

Zintegrowana technologia produkcji okonia



Od koncepcji do produkcji

Zintegrowana technologia produkcja okonia

Od koncepcji do produkcji

Olsztyn, 2023

Praca zbiorowa pod redakcją Daniela Żarskiego i Sławomira Krejszeff

Skład i łamanie: Centrum Poligrafii Sp. z o.o. (drukomatic.com.pl)

Niniejsza pozycja współfinansowana jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego „Rybnactwo i Morze” na lata 2014-2020; projekt pt.: „Dywersyfikacja produkcyjnej funkcji stawów ziemnych w oparciu o semi-intensywny wychów okonia”; akronim: PRO-PERCH (umowa o dofinansowanie nr 00002-6521.1-OR1400004/17/20 zawarta w dniu 13-11-2020 r.).



PRO PERCH



Unia Europejska
Europejski Fundusz
Morski i Rybacki



SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	7
ROZDZIAŁ 1. Innowacje w gospodarce stawowej - sposób na wzrost produkcji ryb w Polsce	9
1.1. Charakterystyka polskiej akwakultury	9
1.2. Charakterystyka akwakultury w stawach ziemnych	11
1.3. Akwakultura ryb okoniowatych	12
1.4. Zarys technologii proponowanej w ramach projektu PRO-PERCH	13
ROZDZIAŁ 2. Analiza społeczno - gospodarcza dotycząca dywersyfikacji produkcji w polskiej akwakulturze z uwzględnieniem zintegrowanej hodowli okonia	19
2.1. Charakterystyka sektora polskiej akwakultury - gatunki, poziomy produkcji, nowe gatunki, zalecenia UE dotyczące rozwoju, w tym dywersyfikacji. Okoń w gospodarce rybackiej – połowy i akwakultura	19
2.2. Opinie producentów na temat dywersyfikacji produkcji ryb w stawach ziemnych, także w kontekście możliwości udziału w nich rodzimych gatunków okoniowatych w tym okonia	22
2.3. Spożycie ryb w Polsce. Okoń jako produkt konsumpcyjny w opinii klientów (częstotliwość spożycia, preferencje)	26
2.4. Podsumowanie	32
ROZDZIAŁ 3. Kontrolowany rozród okonia poza sezonem tarłowym	35
3.1. Wstęp	35
3.2. Indukcja gotowości tarłowej poza naturalnym okresem rozrodu – stymulacja środowiskowa	36
3.3. Indukcja i synchronizacja pozasezonowego tarła – stymulacja hormonalna	38
3.4. Jakość pozyskiwanych produktów płciowych	42
3.5. Wpływ barwy światła na efektywność rozrodczą	44
3.6. Podsumowanie	47
ROZDZIAŁ 4. Wychów larw i narybku okonia	51
4.1. Inkubacja ikry i warunki podchowu larw	51
4.2. Żywienie larw	56
4.3. Podchów narybku okonia	59
4.4. Kluczowe problemy intensywnego wychowu materiału obsadowego	61

ROZDZIAŁ 5. Praktyczne aspekty zintensyfikowanego chowu okonia w stawach ziemnych	67
5.1. Sytuacja gospodarstw karpowych i karpia w Polsce na początku nowego tysiąclecia	67
5.2. Sposoby integrowania intensywnej produkcji z tradycyjną nisko-intensywną gospodarką karpową	71
5.3. Charakterystyka poszczególnych kategorii stawów karpowych ze wskazaniem możliwości wykorzystania ich do zintegrowanych systemów produkcji	74
5.4. Technologia „stawu dzielonego” (split pond) z wykorzystaniem magazynów karpowych	76
5.5. Obsada stawów i adaptacja materiału obsadowego okonia do warunków stawowych	77
5.6. Żywienie okonia w trakcie tuczu	79
5.7. Sortowanie obsady	81
5.8. Codzienny nadzór stawów podczas tuczu okonia	82
5.9. Podsumowanie	83
ROZDZIAŁ 6. Wymagania pokarmowe okonia w warunkach akwakultury	87
6.1. Wstęp	87
6.2. Wymagania pokarmowe okonia - aktualny stan wiedzy	88
6.3. Zapotrzebowanie na białko	89
6.4. Zapotrzebowanie na tłuszcz	89
6.5. Węglowodany w diecie okonia	90
6.6. Problem pasz dla okonia w projekcie PRO-PERCH	91
6.7. Komponenty stosowane do produkcji pasz dla okonia	92
6.7.1. Źródła białka	92
6.7.2. Źródła tłuszczu i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych	94
6.7.3. Źródła skrobi	94
6.7.4. Dodatki paszowe	95
6.8. Jaki rodzaj paszy wybrać	96
6.9. Wpływ pasz komercyjnych na efekty podchowu narybku	97
6.9.1. Żywienie narybku	98
ROZDZIAŁ 7. Techniczne uwarunkowania technologii produkcji okonia	107
7.1. Wstęp	107
7.2. Wychów materiału obsadowego	108

7.3. Tucz ryby towarowej	123
7.4. Warunki fizykochemiczne wód z perspektywy hodowli ryb	127
7.4.1. Warunki termiczno-tlenowe	128
7.4.2. Azot i jego formy	130
7.4.3. Zasadowość i twardość	136
7.4.4. Dwutlenek węgla i układ węglanowy	139
ROZDZIAŁ 8. Analiza efektywności ekonomicznej produkcji okonia przy wykorzystaniu systemów recyrkulacyjnych oraz zintensyfikowanego stawowego systemu hodowlanego	145
8.1. Wstęp	145
8.2. Analiza ekonomiczna produkcji 5-o gramowego narybku okonia w warunkach kontrolowanych	146
8.2.1. Przetrzymanywanie i przygotowanie tarlaków do rozrodu	146
8.2.2. Inkubacja ikry i podchów larw	146
8.2.3. Podchów narybku	147
8.2.4. Koszty produkcji narybku	147
8.3. Analiza ekonomiczna intensywnej produkcji okonia w stawach ziemnych	150
8.3.1. Analiza kosztów tuczu okonia w stawach ziemnych	150
8.3.2. Przychód i dochód	152
8.3.3. Określenie warunków progowych opłacalności tuczu okonia	153
8.3.4. Próg rentowności	153
8.3.5. Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom produkcji	154
8.3.6. Cena minimalna	154
8.3.7. Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na cenę	155
8.3.8. Cena planowana	155
8.4. Podsumowanie i wnioski	156

PRZEDMOWA

Trzymacie Państwo w ręku monografię, która powstała wskutek realizacji projektu o akronimie PRO-PERCH. Projektu, który zrodził się z idei podjęcia wyzwania wprowadzenia innowacji technologicznej do tej części polskiego sektora akwakultury, którego potencjał rozwoju dzięki innowacyjnym rozwiązaniom jest bardzo duży. Mowa tu oczywiście o gałęzi zwanej niegdyś stawiarstwem, a obecnie predefiniowanym do celów ustawodawczych, na akwakulturę ekstensywną, która obejmuje produkcję ryb z wykorzystaniem stawów ziemnych, tradycyjnie używanych do produkcji karpia. Należy w tym miejscu podkreślić, że Polska jest jednym z nielicznych krajów w Unii Europejskiej, który dysponuje tak ogromnym zasobem stawów ziemnych (około 70 tys. ha), który może być wykorzystany na wiele sposobów. Stąd też, w trakcie pracy nad koncepcją projektu PRO-PERCH starano się, aby zaproponowana technologia nie wymuszała na przedsiębiorstwach absolutnej transformacji obiektów stawowych, bądź też wprowadzała ideę rewolucji tej gałęzi sektora, ale by stała się realnym sposobem na dywersyfikację produkcji.

Technologię tę zaproponowano dla okonia – jednego z najbardziej cenionych gatunków ryb słodkowodnych w Polsce i Europie. Wynika to z faktu jego popularności wśród konsumentów, oraz tego, że jego podaż na rynek jest o wiele mniejsza, aniżeli realny popyt. Ponadto, z perspektywy proponowanej technologii zintegrowanej (wykorzystującej zarazem recyrkulacyjne systemy akwakulturowe oraz wychów stawowy) gatunek ten poprzez swoją elastyczność nadaje się do realizacji takiego przedsięwzięcia idealnie, o czym będziecie się mogli Państwo przekonać czytając kolejne karty niniejszej monografii.

Innowacyjny charakter projektu polegał między innymi na tym, że całą technologię zaproponowano wyłącznie dla okonia. Należy podkreślić, że jest on gatunkiem bardzo trudnym w hodowli (przysparzającym wielu problemów na praktycznie każdym etapie) i stanowi ogromne wyzwanie nie tylko dla hodowców, ale również dla naukowców. Stąd też, na proponowaną technologię należy również spojrzeć z perspektywy ambitnego przedsięwzięcia, które w momencie podjęcia się jego realizacji było nacechowane potencjalnym ryzykiem. Należy również podkreślić, że zasadnicza część projektu – czyli prowadzenie tuczu okonia w zmodyfikowanych systemach stawowych – była w naszym kraju pionierskim przedsięwzięciem, gdzie istniało wiele niewiadomych i praktycznie żadnych danych, czy też wytycznych opracowanych przez inne zespoły naukowe. Jednakże, dzięki współpracy z partnerami zagranicznymi oraz wiedzy zespołu realizującego projekt, okazało się, że efekty tego przedsięwzięcia przerosły nawet oczekiwania pomysłodawców projektu. Tym samym okoń stał się gatunkiem,

którego praktycznie każde gospodarstwo stawowe może z powodzeniem rozważać jako rybę dywersyfikującą produkcję, w sposób znacznie bardziej intensywny, aniżeli produkuje się obecnie karpia.

Na kolejnych stronach niniejszej monografii znajdziecie Państwo materiały napisane przez pomysłodawców oraz wykonawców projektu PRO-PERCH, które podsumowują samą ideę projektu, doświadczenia oraz problemy, jakim musieli sprostać w trakcie jego realizacji, włączając w to wszelkiego rodzaju trudności związane z wybuchem pandemii COVID19. Niemniej jednak, znajdziecie tu Państwo unikatowe informacje o poszczególnych elementach składowych samej technologii, ale również szereg informacji o biologii okonia, jego zdolności adaptacyjnej do warunków hodowli oraz szereg praktycznych porad. Dodatkowo, pozycja jest wzbogacona o informacje związane z uwarunkowaniami społeczno-gospodarczymi proponowanej technologii, jak również szacowane koszty produkcji, które pozwolą potencjalnym hodowcom podjąć decyzję, albo rozważyć wykonalność tego rodzaju przedsięwzięcia w ich przedsiębiorstwach. I na koniec należy podkreślić, że podczas lektury niniejszej pozycji warto wziąć pod uwagę, że proponowana technologia została w prawdzie opracowana dla okonia, ale może z powodzeniem zostać również zaadoptowana do produkcji innych gatunków ryb, do czego autorzy tych słów serdecznie zachęcają.

*Daniel Żarski
Sławomir Krejszeff*

ROZDZIAŁ 1

Innowacje w gospodarce stawowej – sposób na wzrost produkcji ryb w Polsce

Daniel Źarski¹, Sławomir Krejszeff², Piotr Hliwa³,
Katarzyna Palińska-Źarska⁴, Jarosław Król⁵

1 – Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie, Zakład Biologii Gamet i Zarodka

2 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Akwakultury

3 - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Ichtiologii i Akwakultury

4 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ichtiologii, Hydrobiologii i Ekologii Wód

5 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Hodowli Ryb Łososiowatych

1.1. Charakterystyka polskiej akwakultury

Polska akwakultura od wielu lat oparta jest na dwóch podstawowych podsektorach, dostarczających na rynek blisko 80% całkowitej produkcji ryb słodkowodnych:

- ekstensywnej produkcji karpia w stawach ziemnych,
- intensywnej produkcji pstrąga tęczowego i innych ryb łososiowatych (częściowo opartej o systemy recyrkulacji wody).

Podział ten uwzględniono m.in. w „Planie strategicznym rozwoju chowu i hodowli ryb w Polsce w latach 2014-2020 (AKWAKULTURA 2020)”, zwanym dalej „Strategią”, gdzie przedstawiono priorytety rozwoju dla tych zróżnicowanych modeli produkcji. Na uwagę zasługuje fakt, że w zakresie stawowej akwakultury ekstensywnej „Strategia” uwzględnia konieczność dywersyfikacji produkcji ryb poprzez zwiększenie udziału gatunków dodatkowych do poziomu minimum 20% (około 3400 ton), ze szczególnym uwzględnieniem tych wysoko cenionych

przez konsumentów. Ponadto w „Strategii” podkreślono konieczność działań innowacyjnych w zakresie opracowywania efektywnych metod produkcji „nowych gatunków” (tzn. takich, których hodowla intencjonalna nie była dotychczas prowadzona, albo była realizowana w niewielkim stopniu) oraz zwiększenia zaawansowania technologicznego podsektora.

