

## **2. Cele diagnostyki chorób ryb**

Diagnostyka chorób odgrywa trzy zasadnicze role w zarządzaniu zdrowiem zwierząt akwakultury oraz kontroli chorób.

Po pierwsze, diagnostyka jest wykorzystywana do przesiewowego badania zdrowych zwierząt, aby upewnić się, że nie są one utajonymi nosicielami patogenów. Celem tego działania jest zapobieganie chorobom na poziomie populacji krajowej oraz identyfikowanie gospodarstw wolnych od chorób, które uzyskują wynik ujemny w testach na określone patogeny, zgodnie z krajowymi i międzynarodowymi przepisami dotyczącymi transportu i przemieszczania zwierząt. Pomaga to ograniczyć ryzyko przenoszenia chorób z gospodarstwa do gospodarstwa, zarówno na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym, oraz unikać transgranicznej transmisji patogenów między krajami i kontynentami.

Po drugie, diagnostyka jest stosowana do rutynowego monitorowania zdrowia zwierząt hodowlanych w celu wczesnego wykrywania zakażeń i chorób. Umożliwia to prewencję i profilaktykę w kompleksie żywiciel-patogen-środowisko, co pozwala uniknąć wybuchów chorób i znacznych strat ekonomicznych.

Po trzecie, diagnostyka jest niezbędna do diagnozowania chorób u zwierząt, które wykazują objawy kliniczne. W tym przypadku szybkie i dokładne ustalenie przyczyny choroby jest kluczowe dla wdrożenia odpowiednich działań naprawczych, takich jak decyzje o leczeniu czy ewentualne wcześniejsze likwidowanie stada, w celu ograniczenia negatywnego wpływu na gospodarstwa akwakultury w perspektywie krótkoterminowej i długoterminowej.

Diagnostyka jest również istotna w krajowych programach monitorowania chorób, które stanowią naukową podstawę dla opracowywania polityk krajowych, reakcji awaryjnych, zarządzania ryzykiem oraz środków bezpieczeństwa biologicznego. Takie polityki chronią sektor i stanowią podstawę międzynarodowych umów handlowych dotyczących towarów biologicznych (Adams & Thompson, 2011; Bondad-Reantaso i in., 2021; Dong i in., 2023).

### 3. Gałęzie diagnostyki

W literaturze często wyróżnia się trzy główne gałęzie diagnostyki: diagnostykę terenową, laboratoryjną i epidemiologiczną.

Diagnostyka terenowa opiera się przede wszystkim na badaniu klinicznym i analizie objawów, związana jest bezpośrednio ze zwierzęciem na poziomie osobniczym. Umożliwia szybką ocenę zdrowia ryb na podstawie objawów klinicznych, obserwacji zachowania, wyglądu i zmian fizycznych. Głównym celem diagnostyki terenowej jest ustalenie wstępnej diagnozy i podjęcie natychmiastowych działań leczniczych. Przykłady obserwowanych objawów to zachowanie związane z karmieniem, równowaga, ruch, kolor, odruchy, miejsce w kolumnie wody, częstość oddechów oraz zmiany makroskopowe. Objawy kliniczne mogą być wspólne dla kilku chorób, dlatego same w sobie rzadko dostarczają wystarczających informacji do precyzyjnego zidentyfikowania konkretnej choroby (Southeast Asian Fisheries Development Center, 1988).

Diagnostyka laboratoryjna pozwala na dokładniejszą diagnozę, skupiając się na precyzyjnej identyfikacji patogenów i określeniu przyczyn choroby przy użyciu zaawansowanych technik analitycznych i laboratoryjnych. Najczęściej dotyczy poziomu stada. Diagnostykę laboratoryjną dzieli się na:

- Diagnostykę etiologiczną - polega na identyfikacji czynników chorobotwórczych, takich jak bakterie, wirusy, pasożyty, toksyny, odżywianie czy genetyka.
- Diagnostykę morfologiczną - dotyczy zmian w narządach i tkankach podczas rozwoju choroby. Opisuje uszkodzenia tkanki ryby i próby naprawy uszkodzeń przez organizm. Uszkodzenia tkankowe mogą być specyficzne dla niektórych chorób, co sprawia, że diagnostyka morfologiczna jest pomocna w określeniu przyczyny choroby.

Diagnostyka epidemiologiczna koncentruje się na ocenie występowania, rozprzestrzeniania i kontroli chorób na poziomie populacji, a nie pojedynczych

osobników czy stada. Skupia się na analizie **statystycznej** danych dotyczących zdrowia populacji ryb, identyfikacji czynników ryzyka oraz strategii prewencji i kontroli chorób. Kluczowymi elementami są:

- Nadzór - regularne działania mające na celu monitorowanie stanu zdrowia populacji ryb, aby wczesne wykrywanie i kontrola chorób mogły być skuteczne. Nadzór obejmuje ciągłe badania populacji w celu wykrycia występowania chorób i może obejmować testowanie części populacji.
- Monitorowanie - ogół działań mających na celu wykrywanie zmian w parametrach epidemiologicznych określonej choroby. Monitorowanie obejmuje ciągłe programy ukierunkowane na śledzenie zmian w częstotliwości występowania chorób w danej populacji i jej środowisku .(Fejzic, 2019; Peeler & Otte, 2016)

#### 4. Poziomy diagnostyki

Diagnostyka chorób to procedura, w której identyfikuje się czynnik wywołujący chorobę zakaźną. Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) oraz Sieć Centrów Akwakultury w Azji i na Pacyfiku (NACA) promują stosowanie trzech poziomów diagnostycznych: I, II i III (*Asia Regional Technical Guidelines on Health Management for the Responsible Management of Live Aquatic Animals and the Beijing Consensus and Implementation Strategy*, 2000; Network of Aquaculture Centres in Asia Pacific & FAO, 2001). Żaden z tych poziomów nie działa w izolacji; tworzą one kontinuum obserwacji, w którym silne powiązania są potrzebne do dokładnej i szybkiej diagnozy. Takie powiązania są kluczowe dla ogólnego nadzoru zdrowotnego, certyfikacji zdrowotnej zwierząt importowanych oraz minimalizacji ryzyka wprowadzenia chorób do obszarów wolnych od chorób, co pozwala na szybkie wdrożenie skutecznych środków zarządzania.

Poziom I obejmuje obserwację gospodarstwa/miejsca produkcji, prowadzenie dokumentacji oraz ocenę ogólnych objawów klinicznych. Informacje te stanowią podstawę dokładnych analiz diagnostycznych na poziomach II i III. Poziom I stanowi punkt wyjścia dla interpretacji wyników uzyskanych z badań laboratoryjnych i jest podstawą do raportowania „domniemyanych” i „potwierdzających” testów diagnostycznych. Może być wystarczający w przypadku nawracającej infekcji patognomicznej (tj. w przypadku objawów klinicznych specyficznych dla konkretnego patogenu lub czynnika stresogennego w środowisku).

Poziom II obejmuje laboratoria wyposażone w odpowiedni sprzęt i personel do przeprowadzania analiz, które mogą wykryć i/lub zidentyfikować szereg patogenów. Personel laboratoriów poziomu II może wykonywać badania parazytologiczne, histopatologiczne, bakteriologiczne i mykologiczne. W szczególności histopatologia na poziomie II pozostaje złotym standardem, zwłaszcza w przypadku nieznanymi i nowo pojawiających się chorób.

Poziom III obejmuje techniki ukierunkowane na wyspecjalizowany patogen lub grupę patogenów, często wymagające zaawansowanego sprzętu. Techniki te obejmują wirusologię, immunologię i techniki molekularne. Choć zestawy terenowe są obecnie dostępne do użytku w gospodarstwie lub przy stawie, a także w laboratoriach mikrobiologicznych lub histologicznych dla niektórych patogenów, poziom III zazwyczaj wymaga wysoce wyspecjalizowanego sprzętu. Laboratoria III poziomu są często akredytowane na szczeblu krajowym lub przez Światową Organizację Zdrowia Zwierząt (WOAH, dawn. OIE) jako „laboratoria referencyjne”. Takie laboratoria mogą również potwierdzać brak chorób, co wspiera krajową certyfikację zdrowotną na potrzeby importu i eksportu. Diagnostyka III poziomu wspiera postulat Kocha, który zakłada, że konkretny organizm powoduje konkretną chorobę zakaźną, co jest istotne, zwłaszcza w przypadku pierwszej diagnozy nieznannej choroby w danym kraju.

Diagnostyka III poziomu rzadko uwzględnia interakcje między żywicielem a patogenem (patogenność), koncentrując się na wykrywaniu sygnałów molekularnych tych interakcji, bez uwzględniania parametrów środowiskowych. Dlatego każda korelacja opiera się na powiązaniu z obserwacjami diagnostycznymi poziomu I lub II. Rosnąca dostępność zestawów do szybkich testów terenowych jest korzystna dla pracowników terenowych, specjalistów ds. zdrowia zwierząt wodnych i weterynarzy, ale wiąże się z ryzykiem fałszywych wyników, jeśli użytkownik nie jest odpowiednio przeszkolony lub jeśli wyniki nie są właściwie interpretowane. Ostateczne diagnozy, oparte na więcej niż jednym teście, są bardziej wiarygodne, co podkreśla WOAH dla wymienionych chorób. Dokładność wyników jest znacznie zwiększona, gdy uzyskuje się dwa lub więcej spójnych wyników, zwłaszcza w przypadku nowych lub wcześniej nieznanymi ognisk (Bondad-Reantaso i in., 2021; Dong i in., 2023).

## 5. Standaryzacja metod diagnostycznych

Stopień standaryzacji metod diagnostycznych zależy między innymi od poziomu obowiązkowego raportowania przez odpowiedzialne organy. Na liście Światowej Organizacji Zdrowia Zwierząt wymieniono 11 chorób ryb podlegających zgłoszeniu, z czego większość jest wywoływana przez patogeny wirusowe. Dla każdej wymienionej choroby istnieje definicja przypadków podejrzanych i przypadków potwierdzonych, w związku z czym zalecana diagnostyka najczęściej wiąże się ze stosowaniem kilku metod przez co najmniej dwa niezależne laboratoria (OIE, 2024; Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017).

Metody lub testy stosowane do określenia statusu jednostki hodowlanej jako pozytywnej lub negatywnej w odniesieniu do wystąpienia zakażenia lub choroby można sklasyfikować jako:

- Diagnostyczne, gdy stosuje się je w badaniu zwierząt chorych klinicznie (z widocznymi objawami choroby). Stosowane są interwencyjnie;
- Przesiewowe, gdy stosuje się je do zwierząt domniemane zdrowych (jest to element ukierunkowanego nadzoru). Stosowane są profilaktycznie. Testy domniemane ustalają, czy próbka jest zakażona patogenem, czy też prawdopodobnie jest zakażona patogenem. W drugim przypadku test może pozostać domniemany, gdy nie jest w stanie odróżnić patogeniczności (stwierdza tylko obecność/brak) lub dokładnej tożsamości patogenu (np. endemicznego od egzotycznego szczepu/gatunku);
- Potwierdzające, gdy stosuje się je w celu potwierdzenia (lub odrzucenia) wyniku wątpliwego, diagnozy domniemanej lub poprzedniego pozytywnego testu. Diagnozy potwierdzające zazwyczaj wymagają sprzętu i wiedzy specjalistycznej poziomu II lub III, aby odróżnić gatunki/szczepy zjadliwe od niepatogennych (Dong i in., 2023).

Należy podkreślić, że skuteczna metoda diagnostyczna będzie zależała nie tylko od celu wykonywania testu (np. diagnostycznego czy przesiewowego), ale również od etapu życia zwierzęcia. Inne metody są zalecane do badania produktów płciowych, takich jak mlecz i ikra, a inne dla larw, narybku, palczaków, roczniaków lub dorosłych osobników (OIE, 2024; Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017).

Akredytacja laboratoryjna oraz przestrzeganie norm międzynarodowych są kluczowe dla zapewnienia wysokiej jakości i rzetelności metod diagnostycznych.

Laboratoria zajmujące się diagnostyką chorób ryb powinny być akredytowane zgodnie z międzynarodowymi standardami, takimi jak norma jakości ISO/IEC 9001 czy ISO/IEC 17025, która określa wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących. Akredytacja ta zapewnia, że laboratoria prowadzą swoje badania zgodnie z uznawanymi standardami jakości, co jest niezbędne dla wiarygodności wyników diagnostycznych.

Dodatkowo, laboratoria mogą uzyskać certyfikację od organizacji takich jak Światowa Organizacja Zdrowia Zwierząt czy inne krajowe i międzynarodowe instytucje zajmujące się akredytacją. Certyfikaty te potwierdzają, że laboratoria stosują odpowiednie procedury, mają odpowiednie wyposażenie i personel, a także spełniają standardy dotyczące przeprowadzania testów diagnostycznych i interpretacji wyników. Przestrzeganie norm międzynarodowych oraz posiadanie odpowiednich akredytacji jest nie tylko wymogiem regulacyjnym, ale również kluczowym elementem zapewniającym jakość diagnostyki oraz skuteczność działań zaradczych w zakresie zdrowia ryb.

## 6. Metody diagnostyczne

Punktem wyjścia do identyfikacji patogenu i monitorowania odpowiadającej mu choroby jest dostępność narzędzi diagnostycznych. Narzędzia te są bardzo zróżnicowane w zależności od rodzaju patogenu. Można je sklasyfikować w zależności od rodzaju badania jako makroskopowe, mikroskopowe, histologiczne, mikrobiologiczne, immunologiczne i molekularne. Diagnostyka chorób ryb łososiowatych według wytycznych OIE obejmuje kombinację metod klinicznych, laboratoryjnych i molekularnych, które razem zapewniają dokładną identyfikację patogenów i ocenę zdrowia ryb. Wybór odpowiedniej metody zależy od dostępnych zasobów, rodzaju patogenu i specyfiki choroby. Używanie zintegrowanego podejścia diagnostycznego pozwala na skuteczne zarządzanie zdrowiem populacji ryb i minimalizowanie strat w hodowlach (Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017). Szczegółową klasyfikację metod zebrano w Tabeli 1.

Metody diagnostyki terenowej obejmują przede wszystkim metody makroskopowe, takie jak obserwacja objawów klinicznych w wyglądzie zewnętrznym lub wewnętrznym ryby oraz zmian w zachowaniu. Są one uważane jedynie za domniemane i zwykle nie są specyficzne dla konkretnej choroby, **ponadto** niektóre zakażone ryby mogą nie wykazywać żadnych objawów. Metody kliniczne (np. nekropsja, anatomopatlogia, biochemia kliniczna) są stosowane,

gdy metody terenowe wskazują na podejrzenie patogenu i mogą zapewnić domniemaną lub potwierdzającą diagnozę. Na przykład niski poziom hematokrytu, rozmazy krwi ze zdegenerowanymi i zwakuolizowanymi erytrocytami oraz obecność erytroblastów o nieregularnym kształcie jądra, a także zmniejszenie proporcji leukocytów w stosunku do erytrocytów mogą świadczyć o zakaźnej anemii łososia (ISA) u łososi atlantyckich hodowanych w wodzie morskiej (Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017).

**Tabela 1) Metody diagnostyczne patogenów ryb z podziałem na testy przesiewowe/domniemane (P) i diagnostyczne/potwierdzające (C) za (Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017) w modyfikacji własnej.**

<b>METODY DIAGNOSTYKI TERENOWEJ</b>	
<b>Metody makroskopowe</b>	
Objawy kliniczne	P
Zmiany behawioralne	P
Zaawansowana analiza obrazu	P
<b>METODY DIAGNOSTYKI TERENOWEJ I LABORATORYJNEJ</b>	
<b>Metody kliniczne</b>	
Anatomopatologia	P
Biochemia kliniczna	P
<b>Metody mikroskopowe</b>	
Preparaty gniecione, tzw. „mokre szkiełka”	P, C
Preparaty odciskowe i rozmazy: hematologia	P, C
Cytopatologia	C
<b>METODY LABORATORYJNE</b>	
<b>Metody wykrywające patogen bezpośrednio</b>	
<b>Metody mikroskopowe</b>	
Preparaty gniecione, tzw. „mokre szkiełka”	P, C
Rozmazy: barwienia różnicowe, immunofluorescencja (IF)	P, C
Mikroskopia elektronowa	P, C
Histologia: morfologia, barwienia różnicowe, immunohistochemia (IHC), fluorescencja w miejscu hybrydizacji (FISH)	P, C
<b>Izolacja patogenu</b>	
Hodowla w liniach komórkowych	P, C
Sztuczne podłoża	P, C
Trawienie tkanki	P, C
<b>Identyfikacja patogenu</b>	
Charakteryzacja fenotypowa	P, C
Metody wykrywania antygenów na bazie przeciwciał: test neutralizacji, test przeciwciał immunofluorescencyjnych (IFAT), test immunoenzymatyczny (ELISA)	C
Techniki molekularne: PCR, RT-PCR, sekwencjonowanie, multiplex-PCR, Q-PCR, dPCR	C
<b>Metody wykrywające patogen pośrednio</b>	
Metody serologiczne: test immunoenzymatyczny ELISA, neutralizacja surowicy, immobilizacja, mikroaglutynacja, pasywna hemaglutynacja	P, C

W zależności od patogenu można zastosować szereg metod bezpośredniego wykrywania. Na przykładzie pasożytów można to zrobić: (1) w przypadku dużych pasożytów (np. tasiemców) gołym okiem lub przy użyciu mikroskopu stereoskopowego; (2) w przypadku hemopasożytów za pomocą mikroskopii świetlnej rozmazów krwi barwionych metodą Giemsy; (3) w przypadku mikro- i makropasożytów za pomocą histologii i immunohistochemii; (4) w przypadku niektórych pierwotniaków i grzybów za pomocą mikroskopii świetlnej mokrych preparatów; (5) w przypadku niektórych mikropasożytów, takich jak mikrosporydia, kokcydia lub myksozoa, za pomocą transmisyjnej mikroskopii elektronicznej, jeśli jest to konieczne do konkretnej klasyfikacji (Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017).

Histopatologia jest narzędziem umożliwiającym szczegółową ocenę zmian patologicznych na poziomie tkankowym za pomocą różnorodnych barwień. Wbrew obiegowej opinii, metody histopatologiczne obejmują kilka technik, które pozwalają na precyzyjną identyfikację i charakterystykę patogenów. Barwienia różnicowe, takie jak hematoksylina-eozyna (HE), pozwalają na ocenę ogólnej struktury tkanek i identyfikację zmian patologicznych, które mogą sugerować obecność patogenów. W bardziej zaawansowanej diagnostyce stosuje się immunohistochemię (IHC), która wykorzystuje przeciwciała specyficzne dla określonych antygenów, aby wizualizować lokalizację i obecność patogenów w tkankach. Ta metoda jest szczególnie przydatna do identyfikacji specyficznych patogenów, takich jak wirusy czy bakterie, które mogą być trudne do wykrycia za pomocą standardowych barwień histologicznych. Fluorescencja w miejscu hybrydyzacji (FISH) to kolejna zaawansowana technika, która umożliwia lokalizację sekwencji kwasów nukleinowych w komórkach i tkankach. Dzięki zastosowaniu sond fluorescencyjnych, FISH pozwala na precyzyjne śledzenie obecności i rozmieszczenia DNA lub RNA patogenów w próbce. Ta metoda jest szczególnie cenna w diagnostyce patogenów, które są trudne do hodowli lub identyfikacji za pomocą innych technik, takich jak niektóre wirusy i pierwotniaki. Wszystkie techniki histopatologiczne są nieocenione w pełnej diagnostyce i monitorowaniu chorób ryb, umożliwiając nie tylko precyzyjną identyfikację patogenów, ale także ocenę wpływu infekcji na strukturę i funkcję tkanek.

W przypadku wielu patogenów izolacja czynnika jest konieczna do jego późniejszej identyfikacji. Izolację można przeprowadzić poprzez hodowlę patogenu w określonych liniach komórkowych, jak to się dzieje w przypadku wielu wirusów ryb; poprzez hodowlę w określonych sztucznych mediach, jak to jest potrzebne

w przypadku niektórych bakterii (które są bardzo wymagającymi organizmami i wymagają specjalnych mediów), grzybów i niektórych mikropasożytów; lub poprzez trawienie tkanki, w której pasożyt bytuje, na przykład mózg w przypadku *Myxobolus cerebralis*. Identyfikację czynnika można przeprowadzić konwencjonalnie poprzez charakterystykę fenotypową za pomocą systemów API-ZYM, jak w przypadku niektórych bakterii, przy użyciu metod wykrywania antygenów opartych na przeciwciałach, takich jak testy neutralizacji, test przeciwciał immunofluorescencyjnych lub test immunoenzymatyczny ELISA, lub przy użyciu technik molekularnych, takich jak PCR, RT-PCR, amplifikacja izotermiczna za pośrednictwem pętli, sekwencjonowanie itp. Nieustannie opracowywane są nowe metody molekularne, stanowiące ogromną część diagnostyki potwierdzającej. Narzędzia molekularne, przy odpowiedniej automatyzacji i standaryzacji, pozwalają na niezwykle szybkie przetwarzanie dużej liczby próbek, co przekłada się na większą wydajność przesiewową i czynią je dobrymi kandydatami do systemów wczesnego wykrywania (Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017).

Pośrednie metody wykrywania są zazwyczaj oparte na wykrywaniu przeciwciał przeciwko patogenowi. Zasadniczo metody serologiczne nie mogą być stosowane do potwierdzania obecności danego patogenu, ponieważ poziom przeciwciał zależy od dynamiki produkcji przeciwciał przez zwierzę po narażeniu na patogen. Ze względu na obecny słaby rozwój metod serologicznych u ryb, metody te nie są akceptowane do rutynowego badania przesiewowego stanu zdrowia populacji ryb. Jednak wraz z dalszą walidacją, oczekuje się, że w przyszłości stosowanie testów serologicznych stanie się szerzej akceptowane w celach diagnostycznych (Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017).

## 7. Pobieranie próbek

Niezależnie od metod diagnostycznych stosowanych dla każdego patogenu, należy ustalić protokół pobierania próbek, szczegółowo określający:

- Czas i etap pobierania próbek - należy zidentyfikować tzw. krytyczne punkty kontrolne (ang. Critical Control Points, CCP). Są to konkretne punkty, czasy, procedury lub etapy w procesie hodowlanym, w których można sprawować kontrolę w celu zmniejszenia, wyeliminowania lub zapobieżenia możliwości wejścia lub działania patogenu.
- Wielkość próby - wymagana wielkość próby zależy od szeregu czynników, np. oczekiwanej częstości występowania infekcji w populacji docelowej,

swoistości i czułości testu diagnostycznego oraz celu testu. Ważne jest również określenie, czy wskazane jest łączenie próbek.

- Procedura pobierania próbek - obejmuje sposób pobierania, utrwalania, przechowywania i przesyłania próbek do laboratorium diagnostycznego. Szczególnie ważne w przypadku metod molekularnych, aby uniknąć zanieczyszczenia krzyżowego i zachować integralność próbki.
- Rodzaj próbki - zazwyczaj tkanki docelowe pobiera się od specjalnie uśmierconych lub martwych ryb, ale w idealnym przypadku próbki powinny być pobrane przyżyciowo, to znaczy nie powodować śmierci ryby, a pobierane mogą być z takich materiałów jak krew, śluz, mlecz, kał, wymazy jelitowe itp. Dodatkowo należy pamiętać, że istnieją narządy predykatywnie do namnażania poszczególnych patogenów (np. trzustka w IPN) (Sitjà-Bobadilla & Oidtmann, 2017)

Niezmiernie ważną kwestią związaną z pobieraniem próbek jest łączenie, zwane też pulowaniem. Przed podjęciem decyzji o łączeniu próbek należy zawsze skonsultować się z laboratorium wykonującym badanie i rozważyć kilka kwestii:

- Rodzaj patogenu i metoda diagnostyczna - pulowanie jest najczęściej stosowane dla metod o wysokiej czułości, takich jak RT-PCR, gdzie możliwość wykrycia patogenów nie jest znacząco zmniejszona. Metody hodowlane wirusów lub bakterii zazwyczaj wymagają indywidualnych próbek ze względu na ryzyko obniżenia czułości.
- Stadium choroby - w przypadku wczesnych etapów infekcji lub niskiej intensywności patogenów pulowanie może zmniejszyć szansę na ich wykrycie.
- Liczba kopii patogenu - przy wysokiej liczbie patogenów (np. podczas wybuchu choroby) pulowanie jest bardziej akceptowalne. Przy niskiej liczbie patogenów lepsze są próbki indywidualne.
- Czułość i specyficzność metody - metody molekularne jak RT-PCR pozwalają na skuteczne pulowanie. Pulowanie może być mniej skuteczne dla metod wymagających dokładnej ilości cząsteczek do osiągnięcia progu wykrycia.

W praktyce, decyzja o pulowaniu próbek powinna uwzględniać specyfikę choroby, stan zdrowotny stada i dostępne zasoby diagnostyczne. Prawidłowe zastosowanie pulowania może znacząco zmniejszyć koszty diagnostyki, ale zawsze należy dążyć do zachowania balansu między efektywnością diagnostyczną a oszczędnością środków.

## 8. Wyzwania w diagnostyce chorób ryb

Diagnostyka chorób ryb napotyka wiele wyzwań, które mogą wpływać na skuteczność i precyzję identyfikacji patogenów, a w efekcie powodować znaczne straty ekonomiczne w gospodarstwach. Największym problemem, a jednocześnie najłatwiejszym do rozwiązania jest brak wiedzy i doświadczenia wśród hodowców i lekarzy weterynarii. Właściciele i zarządzający hodowlami ryb często nie mają wystarczającej wiedzy na temat objawów chorób, metod diagnostycznych oraz interpretacji wyników. To ogranicza ich zdolność do skutecznego monitorowania stanu zdrowia ryb i szybkiego reagowania na problemy zdrowotne w hodowli. Często również lekarze opiekujący się poszczególnymi gospodarstwami nie mają wiedzy o dostępnych metodach diagnostycznych, w związku z czym badania nie są wykonywane. Aby temu zaradzić niezbędna jest świetna i wymiana wiedzy pomiędzy hodowcami, lekarzami weterynarii a laboratoriami diagnostycznymi.

Powiązany problemem jest trudność w oddzielenie wtórnych zakażeń oportunistycznych i utajonych. Często, choć czynnik chorobotwórczy może być wyizolowany z chorej ryby, nie zawsze jest on odpowiedzialny za wystąpienie choroby. Czynniki patogenne (zwłaszcza pasożyty) mogą być obecne nawet u zdrowych ryb lub ryb padłych z innych przyczyn. Dlatego kluczowe jest, aby dane z badań etiologicznych były interpretowane w kontekście klinicznym i patologicznym, aby potwierdzić etiologiczną diagnozę. Nieprawidłowa interpretacja może prowadzić do niewłaściwie wdrożonego leczenia, które nie dość, że nie poprawi sytuacji, to może jeszcze pogorszyć pierwotny problem. Rozwiązaniem tego problemu, jak w poprzednim przypadku jest stałe poszerzanie wiedzy, wymiana informacji i właściwy dobór metod diagnostycznych.

Czasochłonność i koszty przeprowadzania diagnostyki to kolejne poważne wyzwanie. Proces diagnostyczny może być czasochłonny i kosztowny, szczególnie gdy wymaga zaawansowanych technik, specjalistycznego sprzętu i wiedzy. Wysokie koszty mogą stanowić barierę dla wielu hodowców, ograniczając dostępność i częstotliwość przeprowadzania badań diagnostycznych. Należy jednak zwrócić uwagę, że w większości przypadków koszty związane z wybuchem choroby i wdrożeniem leczenia na późnym etapie znacząco przekraczają koszty wdrożenia odpowiedniego monitoringu i profilaktyki.

Istotne wyzwanie diagnostyczne stanowią również problemy z czułością i specyficznością dostępnych testów. Testy diagnostyczne mogą mieć ograniczoną czułość, co oznacza, że nie zawsze wykrywają obecność patogenu, gdy jest on

obecny (falszywie ujemne wyniki). Z drugiej strony, mogą też mieć ograniczoną specyficzność, co prowadzi do wyników fałszywie dodatnich, czyli wskazywania obecności patogenu, gdy w rzeczywistości go nie ma. W codziennej pracy diagnostycznej, obecność wyników fałszywie dodatnich i fałszywie ujemnych może być uciążliwa, ale niekoniecznie krytyczna, zwłaszcza gdy analizuje się wiele próbek i wykonuje różne testy. Jednak w kontekście nadzoru urzędowego i certyfikacji, precyzyjne wyniki są kluczowe, a obecność wyników fałszywie dodatnich i fałszywie ujemnych może mieć poważne konsekwencje. Aby minimalizować te niekorzystne zjawiska laboratoria muszą regularnie wykonywać krzywe kalibracyjne oraz walidować metody z wykorzystaniem standardów referencyjnych i próbek kontrolnych. Ponadto ryzyko błędu zmniejsza się wraz z wykorzystywaniem wysokoprecyzyjnych technik, takich jak sekwencjonowanie DNA, mikroskopia elektronowa czy immunohistochemia oraz użyciem metod komplementarnych. Różne testy mogą uzupełniać się nawzajem i redukować liczbę fałszywych wyników. Kluczowe jest również zachowanie jakości próbek dzięki dokładnemu przestrzeganiu procedur pobierania, przechowywania i transportu. Nawet najlepsza metoda diagnostyczna nie pomoże, jeśli do laboratorium trafi nieodpowiednio zabezpieczony materiał.

## 9. Możliwości i innowacje w diagnostyce

W ostatnich latach, diagnostyka chorób ryb zyskała na innowacyjności dzięki zaawansowanym metodom analitycznym i rozwojowi technik wysokoprzepustowych, które mają potencjał zrewolucjonizować diagnostykę.

Sekwencjonowanie nowej generacji (NGS, ang. Next Generation Sequencing) umożliwia jednoczesne analizowanie milionów fragmentów DNA lub RNA, co pozwala na dokładne i szerokie badanie genomów patogenów oraz mikrobiomów. Dzięki NGS możliwe jest identyfikowanie nowych patogenów, monitorowanie ich zmienności genetycznej oraz odkrywanie potencjalnych markerów chorobowych. Metoda ta pozwala również na kompleksową analizę interakcji patogenów z gospodarzem (Mardis, 2008; Mehinto i in., 2012).

Badania mikrobiomu polegają na analizie populacji mikroorganizmów zamieszkujących organizmy ryb i ich środowisko. Metody takie jak sekwencjonowanie 16S rRNA pozwalają na profilowanie bakterii w obrębie mikrobiomu ryb, co może ujawnić zmiany w składzie mikroflory związane

z chorobami lub stresorami środowiskowymi (Martínez-Porchas & Vargas-Albores, 2017; Zamparo i in., 2024).

Droplet Digital PCR (dPCR) to nowoczesna metoda amplifikacji DNA, która pozwala na precyzyjne i czułe wykrywanie i ilościowe oznaczanie fragmentów DNA w próbce. dPCR oferuje znacznie większą czułość i dokładność niż tradycyjne metody PCR, co jest przydatne w wykrywaniu niskich stężeń patogenów. Metody dPCR mogą też być wykorzystywane do analizy biomarkerów, polegającej na identyfikowaniu i monitorowaniu biomarkerów molekularnych związanych z chorobami ryb. Nowoczesne techniki umożliwiają ocenę zmian w poziomach biomarkerów białkowych, peptydowych lub metabolitów, co może pomóc w diagnozowaniu i monitorowaniu postępu chorób (Hindson i in., 2011; Sørensen i in., 2024).

LAMP (ang. Loop-Mediated Isothermal Amplification) to technika amplifikacji DNA, która nie wymaga cykli temperaturowych, jak w przypadku PCR, ale utrzymuje stałą temperaturę reakcji. Dzięki temu jest szybsza i bardziej dostępna, co czyni ją użyteczną w diagnostyce terenowej oraz w miejscach o ograniczonym dostępie do zaawansowanego sprzętu laboratoryjnego. LAMP charakteryzuje się wysoką specyficznością i czułością, co jest kluczowe w wykrywaniu patogenów ryb (Notomi i in., 2000; Soliman i in., 2015).

Analizy proteomiczne koncentrują się na badaniu całego zestawu białek w próbce, pozwalając na odkrywanie biomarkerów chorób i wspieranie rozwoju nowych testów diagnostycznych. Metody takie jak spektrometria mas (np. MALDI-TOF, ang. Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight) umożliwiają szybkie i dokładne identyfikowanie patogenów na podstawie ich białek, a także określenie charakterystyki białek patogenów oraz reakcji immunologicznych gospodarza. Dzięki swojej wysokiej rozdzielczości i szybkości, MALDI-TOF stał się cennym narzędziem w diagnostyce mikrobiologicznej (Ahmed i in., 2019; Assis i in., 2017; Jansson i in., 2020; Janz, 2013; Kroon i in., 2017; Nissa i in., 2021; Oliveira i in., 2024; Quan i in., 2021).

Nowoczesne podejścia do diagnostyki chorób ryb coraz częściej korzystają z zaawansowanych technik, takich jak sztuczna inteligencja (AI), uczenie maszynowe (ML) i głębokie uczenie (DL), aby poprawić dokładność i efektywność procesu diagnostycznego. Zgodnie z przeglądem literatury autorstwa Li i współpracowników (2023), techniki te znajdują zastosowanie w analizie obrazów

i wykrywaniu wzorców w danych diagnostycznych, co umożliwia bardziej precyzyjną i szybszą identyfikację patogenów. Na przykład, technologie takie jak głębokie sieci neuronowe (DNN) są wykorzystywane do automatycznego rozpoznawania zmian patologicznych na obrazach histologicznych i radiograficznych, minimalizując potrzebę ręcznej analizy przez ekspertów. Dodatkowo, algorytmy ML mogą być stosowane do analizy dużych zbiorów danych z różnych źródeł, takich jak dane genetyczne, proteomiczne i mikrobiomowe, co pozwala na bardziej złożone i holistyczne podejście do diagnostyki. Innowacje te, zwłaszcza w połączeniu z technologiami wysokoprzepustowymi, oferują znaczne korzyści w zakresie zwiększenia czułości, specyficzności oraz szybkości procesów diagnostycznych, co jest kluczowe dla wczesnego wykrywania i kontroli chorób ryb (Li i in., 2022).

Dzięki integracji AI i nowoczesnych technologii diagnostycznych możliwe jest również prognozowanie rozwoju chorób na podstawie wzorców epidemicznych i środowiskowych, co może wspierać hodowców w podejmowaniu decyzji o interwencji na wczesnym etapie. Oczekuje się, że w przyszłości technologie te będą odgrywały coraz większą rolę w zarządzaniu zdrowiem ryb, szczególnie w kontekście zrównoważonego rozwoju akwakultury.

## 10. Podsumowanie

Tradycyjne metody diagnostyczne są nadal szeroko stosowane ze względu na ich dostępność, relatywnie niskie koszty i możliwość szybkiej oceny stanu zdrowia ryb. Jednak mają swoje ograniczenia, takie jak czasochłonność, konieczność specjalistycznej wiedzy oraz trudności w identyfikacji patogenów w niskiej liczebności. W związku z tym często są uzupełniane przez bardziej zaawansowane techniki molekularne i serologiczne, które pozwalają na precyzyjną identyfikację patogenów oraz lepsze zarządzanie zdrowiem w hodowlach ryb łososiowatych.

Diagnostyka infekcyjnych chorób łososiowatych w Polsce ma szerokie możliwości, ale także liczne wyzwania. Skuteczna diagnostyka chorób ryb wymaga pokonania tych wyzwań poprzez ciągłe doskonalenie metod diagnostycznych, szkolenie personelu oraz odpowiednie zarządzanie kosztami i czasem. Dokładność diagnoz oraz umiejętność prawidłowej interpretacji wyników pozostają kluczowe dla zdrowia ryb i efektywności hodowli. Zastosowanie zaawansowanych metod molekularnych, takich jak PCR i sekwencjonowanie DNA,

może znacząco poprawić precyzję i skuteczność diagnozowania, jednak wymaga odpowiednich zasobów. Hodowcy muszą również brać pod uwagę wpływ zmian klimatycznych, które mogą zwiększać ryzyko infekcji oraz zmieniać dynamikę występowania patogenów. Wybór odpowiedniej metody diagnostycznej powinien być dostosowany do specyficznych potrzeb hodowli, dostępnych zasobów oraz aktualnych warunków środowiskowych.

## 11. Bibliografia

1. Adams, A., & Thompson, K. D. [2011]. Development of diagnostics for aquaculture: Challenges and opportunities. *Aquaculture Research*, 42(s1), 93–102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02663.x>
2. Ahmed, F., Kumar, G., Soliman, F. M., Adly, M. A., Soliman, H. A. M., El-Matbouli, M., & Saleh, M. [2019]. Proteomics for understanding pathogenesis, immune modulation and host pathogen interactions in aquaculture. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 32, 100625. <https://doi.org/10.1016/J.CBD.2019.100625>
3. *Asia regional technical guidelines on health management for the responsible management of live aquatic animals and the Beijing consensus and implementation strategy*. [2000]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/X8485E/X8485E00.htm>
4. Assis, G. B. N., Pereira, F. L., Zegarra, A. U., Tavares, G. C., Leal, C. A., & Figueiredo, H. C. P. [2017]. Use of MALDI-TOF Mass Spectrometry for the Fast Identification of Gram-Positive Fish Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01492>
5. Bondad-Reantaso, M. G., Fejzic, N., MacKinnon, B., Huchzermeyer, D., Seric-Haracic, S., Mardones, F. O., Mohan, C. V., Taylor, N., Jansen, M. D., Tavoranpanich, S., Hao, B., Huang, J., Leñaño, E. M., Li, Q., Liang, Y., & Dall'occo, A. [2021]. A 12-point checklist for surveillance of diseases of aquatic organisms: A novel approach to assist multidisciplinary teams in developing countries. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1469–1487. <https://doi.org/10.1111/raq.12530>
6. Bondad-Reantaso, M., & Subasinghe, R. [2008]. *Meeting the Future Demand for Aquatic Food through Aquaculture: The Role of Aquatic Animal Health*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Meeting-the-Future-Demand-for-Aquatic-Food-through-Bondad%E2%80%90Reantaso-Subasinghe/f4ebd3c566868a916478ccb294026d045e45f083>
7. Dong, H. T., Chaijarasphong, T., Barnes, A. C., Delamare-Deboutteville, J., Lee, P. A., Senapin, S., Mohan, C. V., Tang, K. F. J., McGladdery, S. E., & Bondad-Reantaso, M. G. [2023]. From the basics to emerging diagnostic technologies: What is on the horizon for tilapia disease diagnostics? *Reviews in Aquaculture*, 15(S1), 186–212. <https://doi.org/10.1111/raq.12734>

8. FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
9. Fejzic, N. (2019, 17.10). *What is epidemiology? What is surveillance?* Training Course on Development of an Active Surveillance for Epizootic ulcerative syndrome (EUS) and Tilapia lake virus (TiLV) using the FAO 12-point surveillance checklist (for non –specialist) and its implementation, Lusaka.
10. Hindson, B. J., Ness, K. D., Masquelier, D. A., Belgrader, P., Heredia, N. J., Makarewicz, A. J., Bright, I. J., Lucero, M. Y., Hiddessen, A. L., Legler, T. C., Kitano, T. K., Hodel, M. R., Petersen, J. F., Wyatt, P. W., Steenblock, E. R., Shah, P. H., Bousse, L. J., Troup, C. B., Mellen, J. C., ... Colston, B. W. (2011). High-Throughput Droplet Digital PCR System for Absolute Quantitation of DNA Copy Number. *Analytical Chemistry*, *83*(22), 8604–8610. <https://doi.org/10.1021/ac202028g>
11. Jansson, E., Haenen, O., Nonnemann, B., Madsen, L., Gelderen, E. V., Aspán, A., Säker, E., Gulla, S., Colquhoun, D. J., Roozenburg-Hengst, I., & Dalsgaard, I. (2020). MALDI-TOF MS: A diagnostic tool for identification of bacterial fish pathogens. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, *40*(6), 240–248.
12. Janz, D. M. (2013). Biomarkers in Fish Ecotoxicology. W J.-F. Féraud & C. Blaise (Red.), *Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology* (s. 211–220). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5704-2\\_21](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5704-2_21)
13. Kroon, F., Streten, C., & Harries, S. (2017). A protocol for identifying suitable biomarkers to assess fish health: A systematic review. *PLoS ONE*, *12*(4), e0174762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174762>
14. Li, D., Li, X., Wang, Q., & Hao, Y. (2022). Advanced Techniques for the Intelligent Diagnosis of Fish Diseases: A Review. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, *12*(21), 2938. <https://doi.org/10.3390/ani12212938>
15. Mardis, E. R. (2008). Next-Generation DNA Sequencing Methods. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, *9*(Volume 9, 2008), 387–402. <https://doi.org/10.1146/annurev.genom.9.081307.164359>
16. Martínez-Porchas, M., & Vargas-Albores, F. (2017). Microbial metagenomics in aquaculture: A potential tool for a deeper insight into the activity. *Reviews in Aquaculture*, *9*(1), 42–56. <https://doi.org/10.1111/raq.12102>
17. Mehinto, A. C., Martyniuk, C. J., Spade, D. J., & Denslow, N. D. (2012). Applications for next-generation sequencing in fish ecotoxicogenomics. *Frontiers in Genetics*, *3*, 62. <https://doi.org/10.3389/fgene.2012.00062>
18. Network of Aquaculture Centres in Asia Pacific & FAO (Red.). (2001). *Manual of procedures for the implementation of the Asia regional technical guidelines on health management for the responsible movement of live aquatic animals*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
19. Nissa, M. U., Pinto, N., Parkar, H., Goswami, M., & Srivastava, S. (2021). Proteomics in fisheries and aquaculture: An approach for food security. *Food Control*, *127*, 108125. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108125>

20. Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N., & Hase, T. (2000). Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research*, 28(12), e63. <https://doi.org/10.1093/nar/28.12.e63>
21. OIE. (2024). *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals* (11. wyd.). World Organisation for Animal Health (OIE). <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/aquatic-manual-online-access/>
22. Oliveira, J., Oliva-Teles, A., & Couto, A. (2024). Tracking Biomarkers for the Health and Welfare of Aquaculture Fish. *Fishes*, 9(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/fishes9070289>
23. Peeler, E. J., & Otte, M. J. (2016). Epidemiology and Economics Support Decisions about Freedom from Aquatic Animal Disease. *Transboundary and Emerging Diseases*, 63(3), 266–277. <https://doi.org/10.1111/tbed.12278>
24. Quan, J., Kang, Y., Li, L., Zhao, G., Sun, J., & Liu, Z. (2021). Proteome analysis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver responses to chronic heat stress using DIA/SWATH. *Journal of Proteomics*, 233, 104079. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.104079>
25. Sitjà-Bobadilla, A., & Oidtmann, B. (2017). Integrated Pathogen Management Strategies in Fish Farming. W *Fish Diseases* (s. 119–144). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804564-0.00005-3>
26. Soliman, H., Saleh, M., & El-Matbouli, M. (2015). Detection of fish pathogens by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) technique. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 1247, 163–173. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2004-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2004-4_12)
27. Sørensen, J., Cuenca, A., Schmidt, J. G., Madsen, S. B., Iburg, T. M., Madsen, L., & Vendramin, N. (2024). A novel high-throughput qPCR chip for solving co-infections in RAS farmed rainbow trout. *Scientific Reports*, 14(1), 16802. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65697-8>
28. Southeast Asian Fisheries Development Center, A. D. (1988). Fish health: What is a diagnosis. *Aqua Farm News*, 6(6), 4–5.
29. Subasinghe, R. P., Bondad-Reantaso, M. G., & McGladdery, S. E. (2001). Aquaculture development, health and wealth. W R. P. Subasinghe, P. Bueno, M. J. Phillips, C. Hough, S. E. McGladdery, & J. R. Arthur (Red.), *Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium* (s. 167–191). FAO.
30. Zamparo, S., Orioles, M., Brocca, G., Marroni, F., Castellano, C., Radovic, S., Mandrioli, L., Galeotti, M., & Verin, R. (2024). Novel insights on microbiome dynamics during a gill disease outbreak in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Scientific Reports*, 14(1), 17791. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68287-w>

## 20 lat urzędowej kontroli pozostałości barwników w produktach akwakultury w Polsce

Kamila Mitrowska

Zakład Farmakologii i Toksykologii

Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy

24-100 Puławy, Partyzantów 57, kamila.mitrowska@piwet.pulawy.pl

### 1. Wstęp

Wydaje się, że bez stosowania substancji farmakologicznie czynnych, którymi niemal rutynowo traktuje się zwierzęta w celach leczniczych, utrzymanie i intensywne metody hodowli ryb jest niemożliwe. Nadmierne zagęszczenie ryb i związany z tym stres mogą zmniejszyć odporność immunologiczną ryb nawet w najlepszych warunkach zarządzania. Stosowanie weterynaryjnych produktów leczniczych lub substancji zakazanych czy niedozwolonych, takich jak zieleń malachitowa i fiolet krystaliczny daje zazwyczaj efekt terapeutyczny, jednak takie działanie może powodować występowanie pozostałości substancji farmakologicznie czynnych w jadalnych tkankach i produktach ryb hodowlanych. Pozostałości te mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia konsumenta, powodując różne skutki uboczne, od zaburzeń w prawidłowym funkcjonowaniu narządów wewnętrznych po działania genotoksyczne czy rakotwórcze. W 2021 r. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zakwalifikowała fiolet krystaliczny i zieleń leukomalachitową do grupy 2B - substancji przypuszczalnie rakotwórczych dla ludzi, a zieleń malachitową i fiolet leukokrystaliczny do grupy 3 - substancji nie podlegających klasyfikacji ze względu na działanie rakotwórcze dla ludzi. Za bezpieczeństwo żywności pochodzenia zwierzęcego odpowiada producent, podczas gdy jednym ze sposobów zabezpieczania ludzi przez niekorzystnym wpływem pozostałości jest systematyczna urzędowa kontrola ich obecności w żywności.

W Polsce urzędowa kontrola pozostałości do 2022 r. funkcjonowała jako „Krajowy program badań kontrolnych substancji niedozwolonych, pozostałości chemicznych, biologicznych, produktów leczniczych u zwierząt, w produktach pochodzenia zwierzęcego oraz w wodzie przeznaczonej do pojenia zwierząt i paszach”, a obecnie realizowana jest w ramach trzech „Krajowych planów

kontroli pozostałości zakazanych lub niedopuszczonych substancji farmakologicznie czynnych oraz weterynaryjnych produktów leczniczych u zwierząt i w żywności pochodzenia zwierzęcego (opartego na analizie ryzyka dla produkcji krajowej i dla przywozu z państw trzecich oraz opartego na randomizowanym nadzorze dla produkcji krajowej)”, za których realizację odpowiedzialne jest Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Inspekcja Weterynaryjna. Rolę koordynatora, jako Krajowe Laboratorium Referencyjne, pełni Państwowy Instytut Weterynaryjny - Państwowy Instytut Badawczy (PIWet-PIB) w Puławach, który współpracuje z regionalnymi laboratoriami Zakładów Higieny Weterynaryjnej (ZHW). W poszczególnych województwach badania kontrolne pozostałości koordynują i nadzorują powołani przez lekarzy wojewódzkich ich pełnomocnicy na poziomie województw i powiatów. Podobny zespół specjalistów utworzony przez Głównego Lekarza Weterynarii działa na szczeblu Głównego Inspektoratu Weterynarii. Założenia oraz plan badań kontrolnych pozostałości corocznie opracowywane są w Zakładzie Farmakologii i Toksykologii PIWet-PIB, akceptowane przez Głównego Lekarza Weterynarii, a następnie oceniane i zatwierdzane przez Komisję Europejską.

## **2. Aspekty prawne stosowania barwników i założenia kontroli urzędowej w odniesieniu do pozostałości barwników w produktach akwakultury**

Ze względu na działanie genotoksyczne i rakotwórcze dla żadnego z barwników nie wyznaczono akceptowanego dziennego pobrania (ADI), ani maksymalnego limitu pozostałości (MLP) w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. Z tego względu zieleń malachitowa i fiolet krystaliczny nie znajdują się w wykazie dozwolonych substancji farmakologicznie czynnych stosowanych w weterynaryjnych produktach leczniczych zwartym w rozporządzeniu (EWG) nr 2377/90 Rady i w obecnie obowiązującym rozporządzeniu Komisji (UE) nr 37/2010.

Badania kontrolne pozostałości chemicznych w żywności pochodzenia zwierzęcego zostały rozszerzone o kontrolę barwników w 2003 r., która początkowo dotyczyła oznaczania w rybach pozostałości zieleni malachitowej (i jej głównego metabolitu, zieleni leukomalachitowej) ze względu na łatwą jej dostępność i powszechność stosowania w profilaktyce i zwalczaniu chorób pasożytniczych, grzybiczych i bakteryjnych ryb (Antychowicz, 1996).

Zasady kontrolowania pozostałości substancji farmakologicznie czynnych, w tym barwników, w rybach i innych produktach spożywczych pochodzenia

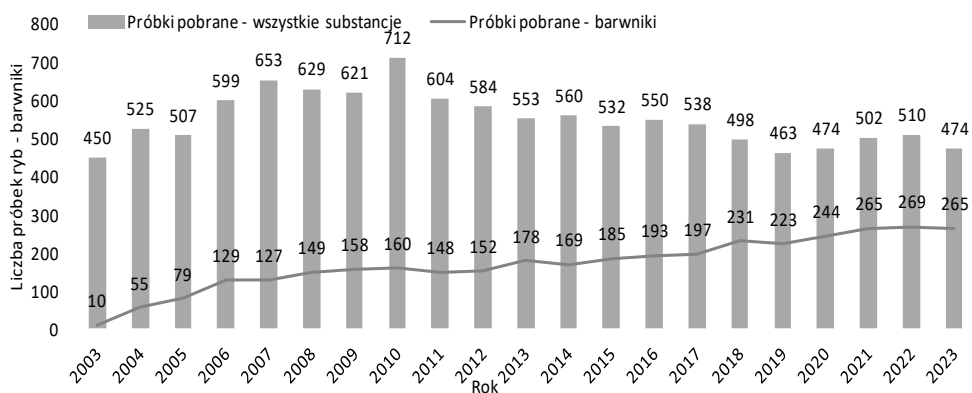
zwierzęcego do końca 2022 r. regulowane były dyrektywą Rady 96/23/WE. Wówczas w wykazie substancji objętych badaniami kontrolnymi barwniki stanowiły grupę B3e w obrębie grupy substancji zanieczyszczających środowisko i innych substancji (grupa B). Obecnie sprawy kontroli pozostałości regulowane są przez rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/625 oraz rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2022/1644 i rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2022/1646, zgodnie z którymi barwniki stanowią grupę A3a zaliczaną do grupy zakazanych lub niedopuszczonych substancji farmakologicznie czynnych u zwierząt, od których lub z których pozyskuje się żywność (grupa A).

### **3. Minimalna liczba próbek pobieranych w kierunku pozostałości barwników w rybach hodowlanych**

Wraz ze zmianą legislacji zmieniła się minimalna liczba zwierząt, od których należy pobierać próbki do badań kontrolnych. Zgodnie z załącznikiem IV Dyrektywy Rady 96/23/WE w przypadku akwakultury, co roku należało pobierać nie mniej niż jedną próbkę na 100 ton krajowej produkcji w roku poprzedzającym przygotowanie rocznego planu kontroli (grupa A: jedna trzecia próbek, grupa B: dwie trzecie próbek). Natomiast zgodnie z rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2022/1646, liczba próbek w kategorii akwakultury jaką należy przebadać w roku w ramach krajowego planu kontroli opartego na analizie ryzyka dla produkcji krajowej zarówno dla substancje z grupy A jak i z grupy B, to co najmniej 1 próbka na 300 ton rocznej produkcji akwakultury dla pierwszych 60 000 ton produkcji, a następnie 1 próbka na każde dodatkowe 2 000 ton. Przy czym próbki w kierunku obecności substancji z grupy A powinny stanowić minimum 5% wszystkich próbek.

Zgodnie z obowiązującymi wymaganiami w programie badań kontrolnych planowano wykonywanie analiz w celu wykrycia w rybach nie tylko obecności barwników, ale także substancji niedozwolonych i zakazanych (stilbeny, steroidy, nitrofurany, nitroimidazole, chloramfenikol), pozostałości leków weterynaryjnych (substancje przeciwbakteryjne i leki przeciwwrobacze), a także zanieczyszczeń środowiskowych (pestycydy chloroorganiczne, polichlorowane bifenyle, pierwiastki toksyczne, mikotoksyny).

Na ryc. 1 przedstawiono liczbę próbek ryb pobranych do badań w kierunku wszystkich kontrolowanych substancji i pozostałości barwników w Polsce w poszczególnych latach 2003-2023.



Ryc. 1. Liczba próbek ryb pobranych do badań w kierunku wszystkich kontrolowanych pozostałości chemicznych i barwników w Polsce w latach 2003-2023

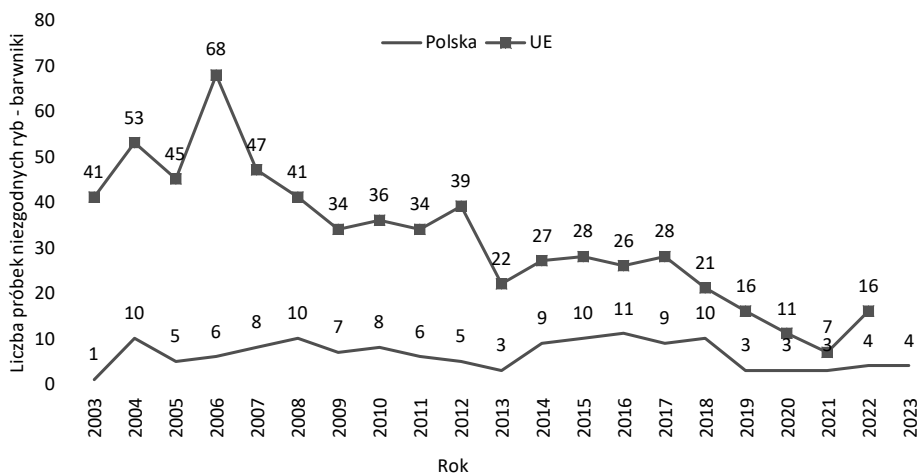
Minimalne wymagania dotyczące liczby pobranych próbek ryb pobieranych do badań w kierunku wszystkich pozostałości chemicznych były spełniane w każdym roku. Liczba próbek ryb zależała głównie od wielkości krajowej produkcji ryb i wynosiła od 440 próbek w 2003 r. do 712 próbek w 2010 r.

W przypadku badań na obecność barwników, początkowo, w 2003 r., pobrano 10 próbek, natomiast w kolejnych latach, wraz z coraz częstszym wykrywaniem w rybach zieleni malachitowej i jej metabolitu, liczba ta była zwiększana i w 2022 i 2023 r. przeanalizowano odpowiednio 269 i 265 próbek mięśni ryb (głównie pstrągów i karpia) (ryc. 1). Zwiększenie liczby planowanych do badań próbek ryb było możliwe po włączeniu do wykonywania badań kontrolnych barwników od 2006 r. laboratoriów ZHW w Białymstoku, Katowicach, Poznaniu, Wrocławiu i Warszawie, a od 2007 r. również laboratorium ZHW w Gdańsku.

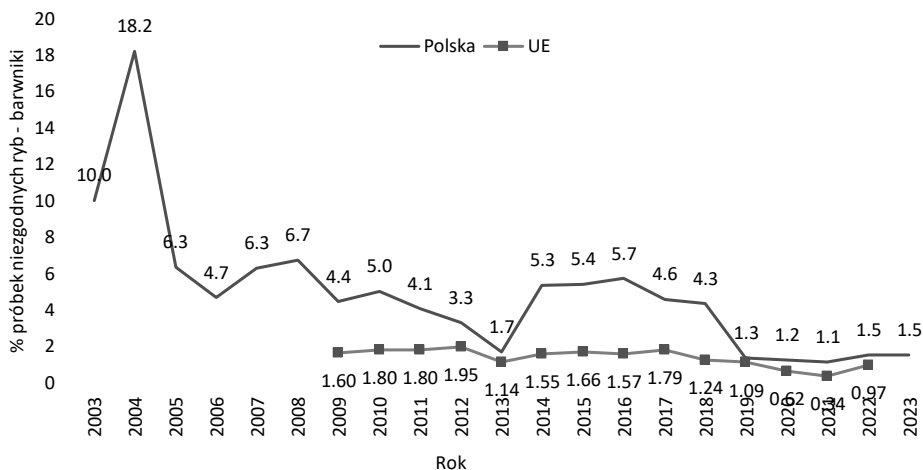
#### 4. Wyniki badania próbek ryb hodowlanych w kierunku obecności barwników w Polsce i krajach UE

W latach 2003-2023 w Polsce do badań ukierunkowanych na obecność pozostałości barwników pobrano łącznie 3 586 próbek ryb. W 135 próbkach, co stanowiło 3,8%, wykryto barwniki w stężeniach, które zostały uznane za niezgodne. Największą liczbę, 11 próbek niezgodnych, odnotowano w 2016 r., zaś w 2003 r. próbek ukierunkowanych z wynikami niezgodnymi było najmniej: 1 próbka. W pozostałych latach stwierdzano od 3 do 10 próbek niezgodnych w badanych rybach (ryc. 2).

W krajach UE w latach 2003-2022 obecność barwników była przyczyną niezgodności łącznie dla 673 próbek ryb. Największą liczbę, 68 próbek niezgodnych, odnotowano w 2006 r., a najmniejszą, 7 próbek niezgodnych, w 2021 r. (ryc. 2).



Ryc. 2. Liczba próbek niezgodnych ryb zawierających pozostałości barwników w Polsce i krajach UE w latach 2003-2023



Ryc. 3. Odsetek próbek niezgodnych ryb zawierających pozostałości barwników w Polsce i krajach UE w latach 2003-2023

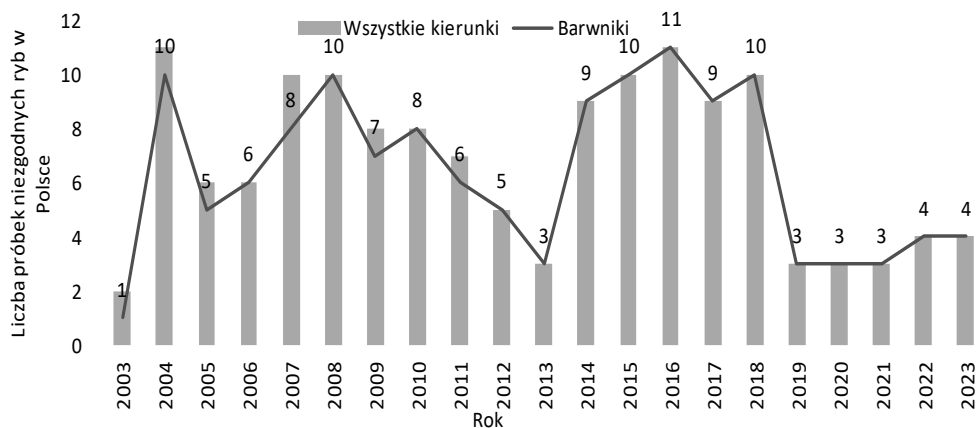
Najniższy odsetek ukierunkowanych na barwniki próbek niezgodnych w Polsce (1,1%) stwierdzono w 2021 r., zaś najwyższy (18,2%) w 2004 r.; w pozostałych latach próbki niezgodne stanowiły od 1,2 do 10% ogółu badanych próbek (ryc. 3).

W oparciu o dostępne dane z badań kontrolnych ryb przeprowadzonych na obecność barwników w UE w latach 2009-2022 odsetek próbek niezgodnych był niższy niż w Polsce i mieścił się w zakresie od 0,3% do 2% (ryc. 3).