Według *Federation of European Aquaculture Producers* (FEAP) produkcja ryb w obiektach akwakultury w 2019 roku wyniosła w Polsce 44,9 tys. ton. Mając na uwadze, że całkowita podaż ryb słodkowodnych wyniosła w tym samym roku 59,8 tys. ton (MIR-PIB), to udział ryb pochodzących z akwakultury w rynku ryb słodkowodnych stanowi ponad 75%. Należy jednak podkreślić, że taki poziom produkcji pokrywa jedynie ok. 8% całkowitego rynku ryb w Polsce (Tab. 1.1). Natomiast rodzima produkcja, wraz z połowami morskimi, pokrywa niecałe 50% całkowitego zapotrzebowania rynku na ryby, którego wielkość obecnie szacuje się na poziomie około 580 tys. ton (dane za GUS). Dane przedstawione w Tab. 1.1 wyraźnie wskazują, że akwakultura w Polsce ma wciąż niewielki udział w rynku.

Tab. 1.1. Rynek ryb i owoców morza w Polsce w 2019 roku (za FEAP, GUS oraz MIR-PIB).

	Wielkość produkcji (tys. ton)	Udział procentowy
Całkowita konsumpcja ryb w Polsce	479,3	100%
Akwakultura (słodkowodna)	44,9	8%
Połowy słodkowodne*	14,9	3%
Połowy morskie	203,2	35%
Import**	313,9	51%

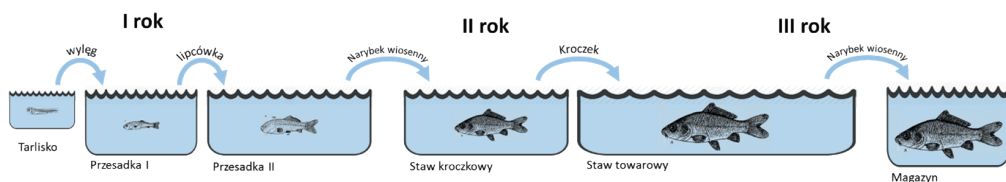
*szacunek (na podstawie danych podanych przez FEAP i MIR-PIB)

**różnica między importem a eksportem (za GUS), wyłączając mięczaki i skorupiaki

Wszelkie prognozy zawarte w „Strategii” sugerują maksymalny wzrost produkcji pochodzącej z akwakultury do poziomu około 62 tys. ton, gdzie większość tego przyrostu przypisana jest do tzw. akwakultury intensywnej. Wynika to z faktu, że w przypadku akwakultury ekstensywnej brakowało dotychczas szeroko zakrojonych operacji innowacyjnych, polegających na integracji różnych systemów produkcyjnych i nowatorskiego podejścia do problemu wykorzystania aktualnie funkcjonujących hodowlanych stawów ziemnych.

1.2. Charakterystyka akwakultury w stawach ziemnych

Technologia produkcji ryb w stawach ziemnych, gdzie utrzymywany jest niewielki przepływ wody, opiera się w zdecydowanym stopniu na tradycyjnym, ekstensywnym chowie monokultury karpia. Do końca lat 70-tych XX wieku technologia ta bazowała na materiale obsadowym uzyskiwanym w wyniku tarła naturalnego prowadzonego w niewielkich, płytkich stawach służących do prowokowania spontanicznego rozrodu, z których odławiane larwy przenoszono do nieco większych stawów (tzw. przesadek I). W dalszych etapach chowu wykorzystywano natomiast kolejne kategorie stawów (przesadki typu II, kroczone, towarowe) dostosowane do zróżnicowanych wymagań i wielkości ryb (Rys. 1.1).



Rys. 1.1. Schemat tradycyjnego systemu chowu karpia wg. Dubisza.

Tradycyjna technologia chowu karpia limitowana jest przez niską efektywność produkcji materiału obsadowego, z uwagi na niewielką możliwość kontroli tarła naturalnego i uzależnienie tego etapu produkcji od warunków atmosferycznych. Dlatego też, w ostatnich czterech dekadach coraz więcej gospodarstw w Europie, jak również i w Polsce, zaczęło wdrażać w praktyce kontrolowany rozród przy użyciu wspomaganie hormonalnego (Horvath i in. 2015). Pozwoliło to m.in. na zwiększenie kontroli nad procesem rozrodu ryb oraz na precyzyjne planowanie terminu tarła. To z kolei przyczyniło się do zmniejszenia kosztów produkcji i w efekcie zwiększenia konkurencyjności takich gospodarstw na rynku. Wiele gospodarstw w pewnym stopniu uwolniło swój potencjał produkcyjny, dotyczący zarówno tarłisk, jak również stawów przesadkowych, często obecnie nie wykorzystywanych w produkcji. Natomiast dalszy postęp w technologii produkcji karpia, np. poprzez wykorzystywanie recyrkulacyjnych systemów akwakulturowych (z ang. *Recirculating Aquaculture Systems* – RAS) potencjalnie stwarza jeszcze większe możliwości poprawy efektywności podmiotów rybackich, poprzez produkcję ryb dodatkowych (w tym wysoko cenionych ryb drapieżnych).

Szacowana produkcja ryb dodatkowych w stawach karpiowych jest obecnie na niskim poziomie i nie przekracza 10% (około 1,7 tys. ton – za FEAP) produkcji uzyskiwanej z ekstensywnych systemów hodowlanych. Spośród tych ryb niewielki odsetek stanowią gatunki drapieżne (szczupak, sum, sandacz oraz okoń), co wynika

przede wszystkim z odmiennych preferencji środowiskowych oraz pokarmowych w porównaniu do karpia, dla potrzeb którego te systemy są dostosowane. Jednocześnie jak dotąd nie podejmowano w większej skali prób produkcji ryb drapieżnych w monokulturze w stawach ziemnych, zwłaszcza z wykorzystaniem w ich żywieniu pasz komponowanych, które gwarantują wysokie tempo wzrostu i wyższą potencjalną opłacalność tego typu zintensyfikowanej technologii.

1.3. Akwakultura ryb okoniowatych

Spośród ryb drapieżnych, jednymi z najbardziej cenionych, osiągających wysokie ceny rynkowe (w Polsce i zagranicą) są ryby okoniowate (okoń, sandacz). W ostatnich latach to właśnie te dwa gatunki stały się najpopularniejszymi taksonami wskazywanymi jako najlepsze do dywersyfikacji słodkowodnej akwakultury (Policar i in. 2019). Warto w tym miejscu zaznaczyć, że to właśnie dywersyfikacja produkcji na śródlądziu w oparciu o gatunki wysoko cenione przez konsumentów, jest priorytetem rozwoju sektora akwakultury w skali całej Unii Europejskiej. W przypadku hodowli okoniowatych najefektywniejszą metodą jest ich produkcja w RAS, uwzględniająca wysoką (22-25°C), stałą temperaturę, odpowiednią ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie oraz podawanie rybom wysokiej jakości paszy komponowanej. W takich warunkach można uzyskać rybę handlową w czasie krótszym niż rok (w przypadku okonia) lub mniej niż w dwa lata (w przypadku sandacza). Jednak technologia produkcji w RAS, pomimo dużych perspektyw jest wciąż metodą, do której inwestorzy podchodzą z dystansem. Wynika to z kilku czynników:

- wysokich kosztów początkowych (budowa farmy od podstaw);
- długiego okresu zwrotu inwestycji (pierwszy przychód dopiero po 5-6 latach);
- konieczności zatrudnienia wykwalifikowanej kadry;
- wysokich kosztów produkcji (głównie koszty paszy, robocizny i energii elektrycznej).

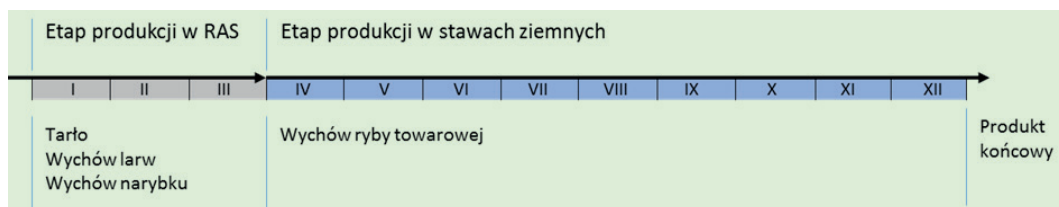
Wymienione elementy sprawiają, że technologia tego typu wdrażana jest przede wszystkim w krajach wysoko rozwiniętych (Francja, Niemcy, kraje Beneluksu, Irlandia, Dania). Obecnie w Polsce istnieje kilka firm rozpoczynających hodowlę okoniowatych w RAS, jednakże według naszej wiedzy żadna z nich nie utrzymuje stałego poziomu produkcji, jak również brak jest danych dotyczących podstawowych wskaźników pozwalających na rzetelne szacowanie ekonomicznej opłacalności takiego przedsięwzięcia.

1.4. Zarys technologii proponowanej w ramach projektu PRO-PERCH

Czynniki ograniczające dynamiczny rozwój systemów RAS do produkcji ryb okoniowatych, wymusiły poszukiwania alternatywnych metod umożliwiających obniżenie kosztów. Z tego powodu, w Irlandii wdrożono technologię produkcji okonia bazującą na produkcji materiału obsadowego w RAS, a następnie transferowanie tych ryb do stawów ziemnych, gdzie odbywa się ich tucz. Koncepcja ta bazuje na wieloletnich doświadczeniach, jednoznacznie wskazujących, że:

- kontrolowany rozród ryb jest najwydajniejszą metodą pozyskiwania wysokiej jakości ikry;
- technologia RAS umożliwia przeprowadzenie rozrodu pozasezonowego, tj. przeprowadzanego w dowolnej porze roku;
- kontrola procesu rozrodczego umożliwia selektywne krzyżowanie ryb i tym samym prowadzenie długofalowych programów hodowlanych;
- wychów larw i narybku w RAS, pomimo potencjalnie wysokich kosztów, jest najefektywniejszą formą pozyskiwania wysokiej jakości materiału obsadowego (o masie jednostkowej ok. 5 g);
- wychów ryby towarowej w RAS generuje bardzo wysokie koszty i stwarza konieczność budowy dużych obiektów akwakultury, podczas gdy infrastruktura służąca do wychowu narybku zazwyczaj stanowi 15-30% całkowitych kosztów inwestycji;
- możliwość tuczu ryb w stawach ziemnych potencjalnie obniża koszty chowu ryby handlowej o ok. 60-70%.

Te elementy przyczyniły się do powstania technologii opartej na integracji dwóch systemów produkcyjnych – wychowu materiału obsadowego w RAS oraz tuczu ryby handlowej w stawach ziemnych (Rys. 1.2).



Rys. 1.2. Cykl roczny produkcji okonia w zintegrowanym systemie produkcyjnym wg. technologii irlandzkiej (Damien Toner, BIM, Irlandia – informacja ustna). Cyfry rzymskie oznaczają kolejne miesiące roku.

Produkcja ryb okoniowatych w RAS jest praktykowana w Europie od prawie 20 lat. Technologia ta wymaga jednak ciągłej optymalizacji, tak by np. efektywność wychowu form juwenilnych od momentu świeżo wyklutych larw była wyższa niż uzyskiwana dzisiaj (tj. powyżej 10%). Wynika to z braku wystandaryzowanych procedur rozrodu tarlaków oraz wychowu larw, które podlegają ciągłym modyfikacjom. Ponadto doświadczenia w skali laboratoryjnej, trudno jest w prosty sposób transferować do skali przemysłowej. Stąd też produkcja narybku ryb okoniowatych w RAS, mimo że jest obecnie wykonalna, nadal charakteryzuje się dużymi ograniczeniami związanymi z:

- niską bądź bardzo zmienną efektywnością rozrodu;
- niską efektywnością wychowu larw (brak wystandaryzowanych procedur);
- brakiem systemów hodowlanych dedykowanych rybom okoniowatym;
- brakiem wdrożenia hodowli stad monoptyciowych i triploidalnych będących efektem manipulacji genomowych;
- wysoce niedoskonałym programom hodowlanym, które powinny zapewnić utrwalanie cech pożądaných gospodarczo na przestrzeni pokoleń.

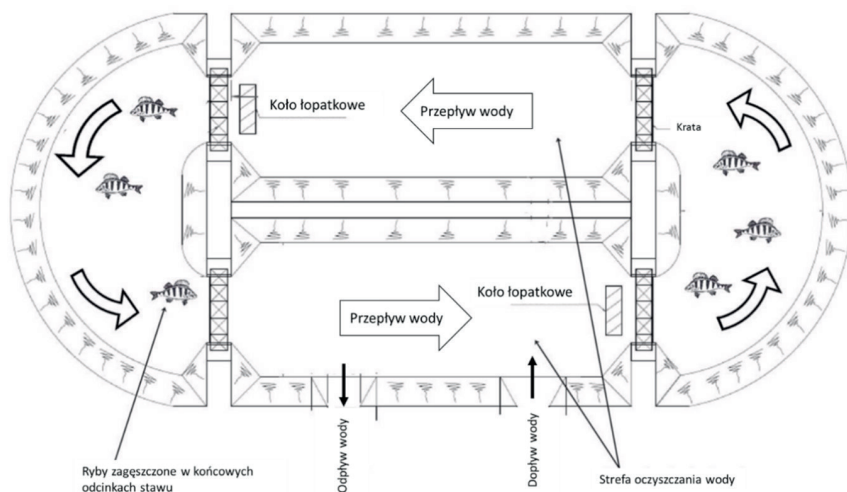
Jak dotąd brakuje opublikowanych danych odnośnie produkcji ryb okoniowatych w monokulturze w stawach ziemnych. Jedyne dostępne wyniki pochodzą z Irlandii (Damien Toner, BIM, Irlandia - informacja ustna), gdzie przez ostatnich kilka lat przeprowadzono szereg testów związanych z możliwością wychowu okonia. Doświadczenia te doprowadziły do opracowania konceptu tzw. „pill pond” (staw w kształcie pigułki) (Rys. 1.3), który uwzględnia konieczność zagęszczenia ryb (na obu biegunach stawu), natomiast pozostała część obiektu służy jedynie oczyszczaniu wody. W takim systemie dodatkowo wymuszony jest ruch wody za pomocą koła łopatkowego, napędzanego wydajnym silnikiem elektrycznym o niskim poborze mocy.