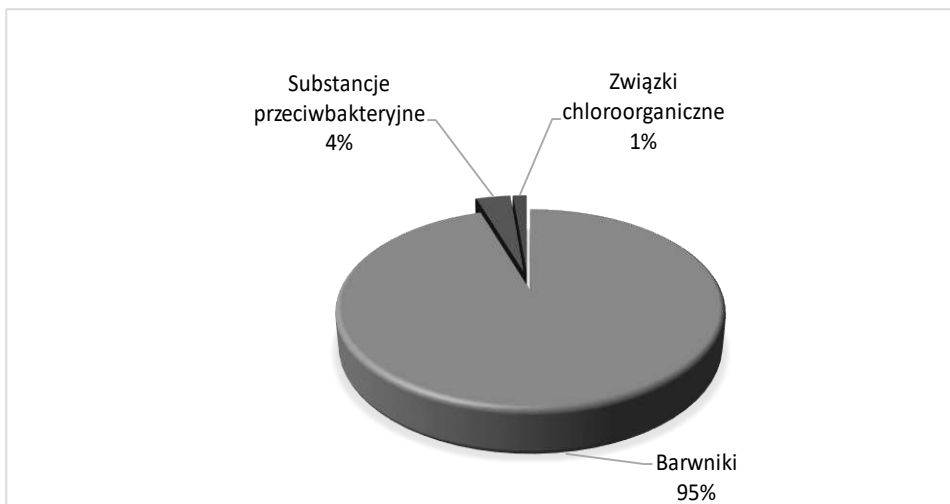
## 5. Porównanie występowania barwników i innych substancji w krajowych rybach hodowlanych w Polsce i krajach UE

Barwniki nie są jedyną grupą substancji, których obecność stwierdzana jest w rybach hodowlanych. W latach 2002-2023 w Polsce obecność barwników była przyczyną niezgodności dla 135 próbek (95%), podczas gdy 5 próbek (4%) zawierało substancje przeciwbakteryjne w stężeniach przekraczających dopuszczalne limity, a 2 próbki niezgodne (1%) związane były z obecnością związków chloroorganicznych (ryc. 4 i 5).

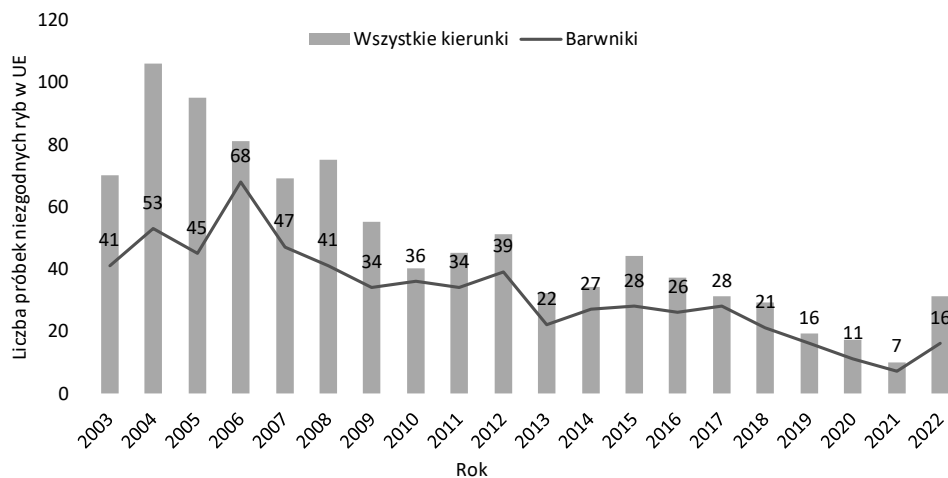
W krajach UE w latach 2002-2022 obecność barwników stwierdzono w 673 próbkach co stanowiło 68% wszystkich niezgodnych próbek ryb. Inne niezgodności w rybach wynikały z obecności substancji przeciwbakteryjnych (10%), pierwiastków toksycznych (9%), związków chloroorganicznych (6%), substancji niedozwolonych (chloramfenikol, metabolity nitrofuranów, metronidazol) (3%), leków przeciwbaczych (2%) oraz steroidów (2%) w stężeniach przekraczających dopuszczalne limity (ryc. 6 i 7).



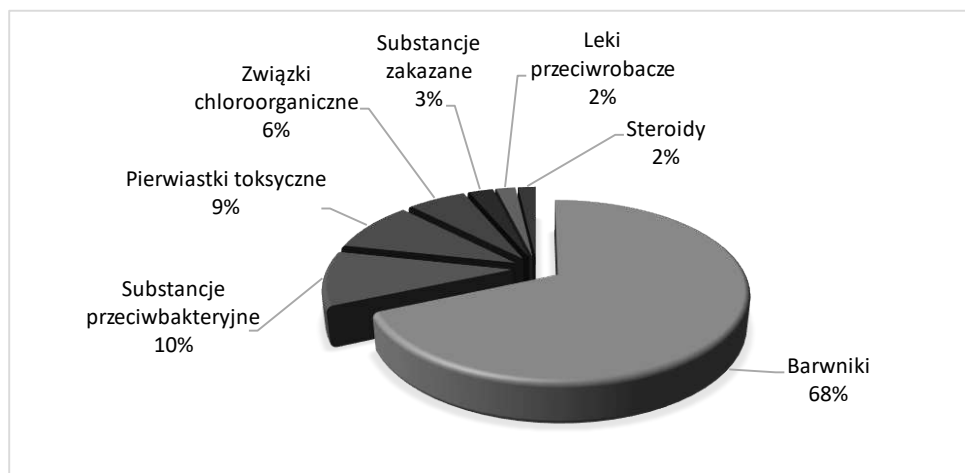
Ryc. 4. Liczba próbek niezgodnych ryb (barwniki i wszystkie substancje) w Polsce w latach 2003-2023



Ryc. 5. Odsetek próbek niezgodnych ryb z barwnikami i próbek niezgodnych ryb z innymi substancjami w Polsce w latach 2003-2023



Ryc. 6. Liczba próbek niezgodnych ryb (barwniki i wszystkie substancje) w krajach UE w latach 2003-2022

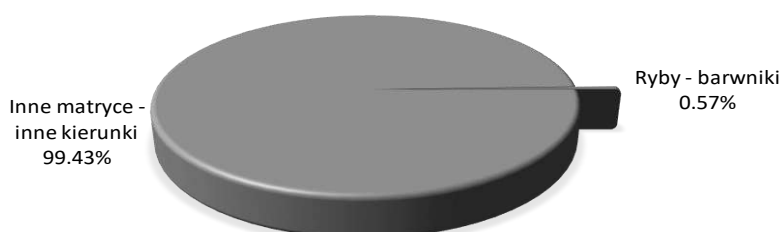


Ryc. 7. Odsetek próbek niezgodnych ryb z barwnikami i próbek niezgodnych ryb z innymi substancjami w krajach UE w latach 2003-2022

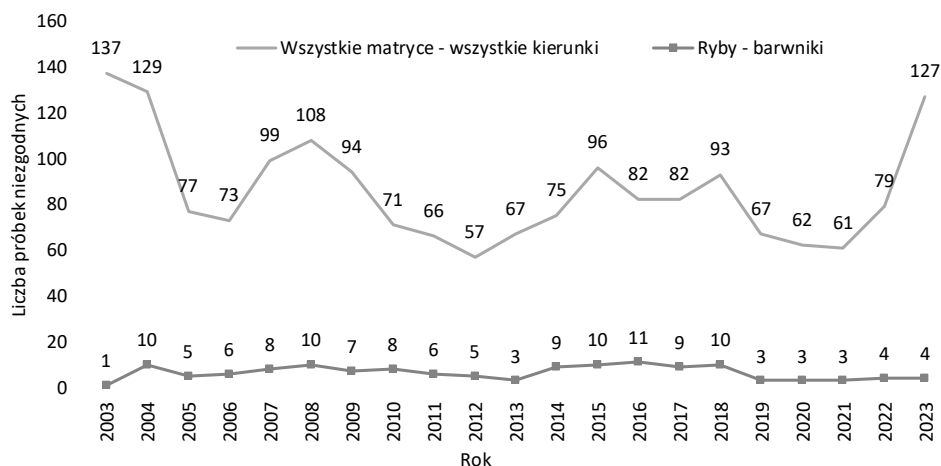
## 6. Porównanie występowania barwników w rybach i innych substancji w pozostałych matrycach

W latach 2003-2023 do badań kontrolnych pozostałości chemicznych w Polsce łącznie pobrano prawie 630 000 próbek ukierunkowanych od zwierząt oraz produktów przez nie wytwarzanych (mleko, jaja, miód) oraz paszy i wody do badania we wszystkich wyznaczonych kierunkach, w tym 3 586 próbek ryb do badania pozostałości barwników co stanowiło zaledwie 0.57% wszystkich próbek kontrolowanych (ryc. 8).

□

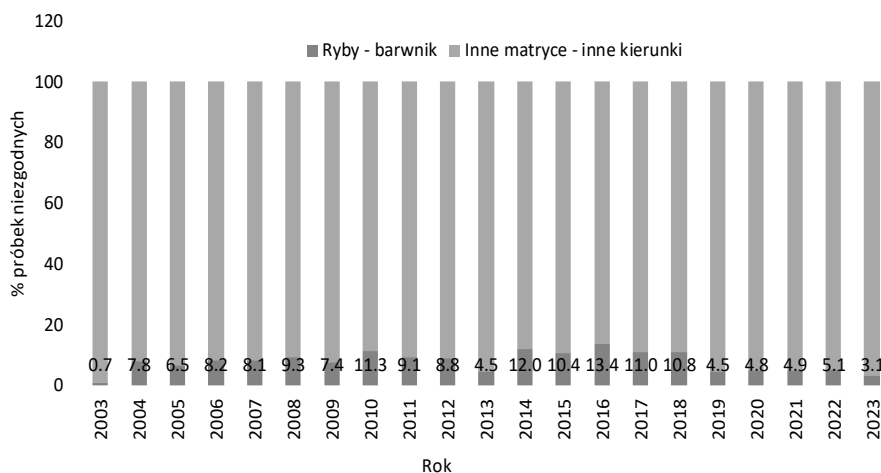


Ryc. 8. Odsetek próbek ryb pobranych w kierunku barwników i innych matryc pobranych do badań w pozostałych kierunkach w Polsce w latach 2003-2023

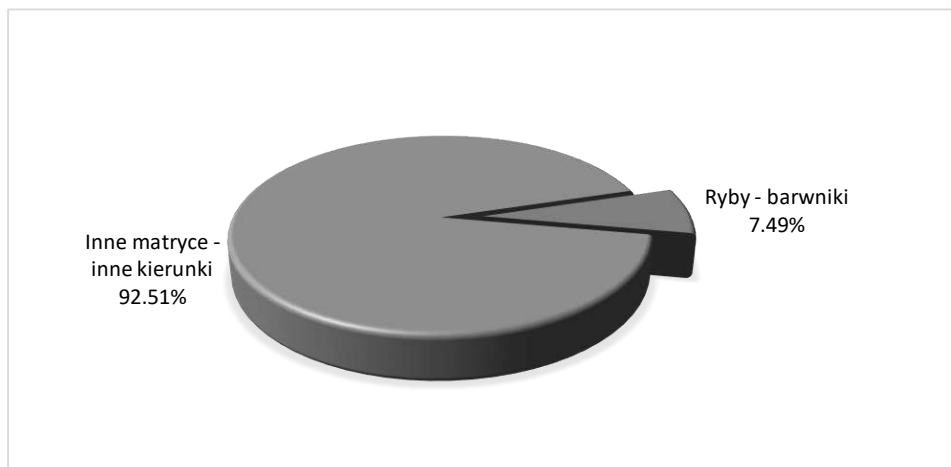


Ryc. 9. Liczba próbek niezgodnych ryb z barwnikami i próbek niezgodnych pozostałych matryc z innymi substancjami w Polsce w latach 2003-2023

Wszystkie badania kontrolne wykonywane w Polsce w latach 2003-2023 dały łącznie 1 802 próbki niezgodne, w tym 135 to próbki niezgodne ryb z zawartością barwników (ryc. 9). Udział procentowy próbek niezgodnych stwierdzanych w badaniach barwników w rybach w poszczególnych latach był w zakresie od 0,7% w 2003 r. do 13,4% w 2016 r. (ryc. 10) i stanowił średnio 7,49% wszystkich próbek niezgodnych jakie uzyskano w badaniach kontrolnych pozostałości chemicznych we wszystkich matrycach i wszystkich kierunkach (ryc. 11).



Ryc. 10. Odsetek próbek niezgodnych ryb z barwnikami i próbek niezgodnych pozostałych matryc z innymi substancjami w Polsce w poszczególnych latach 2003-2023



Ryc. 11. Odsetek próbek niezgodnych ryb z barwnikami i próbek niezgodnych pozostałych matryc z innymi substancjami w Polsce w latach 2003-2023

## 7. Analiza jakościowa i ilościowa wyników w próbkach niezgodnych ryb z barwnikami

Wytyczne dotyczące wydajności metod analitycznych i interpretacji wyników do celów urzędowej kontroli pozostałości substancji farmakologicznie czynnych stosowanych u zwierząt przeznaczonych do produkcji żywności, w tym ryb, zostały ujęte w decyzji Komisji 2002/657/WE z dnia 14 sierpnia 2002 r. zastąpionej rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2021/808 z dnia 22 marca 2021 r.

Do badań kontrolnych pozostałości barwników w rybach od 2003 do 2015 r. stosowano technikę chromatografii cieczowej połączonej z detektorem absorpcji światła widzialnego oraz fluorescencyjnym (LC-VIS/FLD). Od 2005 r. jako metodę potwierdzającą wykorzystywano metodę chromatografii cieczowej ze spektrometrią tandemową z potrójnym kwadrupolem (LC-MS/MS).

Początkowo w próbkach ryb badano obecność zieleni malachitowej i zielni leukomalachitowej. Od 2014 r. zakres badanych barwników został rozszerzony o fiolet krystaliczny i fiolet leukokrystaliczny, a w 2020 r. o zieleń brylantową.

Na przestrzeni lat zmieniały się też limity. Decyzją Komisji nr 2004/25/WE z dnia 22 grudnia 2003 r., wymagany minimalny poziom oznaczania (MRPL) został

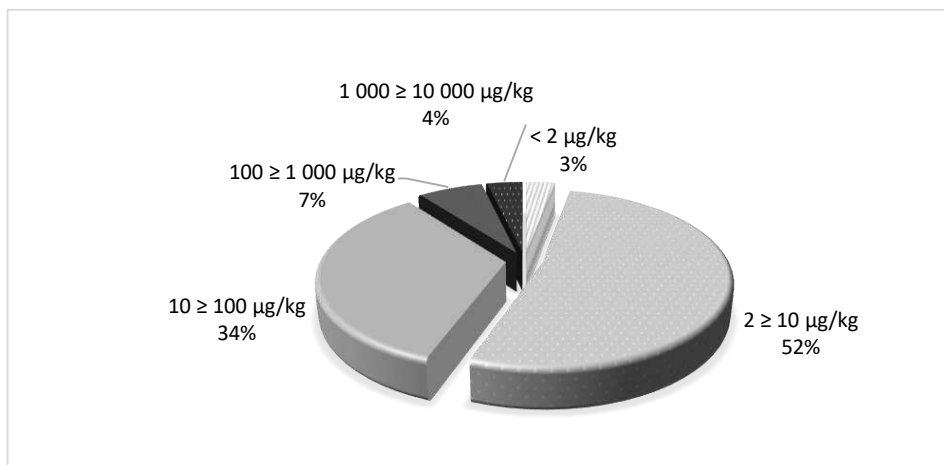
wyznaczony dla sumy zieleni malachitowej i leukomalachitowej na poziomie 2 µg/kg. Następnie zgodnie z decyzją Komisji nr 2005/34/WE z dnia 11 stycznia 2005 r. ustanawiającą zharmonizowane normy badania na obecność niektórych pozostałości w produktach pochodzenia zwierzęcego przywożonego z krajów trzecich, MRPL zaczęto stosować jako punkt odniesienia dla działań kontrolnych (RPA), który określa minimalne poziomy wykrywalności i identyfikacji substancji farmakologicznie czynnych oraz kryteria podjęcia działań w przypadku ich stwierdzenia. Przy interpretacji wyników, żywność pochodzenia zwierzęcego, zawierającą pozostałości substancji farmakologicznie czynnej w stężeniu równym lub wyższym od RPA, uznaje się za niezgodną z prawodawstwem unijnym i nie wprowadza się do łańcucha pokarmowego. Natomiast dla żywności zawierającej pozostałości substancji farmakologicznie czynnej w stężeniu poniżej RPA nie ma zakazu wprowadzania do łańcucha pokarmowego. W każdym przypadku stwierdzenia pozostałości substancji zabronionych lub niedozwolonych, niezależnie czy są to stężenia wyższe, równe lub niższe od RPA, właściwy organ przeprowadza dochodzenia w celu ustalenia czy doszło do nielegalnego leczenia zakazaną lub niedozwoloną substancją farmakologicznie czynną. Rozporządzeniem Komisji (UE) 2019/1871 uchylono decyzję Komisji 2005/34/WE i obniżono RPA dla sumy zieleni malachitowej i leukomalachitowej z 2 µg/kg do 0,5 µg/kg, a nowa wartość RPA obowiązuje od dnia 28 listopada 2022 r.

Dla pozostałych barwników bez wyznaczonych RPA, unijne laboratoria referencyjne zaproponowały minimalne stężenia, które laboratoria urzędowe powinny być w stanie wiarygodnie oznaczyć (MMPR). Dla fioletu krystalicznego, fioletu leukokrystalicznego oraz zieleni brylantowej jest to wartość 0,5 µg/kg.

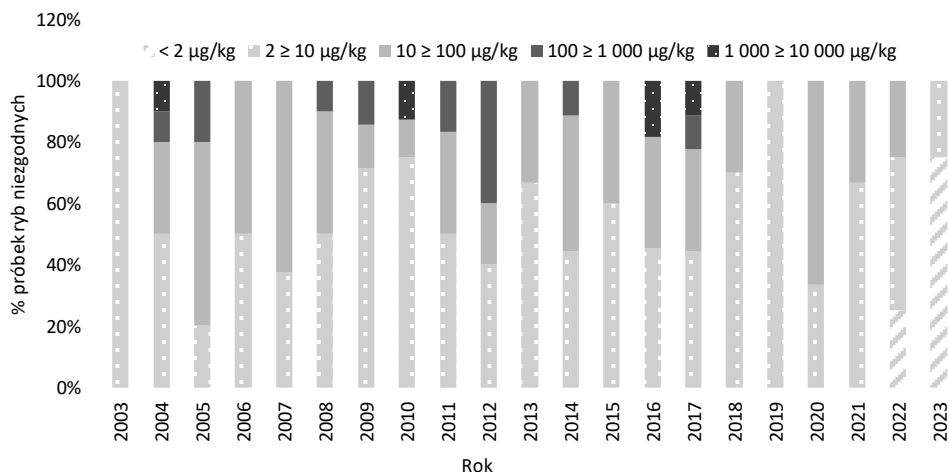
Należy podkreślić, że wartości tych w żadnym wypadku nie należy uważać za granice egzekwowania prawa, a jedynie jako wytyczne techniczne dla metod analitycznych w zakresie kontroli pozostałości, które mają na celu zapewnienie spójności i harmonizacji metod analitycznych stosowanych w całej UE. Laboratoria urzędowe powinny zapewnić, by w analizie substancji zakazanych lub niedozwolonych zdolność wykrywania w badaniach przesiewowych (CCB) lub decyzyjna wartość graniczna na potrzeby potwierdzenia (CCa) były niższe niż MMPR. W przypadku substancji bez wyznaczonych RPA, za wynik niezgodny uznaje się stężenie oznaczone w próbce metodą potwierdzającą (umożliwiającą jednoznaczną identyfikację substancji i jej ilościowe określenie) w wysokości powyżej CCa.

W latach 2003-2023 większość próbek ryb niezgodnych ze względu na barwniki zawierała zieleni leukomalachitową, czyli metabolit zieleni malachitowej, który jest pozostałością znacznikową ze względu na wysoką lipofilowość i długie pozostawanie w organizmie ryb. W niektórych przypadkach stwierdzano sumę zieleni malachitowej i jej metabolitu, jednak zawsze metabolit występował w wyższych stężeniach niż substancja macierzysta. Na 135 próbek niezgodnych dla barwników, tylko 2 próbki zawierały fiolet krystaliczny i/lub fiolet leukokrystaliczny (w 2019 i 2020 r.), a w 1 próbce stwierdzono zieleni brylantową (w 2023 r.).

Wykrywane stężenia sumy barwników w badanych próbkach ryb w Polsce w latach 2003-2023 były w bardzo szerokim zakresie od  $< 2$  do  $> 10\ 000$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ . W ponad połowie próbek niezgodnych ryb wykrywane stężenia barwników kształtowały się w przedziale  $2 \geq 10$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (52%). Mniejszy odsetek niezgodnych próbek ryb zawierał stężenia barwników w przedziale  $10 \geq 100$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (34%), oraz w przedziale  $100 \geq 1\ 000$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  (7%). Najwyższe stężenia barwników  $\geq 1\ 000$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  stwierdzono w 5 próbkach (4%) w latach 2004, 2010, 2016 i 2017. Rekordowo wysokie stężenie odnotowano w 2016 r. w próbce karpia, która zawierała 46  $\mu\text{g}/\text{kg}$  zieleni malachitowej i 2 640  $\mu\text{g}/\text{kg}$  leukomalachitowej. Najniższe stężenia barwników  $< 2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  stwierdzono w 4 próbkach (3%) w latach 2022 i 2023, gdy obowiązywał RPA obniżony do wartości 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (ryc. 12 i 13).



Ryc. 12. Odsetek próbek ryb z barwnikami w poszczególnych zakresach stężeń w Polsce w latach 2003-2023



Ryc. 13. Odsetek próbek ryb z barwnikami w poszczególnych zakresach stężeń w Polsce w kolejnych latach 2003-2023

## 8. Kontrola barwników w produktach akwakultury z krajów trzecich

Od 2003 r. oprócz krajowych ryb hodowlanych, również próbki z krajów trzecich podlegają kontroli pozostałości substancji farmakologicznie czynnych, w tym barwników. Od 2023 r. kontrola taka ujęta jest w oddzielnym „Krajowym planie kontroli pozostałości zakazanych lub niedopuszczonych substancji farmakologicznie czynnych oraz weterynaryjnych produktów leczniczych u zwierząt i w żywności pochodzenia zwierzęcego opartym na analizie ryzyka dla przywozu z państw trzecich. Liczba próbek akwakultury przewidziana do pobrania w ramach tego planu dla substancji z grupy A i B wynosi co najmniej 7 % przywożonych przesyłek. Próbkę w kierunku obecności substancji z grupy A powinny stanowić minimum 5% wszystkich próbek.

Dotychczas w próbkach importowanych ryb zieleń leukomalachitową stwierdzono w latach 2005-2007 w węgorzach z Chin w stężeniach od 3 do 110 µg/kg. W 2006 i 2010 r. wykryto zieleń leukomalachitową (3 µg/kg) w pandze z Wietnamu, a wyjątkowo wysokie stężenia barwników oznaczono w 2006 r. w węgorzu z Indonezji, który zawierał 5 680 µg/kg zieleni leukomalachitowej i 654 µg/kg fioletu leukokrytylicznego.

## 9. Podsumowanie

Prowadzone corocznie badania kontrolne pozostałości chemicznych, w tym barwników, w rybach pozwalają ocenić je jako bezpieczne dla konsumenta. W przypadku barwników kontrolowanych w Polsce na przestrzeni lat 2003-2023 zauważa się tendencję spadkową w liczbie próbek niezgodnych i poziomach stężeń barwników w krajowych rybach hodowlanych, co świadczy o rosnącej świadomości hodowców w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa produkowanej żywności, a także jest efektem zaangażowania i współpracy między Inspekcją Weterynaryjną wszystkich szczebli, a laboratoriami ZHW i Krajowym Laboratorium Referencyjnym. Ponadto realizowany weterynaryjny krajowy program badań kontrolnych pozostałości w tkankach zwierząt i żywności pochodzenia zwierzęcego jest na bieżąco dostosowywany do wymagań Komisji Europejskiej i gwarantuje Polsce swobodny międzynarodowy obrót żywnością pochodzenia zwierzęcego.

## 10. Piśmiennictwo

1. Antychowicz J.: Choroby i zatrucia ryb. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 1996.
2. Decyzja Komisji 2004/25/WE z dnia 22 grudnia 2003 r. zmieniająca decyzję 2002/657/WE w odniesieniu do ustalania minimalnych wymaganych wartości granicznych wydajności (MRPL) dla niektórych pozostałości w żywności pochodzenia zwierzęcego Dz.U. L6 z 10.1.2004. p. 38.
3. Decyzja Komisji 2005/34/WE z dnia 11 stycznia 2005 r. ustanawiająca zharmonizowane normy badania na obecność niektórych pozostałości w produktach pochodzenia zwierzęcego przywożonego z krajów trzecich. Dz.U. L 16 z 20.1.2005, p. 61-63.
4. Decyzja Komisji z dnia 14 sierpnia 2002 r. wykonująca dyrektywę Rady 96/23/WE dotyczącą wyników metod analitycznych i ich interpretacji (2002/657/WE). Dz.U. L 221 z 17.8.2002, p. 8-36.
5. Dyrektywa Rady 96/23/WE z dnia 29 kwietnia 1996 r. w sprawie środków monitorowania niektórych substancji i ich pozostałości u żywych zwierząt i w produktach pochodzenia zwierzęcego oraz uchylająca dyrektywy 85/358/EWG i 86/469/EWG oraz decyzje 89/187/EWG i 91/664/EWG. Dz.U. L 125 z 23.5.1996, s. 10-32.
6. EURL guidance on minimum method performance requirements (MMPRs) for specific pharmacologically active substances in specific animal matrices. European Union Reference Laboratories supported by the European Commission. Version 2.0 June 2022.

7. Le Curieux F., Gohlke J.M., Pronk A., Andersen W. C., Chen G. S., Fang J. L., Mitrowska K., Sanders P J J, M Sun M, Umbuzeiro G.A, Umemura T. Carcinogenicity of gentian violet, leucogentian violet, malachite green, leucomalachite green, and CI Direct Blue 218. *Lancet Oncology*, 2021 22, 585-586.
8. Mitrowska K., Posyniak A. Zmudzki J. Determination of malachite green and leucomalachite green in carp muscle by liquid chromatography with visible and fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, 2005, 1089, 187-192.
9. Mitrowska K., Posyniak A. Zmudzki J. Determination of malachite green and leucomalachite green residues in water using liquid chromatography with visible and fluorescence detection and confirmation by tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 2008, 1207, 94-100.
10. Mitrowska K., Posyniak A. Zmudzki J. Rozmieszczenie i kinetyka zanikania zieleni malachitowej i zieleni leukomalachitowej w tkankach i narządach karpia. *Medycyna Weterynaryjna*, 2008, 64, 1055-1058.
11. Mitrowska K., Posyniak A. Zieleń malachitowa - aspekty farmakologiczne, toksykologiczne i kontrola pozostałości. *Medycyna Weterynaryjna*, 2005, 61, 742-745.
12. Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2022/1644 z dnia 7 lipca 2022 r. uzupełniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/625 o szczególne wymogi dotyczące przeprowadzania kontroli urzędowych stosowania substancji farmakologicznie czynnych dopuszczonych jako weterynaryjne produkty lecznicze lub jako dodatki paszowe oraz zakazanych lub niedopuszczonych substancji farmakologicznie czynnych i ich pozostałości. *Dz.U. L 248 z 26.9.2022*, s. 3-17.
13. Rozporządzenie Komisji (UE) 2019/1871 z dnia 7 listopada 2019 r. w sprawie punktów odniesienia dla działań kontrolnych, dotyczących niedozwolonych substancji farmakologicznie czynnych obecnych w żywności pochodzenia zwierzęcego oraz uchylające decyzję 2005/34/WE. *Dz.U. L 289 z 08.11.2019*, s. 41-46.
14. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 37/2010 z dnia 22 grudnia 2009 r. w sprawie substancji farmakologicznie czynnych i ich klasyfikacji w odniesieniu do maksymalnych limitów pozostałości w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. *Dz.U. L 15 z 20.1.2010*, s.1-72.
15. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/625 z dnia 15 marca 2017 r. w sprawie kontroli urzędowych i innych czynności urzędowych przeprowadzanych w celu zapewnienia stosowania prawa żywnościowego i paszowego oraz zasad dotyczących zdrowia i dobrostanu zwierząt, zdrowia roślin i środków ochrony roślin, zmieniające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001, (WE) nr 396/2005, (WE) nr 1069/2009, (WE) nr 1107/2009, (UE) nr 1151/2012, (UE) nr 652/2014, (UE) 2016/429 i (UE) 2016/2031, rozporządzenia Rady (WE) nr 1/2005 i (WE) nr 1099/2009 oraz dyrektywy Rady

98/58/WE, 1999/ 74/WE, 2007/43/WE, 2008/119/WE i 2008/120/WE, oraz uchylające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 854/2004 i (WE) nr 882/2004, dyrektywy Rady 89/608/EWG, 89/662/ EWG, 90/425/EWG, 91/496/EWG, 96/23/WE, 96/93/WE i 97/78/WE oraz decyzję Rady 92/438/EWG (rozporządzenie w sprawie kontroli urzędowych). Dz.U. L 95 z 7.4.2017, s. 1-142.

16. Rozporządzenie Rady (EWG) NR 2377/90 z dnia 26 czerwca 1990 r. ustanawiające wspólnotową procedurę dla określania maksymalnego limitu pozostałości weterynaryjnych produktów leczniczych w środkach spożywczych pochodzenia zwierzęcego. Dz.U. L 224 z 18.8.1990, s. 1-8.
17. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2021/808 z dnia 22 marca 2021 r. w sprawie wydajności metod analitycznych w odniesieniu do pozostałości substancji farmakologicznie czynnych stosowanych u zwierząt, od których lub z których pozyskuje się żywność, oraz interpretacji wyników, jak również w sprawie metod stosowanych do pobierania próbek oraz uchylające decyzje 2002/657/WE i 98/179/WE. Dz.U. L 180 z 21.5.2021, s. 84-109.
18. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2022/1646 z dnia 23 września 2022 r. w sprawie jednolitych praktycznych rozwiązań dotyczących przeprowadzania kontroli urzędowych w odniesieniu do stosowania substancji farmakologicznie czynnych dopuszczonych jako weterynaryjne produkty lecznicze lub jako dodatki paszowe oraz zakazanych lub niedopuszczonych substancji farmakologicznie czynnych i ich pozostałości, w sprawie treści wieloletnich krajowych planów kontroli oraz w sprawie szczególnych ustaleń dotyczących ich opracowywani. Dz.U. L 248 z 26.9.2022, s. 32-45.