Istotą tego systemu produkcyjnego jest konieczność zagęszczenia /zgromadzenia ryb, aby móc żywić je efektywnie paszą komercyjną. Zagęszczenie jest czynnikiem umożliwiającym efektywną dystrybucję paszy, przy jednoczesnym utrzymywaniu dobrej jakości wody, zapewnionej przez wymuszony jej przepływ.

Do zalet tego systemu należą:

- niskie koszty energii, poprzez możliwość integracji systemu z odnawialnymi źródłami energii (np. panelami fotowoltaicznymi, wiatrakami etc.);

- minimalizacja zatrudnienia poprzez zastosowanie zautomatyzowanego systemu zadawania paszy;
- wydajność produkcyjna w warunkach irlandzkich sięgająca 3-4 ton z 1 ha stawu (biorąc pod uwagę całą powierzchnię stawu, z częścią „nieprodukcyjną”, tzn. strefą oczyszczania wody);
- cykl produkcyjny ryby handlowej w czasie krótszym niż 12 miesięcy, przy integracji z etapem produkcji materiału obsadowego (narybku) w RAS.



Rys. 1.3. Stawy typu „pill pond” (wg. Damien Toner, BIM, Irlandia).

Ważny aspekt całości stanowi fakt, że omówiony irlandzki system produkcyjny został oparty na idei budowy nowych instalacji na nieużytkach rolnych (np. poeksploatacyjne torfowiska; Rys. 1.4), gdyż produktywność pierwotna stawów nie odgrywa tu większego znaczenia. W przeciwieństwie do Irlandii, Polska posiada ogromny potencjał ewentualnego przekształcania obecnie istniejącej infrastruktury stawowej relatywnie niskim kosztem. Oczywiście, wymaga to innowacyjnego podejścia, odmiennego od modelu irlandzkiego oraz szeregu testów w skali komercyjnej, aby doprecyzować zdolność wykorzystania tego typu technologii produkcji ryb w naszym kraju. Niemniej jednak, jeszcze przed rozpoczęciem projektu PRO-PERCH szereg badań pilotażowych prowadzonych na Węgrzech i w Czechach wskazywał, że mimo różnic klimatycznych efektywność wychowu ryb okoniowatych w stawach ziemnych, powinna być porównywalna, a być może i wyższa, od tej notowanej w Irlandii.

W następstwie teoretycznych rozważań, konsultacji z producentami oraz modelowania koncepcyjnego wyodrębniono następujące cechy technologiczne:

- kontrolowane tarło okonia będzie przeprowadzone poza sezonem rozrodczym (w styczniu);
- wychów narybku w systemie recyrkulacyjnym będzie trwał nie dłużej niż trzy miesiące (maksymalnie do końca kwietnia);
- semi-intensywny tucz w stawach ziemnych prowadzony będzie w monokulturze przy żywieniu ryb paszami komponowanymi;
- adaptacja stawów ziemnych typu karpiego (stawy tarlarkowe, magazyny, tarliska, przesadki I lub II) do wymogów niniejszej technologii ma uwzględniać ich specyfikę oraz charakteryzować się minimalnymi kosztami realizacji przedsięwzięcia.



Rys. 1.4. Farma okonia oparta o stawy typu „pill pond” oraz sekcję oczyszczania wody w postaci kanałów służących do produkcji rżęsy wodnej (foto: Damien Toner).

Tym samym, wstępne założenia zintegrowanej technologii produkcji okonia przy wykorzystaniu RAS oraz zintensyfikowanego stawowego systemu hodowlanego (ZSSH) zostały przedstawione na Rys. 1.5.

Mając na uwadze powyższe założenia, w ramach projektu PRO-PERCH skupiono się na możliwości wykorzystania istniejącej infrastruktury produkcyjnej stawów

ziemnych w sposób innowacyjny. To podejście opiera się na fakcie, iż spośród około 70 tys. ha stawów w Polsce nawet około 10 tys. ha aktualnie jest niewykorzystywanych do celów produkcyjnych (w tym tarliskowych, przesadek i magazynów, stanowiących w sumie średnio około 25% powierzchni; za Bukacińska i in. 1995 oraz www.duw.pl). Jest to związane z wprowadzeniem do standardowej technologii produkcji karpia technik wylęgarnicznych na etapie rozrodu i intensywnego wychowu narybku w oparciu o technologię RAS. Tym samym, bazujących na autorskim koncepcie uwzględniającym modyfikację funkcji tych 10 tys. ha stawów do celów produkcji ryb drapieżnych (lub innych gatunków alternatywnych), można praktycznie podwoić produkcję ryb pochodzących z aktualnie ekstensywnych systemów produkcyjnych (przy założeniu produkcji w innowacyjnych systemach hodowlanych na poziomie co najmniej 3-4 ton z ha). Wszystko to wskazuje, że ten kierunek rozwoju akwakultury w naszym kraju ma szansę, przynajmniej częściowo, sprostać wymaganiom konsumentów oraz producentów. Niemniej jednak należy podkreślić bardzo ważną rolę prac badawczo-rozwojowych oraz transferu technologii w tej dziedzinie, tak aby cały koncept produkcji proponowany w ramach projektu PRO-PERCH mógł sprostać wymaganiom przedsiębiorstw oraz potencjalnych inwestorów.

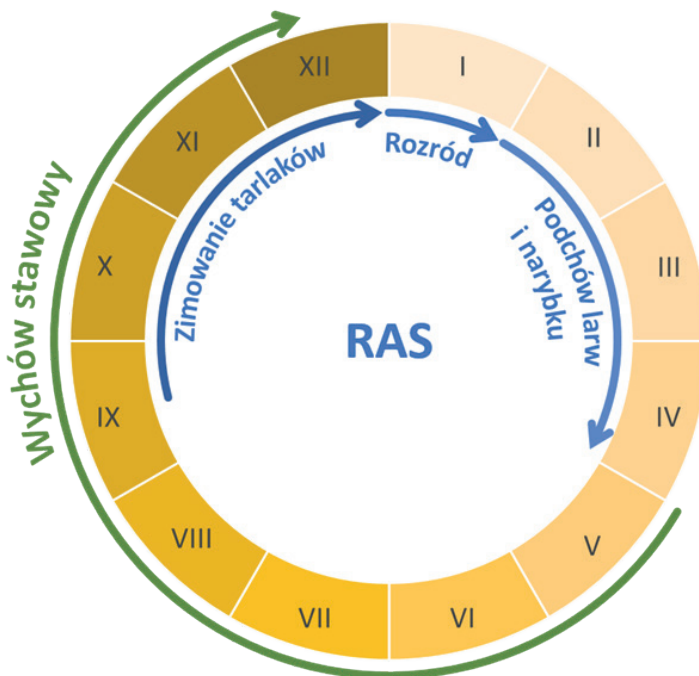


Fig. 1.5. Wstępne założenia cyklu hodowli okonia przy wykorzystaniu recykulowanego systemu akwakulturowego (RAS) oraz zintensyfikowanego stawowego systemu hodowlanego (ZSSH). Etap wychowu stawowego zakłada zarówno tuczą jak i przygotowywanie ryb do sprzedaży (okres późno-jesienny/zimowy), w trakcie którego ryby nie będą karmione.

Literatura:

Bukacińska M., Bukaciński D., Cygan, J.P., Dobrowolski K.A. 1995. Przyrodniczo-ekonomiczna waloryzacja stawów rybnych w Polsce. The World Conservation Union (Fundacja IUCN Poland), Red. Dobrowolski, K.A., Warszawa, Polska, 126 pp.

Policar T., Schaefer F.J., Panana E., Meyer S., Teerlinck S., Toner D., Żarski D. 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology—tackling bottlenecks. *Aquac.Int.* 27, 1151–1174.

Horvath L., Gizella T., Coche A.G., Kovacs E., Moth-Poulsen T., Woynarovich A. 2015. Training manual on the artificial propagation of carps. FAO, Budapeszt, 38 pp.

<https://www.gospodarkamorska.pl/rynek-ryb-w-unii-europejskiej-polska-ponizej-sredniej-w-spozyciu-powyzej-w-eksportcie-68641> (dostęp 22.03.2023)

<https://www.duw.pl/pl/dla-mediow/aktualnosci/10391,Polska-najwiekszym-producentem-karpia-w-UE.html> (dostęp 24.03.2023)

ROZDZIAŁ 2

Analiza społeczno-gospodarcza dotycząca dywersyfikacji produkcji w polskiej akwakulturze z uwzględnieniem zintegrowanej hodowli okonia

Krzysztof Kupren¹, Tomasz Kajetan Czarkowski², Anna Hakuć-Błażowska¹,
Konrad Turkowski³

1 – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Turystyki, Rekreacji i Ekologii

2 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ichtiologii, Hydrobiologii i Ekologii Wód

3 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Bioekonomiki Rybactwa

2.1. Charakterystyka sektora polskiej akwakultury - gatunki, poziomy produkcji, nowe gatunki, zalecenia UE dotyczące rozwoju, w tym dywersyfikacji. Okoń w gospodarce rybackiej – połowy i akwakultura

Sektor akwakultury w Polsce to przede wszystkim produkcja w obiektach chowu i hodowli ryb karpiowatych i łososiowatych z dominacją produkcji karpia *Cyprinus carpio* L. i pstrąga tęczowego *Oncorhynchus mykiss*. W ostatnich latach pojawiła się pewna liczba producentów ryb innych gatunków (łosoś, jesiotr, sum europejski i afrykański, tilapia), których chów odbywa się przede wszystkim w systemach recyrkulacyjnych. Powstają również kolejne fermy, pracujące nad wprowadzaniem kolejnych gatunków, których podaż na rynku znacznie spadła z powodu kurczących się ich zasobów w wodach otwartych (węgorz, sandacz). Dane dotyczące wielkości produkcji są trudne do dokładnego oszacowania. Wiedza dotycząca wielkości produkcji sektora rybackiego obliczana jest na podstawie obligatoryjnych sprawozdań statystycznych RRW 22 i 23. Według oficjalnych danych, za rok 2019, produkcja karpia wyniosła 21,3 tys. ton, ryb łososiowatych 19,7 tys. ton oraz 3,7 tys. ton pozostałych gatunków. Łączna produkcja krajowej akwakultury w 2019 roku wyniosła 44,7 tys. ton. Charakterystyczna jest stabilna wielkość produkcji ryb karpiowatych i łososiowatych w ciągu ostatnich kilku lat oraz powolny wzrost wielkości produkcji gatunków pozostałych. Można jednak przyjąć,

że obecne możliwości produkcyjne akwakultury są wyższe od produkcji ostatnich lat, mogą być także zwiększone w krótkim czasie przy relatywnie niewielkich nakładach inwestycyjnych (Akwakultura 2027, Plan strategiczny rozwoju chowu i hodowli ryb w Polsce w latach 2021-2027).

Zgodnie z dokumentem „Akwakultura 2027, Plan strategiczny rozwoju chowu i hodowli ryb w Polsce w latach 2021-2027” zawierającym opracowanie wieloletniego krajowego planu strategicznego na rzecz rozwoju działań w zakresie akwakultury w naszym kraju, istnieją potencjalne możliwości rozwoju tego sektora gospodarki na poziomie nieodbiegającym od tempa w jakim rozwija się akwakultura na świecie. Jednym z istotnych warunków stymulacji takiego rozwoju jest konieczność podjęcia działań innowacyjnych w zakresie opracowywania efektywnych metod produkcji „nowych gatunków” oraz zwiększenie zaawansowania technologicznego całego sektora. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że to właśnie dywersyfikacja w oparciu o gatunki rodzime i wysoko cenione przez konsumentów dając między innymi szansę wykorzystania potencjału produkcyjnego stawów oraz zwiększenia przychodów z produkcji i poprawy rentowności gospodarstw karpowych jest priorytetem rozwoju sektora akwakultury słodkowodnej w skali całej Unii Europejskiej.