## Wrzodziejąca martwica skóry (UDN) ryb łososiowatych – analiza zagrożenia

**Agnieszka Pękala-Safińska**

Katedra Nauk Przedklinicznych i Chorób Zakaźnych, Wydział Medycyny  
Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
60-637 Poznań, Wołyńska 35, agnieszka.pekala-safinska@up.poznan.pl

### 1. Wstęp

Wrzodziejąca martwica skóry, w skrócie nazywana UDN (ang. ulcerative dermal necrosis), jest zaburzeniem zdrowotnym ryb łososiowatych wolno żyjących, o dotąd nieustalonej etiologii. Geneza tego schorzenia określanego jako wieloczynnikowy zespół chorobowy, syndrom polietologiczny, wciąż pozostaje nieznana. UDN nie jest nowym zaburzeniem zdrowotnym ryb. Historia jego występowania sięga bowiem XIX wieku, a dokładnie 1866 roku, w którym to po raz pierwszy opisano chorobę (Roberts 1993). Początkowo UDN obserwowano u troci i łososi występujących w wodach Wysp Brytyjskich, z czasem kolejne przypadki odnotowywano w północno-zachodniej Francji oraz Morzu Bałtyckim (Brown i wsp., 1966; De Kinkelin i wsp., 1971; Murrphy 1973; Grudniewska i wsp. 2011; Pękala-Safińska i wsp., 2020). Poza wymienionymi zlewniami wodnymi, wrzodziejącej martwicy skóry nigdzie indziej nie stwierdzono, co więcej, nigdy nie odnotowano jej występowania u ryb hodowlanych (Roberts 1993). W Polsce UDN obserwowane jest od co najmniej 30 lat u tarlaków troci wędrownych (*Salmo trutta* morpha *trutta*) migrujących z morza celem odbycia tarta w rzekach przybrzeża Morza Bałtyckiego (Sobiergraj, 2022; Stokowski i wsp., 2022).

We wstępnej fazie choroby, u ryb widoczne są niewielkie, ogniskowe, owalne zmiany w naskórku, zlokalizowane głównie w okolicy głowy oraz grzbietu, które rozprzestrzeniają się błyskawicznie, powodując depigmentację skóry, a następnie ubytki tusek i nadzěrki. Uszkodzona skóra staje się bramą wejścia różnych oportunistycznych patogenów (bakterii, grzybów), które mogą powodować wtórne infekcje. Widocznym efektem tych właśnie procesów są chociażby inwazje grzybów, a zaatakowane nimi ryby opisywane są jako pleśniejące. Konsekwencją interakcji mikroorganizm-ryba mogą być śnięcia tych ostatnich. Śnięcia ryb mogą być spowodowane również niewydolnością krążeńiową wynikającą z zaburzenia równowagi osmotycznej, której przyczyną jest uszkodzenie dużego obszaru

naskórka i skóry ryb (Kazuń i wsp., 2011; Pękala-Safińska i wsp., 2020; Roberts 1993).

Celem opracowania jest przedstawienie dotychczasowych wyników badań troci wędrownych przeprowadzonych w naszym kraju przez różne ośrodki i zespoły badawcze, wskazując na potencjalne możliwości i kierunki dalszych analiz zmierzających do ustalenia czy też przybliżenia przyczyn powstawania zespołu chorobowego o nazwie wrzodziejąca martwica skóry (UDN).

## 2. Metodologia

Tarlaki troci wędrownej poddawano wielokierunkowym, interdyscyplinarnym badaniom. Wykonywano analizy kondycji ryb wraz z oznaczeniem wybranych parametrów krwi (Ciepliński i wsp., 2018; Grudniewska i wsp., 2012), a także badania immunologiczne, mikrobiologiczne (bakteriologiczne i mykologiczne), parazytologiczne oraz toksykologiczne i hormonalne (Kazuń i wsp., 2011; Kazuń i wsp., 2023; Pękala-Safińska i wsp. 2020; Pękala-Safińska i wsp., 2022; Posyniak i wsp., 2022). Oznaczano także enzymy i hormony steroidowe, które odgrywają istotną rolę nie tylko w funkcjach rozrodczych, ale również stanowią potencjalne biomarkery licznych dodatkowych funkcji u ryb (Matraszek-Żuchowska i wsp., 2022). Przeprowadzono także bardzo ciekawe badania środowiska, w których to dzięki zastosowaniu narzędzi statystycznych, analizie poddano temperatury panujące na polskim wybrzeżu i ich potencjalną zmienność, z zaznaczeniem występowania anomalii, w korelacji do odsetka wystąpienia UDN u ryb (Stokowski i wsp., 2022).

## 3. Omówienie wyników badań

Badania kliniczne przeprowadzone na tarlakach troci odłowionych z rzeki Stupia, a także innych rzek pomorskich jak Wieprza, Parsęta i Rega, wykazały objawy charakterystyczne dla UDN. Manifestowały się one ogniskowymi, owalnymi zmianami na skórze, jej depigmentacją, utratą łusek oraz ubytkami naskórka oraz skóry (Fot. 1) (Kazuń i wsp., 2011; Pękala-Safińska i wsp., 2020).

Analiza porównawcza wybranych parametrów krwi oznaczanych u ryb wykazujących zmiany UDN, w porównaniu do osobników klinicznie zdrowych, wykazała istotne statystycznie zmniejszenie liczby krwinek czerwonych, stężenia hemoglobiny oraz wartości hematokrytu u osobników chorych. Ponadto wykazano, iż wraz z pogarszającą się kondycją troci istotnie statystycznie zmniejsza się

stężenie białka całkowitego oraz albuminy, natomiast wzrasta stężenie mocznika (Ciepliński i wsp., 2018). Ta ostatnia wartość może wskazywać na niewydolność układu wydalniczego, co bezpośrednio rzutuje na ogólną kondycję ryb.

Badania bakteriologiczne wykonane ze zmian skórnych troci, u których zaobserwowano objawy UDN, wykazały obecność mikroflory typowej dla środowiska wodnego. W odniesieniu do patologii schorzeń występujących u ryb, florę tę określamy jako oportunistyczną. Może ona powodować zaburzenia zdrowotne u ryb jako konsekwencja aktywacji różnych czynników stresogennych. Wyizolowano: mezofilne wykazujące zdolność ruchu *Aeromonas*, *Chryseobacterium* spp., *Citrobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Serratia liquefaciens*, *Shewanella* spp. (Kazuń i wsp., 2011; Pękala-Safińska i wsp., 2022). W badaniach mikologicznych próbek pobranych ze skóry uzyskano wzrost białych, pióropuszcowanych kolonii grzybów (Fot. 2). Analiza z wykorzystaniem technik biologii molekularnej zidentyfikowała je jako *Fusarium* sp. Jak wykazano w badaniach histopatologicznych, strzępki grzyba penetrowały poprzez skórę do mięśni ryb (Pękala-Safińska i wsp. 2020). Obecność *Fusarium* sp. u tarlaków wywołała masową inwazję grzyba, przyczyniając się do rozprzestrzenienia jego toksyny o nazwie zearalenon (ZEN) w wątrobie, nerkach i przewodzie pokarmowym troci (Pękala-Safińska i wsp. 2020). Doszło więc do zatrucia toksynami całego organizmu.

W badaniu anatomopatologicznym troci zaobserwowano obrzmiałe wyrostki pyloryczne. Spowodowane to było obecnością tasiemców w ich świetle. Pasożyty występowały tylko i wyłącznie u ryb wykazujących objawy kliniczne UDN. Po rozcięciu przewodu pokarmowego wykazano masową inwazję tasiemców, które dzięki technikom molekularnym zidentyfikowano jako *Eubothrium crassum*. Członowane strobile tasiemców miały długość 5 – 30 cm (Fot. 3) (Pękala-Safińska i wsp., 2022).

Analiza pozostałości substancji toksycznych nie dała jednoznacznych wyników. Wykazano jedynie, że substancje obecne w pobranych od ryb próbkach mogły występować w takich stężeniach, które nie wywierają bezpośredniego oddziaływania na organizm w sposób mogący jednoznacznie łączyć je ze zmianami chorobowymi.

Z drugiej jednak strony, nie można wykluczyć, że przebywanie ryb w warunkach skażonego środowiska, przy długotrwałej ekspozycji nawet na

śladowe stężenia substancji aktywnych biologicznie, może skutkować zaburzeniami procesów zachodzących w organizmie (Posyński i wsp., 2022). Co ciekawe, wykazano różnice w poziomach hormonów płciowych (testosteronu i estradiolu) u ryb z objawami UDN i klinicznie zdrowymi. Jednak zbyt mała liczba ryb użytych w analizach nie pozwala na zasadnicze wnioskowanie. Niemniej nie można wykluczyć, że niskie stężenia testosteronu i estradiolu mogą wpływać negatywnie na ogólną kondycję ryb, przyczyniając się do wysępowania i/lub pogłębiania zmian chorobowych (Posyński i wsp., 2022).

Bardzo interesujące wyniki analiz środowiskowych wykazały istnienie istotnej statystycznie korelacji pomiędzy anomaliami temperatury na polskim wybrzeżu, a odsetkiem występowania UDN u troci w Polsce. Zjawisko to może stanowić o wpływie zmian biogeochemicznych zachodzących w estuariach, które związane są ze zmianami klimatycznymi, na etiologię UDN. Przepuszczalnie anomalie temperatury nie są bezpośrednią przyczyną UDN, mogą jednak w znacznym zakresie kreować warunki sprzyjające rozwojowi choroby. Występowanie UDN może sugerować ograniczone zdolności adaptacyjne ryb do nowych warunków biogeochemicznych (Stokowski i wsp., 2022).

## Podsumowanie

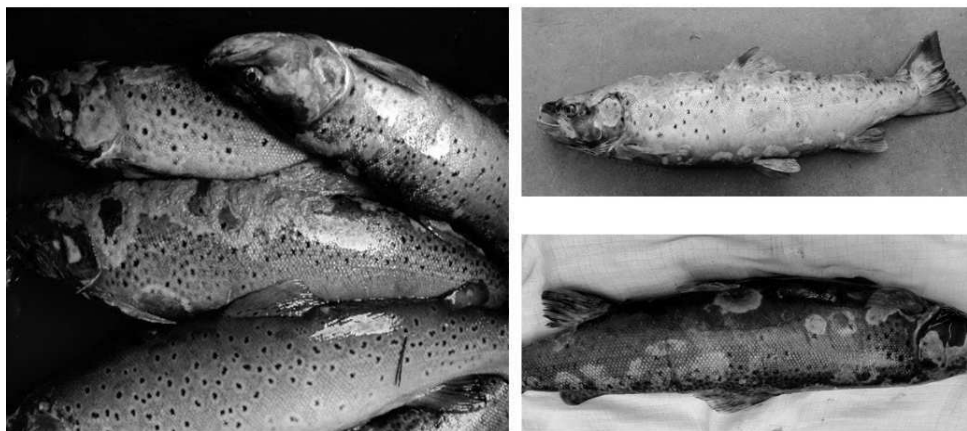
Interdyscyplinarne badania nad etiologią i patogenezą UDN prowadzone są w Polsce przez różne zespoły badawcze od wielu lat. Zagadnieniom tym poświęcone było wiele spotkań, m. in. w Urzędzie Marszałkowskim w Gdańsku (2012 rok), w tym konferencja naukowa pt. „Problemy zdrowotne tarlaków troci i łososi – ocena zagrożenia” zorganizowana w 2022 roku przez Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, we współpracy z Instytutem Rybactwa Śródlądowego-PIB w Olsztynie oraz polskim oddziałem European Association of Fish Pathologists. Obecnie temat UDN u troci i łososi realnie powraca. A to za sprawą rozmów toczących się w ramach ICES The Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (ICES WGBAST). Na forum tym Polskę reprezentuje dr Katarzyna Nadolna-Attyń z Morskiego Instytutu Rybackiego-PIB w Gdyni, która współorganizuje grupę roboczą mającą za cel analizę zagadnień dotyczących statusu zdrowotnego łososi i troci w Morzu Bałtyckim. Swój udział potwierdzili naukowcy z różnych krajów, w tym z Finlandii oraz Danii. Wspólnie analizie poddana zostanie aktualna sytuacja i stan wiedzy z zakresu UDN, dzięki czemu wyznaczone zostaną kierunki

dalszych aktywności zmierzających do poszukiwania wyjaśnień przyczyn zaburzeń zdrowotnych obserwowanych u łososi i troci w Morzu Bałtyckim.

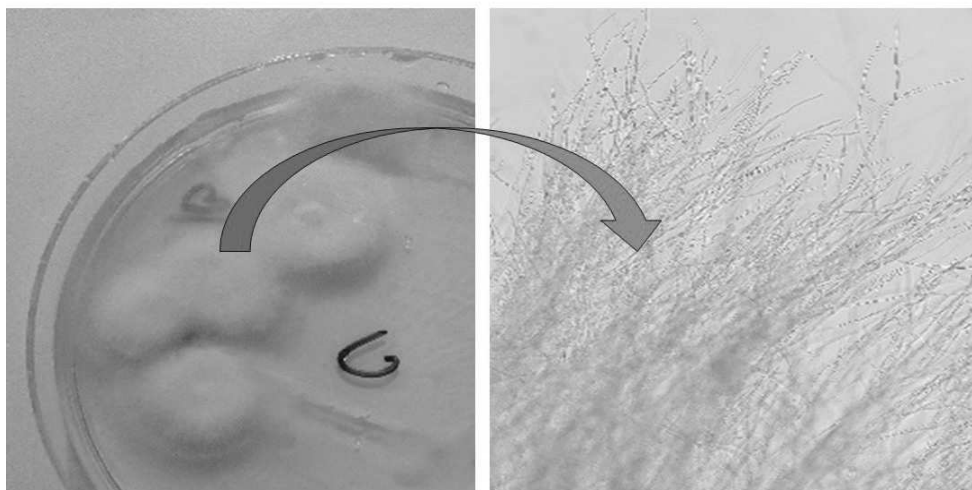
### Piśmiennictwo:

1. Brown M.E., Collins V.G. (1966) Irish salmon disease: An interim report. *Salmon & Trout Magazine*, 178, 180-188.
2. Ciepliński M., Kasprzak m., Grandtke M., Steliga A., Kamiński P., Jerzak L. (2018) The impact of UDN on selectwed blood parameters of female sea trout *Salmo trutta m. trutta* L. spawners. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Naturae*, 3 (supplement), 7-16.
3. De Kinkelin P., Le Turdu Y., Brizon A.-M., Cohen J., L´Haridon J., Le Joncourt M. (1971) L'enzootie d' "Ulcerative Dermal Necrosis" du saumon (*Salmo salar*, L. 1766) en Bretagne. *Bulletin Francais de Pisciculture*, 241, 115-126.
4. Grudniewska J., Bartel R., Bernaś R., Ciżmowski Ł., Jesiotowski M., Kacperska B., Kazuń B., Marczyński A., Sarabura T., Pender R., Połomski S., Skóra M., Sobocki M., Terech-Majewska E., Wołyński P., Siwicki A.K. (2011) Zmiany patologiczne w skórze tarlaków łososia (*Salmo salar*) i troci (*Salmo trutta m. truttta*) z niektórych pomorskich rzek w 2009 roku. *Komunikaty Rybackie*, 2(121), 7-12.
5. Grudniewska J., Bartel R., Terech-Majewska E., Kazuń B., Siwicki A.K. (2012) Ocena liczebności, kondycji oraz stanu zdrowotnego tarlaków troci (*Salmo trutta trutta*) i łososi (*Salom salar*) zagrożonych chorobą UDN w niektórych polskich rzekach w 2010 roku. *Komunikaty Rybackie*, 5(130), 1-7.
6. Kazuń B., Grudniewska J., Terech-Majewska E., Kazuń K., Głąbski E., Siwicki A.K. (2011) Ocena stanuzdrowotnego tarlaków troci (*Salmo trutta trutta*) z rzek pomorskich na podstawie badań mikrobiologicznych i immunologicznych, prowadzonych w 2010 roku. *Komunikaty Rybackie*, 5 (124), 1-4.
7. Kazuń B., Terech-Majewska E., Grudniewska J., Kazuń K. (2023) UDN-like disease in spawners of salmonid fishes from the Rega, Parsęta, Wieprza, and Stupia rivers in 2009-2012. *Fisheries & Aquatic Life*, 2, 64-71.
8. Matraszek-Żuchowska I., Kłopot A., Witek S., Pękala-Safińska A., Posyniak A. (2022) Development of analytical procedure for the determination of 17-testosterone, 11-ketotestosterone and 17-estradiol in the Sea trout (*Salmo trutta* L.) gonads. *Separations*, 9(10), 293, doi.org/10.3390/separations9100293
9. Murrphy T. (1973) Ulcerative dermal necrosis (UDN) of salmonids – a review. *Irish Veterinary Journal*, 27, 85-90.

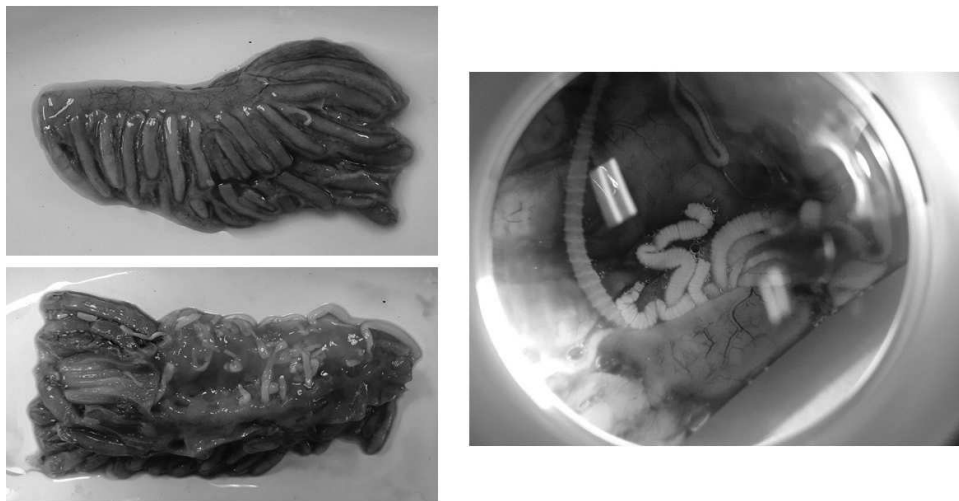
10. Pękala-Safińska A., Jedziniak P., Kycko A., Ciepliński M., Paździor E., Panasiuk Ł., Kasprzak M., Jerzak L. (2020) Could mycotoxigenic *Fusarium* sp. play a role in ulcerative dermal necrosis (UDN) of brown trout (*Salmo trutta* morpha *trutta*)? *Mycotoxin Research*, 36, 311-318.
11. Pękala-Safińska A., Karamon J., Różycki M., Paździor E., Jedziniak P., Sobiegraj W., Grudniewska J. (2022) Analiza wyników badań diagnostycznych tarlaków troci poławianych w rzece Stupi. W: Problemy zdrowotne tarlaków troci i łososi – ocena zagrożenia. Streszczenie referatów, 29-31. Konferencja naukowa, Poznań 24 czerwca 2022.
12. Posytniak A., Matraszek-Żuchowska I., Pękala-Safińska A., Warenik-Bany M., Błądek T., Durkalec M., Kiljanek T. (2022) Badanie wpływu substancji skażających środowisko wodne na poziom hormonów płciowych w organizmie troci wędrowniej. W: Problemy zdrowotne tarlaków troci i łososi – ocena zagrożenia. Streszczenie referatów, 38-41. Konferencja naukowa, Poznań 24 czerwca 2022.
13. Roberts R.J. (1993) Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. *Fisheries Research*, 17, 3-14.
14. Sobiegraj W. (2022) Wrzodziejąca martwica skóry (UDN) z perspektywy użytkownika obwodu rybackiego. W: Problemy zdrowotne tarlaków troci i łososi – ocena zagrożenia. Streszczenie referatów, 13-16. Konferencja naukowa, Poznań 24 czerwca 2022.
15. Stokowski M., Gozdowska M., Sobiegraj W., Winogradow A., Kulczykowska E. (2022) Czy zmiany klimatyczne mogą mieć związek z wrzodziejącą martwicą skóry (UDN) ryb łososiowatych? W: Problemy zdrowotne tarlaków troci i łososi – ocena zagrożenia. Streszczenie referatów, 19-20. Konferencja naukowa, Poznań 24 czerwca 2022.



Fot. 1. Tarlaki troci odtowione z rzeki Stupi - widoczne zmiany skórne charakterystyczne dla UDN (Fot. A. Pękala-Safińska, M. Ciepliński).



Fot. 2. Kolonie i strzępki grzyba wizolowane z próbek pobranych ze skóry ryb (Fot. A. Pękala-Safińska).



Fot. 3. Masowa inwazja tasiemców w przewodzie pokarmowym troci – widoczne obrzęknięte wyrostki pyloryczne, w których znajdują się strobile tasiemców (Fot. A. Pękała-Safińska).

## Związki bioaktywne w diecie - dystrybucja z paszy do mięsa i ikry pstrąga

**Agata Anna Cejko**

**Zakład Bioekonomiki Rybactwa**

**Instytut Rybactwa Śródlądowego – Państwowy Instytut Badawczy**

10-719 Olsztyn, Oczapowskiego 10, a.cejko@infish.com.pl

### **1. Wstęp**

Celowe wykorzystanie związków bioaktywnych w hodowli ryb wspiera rozwój zrównoważonej akwakultury i bezpieczeństwo żywności. Dzięki biokomponentom w paszach można ograniczyć stosowanie tradycyjnych źródeł białka i tłuszczu czy niwelować negatywne skutki ich deficytów w diecie ryb. Dodatkowo związki te, dzięki swoim właściwościom immunostymulującym, redukują konieczność stosowania farmaceutyków, w tym antybiotyków, co przyczynia się do ochrony środowiska wodnego oraz bioróżnorodności. Takie praktyki wspierają produkcję bezpiecznej i wysokiej jakości żywności oraz przyczyniają się do zrównoważenia sektora akwakultury.

Identyfikacja związków bioaktywnych w diecie zdeterminowała w ostatnich latach kierunki badań żywieniowych oraz promowanie wysokiej jakości produktów rybnych (Awuchi i in. 2022). Zawartość związków bioaktywnych w komponowanych paszach podnosi wartość odżywczą mięsa ryb oraz poprawia ich dobrostan w hodowli, a w konsekwencji wskaźniki podchowu w tym odporność na choroby. Stąd też optymalizacja składu pasz skupia się w ostatnich latach na poszukiwaniu biokomponentów łatwo dostępnych i najbardziej skutecznych w uzyskaniu wysokiej jakości biologicznej ryb hodowlanych.

### **2. Źródło, klasyfikacja i znaczenie związków bioaktywnych w akwakulturze**

Związki bioaktywne, według definicji narodowych instytutów zdrowia, to nie odżywcze składniki diety lub jej suplementów, które wykazują klinicznie potwierdzony wpływ na zdrowie (Piłat i Zadernowski 2017). Występują one w związkach organicznych, takich jak białka, węglowodany czy lipidy, które są kluczowe dla zaspokojenia potrzeb energetycznych i budulcowych organizmów. Dlatego też substancje bioaktywne są stale dostarczane do organizmu, choć

w różnych ilościach (makro- i mikroelementy oraz witaminy również wykazują aktywność biologiczną). Dlatego żywność konwencjonalna o znacznej ich zawartości posiada często klinicznie udokumentowany pozytywny wpływ na zdrowie i jest zaliczana do tzw. żywności funkcjonalnej (należą do niej ryby). Rozwój technik badawczych umożliwił identyfikację wielu biologicznie czynnych substancji w surowcach pochodzenia roślinnego, zwierzęcego i mikrobiologicznego (tab. 1). Substancje te katalizują, hamują lub regulują procesy fizjologiczne i metaboliczne na poziomie komórkowym (Piłat i Zadernowski 2017).

**Tabela 1.** Klasyfikacje związków bioaktywnych ze względu na ich pochodzenie, strukturę chemiczną i funkcje terapeutyczne

Grupa związków	Przykład biomolekuły	Źródło pozyskania
<b>Grupy związków<sup>1</sup></b>		
Związki fenolowe	Fenolokwasy, flawonoidy	Rośliny
Terpenoidy	Karotenoidy, tokoferole, saponiny, monoterpény	Rośliny
Niebiałkowe związki azotowe	Alkaloidy, aminy, aminokwasy niebiałkowe, glikozydy, glukozynolany	Rośliny
<b>Kategorie składników bioaktywnych<sup>2</sup></b>		
Aminokwasy, peptydy, białka	Aminokwasy egzogenne, kolagen, karnityna, tauryna	Hydrolizaty białkowe, produkty zwierzęce
Wielonienasycone kwasy tłuszczowe	LC-PUFA i kwasy omega-3 (EPA, DHA, ARA, ALA)	Ryby, owoce morza, oleje roślinne, algi, np. <i>Spirulina</i> , <i>Chlorella</i>
Witaminy	A, D, E, C, witaminy z grupy B	Produkty zwierzęce, rośliny
Składniki mineralne	Jod, wapń, magnez, żelazo, cynk, selen, mangan	Produkty zwierzęce, rośliny
Probiotyki	<i>Lactobacillus</i> sp., <i>Bifidobacterium</i> sp., produkty fermentacji	Mikroorganizmy i ich metabolity
Prebiotyki	Inulina, oligofruktoza, oligogalaktoza, β-glukany, mannooligosacharydy	Rośliny (np. cykorja) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , ekstrakty drożdżowe

	(MOS)	
Cholina	Witamina B wyodrębniona ze względu na właściwości terapeutyczne	Produkty zwierzęce
Lecytyna	Estry kwasów glicerynofosforowego i nienasyconych kwasów tłuszczowych, z resztą choliny	Rośliny oleiste (np. soja), zwierzęta morskie (ryby)
Substancje fitochemiczne	Izoprenoidy, glikozydy, metabolity roślin wyższych	Rośliny
Flawonoidy	Katechiny, flawonole, flawony, antocyjany	Herbata, owoce, warzywa, soja
Izoprenoidy	Terpeny, sterole, karotenoidy	Owoce, zioła
Glikozydy	Glikozydy siarkowe, izoflawonowe	Rośliny krzyżowe
Sterole roślinne	Fitosterole (beta-sitosterol, stigmasterol, kampesterol i brassikasterol)	Nasiona roślin oleistych
Błonnik pokarmowy	Pektyny, glukany	Produkty zbożowe, nasiona, owoce

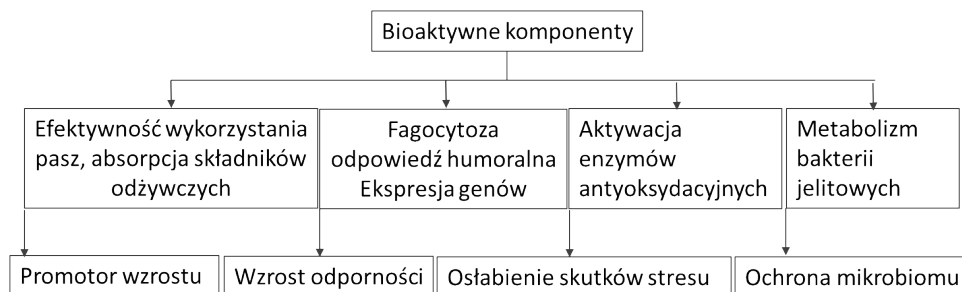
<sup>1</sup> Piłat i Zadernowski 2017

<sup>2</sup> Bezpieczeństwo Żywności 2020 (wyd. Wiedza i Praktyka); <https://bezpieczenstwozywnosci.wip.pl/> [dostęp 5 września 2024]

Dotychczas zidentyfikowano ponad 50 tys. związków bioaktywnych, z których większość to metabolity pochodzenia roślinnego. Szacuje się jednak, że ich liczba może być nawet dwukrotnie wyższa. Podstawą klasyfikacji tych związków jest struktura chemiczna, gdzie wyodrębnia się trzy główne grupy substancji bioaktywnych (tab. 1, Piłat i Zadernowski 2017). Poza wspomnianymi trzema kategoriami wyróżnia się też inne substancje bioaktywne, pochodzenia zwierzęcego. Najważniejsze z nich to długotańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe (z ang. *Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids*) z rodziny n-3 (LC-PUFA n-3), a także witaminy, skwalen i lizozym (Gajda i Bugła-Płoskońska 2014). Warto podkreślić, że LC-PUFA n-3, głównie występują w tkankach ryb,

zapewniając znaczną część dziennego rekomendowanego zapotrzebowania Polaków na ten składnik diety (Mojska i in. 2020).

W 2020 roku w magazynie „Bezpieczeństwo Żywności” (wyd. Wiedza i Praktyka), w numerze poświęconym zmianom w prawie żywnościowym, sklasyfikowano składniki bioaktywne w 14 kategoriach (<https://bezpieczenstwozywnosci.wip.pl/>) [dostęp 5 września 2024], spośród których pierwsze cztery (aminokwasy, peptydy, białka; wielonienasycone kwasy tłuszczowe; witaminy; minerały) Awuchi i in. [2022] wskazują jako cenne składniki ciała ryb o funkcji terapeutycznej. Ponadto, kolejne 10 kategorii (probiotyki, prebiotyki, cholina, lecytyna, fitochemikalia, flawonoidy, izoprenoidy, glikozydy, sterole roślinne, błonnik) obejmuje suplementy pasz stosowanych w akwakulturze, ze względu na ich wpływ na jakość podchowyanego materiału, w tym skład chemiczny mięsa, a więc i zdrowie konsumentów (rys. 1, tab. 2).



**Rys. 1.** Wpływ bioaktywnych komponentów paszy na organizm ryb (wg. doniesień Rana i in. 2024).

**Tabela 2.** Składniki bioaktywne w paszach komponowanych w oparciu o roślinne, zwierzęce i mikrobiologiczne komponenty i ich wpływ na organizm ryb hodowlanych, w tym łososia i pstrąga

<b>Biomolekuła</b>	<b>Pochodzenie</b>	<b>Efekt w podchowcie</b>	<b>Źródło</b>
EPA, DHA, ALA, LA	Tłuszcz rybny, z kryła, oleje roślinne, algi ( <i>Spirulina</i> sp., <i>Chlorella</i> sp.)	Immunostymulacja, wzrost wskaźników rozrodu, podchowu i wartości odżywczej ryb (LC-PUFA n-3 w filetach ryb)	Lutfi i in. 2023, Santigosa i in. 2023
Peptydy bioaktywne (funkcjonalne)	Mączka rybna, hydrolizaty białek rybnych (pozyskanych z różnych tkanek) i roślinnych (soja, groch), białko z owadów	Poprawa wskaźników podchowu (strawności i współczynnika pokarmowego pasz), wzrost odpowiedzi immunologicznej i tempa wzrostu ryb	Siddik i in. 2021
Aminokwasy egzogenne, kwasy tłuszczowe jednonienasycone i nasycone (C16), hydroksykwasy aromatyczne (np. kwas salicyłowy), kumaryny i taniny, polifenole w tym flawonoidy	Rośliny lecznicze (bogate w związki bioaktywne), np. aloes ( <i>Aloe vera</i> ), neem, komosa ryżowa	Poprawa tempa wzrostu, immunostymulacja odpowiedzi humoralnej i komórkowej, łagodzenie stanów zapalnych jelita	Abidin i in. 2022, Fehrmann-Cartes i in. 2022, Jackson i in. 2022
Probiotyki	Metabolity fermentacji mikroorganizmów, szczepy <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Bifidobacterium</i> sp.	Wzrost odpowiedzi immunologicznej komórkowej i humoralnej, poprawa tempa wzrostu, ochrona przed patogenami	Akhter i in. 2015

Prebiotyki	Drożdże, ekstrakty <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , glukany, oligosacharydy	Immunostymulacja, poprawa tempa wzrostu, homeostaza holobiontu	Akhter i in. 2015
Polifenole, flawonoidy, steroidy	Ekstrakty owoców (winogrona), zielonej herbaty, ziół (oregano, kurkuma), łuski kukurydzy, ekstrakt z bebrerysu, werbeny cytrynowej	Zahamowanie peroksydacji lipidów w wątrobie wywołanej czynnikiem stresogennym, wzrost odpowiedzi immunologicznej humoralnej, wzrost aktywności enzymów trawiennych	Catap i in. 2015, Adel i in. 2021, Shekarabi i in. 2022
Alkaloidy, glikozydy, antocyjany i terpenoidy	Skórki owoców (np. banana)	Poprawa tempa wzrostu, odpowiedzi immunologicznej i ekspresji genów związanych z odpornością	Giri i in. 2016
Limonoidy, błonnik pokarmowy, związki fenolowe, kwasy protokatechowe, polifenole, karotenoidy w tym karoten	Skórki owoców cytrusowych (np. pomarańczy, mango)	Stymulacja tempa wzrostu i absorpcji nutrientów przez enterocyty, wzrost odpowiedzi immunologicznej	Salem i in. 2018
Karotenoidy, fitosterole, związki fenolowe (w tym kwasy fenolowe), tokotrienole i tokoferole	Pestki owoców (np. winogron), makuchy z oliwek	Poprawa tempa wzrostu i niespecyficznej odporności humoralnej	Hoseinifar i in. 2020, Mehrinakhi i in. 2020

Alkaloidy (np. witanina, somniferyna), witanolidy (laktony steroidowe, np. witaferyna A, witanolidy A-Y), flawonoidy, saponiny, kumaryny	Ashwagandha (żeń-szeń indyjski)	Poprawa tempa wzrostu, przeżywalności i odporności wylęgu, wzrost aktywności enzymów trawiennych	Zahran i in. 2020, Trivedi in. 2024
Eugenol, kwas urosolowy, kwas rozmarynowy, $\alpha$ i $\beta$ -kariofilen, linalol	Zioła (np. bazylia, oregano)	Stymulacja odporności na infekcje ( <i>Aeromonas hydrophila</i> )	Das i in. 2015, Chen i in. 2024

### 3. Dystrybucja biomolekuł z paszy do tkanek ryb

Proces absorpcji i następnie kumulacji związków bioaktywnych w mięsie i ikrze ryb jest złożony i zależy od kilku czynników (Kaliniak i in. 2015). Wśród nich za kluczowe uznaje się:

- A. Przystawalność i biodostępność, szczególnie istotne w przypadku roślinnych komponentów pasz dla ryb;
- B. Metabolizm ryb, który bezpośrednio wpływa na transport i magazynowanie związków bioaktywnych;
- C. Skład chemiczny paszy oraz zawartość biokomponentów, determinujące wartość odżywczą mięsa i ikry.

Biologia gatunku oraz funkcje, jakie pełnią poszczególne tkanki, wpływają na dystrybucję i kumulację składników odżywczych. Przykładem jest skład chemiczny tkanek ryb łososiowatych (tab. 3; Kaliniak i in. 2015), choć tendencja preferencji LC-PUFA n-3 w mięśniach i ikrze występują u innych gatunków.

**Tabela 3.** Udział tłuszczu (%) i kwasów tłuszczowych (% wszystkich kwasów tłuszczowych) w ikrze, wątrobie i tkance mięśniowej ryb łososiowatych (Kaliniak i in. 2015).

Wyszczególnienie	Część ciała		
	Ikra	Wątroba	Mięso
Tłuszcz	6,1-10,6	11,2-22,3	3,1-5,4
Kwasy z rodziny n-3	36,3-40,4	28,1-40,9	37,5
EPA	6,9-8,8	2,5-3,6	8,0
DHA	24,3-27,6	24,9-34,7	17,5

Warto podkreślić, że pasze komponowane dla pstrągów zawierają związki bioaktywne, które nie tylko wspomagają wzrost i odporność ryb, ale także wpływają na skład chemiczny ciała. Do najczęściej stosowanych związków bioaktywnych w paszach należą:

1. Probiotyki i prebiotyki (stosowane w celu regulowania mikrobioty jelitowej oraz stymulacji układu odpornościowego; poprawiają przyswajalność składników odżywczych i zmniejszają ryzyko infekcji) (Akhter i in. 2015);
2. Bioaktywne peptydy (poprawiają tempo wzrostu i odporność ryb) (Siddik i in. 2021);
3. Antyoksydanty (dodawane do pasz w celu zmniejszenia stresu oksydacyjnego u ryb, co wpływa na jakość ich mięsa i ikry, a także stabilność składu chemicznego tkanek) (Gholizadeh i in. 2019);
4. Kwasy tłuszczowe LC-PUFA (oleje, ekstrakty z alg stosowane w celu poprawy profilu lipidowego tkanek) (Lutfi i in. 2023).

Z perspektywy konsumenta rybnie mięso stanowi źródło bioaktywnych kwasów tłuszczowych LC-PUFA n-3 (EPA i DHA, odpowiednio kwas ikoza- i dokozaheksaenowy) oraz funkcjonalnych peptydów, minerałów i witamin. Mięso ryb hodowlanych charakteryzuje się szerokim zakresem zawartości tłuszczu (0,1-11%) oraz nieco niższą zawartością białka (14-20%) (Kaliniak i in. 2015, Woźniak i in. 2018). Jakkolwiek skład aminokwasowy mięśni pozostaje stabilny, to ilość kwasów EPA i DHA zależy głównie od diety ryb, zwłaszcza u pstrąga czy łososia. Wiadomo, że tkanka mięśniowa ryb gromadzi kwasy tłuszczowe LC-PUFA, które zarówno pochodzą z diety, jak i są syntetyzowane przez organizm ryby (w zależności od aktywności enzymów charakterystycznych dla danego gatunku i wzajemnych proporcji PUFA w paszy). Warto również podkreślić, że tkanka tłuszczowa ryb stanowi magazyn witamin, które chronią komórki przed stresem

oksydacyjnym, jednocześnie stabilizując cenne kwasy tłuszczowe (Mojska i in. 2020). Komponenty paszy są z kolei absorbowane w jelicie, gdzie aktywność enzymatyczna, struktura krypt jelitowych, czy mikrobiom mogą podlegać modulacji wywołanej związkiem bioaktywnym (rys. 1, Awuchi i in. 2022). Substancje bioaktywne obecne w diecie ryb mają więc istotny wpływ na przyswajanie, dystrybucję oraz stabilność składników odżywczych w ich mięsie.

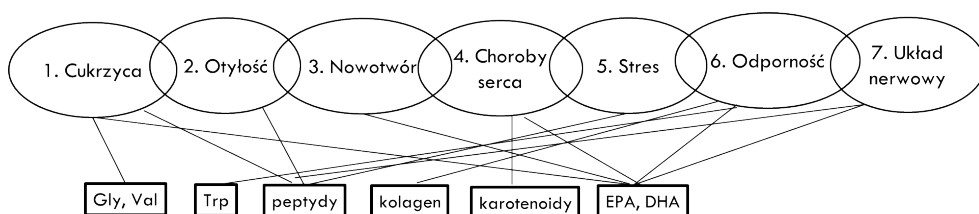
Składniki odżywcze w ikrze ryb są kluczowe dla rozwoju embrionów. W następnym etapie ontogenezy to kwasy tłuszczowe, witaminy, antyoksydanty woreczka żółtkowego warunkują prawidłowy rozwój endogennie odżywiających się larw. Dlatego dystrybucja kwasów tłuszczowych w organizmie ryb ukierunkowana jest na gonady, a transfer biomolekuł z paszy do ikry wynika z cyklu reprodukcyjnego. Dieta tarlakowa determinuje steroidogenezę, jakość ikry/kawioru i decyduje o jakości potomstwa, przy czym za szczególnie istotny jej komponent uznaje się w tym przypadku kwas arachidonowy (ARA). Dlatego pasze suplementowane ARA determinują zawartość witelogeniny w wątrobie, hormonów steroidowych w osoczu oraz ilość tego kwasu w gonadach ryb.

Zdeponowanie cennych lipidów w oocytach jest fizjologiczną zdolnością gatunku stąd też dieta samic z różną jakością lipidów w niewielkim stopniu zmienia profil kwasów tłuszczowych ikry (przy założeniu, że nie ma deficytów pokarmowych EFA - niezbędnych kwasów tłuszczowych, LA [kwas linolowy], ALA [kwas  $\alpha$ -linolenowy], EPA, DHA) (Caprino i in. 2008). Warto w tym miejscu podkreślić, że ikra z akwakultury zrównoważonej (tu: korzystającej z różnych źródeł lipidów w paszy) zachowuje wysoką wartość odżywczą. Ikra ryb hodowlanych pozostaje też cennym źródłem mikro- i makroelementów, takich jak selen, cynk, magnez, tj. związków bioaktywnych w diecie człowieka.

#### **4. Związki bioaktywne w produktach rybnych – wpływ na zdrowie człowieka**

Badania kliniczne dowiodły, że związki bioaktywne obecne w produktach rybnych (związki lipidowe, kwasy tłuszczowe, bioaktywne peptydy, aminokwasy) obniżają ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia, zespołu metabolicznego, chorób degeneracyjnych, udaru mózgu, cukrzycy typu II, astmy, osłabiają reakcje zapalne i alergiczne, łagodzą przebieg chorób dermatologicznych, regulują poziom serotoniny i warunkują prawidłowe funkcjonowanie centralnego układu nerwowego, wspomagają terapię depresji i łagodzą objawy ADHD u dzieci (Awuchi i in. 2022). Ponadto z kwasów LC-PUFA są syntetyzowane w organizmie człowieka

ikozanoidy, które działają przeciwzakrzepowo, przeciwzapalnie, wspomagają układ immunologiczny, regulują aktywność hormonów i hamują karcinogenezę. Ostatnie doniesienia wskazują ponadto, że wiele chorób nowotworowych identyfikowanych w krajach rozwiniętych jest dietozależnych, a jednym z głównych czynników ryzyka okazuje się niewłaściwy bilans kwasów tłuszczowych w diecie. Im wyższy udział EPA i DHA w diecie tym wolniejsze tempo wzrostu wykazują niektóre komórki nowotworowe. Warto w tym miejscu podkreślić, że jakkolwiek ryby zawierają wiele związków bioaktywnych w swoich tkankach, to dominujące i znaczące dla zdrowia człowieka są kwasy tłuszczowe w mięsie i ikrze ryb (rys. 2, tab. 4.). W profilaktyce chorób dietozależnych istotne znaczenie mogą więc mieć produkty spożywcze o wysokiej zawartości EPA i DHA. O tym, że dieta bogata w te kwasy jest dla nas korzystna długofalowo, świadczą badania wskazujące na wyższą średnią długość życia osób, w których diecie obecne są między innymi ryby (tzw. niebieskie strefy długowieczności, z ang. *Blue Zones*).



- |  |  |
|--|--|
| 1. Tolerancja glukozy  | 4. Obniżenie poziomu cholesterolu, TG, ciśnienia krwi              |
| 2. Hamowanie lipogenezy, stymulacja lipolizy/termogenezy                           | 6. Ochrona DNA przed ROS   |
| 3. Działanie przeciwnowotworowe (nowotwory jajnika, piersi, płuc i jelita grubego) | 5. Poprawa odporności, spadek markerów prozapalnych                |
|  | 7. Poprawa funkcji poznawczych, łagodzenie objawów depresji i ADHD |

**Rys. 2.** Terapeutyczne funkcje diety rybnej (Awuchi i in. 2022).

**Tabela 4.** Zawartość kwasów tłuszczowych w ikrze (% wszystkich kwasów tłuszczowych)

Kwasy tłuszczowe	Kawior <sup>1</sup>	Ikra <sup>2</sup>	Ikra taszy
SFA	25,7-27,9	18,3	19,4
MUFA	39,4-43,1	31,9-33,9	29,4
PUFA	29,0-34,9	42,5-47,6	49,5
n-3 PUFA	24,5-25,6	36,3-40,4	37,8
EPA	4,7-8,1	6,9-8,8	14,4
DHA	11,4-22,4	24,3-27,6	21,0

<sup>1</sup> sterlet, jesiotr syberyjski, jesiotr rosyjski, siewruga, jesiotr biały

<sup>2</sup> czawycza, pstrąg tęczowy, łosoś

Warunki akwakultury umożliwiają pozyskiwanie nie tylko mięsa ryb hodowlanych, ale także ikry (ryby łososiowate) i kawioru (jesiotr) w określonym i przewidywalnym czasie. Techniki hodowli i odpowiednie żywienie paszami komponowanymi w oparciu o bioaktywne komponenty pozwala na uzyskanie wysokich parametrów produkcyjnych. Takie racjonalne wykorzystaniem zasobów wspiera akwakulturę zrównoważoną i jednocześnie odpowiada na aktualne potrzeby konsumentów.

## 5. Podsumowanie

Związki bioaktywne, zdefiniowane jako nie odżywcze składniki diety o potwierdzonym klinicznie wpływie na zdrowie, występują w wielu produktach spożywczych, w tym roślinnych, zwierzęcych i mikrobiologicznych. Wyróżnia się trzy główne grupy tych substancji: związki fenolowe, terpenoidy oraz niebiałkowe związki azotowe. Szereg z nich jest składnikiem pasz komponowanych stosowanych w akwakulturze. Definiują one pasze funkcjonalne ze względu na właściwości np. antyoksydacyjne, przeciwwirusowe czy regulacji mikrobiomu. W produktach pochodzenia zwierzęcego stwierdza się obecność aktywnych peptydów, kwasów tłuszczowych, związków mineralnych, witamin. Badania wskazują na korzystne działanie tych substancji bioaktywnych na zdrowie ryb i konsumentów.

W szczególności to żywienie ryb paszami komponowanymi wzbogaconymi w związki bioaktywne poprawia jakość ich mięsa i ikry. Przykładem jest

suplementacja pasz probiotykami, prebiotykami, bioaktywnymi peptydami, antyoksydantami i kwasami tłuszczowymi oraz ekstraktami pochodzenia roślinnego. Związki bioaktywne w diecie zwiększają przyswajalność nutrientów, wpływają na ich dystrybucję do tkanek i metabolizm ryb. Suplementacja diety w związki bioaktywne wpływa na profil kwasów tłuszczowych i parametry zdrowotne, co jest korzystne zarówno dla ryb, jak i konsumentów. Zastosowanie bioaktywnych związków w hodowli ryb nie tylko poprawia jakość ich mięsa, ale także efekty pozyskania ikry.

Stosowanie związków bioaktywnych w hodowli ryb wspiera zrównoważony rozwój oraz bezpieczeństwo żywności. Biokomponenty w paszach przyczyniają się do ograniczenia tradycyjnych źródeł białka i tłuszczu, co promuje akwakulturę zrównoważoną. Dodatkowo, immunostymulujący wpływ tych związków zmniejsza konieczność stosowania antybiotyków, chemioterapeutyków i sprzyja ochronie środowiska wodnego oraz zachowaniu bioróżnorodności. Praktyki te wspomagają produkcję bezpiecznej i wysokiej jakości żywności, jednocześnie wspierając długoterminowo zrównoważony rozwój sektora akwakultury.

## 6. Literatura

1. Abidin Z.U., Hassan H., Masood Z., Rafique N., Paray B.A., Gabol P., Shah M.I., Gulnaz A., Ullah A., Zulfiqar T., Siddique M.A. 2022 - Effect of dietary supplementation of Neem, Azadirachta indica leaf extracts on enhancing the growth performance, chemical composition and survival of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* – Saudi J. Biol. Sci. 29:3075-3081.
2. Adel, M., Dawood, M. A., Gholamhosseini, A., Sakhaie, F., Banaee, M. 2021 - Effect of the extract of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) on the growth performance, digestive enzyme activities, and immune-related genes in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) – Aquaculture 541, 736797. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736797
3. Akhter N., Wu B., Memon, A. M., Mohsin M. 2015 - Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review - Fish Shellfish Immunol. 45(2): 733-741.
4. Awuchi C.G., Chukwu C. N., Iyiola A.O., Noreen S., Morya S., Adeleye A. O., Twinomuhwezi H., Leicht K., Mitaki N.B., Okpala C.O. 2022 - Bioactive compounds and therapeutics from fish: Revisiting their suitability in functional foods to enhance human wellbeing - BioMed Res. Inter. doi.org/10.1155/2022/3661866
5. Caprino F., Moretti V.M., Bellagamba F., Turchini G.M., Busetto M.L., Giani I., Paleari M.A., Pazzaglia M. 2008 - Fatty acid composition and volatile compounds of caviar from farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Anal. Chim. Acta, 617(1-2): 139-147. https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.02.005

6. Catap. E., Jimenez M.R., Tumbali P.B. – 2015 – Immunostimulatory and anti-oxidative properties of corn silk from *Zea mays* in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* - Int. J. Fish. Aquac. 6 (3): 30-36.
7. Chen G., Xu J., Yuan J., Li H., Gou D., Wu M., Yang Q., Jiang J. 2024 - The protective effect of dietary extract of *Astragalus membranaceus* on the high stocking density, copper and trichlorfon in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) – Aquacult. Rep., 37: 102226. doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102226
8. Das R., Raman R.P., Saha H., Singh R. 2015 - Effect of *Ocimum sanctum* Linn.(Tulsi) extract on the immunity and survival of *Labeo rohita* (Hamilton) infected with *Aeromonas hydrophila*. Aquacult. Res. 46(5):1111-1121.
9. Fehrmann-Cartes K., Vega M., Vera F., Enriquez R., Feijo C.G., Allende M.L., Hernandez A.J., Romero A. 2022 - Aloe vera reduces gut inflammation induced by soybean meal in Atlantic salmon (*Salmo salar*) - Front. Anim. Sci., doi.org/10.3389/fanim.2022.1028318
10. Gajda E., G. Bugla-Płoskońska 2014 - Lizozym – występowanie w przyrodzie, właściwości biologiczne i możliwości zastosowań - Postępy Hig. Med. Dosw. 68 :1501-1515.
11. Gholizadeh Z.T. B., Banaee M., Yousefi J. A., Nematdoost H.B., Seyed H. 2019 - Effects of dietary Sel -Plex supplement on growth performance, hematological and immunological parameters in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) – Iran. J. Fish. Sci 18(4): 830-846.
12. Giri S.S., Jun J.W., Sukumaran V., Park S.C. 2026 - Dietary administration of banana
13. peel flour affects the growth, antioxidant status, cytokine responses, and disease susceptibility of rohu, *Labeo rohita* - J. Immunol. Res. 2016:1-11.
14. Hoseinifar S.H., Shakouri M., Yousefi S., VanDoan H., Shafiei S., Yousefi M., Faggio C. 2020 - Humoral and skin mucosal immune parameters, intestinal immune related genes expression and antioxidant defense in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed olive (*Olea europea* L.) waste - Fish Shellfish Immunol. 100:171-178.
15. Jackson U.J., Eder B.A., Chiv V. 2022 - Growth, haematology and serum biochemical parameters of *Clarias gariepinus* fed diets of neem (*Azadirachta indica*) seed meal and challenged with *Aeromonas hydrophila* – J Res. Agricult. Anim. Sci. 9(4): 83-89.
16. Kaliniak A., Florek M., Skatecki P. 2015 – Profil kwasów tłuszczowych mięsa, ikry i wątroby ryb – Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 2(99): 29-46
17. Lutfi E., Berge G.M., Bæverfjord G., Sigholt T., Bou M., Larsson T., Mørkøre T., Øystein E., Sissener N.H., Rosenlund G., Sveen L., Østbye T-K., Ruyter B. 2023 - Increasing dietary levels of the n-3 long-chain PUFA, EPA and DHA, improves the growth, welfare, robustness and fillet quality of Atlantic salmon in sea cages – Br. J. Nutr. 14;129(1):10-28.

18. Mehrinakhi Z., Ahmadifar E., Sheikhzadeh N., Moghadam M.S., Dawood M.A. 2020 - Extract of grape seed enhances the growth performance, humoral and mucosal immunity, resistance of common carp (*Cyprinus carpio*) against - Ann. Anim. Sci. 2020;21(1):217-232.
19. Mojska H., Kłosiewicz-Latoszek L., Jasińska-Melon E., Gielecińska I. 2020 - Kwasy omega 3. W: Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J. (red.). Wyd. NIZP-PZH, Warszawa, s. 98-122.
20. Piłat i Zadernowski 2017 - Substancje bioaktywne - pozytywne i negatywne skutki dodawania do żywności - Przemysł Spożywczy 9: 24-27.
21. Rana R.J., Kotiya A.S., Dipakbhai J.M. 2024 - Bioactive Feed Ingredients used in Aquaculture: A Review - J. Sci. Res. Rep. 30 (5): 399-414.
22. Salem M., Abdel-Ghany H.M. 2018 - Effects of dietary orange peel on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. Aquaculture 18 (2): 127-134.
23. Santigosa E., Olsen R.E., Madaro A., Søfteland L., Carr I. 2023 - The impact of varying EPA:DHA ratio on Atlantic salmon health and welfare - Aquaculture 576, 739868, /doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739868
24. Shekarabi S.P., Mehrgan M.S., Ramezani F., Dawood M., Doan H., Moonmanee T., Hamid T., Kari Z.A. 2022 - Effect of dietary barberry fruit (*Berberis vulgaris*) extract on immune function, antioxidant capacity, antibacterial activity, and stress-related gene expression of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) - Aquacult. Rep. 23. 101041, doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101041
25. Siddik M.A.B., Howieson J., Fotedar R., Partridge G.J. 2021 - Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: a review - Rev. Aquacult. 13:406 - 430.
26. Trivedi S.P., Dwivedi S., Trivedi A., Khan A.A., Singh S., Yadav K.K., Kumar V., Dwivedi S., Tiwari V., Awasthi Y. 2024 - Dietary inclusion of *Withania somnifera* and *Asparagus racemosus* induces growth, activities of digestive enzymes, and transcriptional modulation of MyoD, MyoG, Myf5, and MRF4 genes in fish, *Channa punctatus* - Comp. Bioch. Physiol. Part B: Biochemistry and Molecular Biology 271: 110944. doi.org/10.1016/j.cbpb.2024.110944.
27. Woźniak M., Batyk I., Niewiadomski P. 2018 - Zawartość podstawowych składników odżywczych oraz profil kwasów tłuszczowych w mięśniach wybranych gatunków ryb z uwzględnieniem ich pochodzenia - Probl. Hig. Epidemiol. 99(1): 74-78.
28. Zahran E., El Sebaei M.G., Awadin W., Elbahnaswy S., Risha E., Elseady Y. 2020 - *Withania somnifera* dietary supplementation improves lipid profile, intestinal histomorphology in healthy Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), and modulates cytokines response to *Streptococcus* infection - Fish Shel. Immunol. 106: 133-141.

## **Perspektywy produkcji biomasy mikroglonów w oparciu o odcieki pochodzące z systemów akwakultury**

**Marcin Dębowski, Marcin Zieliński**

**Katedra Inżynierii Środowiska**

**Wydział Geoinżynierii, Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie**

10-720 Olsztyn, ul. Warszawska 117, marcin.debowski@uwmm.edu.pl

### **1. Wstęp**

Ze względu na obserwowane w ujęciu globalnym istotne ograniczanie wielkości dostępnych zasobów ryb i innych wykorzystywanych gospodarczo organizmów występujących w naturalnych zbiornikach wodnych, obserwowany jest systematyczny wzrost znaczenia akwakultury. W coraz większej ilości krajów udział hodowli organizmów wodnych w warunkach sztucznych i kontrolowanych przewyższa wydajność rybactwa śródlądowego i rybołówstwa morskiego. Przewiduje się, iż już w niedalekiej przyszłości akwakultura stanie się głównym sektorem pozwalającym na zaspokojenie rosnącego popytu na zwierzęce i roślinne produkty pochodzenia wodnego [1]. Należy jednak podkreślić, iż ekspansja i ciągły rozwój sektora opartego na intensywnej hodowli ryb wiąże się bezpośrednio z powstawaniem zanieczyszczeń oraz koniecznością opracowania i wdrożenia technologii ich skutecznej i taniej neutralizacji. Jest to znany, powszechnie występujący i bardzo istotny czynnik wpływający na efektywność technologiczną i ekonomiczną produkcji ichtiofauny w warunkach kontrolowanych. Ma on podstawowe, praktyczne znaczenie w aspekcie możliwego pogarszania jakości wody pod względem fizyko-chemicznym czy bakteriologicznym, co prowadzi do ryzyka pojawiania się i występowania chorób hodowanej ichtiofauny, co powoduje spadek rentowności branży [2].

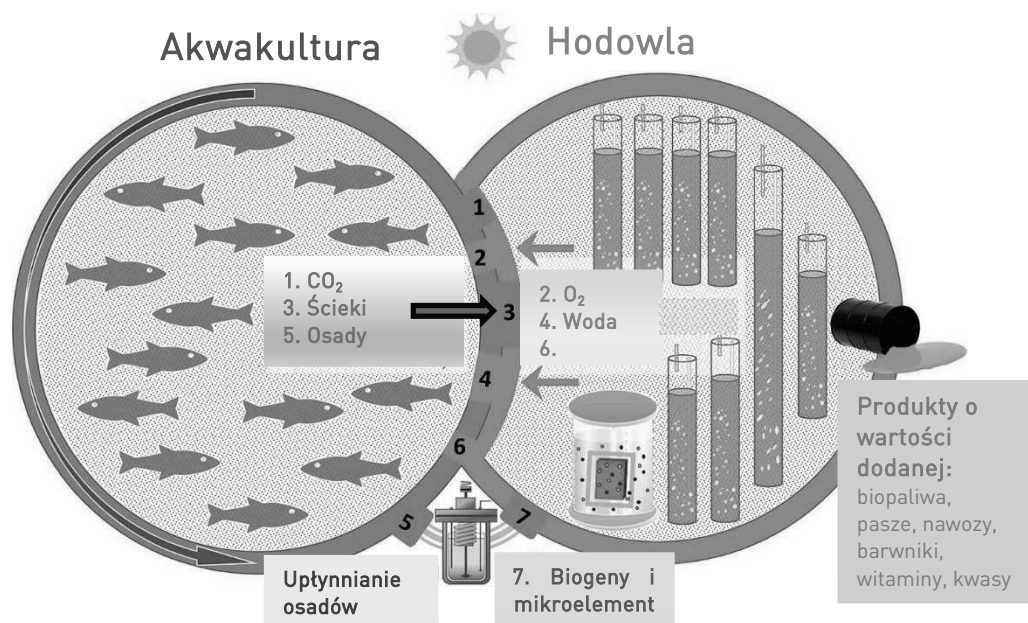
W celu ograniczenia lub całkowitego wyeliminowania zjawiska kumulowania się różnego rodzaju zanieczyszczeń chemicznych czy mikrobiologicznych w systemach akwakultury, szczególnie w zamkniętych systemach recyrkulacyjnych (RAS) konieczne jest wdrożenie i eksploatacja skutecznych technologii oczyszczania wód poprodukcyjnych. Niezbędnym elementem jest również zapewnienie monitoringu i kontroli stężeń zanieczyszczeń, co pozwala na zapewnienie właściwych warunków hodowli

i wpływa na przeżywalność organizmów wodnych oraz efektywność produkcji. Prostymi i powszechnie stosowanymi metodami usuwania zanieczyszczeń są rozwiązania oparte na wykorzystaniu bakterii osadu czynnego i błony biologicznej. Zalicza się do nich złoża i filtry biologiczne często z wykorzystaniem modyfikowanych wypełnień aktywnych o dużej powierzchni właściwej i specyficznym składzie chemicznym czy charakteryzujących się nietypowymi właściwościami fizycznymi. Jednostkowe zjawiska w systemach biologicznych opierają się na biodegradacji zanieczyszczeń, transformacji biotechnologicznej a także mechanicznej filtracji przez elementy wypełnienia. Tego rodzaju metody wymagają wysokich nakładów inwestycyjnych, wiedzy technologicznej, są często trudne i kosztowne w eksploatacji, co obniża ekonomiczną opłacalność całych zintegrowanych systemów akwakultury [3]. Z tego względu poszukiwane są rozwiązania alternatywne, które będą stanowić konkurencję dla obecnie stosowanych metod usuwania zanieczyszczeń pod kątem sprawności oczyszczania, ekonomiki procesu inwestycyjnego i eksploatacyjnego, a także będą uzasadnione z punktu widzenia oddziaływania na środowisko. Oczekiwane są technologie wpisujące się w założenia gospodarki obiegu zamkniętego, pozwalające na wytwarzanie cennych gospodarczo produktów na bazie zanieczyszczeń o różnej charakterystyce i pochodzeniu.