Celem Wspólnej polityki rybołówstwa UE w latach 2021-2027 jest przede wszystkim promowanie innowacyjnej i zrównoważonej niebieskiej gospodarki w sektorach rybołówstwa i akwakultury oraz realizacja zobowiązań w zakresie globalnych procesów odpowiedzialnej ochrony środowiska i zrównoważonego wykorzystania zasobów wodnych. W 2016 r. niebieską gospodarkę Europy oszacowano na 174,2 mld EUR wartości dodanej brutto i 3,48 mln miejsc pracy. Główne cele WPRyb to:

1) W przypadku rybołówstwa: wspieranie zrównoważonego rybołówstwa i ochrony zasobów biologicznych wód wykorzystywanych gospodarczo;

2) W dziedzinie akwakultury, wprowadzania do obrotu i przetwarzania: przyczynianie się do bezpieczeństwa żywnościowego w Unii poprzez konkurencyjną i zrównoważoną akwakulturę i rynki;

3) Dla niebieskiej gospodarki: umożliwienie wzrostu zrównoważonej niebieskiej gospodarki i wspieranie społeczności z terenów zależnych od rybołówstwa i akwakultury;

4) W przypadku pojawiających się kwestii administracyjnych: wzmocnienie zarządzania zasobami wodnymi i dostępności wód śródlądowych dla akwakultury, bezpieczeństwo wodne.

Hodowla ryb okoniowatych, do których zaliczany jest okoń (*Perca fluviatilis* L.) znakomicie wpisuje się w powyższe założenia rozwoju sektora akwakultury UE. Za rozwojem hodowli ryb okoniowatych przemawiają zarówno oczekiwania konsumentów na otrzymywanie zdrowego, dobrego jakościowo białka pochodzenia zwierzęcego, jak również ograniczanie połowów ryb w wodach otwartych, które stanowią główne źródło zapotrzebowania na produkty pochodzące z tych gatunków ryb. Obecnie hodowla wszystkich ryb okoniowatych na świecie stanowi jedynie około 1% całkowitej produkcji akwakulturowej, aczkolwiek systematycznie w takich krajach jak Szwajcaria, Irlandia, Francja czy Dania pojawiają się nowe fermy hodowlane wykorzystujące recykulacyjne systemy akwakulturowe. Połowy okonia w wodach otwartych od około 30 lat cechuje stały poziom, natomiast produkcja akwakulturowa wykazuje trend wzrostowy i osiągnęła w 2013 roku po raz pierwszy poziom 500 ton (statystyki FAO). Przedstawione powyżej dane wyraźnie wskazują, iż intensywna hodowla ryb tego gatunku jest u zarania rozwoju, oraz że popyt na ten gatunek nie został jeszcze w pełni zaspokojony (Fontaine i in. 2019).

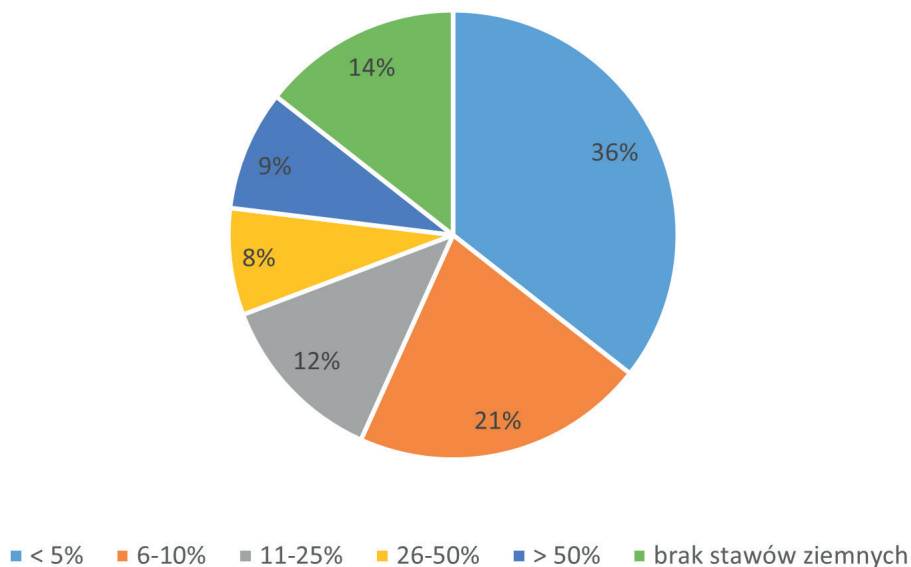
W Polsce łączna produkcja i pozyskiwanie okonia kształtuje się na poziomie 1,1 – 1,5 tys. ton rocznie, bez wyraźnego trendu (Tab. 2.1). Olbrzymią i główną część produkcji stanowią połowy tego gatunku w wodach morskich, głównie zalewach oraz zatokach bałtyckich. Najmniejszą, a w zasadzie marginalną produkcję stanowi produkcja okonia w akwakulturze, gdzie produkuje się tylko kilka ton rocznie i to razem z produkcją materiału zarybieniowego. W przypadku sandacza całkowita produkcja i połowy łącznie jest blisko o połowę niższa.

Tab. 2.1. Produkcja i połowy okonia i sandacza w Polsce (tony rocznie)(dane MIR i IRS z lat 2012-2021).

Typ produkcji/połowów	Gatunek	2015	2016	2017	2018	2019
akwakultura towarowa	okoń	9,1	9,3	9,6	6,3	4,6
	sandacz	22,5	29,4	34,3	44	38
akwakultura materiał zarybieniowy	okoń	9,4	3,5	9,2	4,9	1,6
	sandacz	35,7	41,6	55,9	16,1	19,3
śródlądowe połowy gospodarcze	okoń	138,4	142,2	132,7	138,9	148,2
	sandacz	129	144,8	112	135	131,3
śródlądowe połowy wędkarskie	okoń	308,5	310,3	337,5	307,2	319,0
	sandacz	127,3	125,5	128,5	132,5	156,1
morskie połowy gospodarcze	okoń	882	972	922	659	1104
	sandacz	245	349	172	168	479
RAZEM	okoń	1347,4	1437,3	1411	1116,3	1577,4
	sandacz	559,5	690,3	502,7	495,6	823,7

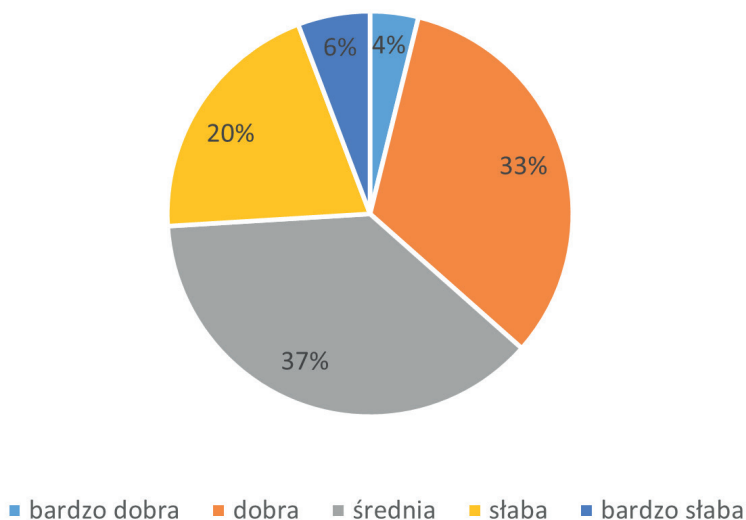
2.2. Opinie producentów na temat dywersyfikacji produkcji ryb w stawach ziemnych, także w kontekście możliwości udziału w nich rodzimych gatunków okoniowatych w tym okonia

Dzięki przeprowadzonym w 2022 roku na potrzeby projektu PRO-PERCH badaniom ankietowym możliwe było między innymi przyjrzenie się bliżej tendencjom i uwarunkowaniom podejmowanych działań mających na celu dywersyfikację produkcji ryb w stawach ziemnych, także w kontekście możliwości udziału w nich rodzimych gatunków okoniowatych w tym okonia. W wyżej wspomnianym badaniu przeprowadzonym w 2022 w technice ankiety online – CAWI (Computer Assisted Web Interview) badaniami objęto wszystkie spośród 401 podmiotów związanych z produkcją ryb, które znajdowały się w bazie IRS i które udostępniły swój adres mailowy. Ostatecznie w badaniu udział wzięły 104 podmioty zajmujące się produkcją ryb. Większość z nich (86 % ankietowanych) to użytkownicy wszystkich kategorii wielkościowych karpioowych stawów ziemnych zlokalizowanych na obszarze całej Polski. Dzięki uzyskanym wynikom stwierdzono między innymi, że zauważalny odsetek karpioowych stawów ziemnych nie jest wcale wykorzystywanych w produkcji rybackiej. Choć co prawda w niemal 40% przypadków odsetek nieużytkowanych stawów nie przekracza 5% to w niemal połowie obiektów jest wyraźnie wyższy, a w co dziesiątym z nich wynosi ponad 50 % (Rys. 2.1).



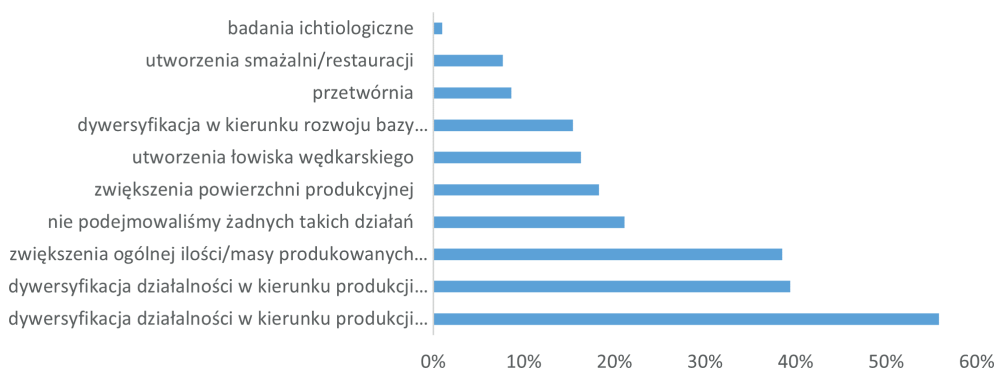
Rys. 2.1. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jak Państwo oceniacie procent niewykorzystanej produkcyjnie powierzchni stawów ziemnych w swoim gospodarstwie?”. Źródło: Badania własne.

Pomimo ogólnie nienajgorszej kondycji finansowej, gdyż ponad 2/3 hodowców oceniła swoją sytuację finansową jako średnią lub dobrą (Rys. 2.2).



Rys. 2.2. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jak Państwo oceniacie kondycję ekonomiczną działalności rybackiej w swoim gospodarstwie?”. Źródło: Badania własne.

Niemal jedna czwarta spośród badanych hodowców w ostatnich latach nie podejmowała żadnych działań mających na celu dywersyfikację produkcji. Wśród pozostałej grupy ankietowanych działania te dotyczyły w największym stopniu zwiększenia ilości ryb produkowanych do tej pory, dywersyfikacji w kierunku produkcji materiału zarybieniowego oraz dywersyfikacji w kierunku produkcji innych gatunków ryb konsumpcyjnych (Rys. 2.3).



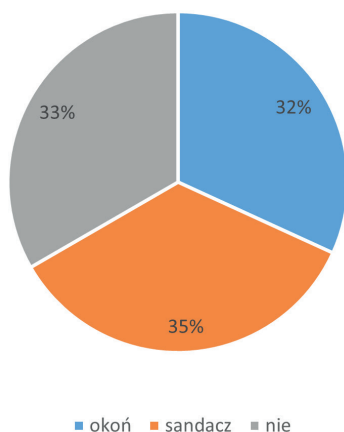
Rys. 2.3. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Czy w ostatnich 5 latach rozwinęliście i/lub zdywersyfikowaliście Państwo produkcję ryb w gospodarstwie, jeśli tak to w jakim kierunku?”. Źródło: Badania własne.

Przytoczone powyżej rodzaje działań były też najczęściej wymieniane jako planowane w najbliższej przyszłości. Tylko 10% przebadanych hodowców nie posiadało żadnych planów związanych z dywersyfikacją produkcji (Rys. 2.4).

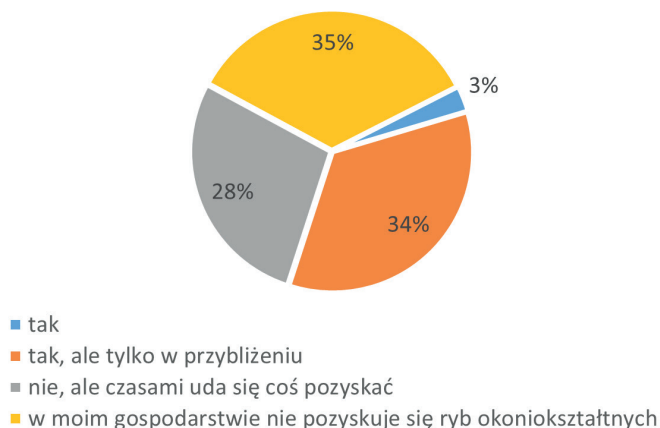


Rys. 2.4. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Gdybyście Państwo zdecydowali się w najbliższej przyszłości na rozwój/dywersyfikację produkcji w gospodarstwie, to w jakim kierunku”. Źródło: Badania własne.

Jak wynika z uzyskanych odpowiedzi ponad dwie trzecie spośród badanych gospodarstwach zajmujących się hodowlą ryb oprócz głównego gatunku (karpia) produkuje również ryby okoniowate (Rys. 2.5). Spośród tych podmiotów przewidywalne wysokości produkcji okoniowatych dotyczą zaledwie niespełna 3% gospodarstw. W pozostałych przypadkach wielkości spodziewanych odłowów nie są do końca sprecyzowane (Rys. 2.6).

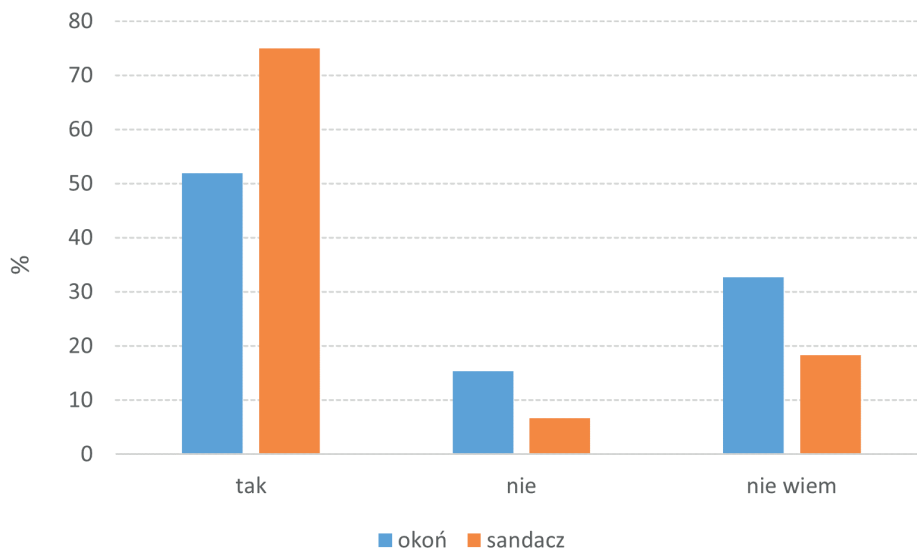


Rys. 2.5. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Czy w Państwa gospodarstwie produkuje się ryby okoniowate, a jeśli tak to jakie?”. Źródło: Badania własne.



Rys. 2.6. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Czy wielkość produkcji/odłowu ryb okoniowatych w Państwa gospodarstwie jest ustalona/planowana z wyprzedzeniem?”. Źródło: Badania własne.

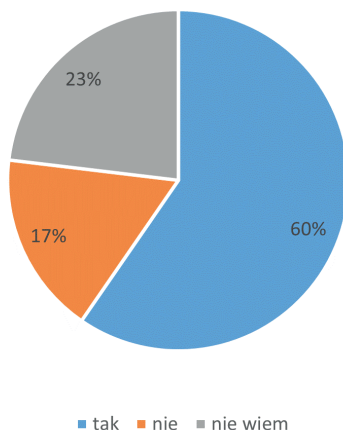
Według ankietowanych, ryby okoniowate są raczej perspektywicznymi gatunkami hodowlanymi, przy czym sandacz jest nieco lepiej oceniany. Dodatkowo w przypadku okonia ankietowani wyrazili sporą dozę niezdecydowania (Rys. 2.7).



Rys. 2.7. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Czy w Państwa ocenie ryby okoniowate są perspektywicznymi gatunkami w kontekście produkcji ryb konsumpcyjnych”. Źródło: Badania własne.

Warto również zaznaczyć, że ponad połowa ankietowanych (60%) byłaby zainteresowanych wprowadzeniem produkcji okonia w swoim gospodarstwie

(Rys. 2.8), w większości przypadków (33,6%) w pełnym cyklu hodowlanym. W podjęciu tej decyzji istotne byłoby zarówno zapewnienie fachowego doradztwa przed rozpoczęciem produkcji, wsparcie w uzyskaniu finansowania inwestycji oraz wsparcie merytoryczne podczas produkcji w mniejszym stopniu wsparcie w ułatwienie zbytu ryb.

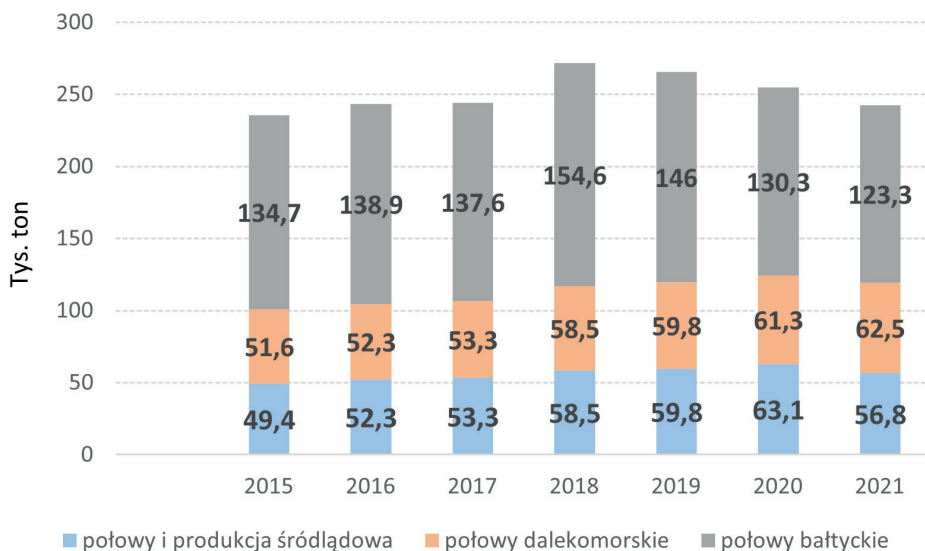


Rys. 2.8. Odpowiedź ankieterów na pytanie: „Jeśli dostępna byłaby odpowiednia technologia produkcji (oparta o dostępną w Państwa gospodarstwie infrastrukturę), to czy byłoby Państwo zainteresowani wprowadzeniem produkcji okonia w swoim gospodarstwie?”.
Źródło: Badania własne.

2.3. Spożycie ryb w Polsce. Okoń jako produkt konsumpcyjny w opinii klientów (częstotliwość spożycia, preferencje)

Należy zauważyć, że oprócz sytuacji ekonomicznej hodowcy czy też dostępności technologii, kluczowym czynnikiem wpływającym na działania dywersyfikujące produkcję, skutkujące wprowadzeniem nowego gatunku, jest możliwość sprzedaży produktu. W tym przypadku bardzo istotne są uwarunkowania rynkowe, a szczególnie poznanie sytuacji rynkowej oraz opinii klientów na temat wprowadzonego produktu.

Zgodnie z najnowszymi danymi IERiGŻ PIB (Hryszko, 2022) całkowita podaż produktów rybołówstwa na rynek krajowy wyniosła w 2021 r. 541 tys. ton i była o 6% większa niż rok wcześniej. Należy zauważyć, że niespełna połowa ryb pochodziła z odłowów i produkcji, wynoszących w ostatnich latach ok. 240-260 tys. ton rocznie. W kilku ostatnich latach zaznaczył się również wyraźny trend spadkowy połowów bałtyckich, przy rosnącym znaczeniu akwakultury. Wyjątek stanowił rok 2021, który był pierwszym od kilku lat rokiem, w którym także produkcja w akwakulturze spadła (Rys. 2.9).

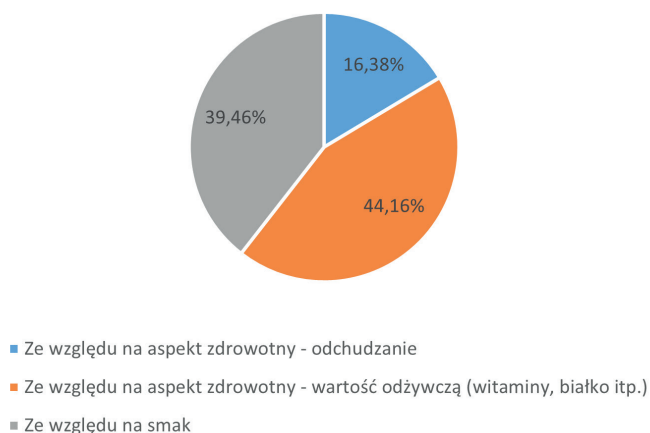


Rys. 2.9. Połowcy i produkcja ryb w Polsce. Źródło: Hryszko, 2022 (zmodyfikowane).

Tempo przyrostu wielkości spożycia ryb w Polsce wynoszące 6,4% jest w ostatnich dwóch latach większe niż podaży ryb. W 2021 roku średnie spożycie ryb wyniosło 14,08 kg/mieszkańca, przy średniej europejskiej wynoszącej ok 24 kg na osobę. Należy zauważyć, że w konsumpcji na polskim rynku dominują ryby morskie (80,2%), a ich spożycie w 2021 r. zwiększyło się o 8% (11,37 kg). Konsumpcja ryb słodkowodnych wyniosła jedynie 2,26 kg (spadek o 5%), a owoców morza 0,55 kg (wzrost o 21%). W 2020 r. przeciętne wydatki gospodarstw domowych na zakup ryb i owoców morza wyniosły 130,32 PLN/osobę i były o 9,7% wyższe niż w roku poprzednim. Stanowiło to 3,2% wydatków na żywność i napoje bezalkoholowe ogółem. Warto zauważyć, że przeciętne wydatki na zakup mięsa i jego przetworów były ponad 7-krotnie wyższe. W strukturze wydatków gospodarstw domowych na produkty rybne w 2021 roku przeważają przetwory i konserwy (34%), ryby wędzone, suszone i solone (23%), ryby świeże (23%) i ryby mrożone (17%) (Hryszko, 2022). Pomimo dość skromnego na tle całego kontynentu spożycia ryb, większość mieszkańców Polski deklaruje, że chciałaby jeść ich więcej. Taką odpowiedź w badaniu The Seafood Consumer Index wykonanego w 2020 roku przez Kantar TNS na zlecenie Norweskiej Rady ds. Ryb i Owoców Morza, wskazało ok. 76 proc. Polaków w wieku 20-34 lat oraz 86 proc. w grupie wiekowej 35-49-latków.

Jeśli chodzi o szczegółowe nawyki związane ze spożyciem ryb to zgodnie z badaniami ankietowymi, wykonanymi w dniach 19.07 – 07.08.2022 roku na potrzeby projektu PRO-PERCH na reprezentatywnej próbie Polaków (n=1001, ankieta online – CAWI Computer Assisted Web Interview) mieszkańcy Polski spożywają ryby dość regularnie. Ponad połowa respondentów (56,4%) je ryby

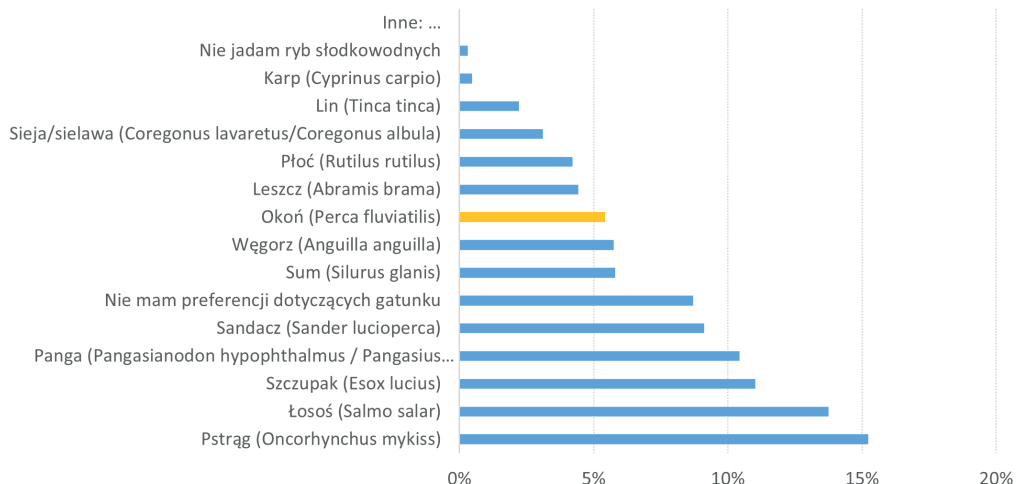
w domu przynajmniej raz w tygodniu. Spożywanie ryb w restauracji ma miejsce najczęściej kilka razy w roku (68% odpowiedzi). Ryby kupowane są najczęściej w supermarkecie (40%). Większość Polaków nie wykazuje preferencji w kwestii, pochodzenia tj. morskie czy słodkowodne (44%). Wyraźnie chętniej spożywane są ryby dzikie (43,26% odpowiedzi) niż hodowlane (22,08% odpowiedzi). Natomiast dla jednej trzeciej ankietowanych (34,67% odpowiedzi) nie ma w tym względzie żadnej różnicy. Wyniki te są zbieżne z wynikami otrzymywanymi także w innych krajach europejskich [European Commission (2021)]. Jako główny powód spożycia polscy konsumenci wskazują aspekt zdrowotny (wartość odżywcza) i smakowy (Rys. 2.10). Wspominane wskazania stanowią odpowiednio 44 i 39% odpowiedzi.



Rys. 2.10. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jeżeli spożywa Pani/Pan ryby / produkty rybne to proszę wskazać główny powód”. Źródło: Badania własne.