Technologie wykorzystujące biomasę mikroglonów są postrzegane jako rozwiązania o znacznym potencjale, które mogą znaleźć zastosowanie w szeroko pojętej akwakulturze. Przeprowadzone dotychczas prace badawcze udowadniają, iż istnieje możliwość wykorzystania rozwiązań służących do intensywnego namnażania biomasy mikroglonów w procesach oczyszczania ścieków i odcieków, w tym wód pochodzących z systemów produkcji organizmów wodnych z przeznaczeniem na cele gospodarcze [4]. Dodatkowo powstająca podczas procesu oczyszczania wody biomasa mikroglonów jest traktowana jako perspektywiczny i cenny surowiec do produkcji nośników energii, których wykorzystanie charakteryzuje się niższą emisją zanieczyszczeń do środowiska w stosunku do paliw konwencjonalnych. Biomasa mikroglonów wytwarzana w instalacjach stosowanych do usuwania zanieczyszczeń może być źródłem wielu cennych gospodarczo związków i substancji chemicznych, co bezpośrednio wzmacnia pozytywne aspekty ekonomiczne i środowiskowe tego rodzaju technologii [5]. Zintegrowanie ciągu technologicznego produkcji, separacji i wykorzystania biomasy mikroglonów z różnorodnymi systemami akwakultury wpisuje się bezpośrednio w promowaną obecnie politykę gospodarczo-

ekologiczną. Znaczny nacisk kładzie się na istotne ograniczenie powstawania odpadów, a większość z substratów poprodukcyjnych traktowana jest jako źródło cennych substancji, stanowiących podstawę do wytwarzania energii lub produktów o wartości dodanej w systemach recyklingu.

Efektywność technologiczna systemów produkcji biomasy mikroglonów wynika z właściwości tych organizmów, które charakteryzują się bardzo wysoką efektywnością wykorzystywania energii promieniowania słonecznego oraz szybkim wzrostem biomasy. Bioreaktory mogą być eksploatowane z wykorzystaniem odpadów pochodzących z przemysłowej i bytowo-gospodarczej działalności człowieka. Umożliwia to zlokalizowanie komercyjnych systemów produkcji biomasy mikroglonów na terenach, które nie mogą zostać wykorzystane na cele rolnicze, w tym przy obiektach akwakultury czy innych instalacjach przemysłowych stanowiących źródło dwutlenku węgla oraz związków biogenych [6]. Ideowy schemat wykorzystania mikroglonów w akwakulturze przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Koncepcja wykorzystania technologii produkcji mikroglonów w systemach akwakultury [7].

W pracy przedstawiono wybrane aspekty techniczne i technologiczne systemów intensywnej produkcji biomasy mikroglonów, które mają istotne znaczenie w aspekcie ich wykorzystania do usuwania zanieczyszczeń z sektora akwakultury z jednoczesnym odzyskiem biomasy, będącej substratem do wytwarzania energii i wielu różnorodnych produktów o wartości dodanej.

## 2. Mocne i słabe strony stosowania mikroglonów w systemach akwakultury

W wielu pracach szczegółowo przedstawiono technologie oczyszczania zanieczyszczeń pochodzących z systemów produkcji ichtiofauny i innych organizmów wodnych z wykorzystaniem mikroglonów. Wykazano również, że biomasa mikroglonów jest jednym z najbardziej wydajnych, a także przyjaznych środowisku alternatywnych źródeł energii. Stanowi bowiem perspektywiczne i obiecujące źródło biooleju, metanu oraz biowodoru, których stosowanie może ograniczyć emisję gazów cieplarnianych do atmosfery [8]. Bezspornie mocną stroną technologii wykorzystujących mikroglony jest udowodniona wysoka efektywność fotosyntezy. Przemiana energii słonecznej do wiązań chemicznych w przypadku fitoplanktonu zachodzi przy wydajności fotosyntezy mieszczącej się od 4% do 10%. Dla roślin wyższych jest to zakres 0,5–2,2%. Wpływa to bezpośrednio na szybki wzrost mikroglonów oraz wysoki jednostkowy uzysk biomasy. Obserwacje te zostały potwierdzone w doświadczeniach przeprowadzonych z wykorzystaniem fotobioreaktora o nazwie „Green Wall Panel-II”, gdzie końcowa wydajność hodowli wynosiła 36 ton suchej biomasy mikroglonów/ha-rok, podczas gdy wydajność uprawy soi wynosi zaledwie 2,6 ton ziaren/hektara/rok [9]. Istnieją szczepy mikroglonów, które zaledwie w ciągu kilku godzin są w stanie podwoić swoją masę. W temperaturze 27°C obserwowany czas generacji dla *Chlorella vulgaris* wynosił 8,6 h. Badacze udowadniają, iż roczne zbiory biomasy mikroglonów mogą zmieniać się od 4 do nawet 100 ton suchej masy z hektara [10].

Niepodważalną zaletą rozwiązań, których podstawę stanowią mikroglony jest fakt, iż w procesie intensywnej produkcji ich biomasy można z powodzeniem stosować substraty odpadowe o różnych właściwościach i charakterystyce. Tego rodzaju rozwiązania technologiczne stosowane są najczęściej jako trzeci stopień oczyszczania ścieków, w tym pochodzących z akwakultury w stawach tlenowych lub fakultatywnych. W procesie fotosyntezy mikroglony uwalniają 1,50 - 1,92 kg O<sub>2</sub>/kg wyprodukowanej biomasy. Natomiast prędkość utleniania osiągnięta przy degradacji materii organicznej kształtuje się w zakresie od 0,48 - 1,85 kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>·d.

Mikroglony asymilują znaczną ilość substancji biogennych zawartych w ściekach, ponieważ wymagają dużych ilości azotu i fosforu niezbędnych w procesach wewnątrzustrojowej syntezy białek, których koncentracja w suchej masie kształtuje się, w zależności od gatunku, w zakresie od 20 do 60%. Przyswajane związki biogenne wykorzystywane są również do budowy kwasów nukleinowych i fosfolipidów [11].

Obecnie układy technologiczne oczyszczania wód poprodukcyjnych z systemów akwakultury bazujące na wykorzystaniu mikroglonów często integrowane są z systemami produkcji biomasy na cele biopaliwowe i energetyczne. Uważa się, iż tego rodzaju rozwiązania są bardziej uzasadnione z ekonomicznego i technologicznego punktu widzenia. Zapewniają bowiem jednoczesne usunięcie zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych ze ścieków oraz produkcję biomasy do produkcji biopaliw. Wykorzystanie ścieków jako medium hodowlanego wpływa bezpośrednio na ograniczenie kosztów ponoszonych na dostarczenie wody oraz substancji pokarmowych, niezbędnych do efektywnego przyrostu biomasy mikroglonów. W prowadzonych dotychczas pracach badawczych udowodniono, iż podwyższone CO<sub>2</sub> w ściekach intensyfikuje szybkość wzrostu biomasy mikroglonów, co wpływa bezpośrednio na efektywność degradacji zanieczyszczeń [12]. Istnieje możliwość prowadzenia efektywnej produkcji biomasy mikroglonów niezależnie czy medium hodowlane stanowi woda słodka czy słona, co jest istotną zaletą systemów intensywnej produkcji biomasy mikroglonów.

Głównym powodem, który sprawia, iż technologie związane z produkcją i wykorzystaniem biomasy mikroglonów budzą wiele wątpliwości oraz kontrowersji są zidentyfikowane trudności natury inwestycyjnej, technologicznej i eksploatacyjnej, które bezpośrednio wpływają na koszty związane z hodowlą, zagęszczaniem i separacją biomasy, a także nakłady ponoszone na transformację biomasy do cennych produktów końcowych. Biorąc powyższe pod uwagę, jednym z najważniejszych zagadnień, nad którym pracują zarówno przedsiębiorstwa komercyjne, jak i grupy badawcze są próby zwiększenia opłacalności tego rodzaju systemów. Istnieje również wiele problemów technologicznych związanych z eksploatacją instalacji produkcyjnych mikroglonów oraz rozwiązań przekształcających tego rodzaju biomase do innych produktów. Trudności związane z metodami hodowli mikroglonów to problemy związane z zarastaniem ścianek fotobioreaktorów biofilmem, samo zacienianie się komórek, wysokie

stężenie tlenu w hodowli oraz akumulacja związków toksycznych dla komórek mikroglonów [13].

W celu uzyskania cennych gospodarczo, czystych hodowli biomasy mikroglonów oraz produktów ich metabolizmu konieczne jest stosowanie złożonych kompozycji substratowych, w skład których wchodzi związek azotu, fosforu, żelaza, krzemu, witaminy i mikroelementy. Zapewnienie odpowiedniego składu medium hodowlanego oraz monitoring jego jakości podczas hodowli jest dużym wyzwaniem technologicznym dla eksploatatorów systemów intensywnej produkcji biomasy mikroglonów. Skład medium hodowlanego zależy zarówno od gatunku testowanych mikroglonów, jak również od oczekiwanego efektu końcowego hodowli [14]. Powszechnemu wykorzystaniu technologii wykorzystujących biomasę mikroglonów, w tym produkcji biopaliw, nie sprzyja również brak instrumentów legislacyjnych, prawnych oraz zachęt takich jak dotacje czy kredyty podatkowe.

### **3. Parametry technologiczne produkcji biomasy mikroglonów**

Istotne dla wydajnego przebiegu procesu przyrostu biomasy mikroglonów są składniki pokarmowe, do których zalicza się azot, fosfor oraz często żelazo. Wysokie stężenia azotu w medium hodowlanym zwykle stymulują i intensyfikują namnażanie biomasy mikroglonów, a charakter limitujący wynikający z obecności tego pierwiastka obserwowany jest w sytuacjach specyficznych np. w warunkach ekstremalnie wysokiego stężenia jonów amonowych w środowisku. Udowodniono, iż niedobór azotu istotnie ogranicza tempo wzrostu i uzyskiwane końcowe efekty hodowli [15]. Efektywność technologiczna systemów intensywnej produkcji biomasy mikroglonów może być również istotnie hamowana przez limitowanie dostępności związków fosforu. Przyjmuje się, że 1 kg tego pierwiastka umożliwia wyprodukowanie blisko 50 kg suchej masy mikroglonów. Dostępność węgla organicznego w przeciwieństwie do azotu i fosforu, rzadko ogranicza wzrost mikroglonów autotroficznych, może być natomiast czynnikiem limitującym sprawność hodowli w systemach heterotroficznych lub miksotroficznych. W typowych fotobioreaktorach wysokie stężenie węgla organicznego wpływa stymulująco na rozwój gatunków mikroorganizmów konkurencyjnych, w tym bakterii, które mogą powodować zmętnienie medium hodowlanego oraz ograniczyć efektywność przenikania światła. Ma to bezpośredni wpływ na inhibicję procesu przyrostu biomasy mikroglonów [16]. Wiele gatunków mikroglonów do prawidłowego i intensywnego rozwoju wymaga zewnętrznego źródła witamin,

często tiaminy, biotyny, B12 i ryboflawiny, puryn, pirymidyn i innych czynników wzrostowych.

Stosunek podstawowych składników odżywczych w mediach często stosowanych w systemach produkcji biomasy mikroglonów (C:N:P) powinien wynosić 106:15:1. Podczas stosowania odcieków z systemów akwakultury niezbędne jest zatem uzupełnienie ilości węgla, głównie nieorganicznego, co można uzyskać przez zwiększenie intensywności saturacji CO<sub>2</sub> lub wprowadzanie do hodowli mediów zasobnych w ten związek. Asymilacja ditlenku węgla i zwiększona produkcja tlenu przez mikroglony w procesie fotosyntezy może doprowadzić do dużych zmian odczynu oraz do jego wzrostu do poziomu 10 – 11 pH. Wzrost wartości pH jest korzystny ze względu na ograniczenie liczby organizmów patogennych i drobnoustrojów chorobotwórczych występujących w ściekach. Może jednak spowodować spadek tempa wzrostu mikroglonów i ograniczyć ilość pobieranych ze środowiska związków pokarmowych oraz zmniejszyć efektywność usuwania zanieczyszczeń. Z punktu widzenia akwakultury istnieje konieczność kontroli, monitoringu i sterowania wartością pH w systemach hodowlanych i utrzymywanie tego parametru na poziomie w zakresie od pH 6 do pH 8. Niektóre z eurobiontycznych szczepów tolerują zmiany pH w szerszym zakresie. Stwierdzono, że aktywność mikroglonów z rodzaju *Chlorella* sp. jest istotnie ograniczana, gdy wartość pH ulegnie obniżeniu do 5 i wzrośnie do wartości pH 9 [17].

Optimum temperatury dla większości gatunków mikroglonów utrzymuje się od 15°C do 35°C. Warunki te są często trudne do zapewnienia, szczególnie gdy systemy produkcji biomasy mikroglonów zintegrowane są z procesami oczyszczania ścieków prowadzonymi w systemach otwartych w strefie umiarkowanej. Warunki klimatyczne wpływają wielokrotnie na konieczność eksploatacji bioreaktorów w niższych temperaturach lub wymuszają zastosowanie ogrzewania, co wpływa na efektywność ekonomiczną produkcji. Dodatkowo klimat umiarkowany cechuje się dużą zmiennością w zależności od pory roku [18]. Zaobserwowano, że wykorzystanie mikroglonów zimnolubnych pozwala na prawidłowe prowadzenie procesu oczyszczania w temperaturze 15°C. W podobny sposób opisano wykonany w skali pilotowej system HRAP o efektywności usuwania ładunku zanieczyszczeń wyrażonego w BZT<sub>5</sub> na poziomie 90%, przy czasie zatrzymania wynoszącym 2,5 doby w temperaturze 10°C i przy intensywności oświetlenia poniżej 200 μmol E/m<sup>2</sup>s (region subarktyczny, Szwecja). Badania tego rodzaju dowodzą, iż możliwe jest wykorzystanie zimnolubnych

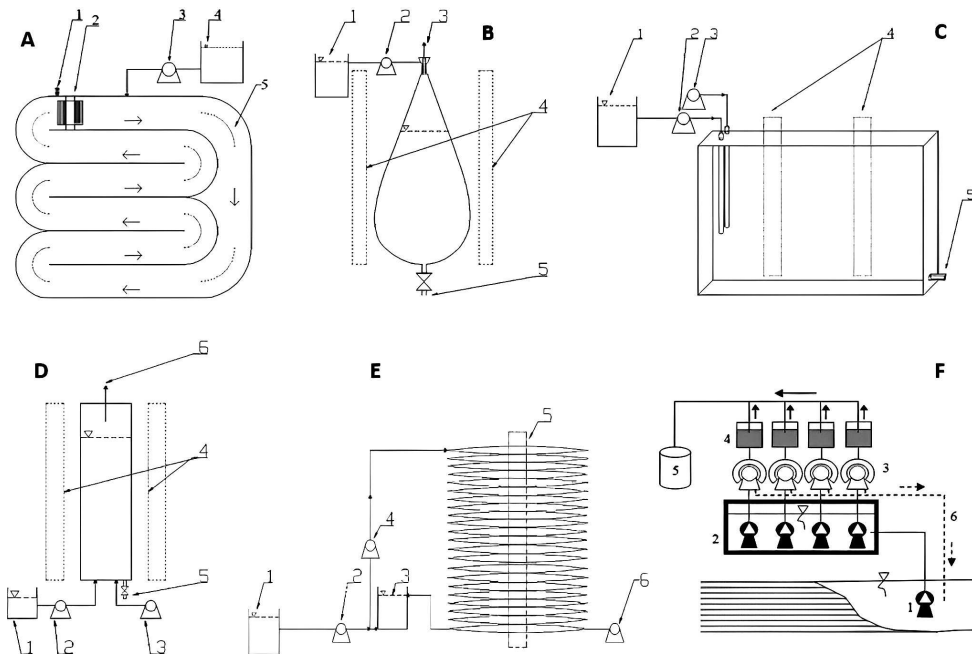
gatunków mikroglonów w procesie oczyszczania wód poprodukcyjnych z systemów akwakultury. Z drugiej strony za wysoka temperatura oraz zbyt intensywne oświetlenie prowadzą do hamowania procesów rozwoju populacji mikroglonów. W wielu regionach obniżanie temperatury w stosowanych układach biologicznych stanowi duże wyzwanie technologiczne i indukuje wysokie koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne [19].

Istotnym czynnikiem mającym wpływ na efektywność procesu produkcji biomasy mikroglonów jest światło. Światło słoneczne jest niewątpliwie najlepszym z możliwych rodzajów źródeł światła do zasilania hodowli mikroglonów. Jednakże energia słoneczna dostępna jest tylko w dzień i najlepiej, jeśli są to dni bezchmurne. W strefie umiarkowanej intensywność naturalnego światła słonecznego zmienia się również istotnie w zależności od pory roku. Aktywność fotosyntetyczna większości gatunków mikroglonów rośnie w zakresie intensywności dostarczonej energii świetlnej na poziomie od 200 do 400  $\mu\text{mol E/m}^2\text{s}$ , co odpowiada około 10% ilości światła, jaka mogą otrzymać bezpośrednio ze słońca. W przypadku mikroglonów wymagania co do ilości światła są nieco mniejsze niż roślin lądowych. Przykładowo mikroglony z gatunku *Chlorella vulgaris* dobrze rozwijają się już przy naświetleniu 50-100W/m<sup>2</sup>, co odpowiada wartości od 232 do 465  $\mu\text{mol E/m}^2\text{s}$ . Dla wielu glonów optymalne warunki naświetlenia występują przy wartościach od 5000 lx (90  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$ ) do 13000 lx (230  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$ ) i temperaturze 17-20°C [20]. W ostatnich latach technologia daylighting (światła dziennego) została bardzo mocno rozwinięta i wzbogacona o nowoczesne systemy światłowodowe. Istnieją zatem możliwości zastosowania takiej technologii w urządzeniach do intensywnego pochłaniania CO<sub>2</sub> w procesie biosekwestracji i oczyszczania ścieków przez mikroglony. Ze względu na dostęp światła słonecznego jedynie w ciągu dnia, najlepszym sposobem jest możliwość wykorzystania go w systemach hybrydowych w połączeniu z diodami LED, ponieważ większość urządzeń do oczyszczania ścieków jest przewidziana do pracy ciągłej. W godzinach południowych, kiedy intensywność promieniowania może wzrastać do 4000  $\mu\text{mol E/m}^2\text{s}$ , zaobserwowano proces fotoinhibicji. W systemach zamkniętych można ograniczyć występowanie efektu fotoinhibicji poprzez dobór odpowiedniego rodzaju oraz intensywności światła, a także zwiększanie powierzchni kontaktu komórek mikroglonów ze światłem. Inna, genetyczna metoda polega na obniżeniu wielkości anten chlorofilu w komórkach mikroglonów za pomocą narzędzi molekularnych. Dzięki temu zmniejsza się wydajność adsorpcji energii świetlnej, co pozwala na prawidłowe i stabilne zachodzenie

procesu fotosyntezy przy wyższej intensywności oświetlenia [21]. Wysoki poziom tlenu rozpuszczonego może spowodować zachodzenie procesu fotoinhibicji, co prowadzi do uszkodzenia komórek mikroglonów i obniżenie efektywności procesu usuwania zanieczyszczeń. Na przykład, wzrost produkcji tlenu do poziomu  $29 \text{ mg/dm}^3$  spowodował spadek wydajności procesu fotosyntezy o 98%. Tego rodzaju trudności można ograniczać przez okresowe zatrzymanie fotosyntezy (fotoperiod) i obniżanie poziomu tlenu w układzie [22].

#### 4. Wybrane rozwiązania fotobioreaktorów stosowanych do usuwania zanieczyszczeń pochodzących z systemów akwakultury

Bardzo istotnym elementem, który w wielu przypadkach decyduje o opłacalności wykorzystania biomasy mikroglonów na cele usuwania zanieczyszczeń z systemów akwakultury jest wybór technologii namnażania i separacji tych drobnoustrojów. Hodowla mikroglonów może być prowadzona przy użyciu różnorodnych metod, począwszy od zaawansowanych technologicznie rozwiązań, w których proces jest szczegółowo monitorowany i kontrolowany, a skończywszy na mniej przewidywalnych technikach bazujących na użyciu zbiorników otwartych (Rys. 2).



Rysunek 2. Systemy do produkcji biomasy mikroglonów (A) Reaktor otwarty (1 – inokulacja biomasy, 2 – mieszadło, 3 – pompa, 4 – pożywka, 5 – przegroda). (B) Fotobioreaktor typu workowego (1 – pożywka, 2 – pompa dozująca, 3 – zawór gazowy, 4 – źródło światła, 5 – doptyw powietrza). (C) Fotobioreaktor płytowy (1 – pożywka, 2 – pompa, 3 – powietrze, 4 – źródło światła, 5 – odptyw). (D) Fotobioreaktor rurowy (1 – pożywka, 2 – pompa, 3 – powietrze, 4 – źródło światła, 5 – odptyw, 6 – zawór gazowy). (E) Fotobioreaktor typu Biocoil (1 – pożywka, 2 – pożywka, 3 – odptyw, 4 – pompa recyrkulacyjna, 5 – źródło światła, 6 – pompa powietrza). (F) Instalacja do pozyskiwania biomasy mikroalg z naturalnych zbiorników wodnych (1 – pompa wlotowa, 2 – osadnik, 3 – filtry bębnowe, 4 – separacja biomasy mikroglonów, 5 – zbiornik na biomasę, 6 – odptyw).

#### 4.1. Bioreaktory otwarte

Do systemów otwartych zalicza się między innymi tradycyjne stawy ziemne lub betonowe, stawy kotowe z mieszaniem mechanicznym, stawy typu toru wyścigowego z kołem łopatkowym oraz stawy kaskadowe [23]. Systemami, których zastosowanie w skali technicznej jest w wielu przypadkach uzasadnione pod względem ponoszonych nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych są hodowle otwarte. Są to najczęściej zbiorniki ziemne o powierzchni do 250 ha i głębokości do 0,5 m, zbudowane w postaci stawu kotowego lub rowu cyrkulacyjnego, w których mieszanie zapewnione jest mieszadłami łopatkowymi. W przypadku, w którym składniki pokarmowe dostarczane są do układu ze ściekami lub wodami poprodukcyjnymi jest on zaprojektowany zgodnie z kryterium uwzględniającym wymaganą powierzchnię stawu na ładunek doprowadzanych zanieczyszczeń. Dytlenek węgla jest pozyskiwany wprost z powietrza atmosferycznego na zasadzie prostej dyfuzji. Eksploatacja takich układów technologicznych wiąże się bezpośrednio z dużymi stratami wody wynikającymi z parowania, relatywnie niską wydajnością przyrostu biomasy, ograniczeniem możliwości hodowli specyficznych gatunków glonów oraz ich wysoką podatnością na infekcje, choroby oraz pasożyty [24]. Tego rodzaju systemy sprawdzają się w rejonach o dużym nasłonecznieniu i nieograniczonym dostępie do wody, a więc głównie na terenach nadmorskich. Hodowane są w ten sposób głównie glony z rodzaju *Spirulina* sp., *Chlorella* sp. oraz *Scenedesmus* sp. Konstrukcja rowu cyrkulacyjnego oparta jest na szeregu pętli wykonanych w kanale zamkniętym. Szerokość kanału mieści się w zakresie od 2,0 do 3,0 m, a głębokość w granicach od 0,1 do 0,3 m. Procesy mieszania i wzbudzenie przepływu zachodzą dzięki wykorzystaniu mieszadła łopatkowego. Składniki

pokarmowe podawane są za mieszadłem, natomiast namnożona biomasa glonów odbierana jest z urządzenia przed kotem łopatkowym, na końcu pętli.

#### 4.2. Fotobioreaktory zamknięte

Systemy zamknięte to fotobioreaktory o różnej konstrukcji. W odróżnieniu od systemów otwartych, zapewniają one możliwość stałej kontroli nad natężeniem i czasem naświetlania, temperaturą medium hodowlanego, ograniczają możliwość dostępu drapieżników, pasożytów oraz konkurencyjnych gatunków drobnoustrojów. Do najczęściej wykorzystywanych fotobioreaktorów zalicza się: system workowy, fotobioreaktory rurowe o orientacji poziomej, pionowej lub pochylone pod dowolnym kątem, reaktory typu Biocoil oraz fotobioreaktory płytowe [25]. Fotobioreaktory są urządzeniami dużo bardziej uniwersalnymi, które mogą być stosowane w różnych strefach klimatycznych. W takich warunkach prowadzone mogą być hodowle specyficznych gatunków glonów, np. o wysokiej koncentracji oleju w biomase. Niestety dotychczas nie udało się opracować systemu, którego wykorzystanie jest uzasadnione pod względem opłacalności ekonomicznej. Konstrukcja fotobioreaktorów jest kosztowna, wymagają wysokich nakładów eksploatacyjnych (naświetlanie, dostarczanie dwutlenku węgla) oraz sprawiają trudności eksploatacyjne np. poprzez zarastanie i ograniczenie przenikania światła [26].

Pierwszym eksploatowanym zamkniętym układem służącym do namnażania biomasy glonów był fotobioreaktor workowy. Zbudowany jest on ze sterylnych, plastikowych worków o średnicy około 0,5 m wyposażonych w system napowietrzania. Tego rodzaju rozwiązania technologiczne pracują w trybie okresowym lub półciągłym. Głównymi problemami eksploatacyjnymi tego systemu jest konieczność prowadzenia hodowli w pomieszczeniach zamkniętych oraz trudności związane z odpowiednim doświetleniem hodowli. Reaktory tego typu nie zapewniają również właściwego wymieszania, co bezpośrednio wpływa na ograniczenie wydajności procesu produkcji biomasy [27].

Płaski reaktor panelowy wyposażony w lampy fluorescencyjne wykonany jest przy użyciu grubych przezroczystych płyt PCV. Opisano szereg fotobioreaktorów zbudowanych z pionowych paneli z przegrodami i płaskich reaktorów płytowych do hodowli różnych szczepów mikroglonów. Bioreaktory rurowe zbudowane są zwykle ze szkła lub poliwęglanu, a przepływ medium hodowlanego i dostarczanie gazów odbywa się za pomocą pomp lub systemu air

lift. Tego typu urządzenia mogą zostać wykonane w formie poziomej, pionowej, nachylonej pod kątem, stożkowej. Uważa się, iż systemy reaktorów rurowych mogą być wykorzystywane na zewnątrz, gdyż posiadają znaczną powierzchnię narażoną na oddziaływanie światła słonecznego. Badania wykazały, iż w reaktorach rurowych notowany jest bardzo wysoki poziom tlenu rozpuszczonego, a także często dochodzi do fotoinhibicji procesu fotosyntezy. Trudnością eksploatacyjną tego rodzaju rozwiązania technologicznego jest zapewnienie odpowiedniej kontroli i stabilizacji temperatury w urządzeniach eksploatowanych w skali technicznej oraz powszechnie spotykane zjawisko zarastania ścian reaktora przez glony, co wydajnie ogranicza dostęp światła. Odmianą fotobioreaktora rurowego jest instalacja typu Biocoil. Jest to fotobioreaktor rurowy składający się z przezroczystej, plastikowej rury o średnicy w zakresie od 2,4 do 5,0 cm, która jest owinięta śrubowo dookoła centralnego walca. Pionowe fotobioreaktory rurowe to najczęściej stosowane urządzenia zamknięte w procesie hodowli glonów. Zaletami tego typu reaktorów są niewielkie rozmiary, niski koszt budowy i łatwość zapewnienia czystości hodowanej kultury. Ponadto reaktory tego typu są bardzo perspektywiczne, w kontekście ich wykorzystania w skali technicznej [28].

## 5. Zintegrowana akwakultura multitroficzna

Mikroglony i makroglony to typowe biofiltratory stosowane w systemach akwakultury. Integracja glonów z procesem hodowli ichtiofauny była badana w systemach otwartych w Kanadzie, Japonii, Chile, Stanach Zjednoczonych i Norwegii już w latach 90. Choć stosowanie mikroglonów jako biofiltratorów w akwakulturze nie jest tak powszechne jak makroglonów, coraz częściej wykorzystuje się je ze względu na wydajną produkcję biomasy i możliwość recyklingu składników odżywczych obecnych w wodach poprodukcyjnych z akwakultury. Udowodniono, iż bardzo skutecznie oczyszczają ścieki, obniżając chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT) i biologiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT) oraz usuwając biogeny, antybiotyki i metale ciężkie, a także limitują obecność bakterii i grzybów, hamując w ten sposób proliferację patogenów [29]. Mikroglony to wartościowa biomasa o lepszym składzie biochemicznym, którą można wykorzystać jako paszę premium dla zwierząt, nadającą się do bezpośredniego spożycia przez ryby roślinożerne, krewetki imięczaki, co z powodzeniem zaobserwowano w przypadku małży i ostryg. Ponadto biomasa mikroglonów stanowi źródło produktów o wartości dodanej, np. kwasów tłuszczowych, pigmentów, polisacharydów, itp.