Jeśli chodzi o spożycie ryb słodkowodnych to najczęściej spożywanym gatunkiem jest pstrąg tęczowy i łosoś atlantycki *Salmo salar* (odpowiednio 15,23% i 13,76% odpowiedzi). Natomiast spośród rodzimych ryb jeziorowych i rzecznych najczęściej spożywane są: szczupak *Esox lucius* (11,02% wskazań) i sandacz *Sander lucioperca* (9,12%). Okoń znalazł się w tym zestawieniu na piątym miejscu (5,43%) tuż za sumem *Silurus glanis* L. i węgorzem *Anguilla anguilla* L. (Rys. 2.11).

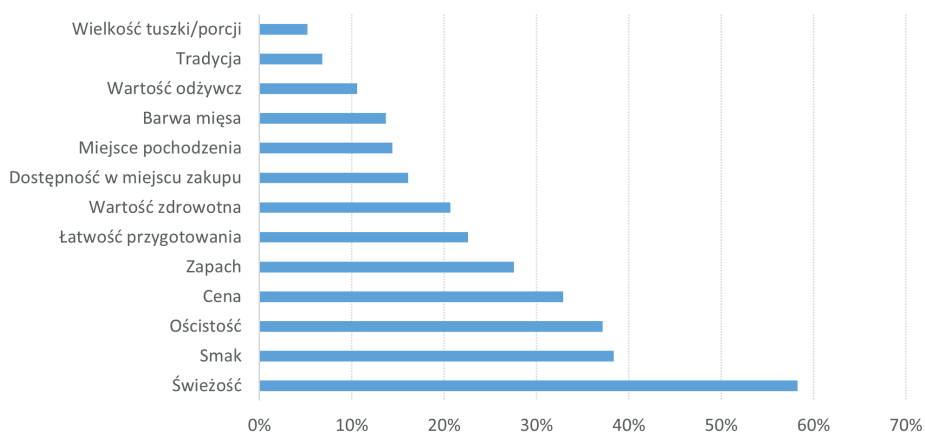
Wśród ryb słodkowodnych, lub dwuśrodowiskowych, które konsumenci chcieliby spożywać częściej, na dwóch pierwszych miejscach, podobnie jak w poprzednim pytaniu, znajdują się również łosoś i pstrąg (odpowiednio 18,78% i 16,75% odpowiedzi). Warto zauważyć, że 8,70% badanych osób nie ma preferencji co do gatunku, który wybiera. W przypadku ryb jeziorowych/rzecznych dominuje szczupak (7,69%), karp 6,93% i sandacz 6,53%. Okoń jest na piątym miejscu (4,76%) spośród 10 uwzględnionych w tym pytaniu gatunków. Należy zauważyć, że 8,76% ankietowanych nie ma preferencji co do gatunku, który chciałoby spożywać (Rys. 2.11).



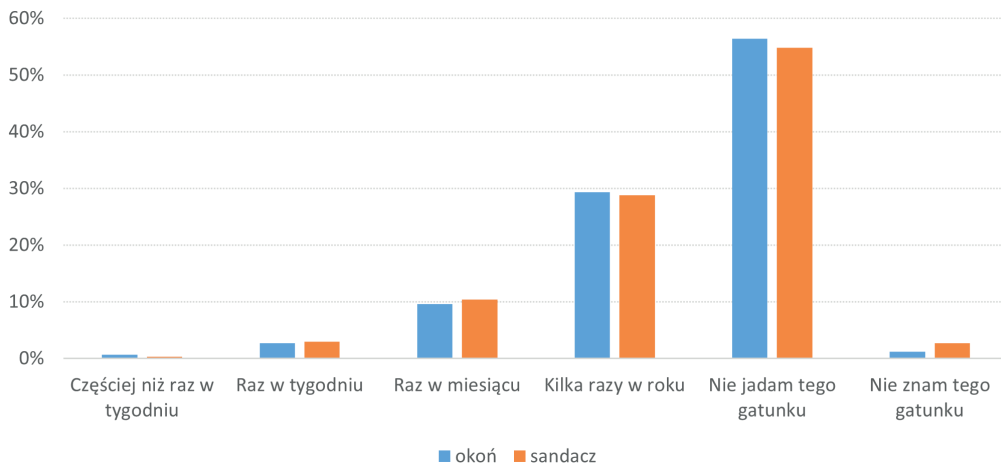
Rys. 2.11. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Które spośród wymienionych gatunków ryb słodkowodnych spożywa Pani/Pan najczęściej?”. Źródło: Badania własne.

Najbardziej istotnymi czynnikami przy wyborze poszczególnych gatunków według ankietowanych są świeżość (58% odpowiedzi), smak (38%), ościstość (37%) i cena (33%). Najmniej istotny element w tym zestawieniu to według badanych Polaków wielkość tuszki (5,19% odpowiedzi) (Rys. 2.12).

We wcześniejszym fragmencie tekstu przedstawiono wyniki dotyczące ogólnej częstości spożywania ryb. W przypadku okonia 56,44% respondentów wskazało, że nie jada tego gatunku wcale. Kolejną najczęściej wybieraną odpowiedzią było kilka razy w roku (29,37% odpowiedzi). Wyniki te są zbliżone do tych odnotowanych dla sandacza (Rys. 2.13).

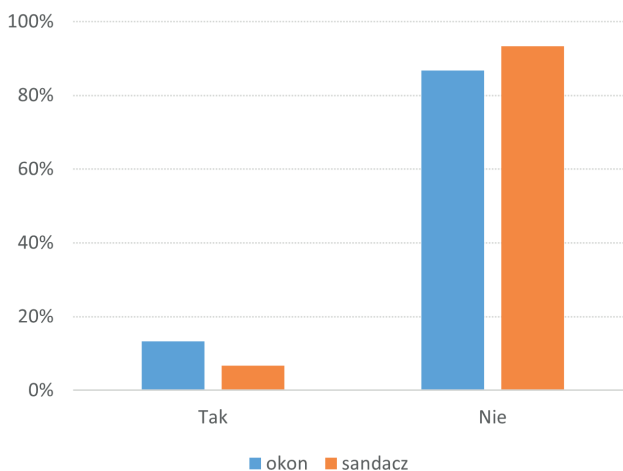


Rys. 2.12. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jakie czynniki bierze Pani/Pan pod uwagę przy zakupie danego gatunku ryb do konsumpcji?”. Źródło: Badania własne.



Rys. 2.13. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jak często spożywa Pan/Pani okonia i/lub sandacza?”. Źródło: Badania własne.

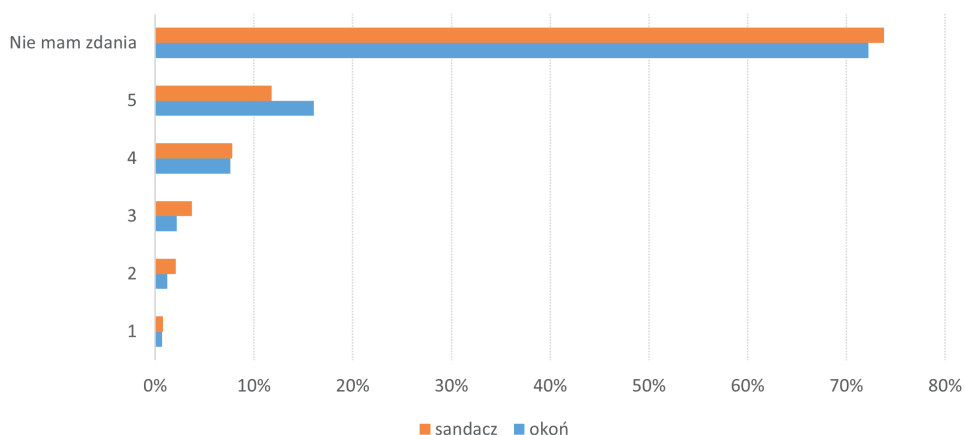
Na pytanie czy Pan/i chciałby spożywać okonia częściej, 13,29% wskazało, że tak, chciałby go spożywać częściej, w przypadku sandacza ten odsetek wyniósł jedynie 6,69% (Rys. 2.14). Spośród osób, które zadeklarowały chęć częstszego spożywania okonia, 68% chciałoby tego dokonywać w punktach gastronomicznych, a 32% we własnych domach.



Rys. 2.14. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Czy chciałby Pan/Pani spożywać okonia i sandacza częściej?”. Źródło: Badania własne.

W kwestii walorów kulinarnych badanych okoniowatych ponad 70% ankietowanych nie miało na ten temat wyrobionego zdania. Spośród

zorientowanych konsumentów najczęściej wskazywana odpowiedzią w przypadku okonia była wartość maksymalna tj. 5 (16,08% odpowiedzi) na zaproponowanej skali, gdzie 1 to najgorzej, a 5 najlepiej. W przypadku sandacza najwyższą ocenę wskazało niespełna 12% respondentów (Rys. 2.15).



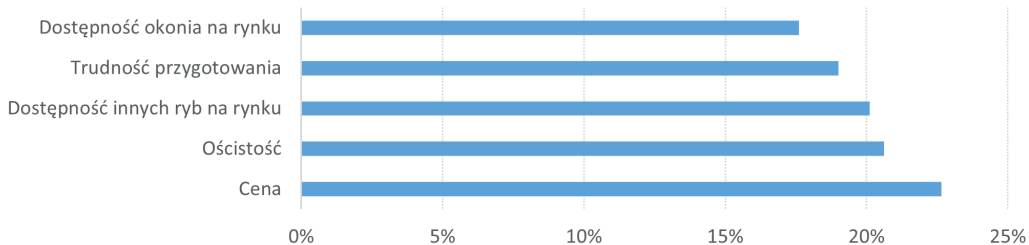
Rys. 2.15. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jak ocenia Pan/Pani walory kulinarne okonia i sandacza w skali od 1 - najgorzej do 5 - najlepiej:”. Źródło: Badania własne.

Zarówno w przypadku okonia jak i sandacza zdecydowana większość, bo ponad 90% ankietowanych nie ma zdania na temat tego czy dostępność tych gatunków w punktach sprzedaży jest wystarczająca. Spośród osób zorientowanych 4,8% uważa, że dostępność okonia jest wystarczająca, natomiast 2%, że nie. Wartości te w przypadku sandacza wyniosły odpowiednio 6,39% i 1,7%

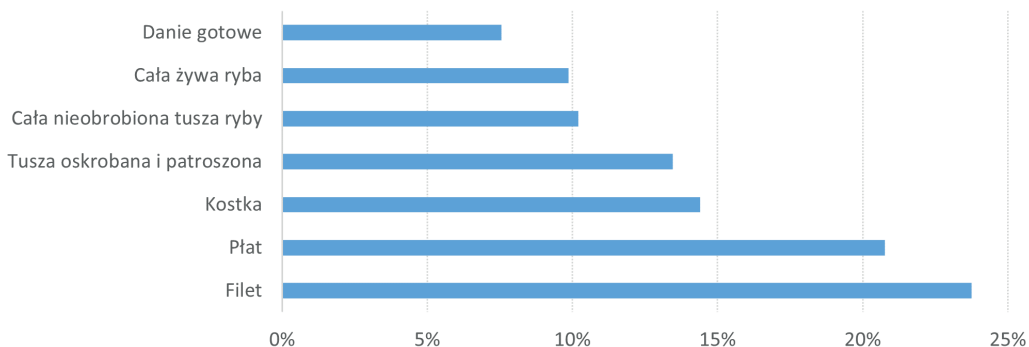
Większość ankietowanych nie ma również zdania na temat poziomu cen tych gatunków w punktach sprzedaży (93,11%). Spośród osób mających na ten temat wiedzę, najczęściej wskazywaną odpowiedzią było stwierdzenie, że ceny są za wysokie (4,9% w przypadku okonia i 6,99% sandacza). Ponad dwa razy mniej odpowiedzi wskazywało, że ceny są odpowiednie. Tylko jedna osoba w przypadku okonia i żadna w przypadku sandacza stwierdziła, że ceny tych gatunków w miejscach sprzedaży są za niskie.

Spośród najistotniejszych czynników wpływających na częstotliwość spożycia okonia jako najważniejsze trzeba wymienić cenę 22,6% ościstość 20,6% i dostępność innych gatunków ryb na rynku 20,1% (Rys. 2.16).

Jeśli chodzi o preferowaną przez klientów formę produktu to spośród możliwych opcji, klienci najchętniej zaopatrywaliby się w okonia w postaci filetu (23,75% odpowiedzi) i płatu 20,77%. Natomiast najmniejszym zainteresowaniem cieszyłby się okoi w postaci dania gotowego (7,55%) i całej żywej ryby (9,87%) (Rys. 2.17).



Rys. 2.16. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jaka według Pani/Pana jest istotność wskazanych czynników wpływających na częstotliwość spożycia okonia:”
Źródło: Badania własne.



Rys. 2.17. Odpowiedź ankietowanych na pytanie: „Jeśli zdecydowałby się Pan/Pani na zakup okonia, to w jakiej formie:”. Źródło: Badania własne.

2.4. Podsumowanie

Jak wynika z przedstawionych danych, główną część produkcji okonia w Polsce stanowią połowy tego gatunku w wodach morskich, głównie zalewach oraz zatokach bałtyckich. Najmniejszą, a w zasadzie marginalną produkcję stanowi produkcja okonia w akwakulturze, gdzie produkuje się tylko kilka ton rocznie i to razem z produkcją materiału zarybieniowego.