Wykorzystanie mikroglonów do oczyszczania ścieków pochodzących z akwakultury i późniejsze wykorzystanie uzyskanej biomasy do skarmiania innych organizmów wodnych to proces znany jako Zintegrowana Akwakultura Multitroficzna (Integrated Multi-Trophic Aquaculture - IMTA). Głównym celem systemów IMTA jest zwiększenie długoterminowego zrównowżenia produkcyjnego i poprawienie rentowności akwakultury, ponieważ zanieczyszczenia z jednej uprawy są przekształcane w cząstki stałe – mikroglony, które następnie mogą być wykorzystywane do karmienia zwierząt na niższym poziomie troficznym, które z kolei mogą być sprzedawane na rynku. Dalsze wzmocnienie siły i konkurencyjności ekonomicznej systemów IMTA można osiągnąć poprzez ekstrakcję związków o wysokiej wartości z biomasy mikroglonów. Ta strategia stanowi doskonały przykład gospodarki o obiegu zamkniętym, w której dywersyfikacja produkowanych gatunków zwiększa odporność prowadzonej działalności gospodarczej na niestabilność rynku i ewentualne zmniejszenie produkcji podstawowej, zamykając pętlę cyklu życia produktu poprzez recykling i ponowne wykorzystanie zasobów, a w konsekwencji przynosząc korzyści środowisku i gospodarce [30].

Podstawowa koncepcja IMTA jest stosowana od wielu lat. W Chinach mikroglony były i w dalszym ciągu są używane w zintegrowanych systemach produkcji ryżu wraz z rybami, potencjalnie zwiększając plon od 8 do 47%. Makroglony i fitoplankton, które naturalnie występują w tym środowisku, absorbują rozpuszczone składniki odżywcze, a następnie są spożywane przez ryby, zamieniając ten proces w system polikultury, umożliwiając efektywne wykorzystanie składników odżywczych obecnych w wodzie, poprzez ich przekształcanie i ponowne udostępnianie dla uprawy ryżu. Ta sama podstawowa koncepcja jest obecnie stosowana w intensywnych systemach IMTA. Aktualne badania i rozwój w zakresie oczyszczania wód poprodukcyjnych w systemach IMTA są w dużej mierze poświęcone makroglonom. Najczęściej w procesie biofiltracji wykorzystuje się kultury *Ulva* sp. i *Gracilaria* sp., które usuwają zanieczyszczenia i natleniają wodę recyrkulowaną następnie do systemów akwakultury. Ze względu na fakt, iż mikroglony mogą jednocześnie pełnić rolę biofiltratorów, natleniaczy i paszy, to intensywne systemy produkcji mikroglonów okazują się doskonałą alternatywą do zastosowania w systemach IMTA. Uprawa mikroglonów może być prowadzona w stawach rybnych zapewniając bioremediację in situ i w odptywie z innych, bardziej zaawansowanych systemów akwakultury. Biofiltracja wód poprodukcyjnych z wykorzystaniem biomasy

mikroglonów z intensywnej akwakultury może również odbywać się w o oddzielnych opisanych powyżej jednostkach hodowlanych. Biofiltracja wód poprodukcyjnych pochodzących z systemów akwakultury jest sposobem na produkcję wartościowej biomasy jako taniego towaru, co pozwala na wykorzystanie zasobów, które w przeciwnym razie zostałyby utracone [31]. Przykładowe zastosowanie mikroglonów do oczyszczania wód poprodukcyjnych, pochodzących z różnych systemów akwakultury przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane przykłady oczyszczania wód poprodukcyjnych pochodzących z akwakultury przez systemy oparte na wykorzystaniu mikroglonów.

Systemu uprawy	Ścieki	Szczep	Produkcja biomasy (g/L)	Czas (doba)	Efektywność usuwania (%)	Lit.
rów cyrkulacyjny	akwakultura	Konsorcja mikroglonow o-bakteryjne	1,0-2,0	ciągła	TN: 58%; TP: 89%; COD: 80%	[34]
Fotobioreaktor y kolumnowy	akwakultura	<i>Chlorella</i> sp.	2,0-2,5	7	TN: 40%; TP: 87%; COD 61%	[35]
Fotobioreaktor rurowy	ferma turbotów	<i>Tetraselmis suecica</i>	0,52 g/L/doba	ciągła	TP: 99,7%; TN: 95,7%	[36]
			0,35 g/L/doba		TP: 99,0%; TN: 49,4%	
Fotobioreaktor rurowy	ferma tilapii	<i>Spirulina</i> sp.	0,26 g/L/doba	10	TP: 99,97%; COD: 89,34%; nitrate 81,10%	[37]
Fotobioreaktor membranowy	hodowla <i>Penaeus vannamei Boone</i>	<i>Chlorella vulgaris</i> i <i>Scenedesmus obliquus</i>	0,0426 g/L/doba	ciągła	TP: 82,7%; TN: 86,1%	[38]
Kolby laboratoryjne	hodowla <i>Clarias gariepinus</i>	<i>Chlorella</i> sp.	DN	14	TAN: 98,7%; TP: 92,2%	[39]
Kolby laboratoryjne	Hodowla flądry	<i>Platymonas subcordiformis</i>	DN	14	TN: 87-95%; TP: 98-99%	[40]
Butelki w skali laboratoryjnej	hodowla sandaczy i sumów	<i>Euglena gracilis</i> i <i>Selenastrum</i> sp.	1.5	13	TN: 75.4-89.2%; TP: 84.3-95.7%; COD: 45.8-67.6%	[41]

DN – dane niedostępne

W porównaniu do systemów przepływowych, ścieki z RAS odprowadzane są w znacznie mniejszych objętościach, ale obserwowane ładunki zanieczyszczeń mogą być wielokrotnie wyższe. Udowodniono, iż możliwe jest przeprowadzenie denitryfikacji w RAS z wykorzystaniem zamkniętego systemu produkującego biomasę mikroglonów. Porównano wskaźniki usuwania składników odżywczych przez bakterie i mikroglony (mieszana kultura, w skład której wchodziły gatunki z rodzajów *Chlorella* sp., *Chlamydomonas* sp. i *Stichococcus*. Mikroglony wykazywały usuwanie azotu na poziomie od 96% do 99%, podczas gdy system oparty na wykorzystaniu bakterii charakteryzował się usuwaniem azotu jedynie na poziomie 17% [32]. W innych badaniach określono możliwość wykorzystania ścieków z farm krewetek oczyszczanych przez *Chlorella salina* i *Ulva reticulata* do hodowli larw krewetek *Fenneropenaeus indicus*. Porównano wysoką skuteczność usuwania amoniaku, fosforanów i ChZT. Mikroglony wykorzystane do oczyszczenia ścieków zostały po procesie oczyszczania odseparowane z oczyszczonej wody i wykorzystane do karmienia larw *F. indicus*. W ten sposób doprowadzono to zamknięcia cyklu produkcyjnego [33].

## 6. Symbiotyczne konsorcja mikroglonów i bakterii

Nowym kierunkiem biotechnologicznej granulacji mikroorganizmów są systemy oparte na symbiozie mikroglonowo-bakteryjnej. Na podstawie dotychczas prezentowanych wyników zostały one uznane jako bardzo obiecujące i uniwersalne rozwiązania, które mogą znaleźć zastosowanie w procesach biologicznego oczyszczania ścieków o różnej charakterystyce i pochodzeniu. W chwili obecnej trwają prace badawcze związane z doбором odpowiednich warunków procesu oczyszczania ścieków, a także wyselekcjonowaniem właściwych parametrów technologicznych i warunków środowiskowych w celu uzyskania powtarzalnego i efektywnego procesu granulacji tego konsorcjum mikroorganizmów.

Dotychczas zweryfikowano możliwość powstawania granul mikroglonowo-bakteryjnych poprzez samoagregację komórek w sekwencyjnym reaktorze biologicznym przy wykorzystaniu naturalnego światła słonecznego. Powstałe w tej technologii granule charakteryzują się dużą stabilnością, zawartością oraz gęstością, która pozwala na efektywne usuwanie zanieczyszczeń oraz skuteczną separację ścieków oczyszczonych od biomasy w procesie grawitacyjnej sedymentacji. Udowodniono, iż istotnym elementem w powstawaniu stabilnych

i zwartych granul jest obecność w biocenozie bakteryjnej osadu czynnego bakterii nitkowatych. Stanowią one szkielet i konstrukcję granuli, do którego dzięki zewnętrznym substancjom polimerowym przyłączane są kolejne komórki bakterii i mikroglonów [42].

Wzrost biomasy mikroglonów w granulach wpływa bezpośrednio na podniesienie efektywności usuwania związków azotu i fosforu. Udowodniono również, iż symbioza mikroglonów i bakterii prowadzi do znacznego udziału biomasy mikroglonów oleistych w strukturze granuli. Z tego względu przyrastająca w procesie oczyszczania ścieków biomasa charakteryzuje się istotnie wyższą wartością opatową oraz stanowi bardziej uniwersalny substrat dla procesów konwersji energetycznej. Dodatkowo w strukturze tego konsorcjum kumulowane mogą być inne cenne pod kątem gospodarczym substancje, których odzysk z nadmiernej biomasy może być uzasadniony technologicznie i ekonomicznie. Między innymi dlatego granule mikroalgowo-bakteryjne stają się obiecującym i perspektywicznym biotechnologicznym rozwiązaniem oczyszczania ścieków [43]. Podkreśla się doskonałą zdolność sedymentacji i separacji biomasy, sprawne usuwanie zanieczyszczeń, ograniczenie kosztów eksploatacyjnych związanych z napowietrzaniem ścieków przy jednoczesnej produkcji biomasy o wysokiej wartości dodanej.

W systemie symbiozy mikroglonowo-bakteryjnej organizmy autotroficzne są odpowiedzialne za intensyfikację procesów usuwania związków azotu i fosforu, co ma ogromne znaczenie z technologicznego i ekonomicznego punktu widzenia. W klasycznych systemach usuwania zanieczyszczeń opartych na osadzie czynnym oraz błonie biologicznej w celu usunięcia związków biogenych konieczne jest zastosowanie skomplikowanych i drogich procedur technologicznych, a w wielu przypadkach również wspomaganie procesu oczyszczania substancjami chemicznymi. W celu zapewnienia usunięcia azotu przez biocenozę opartą jedynie na bakteriach, wymagane jest zapewnienie zmiennych warunków tlenowo-beztlenowych pozwalających na sekwencje procesów amonifikacji, nityfikacji i denityfikacji, a także odpowiednie obciążenie osadu ładunkiem związków organicznych. Usunięcie fosforu na drodze biologicznej również jest związane z zapewnieniem następujących po sobie warunków beztlenowych i tlenowych oraz bardzo często wykorzystaniem chemicznej precypitacji. Są to zabiegi kosztowne i skomplikowane technologicznie, wymagające ogromnych nakładów na napowietrzanie oraz złożonego systemu recyrkulacji wewnątrz instalacji.

W strukturze konsorcjum mikroglony, prócz przyswajania związków azotu i fosforu, są również odpowiedzialne za wytwarzanie cząsteczkowego tlenu fotosyntetycznego. Technologia osadu czynnego to rozwiązanie tlenowe, gdzie zapewnienie odpowiedniej wydajności napowietrzania stanowi największy udział w kosztach eksploatacyjnych. Zmniejszenie zapotrzebowania na tlen to główna przeszkoda w ograniczeniu emisyjności systemów oczyszczania ścieków opartych na metodzie osadu czynnego. W związku z tym tlen produkowany przez mikroglony wspiera metabolizm bakterii tlenowych i poprawia efektywność technologiczną oraz ekonomiczną systemu symbiozy mikroglonowo-bakteryjnej. Z drugiej strony efektem bakteryjnej biodegradacji zanieczyszczeń są zmineralizowane formy azotu i fosforu oraz ditlenek węgla, które intensyfikują rozwój mikroglonów w strukturze granuli [44]. Jak wspomniano wyżej, mikroglony gromadzą związki o wysokiej wartości dodanej, takie jak astaksantyna,  $\beta$ -karoten, wielonienasycone kwasy tłuszczowe i biodiesel, które są korzystne dla odzyskiwania i ponownego wykorzystania biomasy glonów i bakterii. Udowodniono również, iż w warunkach obecności podwyższonych stężeń biodegradowalnych związków organicznych w środowisku, mikroglony mogą częściowo zmieniać swój metabolizm na miksotroficzny lub wręcz heterotroficzny, co wspomaga usuwanie substancji węglowych ze ścieków [45].

Należy jednak zauważyć, iż mikroglony są przede wszystkim fotosyntetycznymi autotrofami, ich wzrost i aktywność metaboliczna są bezpośrednio związane z zapewnieniem odpowiednich warunków świetlnych w układzie. Wcześniejsze badania wykazały, że istotne znaczenie na rozwój biomasy mikroglonów, jej aktywność metaboliczną oraz charakterystykę składu biomasy ma intensywność oświetlenia, źródło światła, stosowany fotoperiod i jakość światła. Zapewnienie odpowiednich warunków świetlnych jest elementem, który może istotnie podnieść zarówno koszty inwestycyjne, jak i eksploatacyjne technologii. Dlatego prace badawcze ukierunkowane są głównie na możliwości wykorzystania promieniowania słonecznego lub zastosowania niewielkiego udziału światła sztucznego [46]. Jest to o tyle istotne, iż nadmierne natężenie światła może wywołać fotoinhibicję mikroglonów, prowadząc ostatecznie do ograniczenia zdolności metabolicznych biomasy i pogorszenia efektów technologicznych oczyszczania ścieków.

W odróżnieniu od bakteryjnych tlenowych i beztlenowych technologii, wykorzystanie symbiotycznej granulacji mikroglonów i bakterii jest w chwili obecnej rozwiązaniem, które pozostaje ciągle w sferze prac badawczo-

rozwojowych. Nie zostały jeszcze rozpoznane wszystkie mechanizmy odpowiedzialne za proces mikroglonowo-bakteryjnej granulacji. Ciągłe trwają badania nad wpływem różnych czynników eksploatacyjnych i środowiskowych w poszukiwaniu strategii przyspieszających tworzenie granulowanej struktury i utrzymanie jej w czasie długotrwałej eksploatacji bioreaktorów. Ciekawe, dobrze prognozujące wyniki tych eksperymentów, odnoszące się zarówno do formowania samych granul, jak i uzyskiwanych z ich udziałem efektów technologicznych usuwania zanieczyszczeń ze ścieków pozwalają sądzić, iż w niedługim czasie pojawią się pracujące w skali technicznej układy technologiczne wykorzystujące ten rodzaj biomasy.

## 7. Podsumowanie

Mimo udowodnionej możliwości stosowania systemów opartych na biomacie mikroglonów w sektorze akwakultury, brakuje instalacji eksploatowanych w skali technicznej. Większość istniejących i szeroko opisanych w literaturze obiektów przemysłowej uprawy mikroglonów związanych jest z produkcją wysokiej jakości dodatków do pasz i żywności, cennych barwinków czy substancji nawozowych. Jest to spowodowane faktem, iż metody produkcji biomasy mikroglonów z wykorzystaniem substratów odpadowych jako medium hodowlanego, jej separacji i odwadniania, a następnie technologie transformacji do cennych gospodarczo produktów są trudne do jednoznacznej oceny oraz zbilansowania z jednoczesnym uwzględnieniem aspektów ekologicznych i ekonomicznych.

Większość prac badawczych dotyczących wykorzystania biomasy mikroglonów w systemach oczyszczania wód pochodzących z szeroko pojętej akwakultury przeprowadzona została w warunkach laboratoryjnych, rzadko w skali ułamkowo-technicznej. Istotnie ogranicza to możliwość uzyskania wiarygodnych danych do przeprowadzenia kompleksowej oceny sprawności technologicznej, środowiskowej i ekonomicznej tego rodzaju rozwiązań. Większość dotychczasowych prac przeprowadzono w małej skali lub stanowiły analizę teoretyczną wykonaną na podstawie danych literaturowych. Tego rodzaju badania pozwalają na uzyskanie ciekawych wyników, jednak nie zawierają wystarczających informacji do przeprowadzenia właściwej i pełnej analizy funkcjonowania tego rodzaju obiektów.

Istnieje zatem uzasadniona potrzeba weryfikacji rezultatów uzyskanych w warunkach laboratoryjnych przez uruchomienie i eksploatację instalacji pracujących w skali pilotowej i pełnej technicznej. Konieczne jest podniesienie poziomu zaawansowania technologicznego hodowlanych systemów mikroglonów, w celu weryfikacji opisywanego powszechnie potencjału tego rozwiązania. Można to osiągnąć poprzez przeprowadzenie prac weryfikacyjnych w skali, gdzie zapewnione zostaną warunki eksploatacyjne zbliżone do rzeczywistych.

## Literatura

1. Hossain, M. M.; Rahman, M. H.; Tina, F. W.; Shahjahan, M. Present Scenario and Prospects of the Use of Aquatic Plants in Aquaculture: A Review. *Aquac. Int.* **2024**, *2024*, 1–35. <https://doi.org/10.1007/S10499-024-01489-1>.
2. Kucuksezgin, F.; Pazi, I.; Gonul, L. T. Environmental Impact of Fish Farming: Assessment of Metal Contamination and Sediment Geochemistry at Three Aquaculture Areas from the Eastern Aegean Coast. *Environ. Monit. Assess.* **2022**, *194* (4), 1–25. <https://doi.org/10.1007/S10661-022-09960-3>/METRICS.
3. Meitei, M. M.; Singh, S. K.; Mangang, Y. A.; Meena, D. K.; Debbarma, R.; Biswas, P.; Waikhom, G.; Patel, A. B.; Ngasotter, S.; Newmei, T.; Meena, K. Effective Valorization of Precision Output of Algaquaculture towards Eco-Sustainability and Bioeconomy Concomitant with Biotechnological Advances: An Innovative Concept. *Clean. Waste Syst.* **2022**, *3*, 100026. <https://doi.org/10.1016/J.CLWAS.2022.100026>.
4. Dębowski, M.; Dudek, M.; Nowicka, A.; Quattrocelli, P.; Kazimierowicz, J.; Zieliński, M. Suitability of Pre-Digested Dairy Effluent for Mixotrophic Cultivation of the Hydrogen-Producing Microalgae *Tetraselmis Subcordiformis*. *Environ. Technol.* **2024**, *45* (3), 471–482. <https://doi.org/10.1080/09593330.2022.2112981>.
5. Dębowski, M.; Zieliński, M.; Kisiulewska, M.; Kazimierowicz, J.; Dudek, M.; Świca, I.; Rudnicka, A. The Cultivation of Lipid-Rich Microalgae Biomass as Anaerobic Digestate Valorization Technology—A Pilot-Scale Study. *Processes* **2020**, *8* (5), 517. <https://doi.org/10.3390/pr8050517>.
6. Zieliński, M.; Dębowski, M.; Kazimierowicz, J.; Świca, I. Microalgal Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Capture and Utilization from the European Union Perspective. *Energies* **2023**, *Vol. 16*, Page 1446 **2023**, *16* (3), 1446. <https://doi.org/10.3390/EN16031446>.
7. Ende, S.; Henjes, J.; Spiller, M.; Elshobary, M.; Hanelt, D.; Abomohra, A. Recent Advances in Recirculating Aquaculture Systems and Role of Microalgae to Close System Loop. *Bioresour. Technol.* **2024**, *407*, 131107. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2024.131107>.
8. Dębowski, M.; Zieliński, M.; Świca, I.; Kazimierowicz, J. Algae Biomass as a Potential Source of Liquid Fuels. *Phycology* **2021**, *1* (2), 105–118. <https://doi.org/10.3390/phycology1020008>.

9. Tredici, M. R.; Bassi, N.; Prussi, M.; Biondi, N.; Rodolfi, L.; Chini Zittelli, G.; Sampietro, G. Energy Balance of Algal Biomass Production in a 1-Ha "Green Wall Panel" Plant: How to Produce Algal Biomass in a Closed Reactor Achieving a High Net Energy Ratio. *Appl. Energy* **2015**, *154*, 1103–1111. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2015.01.086>.
10. Maxwell, D. P.; Falk, S.; Trick, C. G.; Huner, N. P. A. Growth at Low Temperature Mimics High-Light Acclimation in *Chlorella Vulgaris*. *Plant Physiol.* **1994**, *105* (2), 535–543. <https://doi.org/10.1104/PP.105.2.535>.
11. Ma, R.; Wang, B.; Chua, E. T.; Zhao, X.; Lu, K.; Ho, S. H.; Shi, X.; Liu, L.; Xie, Y.; Lu, Y.; Chen, J. Comprehensive Utilization of Marine Microalgae for Enhanced Co-Production of Multiple Compounds. *Mar. Drugs* **2020**, *Vol. 18*, Page 467 **2020**, *18* (9), 467. <https://doi.org/10.3390/MD18090467>.
12. Dębowski, M.; Dudek, M.; Zieliński, M.; Nowicka, A.; Kazimierowicz, J. Microalgal Hydrogen Production in Relation to Other Biomass-Based Technologies—A Review. *Energies* **2021**, *Vol. 14*, Page 6025 **2021**, *14* (19), 6025. <https://doi.org/10.3390/EN14196025>.
13. Dębowski, M.; Zieliński, M.; Kazimierowicz, J.; Kujawska, N.; Talbierz, S. Microalgae Cultivation Technologies as an Opportunity for Bioenergetic System Development—Advantages and Limitations. *Sustain.* **2020**, *Vol. 12*, Page 9980 **2020**, *12* (23), 9980. <https://doi.org/10.3390/SU12239980>.
14. Valdez-Ojeda, R. A.; del Rayo Serrano-Vázquez, M. G.; Toledano-Thompson, T.; Chavarría-Hernández, J. C.; Barahona-Pérez, L. F. Effect of Media Composition and Culture Time on the Lipid Profile of the Green Microalga *Coelastrum* Sp. and Its Suitability for Biofuel Production. *Bioenergy Res.* **2021**, *14* (1), 241–253. <https://doi.org/10.1007/S12155-020-10160-5>.
15. Kisielewska, M.; Zielinski, M.; Debowski, M.; Kazimierowicz, J.; Romanowska-Duda, Z.; Dudek, M. Effectiveness of *Scenedesmus* Sp. Biomass Grow and Nutrients Removal from Liquid Phase of Digestates. *Energies* **2020**, *13* (6), 1432. <https://doi.org/10.3390/EN13061432>.
16. Kisielewska, M.; Dębowski, M.; Zieliński, M.; Kazimierowicz, J.; Quattrocelli, P.; Bordiean, A. Effects of Liquid Digestate Treatment on Sustainable Microalgae Biomass Production. *Bioenergy Res.* **2022**, *15* (1), 357–370. <https://doi.org/10.1007/S12155-021-10251-X>.
17. Marcek Chorvatova, A.; Uherek, M.; Mateasik, A.; Chorvat, D. Time-Resolved Endogenous Chlorophyll Fluorescence Sensitivity to PH: Study on *Chlorella* Sp. Algae. *Methods Appl. Fluoresc.* **2020**, *8* (2), 024007. <https://doi.org/10.1088/2050-6120/AB77F4>.
18. Resman, L.; Berden Zrimec, M.; Žitko, V.; Lazar, B.; Reinhardt, R.; Cerar, A.; Mihelič, R. Microalgae Production on Biogas Digestate in Sub-Alpine Region of Europe—Development of Simple Management Decision Support Tool. *Sustain.*

2023, Vol. 15, Page 16948 2023, 15 (24), 16948.  
<https://doi.org/10.3390/SU152416948>.

19. Grönlund, E.; Hanæus, J.; Johansson, E.; Falk, S. Performance of an Experimental Wastewater Treatment High-Rate Algal Pond in Subarctic Climate. *Water Environ. Res.* **2010**, *82*(9), 830–839. <https://doi.org/10.2175/106143009X12487095236478>.
20. Dębowski, M.; Kisiełowska, M.; Kazimierowicz, J.; Zieliński, M. Influence of the Light Source on the *Chlorella Vulgaris* Biomass Growth in the Culture Medium Supplemented with Anaerobic Digestate. *Annu. Set Environ. Prot.* **2020**, *22*, 605–621.
21. Masojídek, J.; Ranglová, K.; Lakatos, G. E.; Benavides, A. M. S.; Torzillo, G. Variables Governing Photosynthesis and Growth in Microalgae Mass Cultures. *Process.* **2021**, *9*(5), 820. <https://doi.org/10.3390/PR9050820>.
22. Meier, L.; Barros, P.; Torres, A.; Vilchez, C.; Jeison, D. Photosynthetic Biogas Upgrading Using Microalgae: Effect of Light/Dark Photoperiod. *Renew. Energy* **2017**, *106*, 17–23. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2017.01.009>.
23. Dębowski, M.; Zieliński, M.; Krzemieniewski, M.; Dudek, M.; Grala, A. Microalgae – Cultivation Methods. *Pol. J. Natur. Sc* **2012**, *27*(2), 151–164.
24. Azarpour, A.; Zendejboudi, S.; Mohammadzadeh, O.; Rajabzadeh, A. R.; Chatzis, I. A Review on Microalgal Biomass and Biodiesel Production through Co-Cultivation Strategy. *Energy Convers. Manag.* **2022**, *267*, 115757. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2022.115757>.
25. Yen, H. W.; Hu, I. C.; Chen, C. Y.; Nagarajan, D.; Chang, J. S. Design of Photobioreactors for Algal Cultivation. *Biomass, Biofuels, Biochem. Biofuels from Algae, Second Ed.* **2019**, 225–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64192-2.00010-X>.
26. Sathinathan, P.; Parab, H. M.; Yusoff, R.; Ibrahim, S.; Vello, V.; Ngoh, G. C. Photobioreactor Design and Parameters Essential for Algal Cultivation Using Industrial Wastewater: A Review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2023**, *173*, 113096. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2022.113096>.
27. Sirohi, R.; Kumar Pandey, A.; Ranganathan, P.; Singh, S.; Udayan, A.; Kumar Awasthi, M.; Hoang, A. T.; Chilakamarri, C. R.; Kim, S. H.; Sim, S. J. Design and Applications of Photobioreactors- a Review. *Bioresour. Technol.* **2022**, *349*, 126858. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2022.126858>.
28. oulopakis, E.; Faraloni, C.; Carlozzi, P. An Outline of Photosynthetic Microorganism Growth inside Closed Photobioreactor Designs. *Bioresour. Technol. Reports* **2022**, *18*, 101066. <https://doi.org/10.1016/J.BITEB.2022.101066>.
29. Dudek, M.; Dębowski, M.; Kazimierowicz, J.; Zieliński, M.; Quattrocelli, P.; Nowicka, A. The Cultivation of Biohydrogen-Producing *Tetraselmis Subcordiformis* Microalgae as the Third Stage of Dairy Wastewater Aerobic

- Treatment System. *Sustain.* **2022**, 14 (19), 12085.  
<https://doi.org/10.3390/SU141912085>.
30. O'Neill, E. A.; Fehrenbach, G.; Murphy, E.; Alencar, S. A.; Pogue, R.; Rowan, N. J. Use of next Generation Sequencing and Bioinformatics for Profiling Freshwater Eukaryotic Microalgae in a Novel Peatland Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) System: Case Study from the Republic of Ireland. *Sci. Total Environ.* **2022**, *851*, 158392. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.158392>.
  31. Jerónimo, D.; Lillebø, A. I.; Santos, A.; Cremades, J.; Calado, R. Performance of Polychaete Assisted Sand Filters under Contrasting Nutrient Loads in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) System. *Sci. Reports* **2020**, *10* (1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77764-x>.
  32. Halfhide, T.; Åkerstrøm, A.; Lekang, O. I.; Gislerød, H. R.; Ergas, S. J. Production of Algal Biomass, Chlorophyll, Starch and Lipids Using Aquaculture Wastewater under Axenic and Non-Axenic Conditions. *Algal Res.* **2014**, *6* (PB), 152–159. <https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2014.10.009>.
  33. Vijayasri, K.; Balasubramanian, A.; Vidya, G.; Reddy, S.; Francis, T. Evaluation of Reuse of Shrimp Farm Effluent after Chemical and Biological Treatments. *Indian J. Fish.* **2013**, *60* (3), 91–98.
  34. Van Den Hende, S.; Beelen, V.; Bore, G.; Boon, N.; Vervaeren, H. Up-Scaling Aquaculture Wastewater Treatment by Microalgal Bacterial Flocs: From Lab Reactors to an Outdoor Raceway Pond. *Bioresour. Technol.* **2014**, *159*, 342–354. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2014.02.113>.
  35. Kuo, C. M.; Jian, J. F.; Lin, T. H.; Chang, Y. Bin; Wan, X. H.; Lai, J. T.; Chang, J. S.; Lin, C. S. Simultaneous Microalgal Biomass Production and CO<sub>2</sub> Fixation by Cultivating *Chlorella* Sp. GD with Aquaculture Wastewater and Boiler Flue Gas. *Bioresour. Technol.* **2016**, *221*, 241–250. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2016.09.014>.
  36. Michels, M. H. A.; Vaskoska, M.; Vermuë, M. H.; Wijffels, R. H. Growth of *Tetraselmis Suecica* in a Tubular Photobioreactor on Wastewater from a Fish Farm. *Water Res.* **2014**, *65*, 290–296. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2014.07.017>.
  37. Cardoso, L. G.; Duarte, J. H.; Andrade, B. B.; Lemos, P. V. F.; Costa, J. A. V.; Druzian, J. I.; Chinalia, F. A. *Spirulina* Sp. LEB 18 Cultivation in Outdoor Pilot Scale Using Aquaculture Wastewater: High Biomass, Carotenoid, Lipid and Carbohydrate Production. *Aquaculture* **2020**, *525*, 735272. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735272>.
  38. Gao, F.; Li, C.; Yang, Z. H.; Zeng, G. M.; Feng, L. J.; Liu, J. zhi; Liu, M.; Cai, H. wen. Continuous Microalgae Cultivation in Aquaculture Wastewater by a Membrane Photobioreactor for Biomass Production and Nutrients Removal. *Ecol. Eng.* **2016**, *92*, 55–61. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2016.03.046>.

39. Nasir, N. M.; Bakar, N. S. A.; Lananan, F.; Abdul Hamid, S. H.; Lam, S. S.; Jusoh, A. Treatment of African Catfish, *Clarias Gariepinus* Wastewater Utilizing Phytoremediation of Microalgae, *Chlorella* Sp. with *Aspergillus Niger* Bio-Harvesting. *Bioresour. Technol.* **2015**, *190*, 492–498. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2015.03.023>.
40. Guo, Z.; Liu, Y.; Guo, H.; Yan, S.; Mu, J. Microalgae Cultivation Using an Aquaculture Wastewater as Growth Medium for Biomass and Biofuel Production. *J. Environ. Sci.* **2013**, *25* (S1), S85–S88. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(14\)60632-X](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(14)60632-X).
41. Tossavainen, M.; Lahti, K.; Edelman, M.; Eskola, R.; Lampi, A. M.; Piironen, V.; Korvonen, P.; Ojala, A.; Romantschuk, M. Integrated Utilization of Microalgae Cultured in Aquaculture Wastewater: Wastewater Treatment and Production of Valuable Fatty Acids and Tocopherols. *J. Appl. Phycol.* **2019**, *31* (3), 1753–1763. <https://doi.org/10.1007/S10811-018-1689-6>.
42. Kazimierowicz, J.; Dębowski, M.; Zieliński, M. Taxonomic Structure Evolution, Chemical Composition and Anaerobic Digestibility of Microalgae-Bacterial Granular Sludge (M-BGS) Grown during Treatment of Digestate. *Appl. Sci.* **2023**, *13*(2), 1098. <https://doi.org/10.3390/APP13021098>.
43. Kazimierowicz, J.; Dębowski, M.; Zieliński, M. Microbial Granule Technology—Prospects for Wastewater Treatment and Energy Production. *Energies* **2022**, *16*(1), 75. <https://doi.org/10.3390/EN16010075>.
44. Jiang, Q.; Chen, H.; Fu, Z.; Fu, X.; Wang, J.; Liang, Y.; Yin, H.; Yang, J.; Jiang, J.; Yang, X.; Wang, H.; Liu, Z.; Su, R. Current Progress, Challenges and Perspectives in the Microalgal-Bacterial Aerobic Granular Sludge Process: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Heal.* **2022**, *19* (21), 13950. <https://doi.org/10.3390/IJERPH192113950>.
45. Mohsenpour, S. F.; Hennige, S.; Willoughby, N.; Adeloje, A.; Gutierrez, T. Integrating Micro-Algae into Wastewater Treatment: A Review. *Sci. Total Environ.* **2021**, *752*, 142168. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142168>.
46. Kilbane, J. J. Shining a Light on Wastewater Treatment with Microalgae. *Arab. J. Sci. Eng.* **2022**, *47*(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/S13369-021-06444-3>.

## Produkcja materiału zarybieniowego ryb łososiowatych - jak wspomóc dzisiejsze ekosystemy i skutecznie utrwalić populację ryb w rzekach

**Radostaw Kajetan Kowalski**

**Maksymilian Krzyś**

**Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie**

**PZW w Nowym Sączu**

### **1. Narzędzia wspierające efektywne zarybianie**

Produkcja materiału zarybieniowego ryb łososiowatych, takich jak pstrąg potokowy, lipień czy głowacica, stanowi kluczowy element w utrzymaniu zdrowych populacji tych gatunków w polskich rzekach. Ze względu na zmieniające się warunki klimatyczne i presję ze strony drapieżników, odpowiednie strategie zarybiania i metody hodowlane mają decydujące znaczenie dla przetrwania tych ryb. W artykule przedstawiono nowoczesne metody genetycznej identyfikacji tarlaków, przechowywania nasienia, szkolenia przeciw drapieżnikom oraz wyniki badań nad żywieniem ryb, które mogą pomóc w utrwaleniu stabilnych populacji tych gatunków w naturalnych ekosystemach.

#### ***Genetyczna identyfikacja zmienności tarlaków***

Zastosowanie innowacyjnych technik genetycznych w hodowli ryb pozwala na dokładną analizę genetyczną populacji ryb, co umożliwia tworzenie par tarlaków na podstawie ich profili genetycznych. Dzięki takiemu podejściu można zachować wysoką zmienność genetyczną oraz bioróżnorodność zasobów ryb łososiowatych. Opracowanie macierzy doboru tarlaków umożliwia kontrolowany rozród, co prowadzi do produkcji materiału zarybieniowego o wysokim stopniu zmienności genetycznej. Podobne badania przeprowadzono wcześniej na naturalnych populacjach siei z jeziora Łebsko (Kaczmarczyk i Fopp-Bayat, 2013), (Fopp-Bayat i wsp., 2015), co dowodzi skuteczności tego podejścia. Nowoczesne techniki genetyczne powinny być dalej rozwijane i dostosowywane do różnych gatunków ryb.

## **Zastosowanie przechowywania nasienia i tarła pneumatycznego**

Wprowadzenie metod przechowywania nasienia w warunkach obniżonego metabolizmu (+/- 4°C) umożliwia długoterminowe przechowywanie nasienia i jego wielokrotne wykorzystywanie do zapłodnienia ikry. Tego rodzaju technika zwiększa liczbę potomstwa pochodzącego od różnych samców, co poprawia różnorodność genetyczną. Nasienie ryb łososiowatych może być przechowywane nawet do 30 dni, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości plemników dzięki odpowiednim rozrzedzalnikom (Contreras i in., 2019), (Cejko i in., 2018, 2019).

Metoda tarła pneumatycznego, będąca mniej inwazyjną alternatywą dla tradycyjnego masażu brzucha, zwiększa efektywność pozyskiwania oocytów i minimalizuje ryzyko ich uszkodzenia. Technika ta była skutecznie stosowana w przypadku różnych gatunków ryb łososiowatych, takich jak pstrąg tęczowy i pstrąg potokowy (Kowalski i in., 2018). Dzięki zastosowaniu tych innowacyjnych technologii możliwe jest krzyżowanie osobników z różnych genotypów (outbred), co może pozytywnie wpłynąć na cechy fenotypowe i wzrost ryb.

## ***Badania nad wpływem żywienia na jakość gamet***

Kondycja tarlaków oraz jakość pozyskiwanych gamet są kluczowymi czynnikami decydującymi o sukcesie rozrodczym ryb. Optymalizacja składu paszy tarlakowej ma ogromne znaczenie, zwłaszcza w przypadku gatunków takich jak lipień, dla których brak jest dedykowanych pasz. Poprawa jakości żywienia tarlaków może przyczynić się do zwiększenia ich sukcesu rozrodczego i produkcji zdrowego materiału zarybieniowego (Strüssmann i Nakamura, 2002). Badania nad wpływem różnych proporcji białka i tłuszczu w paszy, a także dodatków witaminowych, mogą prowadzić do optymalizacji diety, co zwiększy jakość nasienia i ikry.

## ***Efektywność podchowu w systemie recyrkulacyjnym z zastosowaniem szkolenia przeciw drapieżnikom***

Wprowadzenie treningu przeciw drapieżnikom dla narybku stanowi kolejną innowacyjną metodę, która może zwiększyć ich szanse na przetrwanie w środowisku naturalnym. Istnieją dwa główne programy szkolenia: pierwszy obejmuje umieszczenie narybku w basenie z dorosłym drapieżnikiem, drugi to przepuszczanie wody z basenu z drapieżnikiem, zawierającej tzw. "feromony śmierci" – drobno pokrojony martwy narybek. Celem tych metod jest

przygotowanie ryb do unikania drapieżników, co zwiększa ich szanse na przeżycie po wypuszczeniu do rzek. Efektywność tych programów powinna zostać w przyszłości oceniona w warunkach kontrolowanych oraz w naturalnych odcinkach rzek.

## **2. Obserwacje i doświadczenia w zarybianiu rzek rybami łososiowatymi Okręg PZW Nowy Sącz**

### ***Pstrąg potokowy***

Przez wiele lat głównym sposobem zarybiania pstrąga potokowego było wypuszczanie narybku jesiennego. Ilość ryb wypuszczanych do rzek, takich jak Dunajec i Poprad, osiągała setki tysięcy sztuk – nawet 200-300 tys. sztuk rocznie. Dodatkowo, w miarę możliwości i dostępności, zarybienia były prowadzone wylęgiem (do 1 mln sztuk) oraz selektami (około 2 ton co 2-3 lata). W niektórych przypadkach wykorzystywano również ikrę zaoczkowaną, umieszczaną w specjalnych inkubatorach w niewielkich potokach.

Choć liczby wypuszczanych ryb były imponujące, nie przełożyło się to na znaczące zwiększenie populacji pstrąga potokowego w rzekach. Największe problemy pojawiały się przy zarybianiu narybkiem jesiennym, gdzie przeżywalność była często bardzo niska, czasami wręcz zerowa. Istnieją różne hipotezy tłumaczące to zjawisko, a jedną z głównych przyczyn może być brak odpowiedniej bazy pokarmowej w okresie jesiennym. Młode ryby, wypuszczone od połowy września do końca października, trafiały na niewielkie ilości naturalnego pokarmu, co uniemożliwiało im przystosowanie się przed zimą. W konsekwencji nie były w stanie przetrwać tego okresu.

Kolejnym istotnym problemem był wzmożony jesienny żer drapieżników, co sprawiało, że młode, niedostosowane jeszcze ryby stawały się łatwym łupem dla większych osobników oraz ptaków rybożernych, takich jak kormorany czy mewy.

Obecnie zmieniono strategię zarybiania pstrąga potokowego. Większy nacisk kładzie się na narybek wiosenny i letni, które mają więcej czasu na przystosowanie się do warunków rzecznych przed zimą, kiedy baza pokarmowa jest bogatsza. Wypuszczane są też niewielkie ilości narybku jesiennego (kilka tysięcy sztuk) oraz selektów (około 6 ton na specjalnych łowiskach w Dunajcu).

### ***Lipień***

Zarybianie lipienia w regionie opierało się wyłącznie na narybku jesiennym, przy czym co roku wypuszczano ponad 100 tys. sztuk. Podobnie jak w przypadku pstrąga potokowego, wyniki tych zarybień były bardzo niezadowalające. Badania własne wykazały, że przeżywalność narybku jesiennego lipienia w okresie od jesieni do wiosny była praktycznie zerowa.

Z tego powodu, od kilku lat zarybiania lipieniem prowadzone są wyłącznie wiosną – za pomocą narybku letniego oraz wiosennego. Zmiana strategii przyniosła pozytywne efekty, a badania wykazały wyraźny wzrost populacji lipienia w Dunajcu.

### ***Głowacica***

Zarybianie głowacicy zawsze było prowadzone za pomocą narybku letniego, w ilości około 200 tys. sztuk rocznie. Dodatkowo co kilka lat wypuszczane są selekty oraz tarlaki (kilkaset kilogramów). Głowacica, będąc drapieżnikiem szczytowym, wymaga kontrolowania jej liczebności, aby nie doszło do nadmiernego wzrostu populacji. Z tego względu dotychczasowa strategia zarybiania głowacicy jest uważana za wystarczającą.

### ***Wyzwania związane ze zmianami klimatycznymi***

Zmieniające się warunki klimatyczne, w tym gwałtowne powodzie i susze, stanowią dodatkowe wyzwanie w kontekście efektywności zarybień. Aby zwiększyć ich skuteczność, sugeruje się zdywersyfikowanie asortymentu zarybieniowego. Oznacza to prowadzenie zarybień na różnych etapach rozwojowych ryb: od ikry (umieszczanej w specjalnych inkubatorach), poprzez wylęg, narybek letni, wiosenny i jesienny, aż po selekty i tarlaki. Taka strategia daje większe szanse na przystosowanie ryb do zmiennych warunków środowiskowych i zwiększa ich szanse na przeżycie.

### ***Podsumowanie***

Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że zarybianie w okresie wiosennym jest znacznie bardziej efektywne niż jesiennie. Większa dostępność pokarmu oraz dłuższy czas przystosowania się ryb do nowych warunków sprawia, że ich przeżywalność jest wyższa. Zdywersyfikowanie metod zarybiania,

dostosowane do zmieniających się warunków klimatycznych, może przyczynić się do wzrostu populacji pstrąga potokowego, lipienia i głowacicy w polskich rzekach.

## Piśmiennictwo

1. Cejko B.I., Horváth Á., Kollár T., Kása E., Lujić J., Marinović Z., Kowalski R.K. (2018): Optimisation of sodium and potassium concentrations and pH in the artificial seminal plasma of common carp *Cyprinus carpio* L. *Fish Physiology and Biochemistry* 44: 1435-1442.
2. Cejko B.I., Źarski D., Palińska-Źarska K., Stowińska M., Kowalski R.K. (2019): Artificial seminal plasma improves motility and fertilisation capacity of common carp *Cyprinus carpio* L. sperm during one hour of storage. *Aquaculture* 506: 224-228.
3. Cejko B.I., Sarosiek B., Krejszef S., Judycka S., Szczepkowski M., Szczepkowska B., Kowalski R.K. (2016): Effects of different stripping methods of female and activation medium on fertilization success in northern pike (*Esox lucius*). *Czech Journal of Animal Science* 10: 481-486.
4. Contreras P., Dumornè K., Ullo-Rodríguez P., Merino O., Figueroa E., Farías J.G., Valdebenito I., Risopatrón J. (2019): Effect of short-term storage on sperm function in fish semen: a review. *Review in Aquaculture* 1-17.
5. Fopp-Bayat D., Ciereszko A. 2012. Microsatellite genotyping of cryopreserved spermatozoa for improvement of fish semen cryobanking. *Cryobiology* 65: 196-201.
6. Fopp-Bayat D., Kaczmarczyk D., Szczepkowski M. 2015. Genetic characteristics of Polish whitefish (*Coregonus lavaretus maraena*) broodstocks - recommendations for the conservation management. *Czech Journal of Animal Science* 60: 171-177.
7. Kaczmarczyk D., Fopp-Bayat D. 2013. Assemblage of spawning pairs based on their individual genetic profiles – as tool for maintaining genetic variation within sturgeon populations. *Aquaculture Research* 44: 677-682.
8. Kaczmarczyk D., Fopp-Bayat D., Wiśniewska A. 2015. Selection of optimal spawner - pairs based on the polymorphism of microsatellite loci in a partially - tetraploid fish species (*Coregonus lavaretus*). *Environmental Biotechnology* 11(1): 20-25.
9. Kowalski R.K., Sarosiek B., Judycka S., Dryl K., Grudniewska J., Dobosz S., Cejko B.I. (2018): Effectiveness of the air striping in two salmonid fish, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta morpha fario*). *JoVE - Journal of Visualized Experiments* 16;(139).
10. Kucinski M., Fopp-Bayat D., Liszewski T., Svinger V.W., Lebeda I., Kolman R. 2015. Genetic analysis of four European huchen (*Hucho hucho* Linnaeus, 1758)

broodstocks from Poland, Germany, Slovakia and Ukraine: implication for conservation. *Journal of Applied Genetics* 56 (4): 469-480.

11. Nynca J., Dietrich G.J., Fopp-Bayat D., Dietrich M.A., Słowińska M., Liszewska E., Karol H., Martyniak A., Ciereszko A. 2012. Biochemical, physiological and genetic characteristics of fresh and cryopreserved whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) semen. *Journal of Applied Ichthyology* 28: 934-940.
12. Strüssmann C.A., Nakamura M. (2002): Morphology, endocrinology, and environmental modulation of gonadal sex differentiation in teleost in fishes. *Fish Physiology and Biochemistry* 26: 13-29.

## „Nowe” zagrożenia dla zdrowia ryb łososiowatych w nowoczesnych systemach akwakultury

Elżbieta Terech-Majewska

AQSPIN, 11-001 Dywity, Tuławki 67

aqspin@wp.pl

### 1. Wstęp

Podstawę ochrony zdrowia zwierząt stanowi prowadzenie hodowli z zachowaniem dobrostanu. Różne gatunki ryb mają zróżnicowane wymagania w tym aspekcie. To w jaki sposób są zaspokajane potrzeby fizjologiczne znajduje odzwierciedlenie w rozwoju technologii podchowu ryb w akwakulturze. Za najbardziej nowoczesne uznaje się systemy zamknięte ze zwrotnym obiegiem wody (RAS – Recirculation Aquatic System), które pozwalają na oddzielenie od bezpośredniego wpływu środowiska naturalnego, stanowiącego źródło szeregu zagrożeń dla zdrowia ryb. Bez względu na typ technologiczny gospodarstwa akwakultury zagrożenia dla zdrowia należy traktować indywidualnie. W oparciu o analizę sytuacji zdrowotnej na przestrzeni ostatnich kilku lat wraz z oceną skuteczności stosowanych metod profilaktyki oraz bioasekuracji w tym okresie. W taki sposób możemy z dużym prawdopodobieństwem założyć co może wystąpić w porównywalnym okresie cyklu produkcyjnego. W ramach corocznych konferencji szkoleniowych dla hodowców ryb prezentowane są zagadnienia dotyczące zagrożeń, co pozwala przypuszczać, że wiedza na ten temat jest wystarczająco dostępna, ale zawsze dotyczy tych czynników które udało się potwierdzić. Co zatem należy traktować jako „nowe” i aktualne ?

### 2. Nowe czynniki zakaźne patogenne

Obserwowane zmiany klimatyczne oraz ich wpływ na środowisko wodne i akwakulturę jest bezsporne. Dotyczy to obiektów na wodach otwartych jak również systemów zamkniętych. Mogą stanowić istotny czynnik zmieniający aktywność oraz patogenność potencjalnych patogenów (Pękala-Safińska 2023, Siwicki 2023). Najczęściej z przypadków klinicznych izolowane były i są bakterie z rodzaju *Pseudomonas* sp., *Aeromonas* sp. Do tzw. „nowych czynników” z grupy bakterii G- zaliczamy *Acinetobacter* sp., *Schewanella* sp., *Citrobacter* sp., *Pantoea*

sp. Z przypadków chorobowych izoluje się także bakterie G+, tj. *Streptococcus warnerii*, *Micrococcus lylae*, *Kocuria rosea*. Często też z materiału pobranego z danej próby ryb izolowane są różne czynniki patogenne a im więcej czynników zakaźnych jest izolowanych z przypadków klinicznych, tym mniej specyficzny jest ich przebieg i charakter zmian patologicznych. Dotyczy to także zakażeń mieszanych (pasożytniczo – bakteryjnych, wirusowo-bakteryjnych, wirusowo-grzybiczych). W Polsce problemy przypisywane tzw. „zmianom klimatycznym” notowane są głównie w podchowach ryb zimnolubnych, tj. pstrąg tęczy, sieja. Jednakże ryby ciepłolubne także mogą odczuwać problemy adaptacyjne do zmiennych warunków środowiska. Choroby wirusowe objęte obowiązkiem monitorowania i zwalczania są aktualnie pod kontrolą w ramach programów nadzoru.

Czy mogą pojawić się nowe zagrożenia? Trudno zakładać, ale należy się tego spodziewać. Przykładem może być Piscine orthoreovirus – PRV który wytonił się jako istotny patogen dla akwakultury łososiowatych na całym świecie. Do tej pory opisano trzy różne podtypy tego gatunku wirusa:

- PRV-1 jest czynnikiem wywołującym zapalenie serca i mięśni szkieletowych (HSMI) u łososia atlantyckiego i jest związany z zespołem żółtaczką u hodowanego łososia czawycz
- PRV-2 powoduje zespół ciątek wtrąceniowych erytrocytów (EIBS) u łososia kisucza
- PRV-3 powoduje patologię serca przypominającą HSMI u pstrąga tęczego

PRV-3 został po raz pierwszy odkryty w 2013 r. w Norwegii. Eksperymentalne badanie zakażenia oczyszczonym wirusem wykazało, że PRV-3 zaraża pstrąga tęczego i wywołuje patologiczne zmiany w sercu podobne do zapalenia mięśnia sercowego i szkieletowego (HSMI). W 2017 r. obecność PRV-3 odnotowano również w różnych krajach Europy. Co ciekawe, te izolaty wirusa wydają się być genetycznie odrębne od izolatu norweskiego. W Danii wirus był związany z ogniskami chorób w systemach RAS. Objawy kliniczne obejmują zmniejszony apetyt, a następnie nieskoordynowane pływanie i zwiększoną śmiertelność; wyniki sekcji zwłok obejmują ciężką anemię i wodobrzusze. Takie ogniska są złożonymi przypadkami chorobowymi, np. koinfekcje bakteryjne (w tym *Flavobacterium psychrophilum* i *Renibacterium salmoninarum*) oraz wirusowe (IPNV). (Olsen i wsp. 2015, Vendramin i wsp. 2019).

Biorąc pod uwagę to, że aktualnie szczególnie ułatwiony jest obrót materiałem biologicznym, można różne czynniki rozprzestrzeniać nie wiedząc o tym, do momentu aż staną się przyczyną kryzysu zdrowotnego w gospodarstwie. Dlatego też istotne może być zrekonstruowanie podejścia ochrony zdrowia poprzez zintegrowane Programy Zarządzania Zdrowiem w akwakulturze. Bardzo szczegółowo zostało to opisane jako propozycja z uwzględnieniem aktualnym wymagań prawnych przez Duk (2024).

### 3. Systemy zarządzania a zdrowie ryb

Podkreśliłam powyżej, że Programy Zarządzania Zdrowiem powinny być opracowywane indywidualnie dla gospodarstw każdego rodzaju. W ramach tych procedur jest możliwe uwzględnienie punktów krytycznych i zaplanowanie procedur prewencyjnych i bioasekuracji. Należy w tym miejscu określić, że skuteczność procedur będzie także uwarunkowana zakresem wglądu i zdiagnozowania rzeczywistej przyczyny zagrożeń. W przypadku czynników biologicznych szybka korekta i opanowanie czynnika uszkadzającego jest możliwe w odniesieniu do niektórych ektopasożytów (np. *Apiosoma* sp., *Epistylis* sp., *Trichodina* sp., *Chilodonella* sp., *Gyrodactylus* sp., *Dactylogyrus* sp.). W przypadku zakażeń wirusowych, bakteryjnych oraz inwazji pasożytów zewnętrznych o złożonym cyklu rozwojowym (np. *Tetracapsuloides Bryosalmonae*, *Diplosthomum spathaceum*) niemożliwy jest szybki efekt poprawy stanu zdrowia i eliminacji zagrożenia. Czynniki biologiczne mogą wykorzystywać sytuacje obniżenia odporności, ale także poprzez swoją obecność w tkankach ryb mogą zmieniać stan odporności zarówno miejscowej jak i ogólnej. Szczególnie przy koinfekcjach bez dodatkowych badań trudno jest ustalić jak zmieniony jest stan odporności. Zmiany parametrów środowiska mogą bezpośrednio lub pośrednio wpływać na odporność. Wdrożenie do procedur diagnostycznych oceny stanu fizjologicznego może wydatnie przyczynić się do poprawy ochrony zdrowia i ukierunkować działania terapeutyczne oraz przyspieszyć regenerację organizmu także po zabiegach korygujących.

Aktualnie wydaje się, że brak uporządkowanego i dostosowanego Planu Zarządzania Zdrowiem w gospodarstwie może być kluczowym zagrożeniem. Wszystkie jego elementy powinny być szczegółowo przeanalizowane oraz wdrożone do praktyki. W takim opracowaniu jest miejsce na edukację oraz korektę, jeśli procedury nie będą efektywne.

#### 4. Podsumowanie

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) za największe zagrożenie dla zdrowia publicznego uznaje zmiany klimatyczne. Rośnie wśród konsumentów świadomość znaczenia dobrostanu zwierząt gospodarskich z których produkowana jest żywność dla jej jakości. Wysiłki dotyczące produkcji „zrównoważonej i ekologicznej” uznaje się za przyjazne zwierzętom i środowisku. Dostrzega się także w jakim stopniu produkcja może być komplikowana przez wpływ zmian klimatu. Niewiele jak dotąd mówi się o wpływie zmian klimatycznych na zwierzęta akwakultury, a powinno się na to zwrócić większą uwagę, po pierwsze ze względu na bezpośrednią ekspozycję tych zwierząt na czynniki zewnętrzne (np. narastający problem zakwitów glonów, skutki narastającego problemu ograniczeń w samooczyszczaniu się wód) a po drugie z uwagi na trendy rozwoju europejskiej akwakultury (produkcja ma się podwoić do 2030 r.).

Rozwój akwakultury pełni kluczową rolę w celach zrównoważonego rozwoju europejskiej misji Starfish, strategii Blue Economy. Komisja Europejska uważa, że konieczne są inwestycje na dużą skalę, aby zapobiegać i ograniczać wpływ katastrof i ekstremalnych zjawisk pogodowych na sektory rybołówstwa i akwakultury, z myślą o wzmocnieniu produktywnych i odpornych ekosystemów wodnych oraz utrzymaniu korzyści dla konsumentów i dobrostanu zwierząt. Jednym z proponowanych rozwiązań jest aplikacja PerfeCt (Performance of Aquaculture under Climate change).

W czerwcu 2023 r. Rada UE przyjęła zalecenie intensyfikacji działań na rzecz zwalczania oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe (AMR), w tym zwiększenia wysiłków w kierunku poprawy zdrowia i dobrostanu zwierząt, od których lub z których pozyskuje się żywność, aby zmniejszyć rozprzestrzenianie się chorób zakaźnych w hodowli. Wskazuje się, że pierwotną przyczyną problemów zdrowotnych w hodowli zwierząt są zazwyczaj błędy w zarządzaniu fermami oraz nieprzestrzeganie zasad bioasekuracji. Raport Europejskiej Agencji Leków (EMA) z 2022 r. przedstawiający dane z 31 krajów europejskich wykazał, że od 2011 r. kraje europejskie znacznie ograniczyły sprzedaż antybiotyków weterynaryjnych, w 25 krajach w latach 2011–2021 ogólna sprzedaż spadła o 47%. W latach 2018–2021 27 państw członkowskich UE osiągnęło 18% redukcję sprzedaży środków przeciwdrobnoustrojowych dla zwierząt gospodarskich i akwakultury. Na podstawie rozporządzenia UE 2019/6 raportowanie o sprzedaży i użyciu środków przeciwdrobnoustrojowych u zwierząt będzie obowiązkowe.

W tym celu powstała platforma EPRUMA (European Platform for the Responsible Use of Medicines in Animals). Jeżeli zestawi się strategię obniżenia zużycia antybiotyków w hodowli z narastającymi problemami zdrowotnymi, jakie będą się pojawiać w związku ze zmianami klimatu oraz wyzwaniem metabolicznymi organizmów zwierząt, konieczna jest intensyfikacja badań nad alternatywnymi substancjami aktywnymi, które pomogą utrzymać zdrowotność w stadach oraz jednocześnie poprawią przyswajanie pasz, pozostając bez negatywnego wpływu na środowisko.

Oczywisty wydaje się fakt, że wprowadzanie takich środków będzie zależało od ich ceny oraz skuteczności. Testowane są m.in. nowe pre- i probiotyki. Sektor prebiotyków paszowych na świecie dynamicznie się rozwija, przewidywany CAGR do 2026 r. to 8,8%. Inne alternatywy dla promotorów wzrostu to bakteriofagi, hydrolazy i inne enzymy, związki fitochemiczne (PFA), peptydy przeciwbakteryjne, kwasy organiczne, immunomodulatory (np. cytokiny, lipopolisacharydy – wyciągi z alg), zeolity czy szczepionki.

Odmiernym zgoła podejściem jest np. zastosowanie inhibitorów tworzenia się biofilmów bakteryjnych na powierzchniach urządzeń np. do produkcji, transportu i przechowywania pasz, wykorzystanie „drapieżnych bakterii”, np. Gram-ujemnych *Bdellvibrio* i *Micavibrio* spp., które – jak wykazano – mają zdolność zabijania wielolekoopornych szczepów *E. coli* i klebsielli. Czy w końcu – zastosowanie technik CRISPR/Cas9, precyzyjnego narzędzia do edycji genów, które mogłoby zostać użyte do niszczenia bakterii niosących geny oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe poprzez pakowanie odpowiednich konstruktów genów w bakteriofagi (za Zaczyńska i Zabieski 2023).

W podsumowaniu biorąc pod uwagę wszelkie aspekty wynikające z wiedzy o aktualnych potrzebach, wyzwaniach oraz wymaganiach wobec sektora akwakultury kluczowa jest zmiana podejścia do ochrony zdrowia ryb. Do pewnych rozwiązań należy wrócić, natomiast szereg nowych trzeba wdrożyć. Opracowanie indywidualnego Programu Zarządzania Zdrowiem nie zastąpi braku zintegrowanego systemu służącego rozwiązywaniu pojawiających się zagrożeń. Jest to kierunek, aby w tą stronę podążać.

## LITERATURA

1. Duk K. (2024) Plan Zarządzania Zdrowiem – czyli jak zaplanować sukces hodowlany, *Przeгляд Rybacki* 3 (193), 16-26.
2. Olsen AB, Hjortaas M, Tengs T, Hellberg H, Johansen R, Wessel Ø, et al. (2015) First description of a new disease in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* [Walbaum]) similar to heart and skeletal muscle inflammation (HSMI) and detection of a gene sequence related to Piscine orthoreovirus (PRV). *PLoS ONE*. 10:e0131638. doi: 10.1371/journal.pone.0131638
3. Pękala-Safińska A. (2023) Czy polska akwakultura stoi przed wyzwaniami związanymi ze zmianami klimatycznymi?. W: *Materiały szkoleniowe XLVIII Szkolenie-Konferencja Hodowców Ryb Łososiowatych, 12-13 października 2023, Gdynia*, 158-162.
4. Senger H., Sundh H., Buchmann K., Douxfils J., Sundell K.S., Mathieu C., Ruane N., Jutfely F., Toften H., Vaughan L. (2012) Health of farmed fish: its relations to fish welfare and its utility as welfare indicator. *Fish Physiol Biochem* 38: 85-105.
5. Siwicki A. K. (2022) Wpływ zmian klimatu na stan kondycyjny i zdrowotny ryb łososiowatych. W: *Materiały szkoleniowe XLVII Szkolenie-Konferencja Hodowców Ryb Łososiowatych, 13-14 października 2022, Gdynia*, 134-138.
6. Vendramin N., Sorensen J., Cuenca A., Dahle M., Olsen A.B., Iburg T., Rimstad E., Olesen N.J. (2019) Piscine orthoreovirus-3 (PRV-3), a new pathogen for farmed rainbow trout. *Book of Abstracts 5<sup>th</sup> Nordic RAS Workshop on Recirculating Aquaculture Systems, Berlin, Germany, 7 - 8 October 2019, DTU Aqua Report no. 350-2019*, s. 39.
7. Zaczyńska J., Zabielski R. (2023), Konsekwencje zmian klimatycznych dla dobrostanu i produkcji zwierząt. *Życie Weteryn.* 98(10), 603-612.