Warto zauważyć, że istotny odsetek stawów ziemnych nie jest wykorzystywany w ramach prowadzonej produkcji. W większości z nich oprócz karpia produkowany jest okoń i sandacz, ale stanowią one zwykle przyłów, a produkcja tych gatunków nie jest planowana z wyprzedzeniem stanowiąc większą lub mniejszą niewiadomą dla hodowcy. Producenci uważają okonia, podobnie zresztą jak sandacza za gatunek perspektywiczny dla akwakultury i 2/3 spośród nich byłaby zainteresowana bardziej intensywną produkcją tego gatunku w oparciu o istniejącą infrastrukturę gospodarstwa. Na ewentualną decyzję dotyczącą rozpoczęcia produkcji w dużej mierze obok istnienia efektywnej, opłacalnej produkcji miałyby wpływ zapewnienie fachowego doradztwa zarówno przed rozpoczęciem jak i w trakcie trwania produkcji tego gatunku.

Jeśli chodzi o postrzeganie okonia przez konsumentów to jest on spożywany rzadziej niż inne gatunki ryb słodkowodnych, lub dwuśrodowiskowych wśród których dominuje łosoś atlantycki i pstrąg tęczowy. Ponad połowa respondentów wskazało, że niejada tego gatunku wcale. Kolejną najczęściej wybieraną odpowiedzią było kilka razy w roku (29,4% odpowiedzi). Wśród osób jedzących okonia walory smakowe oceniane są bardzo wysoko, wyraźnie wyżej niż sandacza. Pomimo to, jak wynika z badań 13% mieszkańców Polski chciałoby go jadać częściej, najchętniej w postaci filetu serwowanego w restauracji. O ewentualnym zakupie w największym stopniu decyduje cena produktu dostępnego w punkcie sprzedaży.

Zgodnie z zaprezentowanymi wynikami badań największymi szansami dla zwiększenia spożycia okonia wydaje się być wzrastająca co roku konsumpcja ryb, a także to, że klienci coraz częściej zwracają uwagę na pochodzenie i najchętniej spożywaliby ryby produkowane lokalnie.

Literatura:

- Akwakultura 2027 Plan strategiczny rozwoju chowu i hodowli ryb w Polsce w latach 2021-2027. 2021. Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie
- European Commission 2021. Special Eurobarometer 515: EU consumer habits regarding fishery and aquaculture products. Maritime Affairs and Fisheries, Brussels
- Fontaine, P., Teletchea, F. 201. Domestication of the Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*). In *Animal Domestication*, <https://doi.org/10.5772/intechopen.85132> (IntechOpen, 2019)
- Hryszko, K. (red.). 2022. Rynek ryb. Stan i perspektywy. Nr 33. Analizy Rynkowe. IERiGŻ PIB.

ROZDZIAŁ 3

Kontrolowany rozród okonia poza sezonem tarłowym

Jarosław Król¹, Sławomir Krejszeff², Katarzyna Palińska-Żarska³,
Piotr Hliwa⁴, Daniel Żarski⁵

1 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Hodowli Ryb Łososiowatych

2 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Akwakultury

3 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ichtiologii, Hydrobiologii i Ekologii Wód

4 – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Ichtiologii i Akwakultury

5 – Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie, Zakład Biologii Gamet i Zarodka

3.1. Wstęp

Opracowanie skutecznej biotechniki kontrolowanego rozrodu ryb, niezależnie od przyjętego poziomu intensyfikacji hodowli, jest jednym z podstawowych elementów determinujących produkcję akwakulturową każdego gatunku. W intensywnej hodowli ryb okoniowatych, do których zaliczany jest okoń (*Perca fluviatilis*), opartej wyłącznie o systemy recyrkulacyjne (RAS) działania związane z kontrolowaniem rozrodu polegają na opracowaniu protokołów umożliwiających ich całoroczną produkcję (Policar i in. 2019). Zachowanie ciągłości produkcji okonia wymusza zatem na hodowcy posiadanie od kilku, do nawet kilkunastu stad rodzicielskich oraz cyklicznego przeprowadzania kontrolowanego tarła poza sezonem rozrodczym, niezależnie dla ryb w poszczególnych stadach (Fontaine i in. 2015). Podobnie rzecz ma się w przypadku protokołu rozrodczego stworzonego na potrzeby wdrożenia technologii produkcji okonia, opracowywanej na potrzeby realizacji projektu PRO-PERCH, która oparta jest na integracji podchowu larw i narybku w RAS oraz tuczu ryby handlowej w odpowiednio zmodyfikowanych stawach ziemnych. W założeniach proponowanej technologii leży bowiem

opracowanie pełnego protokołu dotyczącego pozasezonowej produkcji materiału obsadowego okonia, w tym z kontrolowanego rozrodu tarlaków pochodzących z wychowu stawowego. To z kolei wymaga skrócenia czasu, w którym pozyskane tarlaki osiągną gotowość rozrodczą w odniesieniu do ich naturalnego okresu tarła. W obu przypadkach skutkuje to koniecznością opracowania odpowiedniego schematu postępowania z tarlakami, polegającego na umiejętnym sterowaniu procesem dojrzewania ryb za pomocą czynników środowiskowych, głównie temperatury i fotoperiodu. Okoń należy bowiem do grupy ryb, u których oba te czynniki mają decydujący wpływ na przebieg gametogenezy w ich gonadach (Migaud i in. 2010).

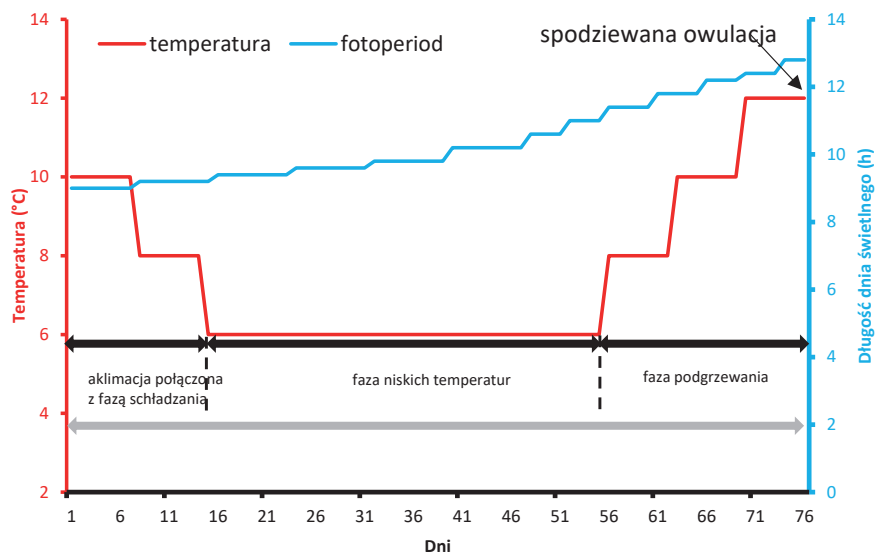
3.2. Indukcja gotowości tarłowej poza naturalnym okresem rozrodu – stymulacja środowiskowa

Przy opracowywaniu protokołów dotyczących stymulacji środowiskowej dla tarlaków wykorzystano wiedzę dotyczącą przebiegu procesu związanego z rozwojem gonad w cyklu rocznym u dziko żyjących ryb okoniowatych, na który bezpośredni wpływ mają zmieniające się w ciągu roku kalendarzowego warunki termiczne i świetlne (Sulistyo i in. 1998, 2000). U ryb policyklicznych, czyli gatunków rozradzających się więcej niż jeden raz w ciągu swojego życia, do których zaliczany jest okoń, zmiany w gonadach związane z formowaniem się komórek płciowych zachodzą w trakcie cyklicznie następujących po sobie stadiów dojrzałości jajników i jąder. Czas trwania poszczególnych stadiów dojrzałości gonad ma istotny wpływ na moment osiągnięcia gotowości tarłowej szczególnie u samic, gdzie mamy do czynienia z synchronicznym rozwojem oocytów w trakcie powtarzającego się rokrocznie cyklu rozwoju jajników (Sulistyo i in. 1998). W kontekście prowadzenia rozrodu poza naturalnym sezonem tarłowym ryb policyklicznych, istotnym okazało się wyodrębnienie trzech podstawowych etapów dojrzewania jajników u tych gatunków: (1) indukcji procesu gametogenezy rozpoczynającej się późnym latem lub wczesną jesienią, przy spadku temperatury i skracającym się fotoperiodzie; (2) rozpoczęcia procesu witellogenezy w okresie późno jesiennym oraz jej prawidłowego przebiegu w okresie zimowym, przy stałej temperaturze i krótkim dniu świetlnym kończącym się wraz z powolnym wzrostem temperatury i wydłużaniem się fotoperiodu wczesną wiosną; (3) zakończenia procesu witellogenezy i rozpoczęcia końcowego stadium dojrzewania gamet (FOM), przy wzroście temperatury i dalszym wydłużaniu się dnia świetlnego (Wang i in. 2010).

Opracowany protokół stymulacji środowiskowej stosowany w celu uzyskania pełnej dojrzałości gonad u okonia wymaga zatem zapewnienia tarlakom stosownego

reżimu foto-termicznego. Wieloletnie badania dotyczące tego zagadnienia pozwoliły na opracowanie protokołu, który powinien zostać zastosowany w trakcie takiej stymulacji. W przypadku pełnego cyklu rozrodczego okonia hodowanego wyłącznie w RAS, w pierwszej fazie stymulacji środowiskowej (faza schładzania) sugeruje się zastosowanie długotrwałego, stopniowego obniżania temperatury wody (docelowo do 6°C), połączonego ze skracaniem długości dnia świetlnego o amplitudzie zmian od 4 do 8 godzin (Abdulfatah i in. 2011, 2013). W kolejnym etapie stymulacji (faza niskich temperatur), zarówno temperatura wody (6°C) jak i długość dnia świetlnego (8L:16D) powinny być utrzymywane na niezmiennym poziomie przez okres od 4 do nawet 6 miesięcy (Abdulfatah i in. 2013). Ostatnią fazę (faza podgrzewania) cechuje stopniowy wzrost temperatury wody do 12-14°C połączony ze stopniowym wydłużaniem fotoperiodu (Fontaine i in. 2015). W przypadku tarlaków okonia pozyskiwanych ze stawów ziemnych, gdzie procedurę rozrodu poza sezonem tarłowym rozpoczyna ich jesienny odłów i umieszczenie w systemach recyrkulacyjnych, opracowany protokół stymulacji środowiskowej jest znacznie krótszy (ok. 10-12 tygodni), przy zachowaniu tych samych faz związanych z manipulowaniem termiką wody i fotoperiodem (Żarski i in. 2017b). Znaczne skrócenie terminu osiągnięcia gotowości tarłowej w przypadku samic okonia pozyskanych jesienią ze stawów możliwe jest dzięki temu, iż w momencie przeniesienia do RAS, stadium dojrzałości jajników tych ryb charakteryzuje się obecnością oocytów będących już w fazie zaawansowanej witellogenezy. Przeniesienie ryb na takim etapie dojrzałości gonad do warunków, w których możemy zastosować w pełni kontrolowany schemat stymulacji foto-termicznej powoduje, iż postęp kolejnych etapów gametogenezy w gonadach tych ryb przebiega dużo bardziej synchronicznie i może być modyfikowany w określonych ramach czasowych, w zależności od potrzeb związanych z planowanym tarłem.

W trakcie prowadzonych badań realizowanych w ramach projektu PRO-PERCH, pierwszy etap stymulacji termicznej (faza schładzania) w połączeniu z aklimacją ryb do nowych warunków skrócono do 2 tygodni, etap drugi (faza niskich temperatur) utrzymano na poziomie 6 tygodni, a etap ostatni (fazę podgrzewania) stosowano w trakcie kolejnych 3 tygodni zimowania. Jednocześnie wraz z postępującymi fazami stymulacji termicznej wydłużano stopniowo długość dnia świetlnego w taki sposób, aby po 11 tygodniach zimowania ryb, w czasie spodziewanej owulacji samic, uzyskać jego wartość zbliżoną do naturalnie występującego na początku kwietnia w naszej szerokości geograficznej (Rys. 3.1). Oba opisane schematy postępowania, dotyczące zarówno ryb hodowanych wyłącznie w RAS jak i tych pozyskiwanych do rozrodu ze stawów ziemnych, umożliwiają osiągnięcie pełnej dojrzałości tarlaków okonia i przeprowadzenie ich efektywnego kontrolowanego tarła poza sezonem rozrodczym.



Rys. 3.1. Schemat stymulacji foto-termicznej stosowanej w celu uzyskania pełnej dojrzałości gonad u okonia poza sezonem tarłowym (za Żarski i in. 2019b po modyfikacji).

3.3. Indukcja i synchronizacja pozasezonowego tarła – stymulacja hormonalna

Istotnym problemem hodowlanym przy przeprowadzaniu kontrolowanego rozrodu ryb okoniowatych poza sezonem tarłowym, przy zastosowaniu wyłącznie stymulacji środowiskowej, jest słaba synchronizacja owulacji (Khendek i in. 2017). Skutkuje to szeroką rozpiętością w czasie (nawet do 4 tygodni) terminu pozyskiwania gamet, a tym samym larw okonia. W konsekwencji prowadzi to często do problemów związanych z podchowem młodocianych stadiów tych gatunków (duże zróżnicowanie wielkościowe kohorty, kanibalizm wewnątrzpokoleniowy, np. Król in. 2019). Dlatego w celu synchronizacji tarła zaleca się stosowanie preparatów hormonalnych, oddziałujących na poziomie przysadki mózgowej lub gonad, które przyspieszają oraz znacząco synchronizują ostatnią fazę dojrzewania oocytów, jak również umożliwiają przewidywanie momentu pozyskiwania ikry (Żarski i in. 2015). W kontrolowanym rozrodzie ryb stosuje się głównie dwa rodzaje preparatów hormonalnych: gonadotropiny (GtH) oraz gonadoliberyny (GnRH), które oddziałują na dwóch różnych poziomach osi podwzgórzowo-przysadkowo-gonadowej. Preparaty zawierające GtH stymulują gonady do produkcji hormonów steroidowych będących odpowiedzialnymi za końcowe dojrzewanie gamet, podczas gdy te zawierające GnRH stymulują przysadkę mózgową do uwalniania endogennych gonadotropin (Mylonas i Zohar 2009). Te dwa rodzaje preparatów, o zupełnie odmiennym mechanizmie oddziaływania na organizm ryby, charakteryzują się również zróżnicowaną efektywnością u różnych taksonów, co

jest związane ze specyficznym gatunkowo mechanizmem wewnętrznej regulacji układu dokrewnego po zastosowaniu tych stymulatorów.

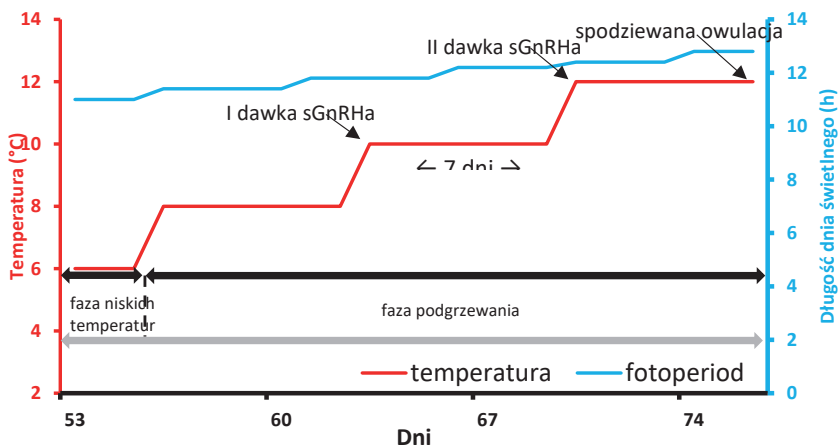
W kontrolowanym rozrodzie ryb okoniowatych skuteczne okazały się zarówno preparaty hormonalne oparte na ludzkiej gonadotropinie kosmówkowej (hCG), jak i na ssaczyc (mGnRH_a) bądź łososiowych (sGnRH_a) analogach gonadoliberyn (Tab. 3.1; Żarski i in. 2015). Na podstawie wyników wieloletnich badań dotyczących stosowania preparatów hormonalnych w celu wywołania owulacji i spermacji u tej rodziny ryb, ze względu na efektywność w praktyce hodowlanej można rekomendować stosowanie sGnRH_a (Żarski i in. 2015; 2017a; 2019b). Skuteczność mGnRH_a w przeprowadzeniu kontrolowanego rozrodu wymaga bowiem zastosowania relatywnie wyższych dawek analogu gonadoliberyny (Kouril i in. 1997). Z kolei w odpowiedzi na zastosowanie hCG obserwowano m.in.: znacznie wyższy poziom kortyzolu oraz glukozy w plazmie krwi stymulowanych ryb (co sugeruje silną odpowiedź stresową po zastosowaniu tego preparatu), wzrost zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w owulowanych jajach (co może mieć wpływ na jakość larw, dla których owe kwasy stanowią istotny rezerwuuar niezbędnych składników odżywczych w okresie odżywiania endogennego) oraz nadmierną produkcję testosteronu, który charakteryzuje się długim okresem półtrwania i jest silnym agonistą wpływającym na produkcję hormonów steroidowych (mogący w konsekwencji przyczyniać się do wczesnego starzenia się gamet w gonadach) (Żarski i in. 2017c; 2019a). Podkreślić należy, iż w przeciwieństwie do ekstraktów z przysadki mózgowej karpia lub innych ryb zawierającej bliżej nieokreśloną ilość gonadotropin wszystkie wymienione wyżej preparaty charakteryzują się wysokim stopniem standaryzacji dotyczącej zawartości hormonów, ułatwiającym ich stosowanie w praktyce. Warto również dodać, iż stosowanie preparatów zawierających analogii gonadoliberyn wraz z blokerami dopaminy (np.: Ovopel czy Ovaprim), tak skuteczne w przypadku indukowania owulacji u wielu gatunków ryb karpioiwatych, okazały się mało przydatne w odniesieniu do ryb okoniowatych (Roche i in. 2018).

Tabela 3.1. Protokół stymulacji hormonalnej wykorzystywanej w kontrolowanym rozrodzie okonia poza okresem naturalnego tarła.

Płeć	HORMON		
	sGnRH _a		hCG
	dawka inicjująca	dawka wyzwalająca	dawka wyzwalająca
Samice	10 µg/kg	25 µg/kg	500 IU/kg
	-	50 µg/kg	-
Samce	-	50 µg/kg	-

Sposobem na uzyskanie lepszej synchronizacji owulacji samic okonia, rozradzanego poza sezonem tarłowym, jest zastosowanie sGnRHa w dwóch dawkach (Żarski i in. 2019b), co zostało potwierdzone w trakcie prowadzonych badań realizowanych w ramach projektu PRO-PERCH. Pierwszą dawkę hormonu (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała samicy) inicjującą postęp końcowego stadium dojrzewania oocytów podaje się w trakcie trwania „fazy podgrzewania” dla opracowanej stymulacji foto-termicznej w momencie, kiedy woda osiągnie temperaturę 10°C. Po siedmiu dniach od zastosowania dawki inicjującej aplikuje się drugą dawkę hormonu (25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ masy ciała samicy) jednocześnie podnosząc temperaturę wody do 12°C (Rys. 3.2).

Zaprezentowany schemat stymulacji hormonalnej skutkuje prawdopodobnie stopniowym oddziaływaniem podawanego analogu gonadoliberyny na poszczególne poszczególne składowe osi podwzgórzowo-przysadkowo-gonadowej, powodując tym samym bardziej zrównoważony postęp na końcowym etapie dojrzewania oocytów i w efekcie lepszą synchronizację tarła (do 60 godzin od podania drugiej dawki hormonu).



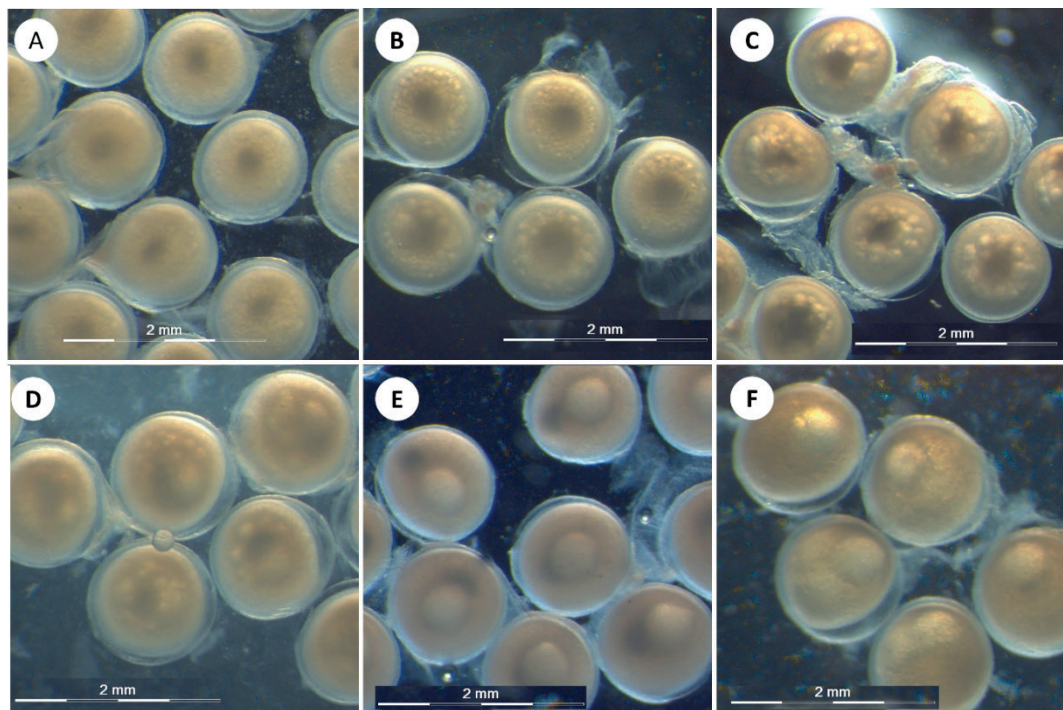
Rys. 3.2. Schemat wykonania stymulacji hormonalnej stosowanej po zakończeniu stymulacji foto-termicznej w celu indukcji owulacji u samic okonia poza sezonem tarłowym (za Żarski i in. 2019b po modyfikacji).

W trakcie FOM zachodzi w oocytach szereg zmian o charakterze molekularnym oraz morfologicznym, prowadzących w konsekwencji do owulacji dojrzałych jaj. U okonia obejmuje on migrację jądra od środka komórki jajowej ku jej obwodowi (w kierunku bieguna generatywnego), koalescencję kropeł tłuszczowych, rozpad morfologicznej struktury jądra oocytu oraz proces hydratacji, któremu towarzyszy homogenizacja zgromadzonych w cytoplazmie materiałów zapasowych, czyli tzw. żółtka (Żarski i in. 2011a, Żarski i in. 2012). W zależności od temperatury, u okonia

proces ten może trwać nawet 30 dni i przebiegać nierównomiernie u poszczególnych samic w stadzie, również w warunkach kontrolowanych, co z punktu widzenia prowadzenia hodowli jest bardzo problematyczne i niepożądane (Żarski i in. 2015). Czas jaki upływa pomiędzy podaniem preparatu hormonalnego, a owulacją jest ściśle uzależniony od stadium dojrzałości oocytów, w którym znajduje się dana samica w momencie wykonania stymulacji hormonalnej oraz zastosowanego reżimu termicznego. Z tego powodu, bardzo ważnym jest poprawne określenie stadium FOM przed każdorazowym podaniem hormonu.

Obecnie w celu określenia końcowego stadium dojrzewania oocytów u ryb okoniowatych stosuje się sześciostopniową skalę dojrzałości opracowaną przez Żarskiego i współpracowników (2011a) (Rys. 3.3). W przypadku prowadzenia tarła poza naturalnym sezonem rozrodczym, w momencie zakończenia stymulacji foto-termicznej większość samic znajduje się na początkowym etapie FOM (stadium I, rzadko stadium II), co w połączeniu z wykonaniem stymulacji hormonalnej dodatkowo ułatwia przybliżone określenie momentu spodziewanej owulacji. Stosując schemat stymulacji hormonalnej opartej o aplikowanie samicom sGnRHa w dwóch partiach, dawkę wyzwalającą analogu gonadoliberyny podajemy w momencie, kiedy oocyty znajdują się w znacznie bardziej zaawansowanym stadium dojrzałości (najczęściej jest to stadium V), co z jednej strony przyspiesza moment owulacji, a z drugiej powoduje lepszą jej synchronizację w czasie. Innymi słowy stymulując samice o dokładnie rozpoznanym stadium dojrzałości oocytów, które przetrzymywane są w określonym reżimie temperatury wody, o wiele łatwiej jest przewidzieć u nich moment owulacji w trakcie przeprowadzania rozrodu poza naturalnym sezonem tarłowym.

Samce okonia po zakończeniu okresu zimowania według opracowanego reżimu foto-termicznego teoretycznie nie wymagają stymulacji hormonalnej, ponieważ pozyskuje się od nich odpowiednią ilość nasienia na potrzeby planowanego rozrodu. Faktem jest jednak to, iż nasienie okonia charakteryzuje się bardzo dużą gęstością (koncentracja plemników wynosi zazwyczaj ponad 30 mld/ml), która utrudnia aplikowanie odpowiedniej jego ilości na stosunkowo małe porcje pozyskiwanych jaj, które dodatkowo owulowane są w postaci połączonej taśmy (Król i in. 2006, Formicki i in. 2009). W celu zwiększenia ilości produkowanego nasienia oraz rozrzedzenia plemników zaleca się zatem przeprowadzenie iniekcji hormonalnej z zastosowaniem podanych preparatów zazwyczaj w okresie od 6 do 8 dni przed spodziewaną owulacją samic (Tab. 3.1; Żarski i in. 2017a). Przy prowadzeniu tarła okonia poza naturalnym sezonem rozrodczym pozyskiwanie większej ilości nasienia od jednego samca ma również inne znaczenie praktyczne, mianowicie zmniejsza zapotrzebowanie na liczbę samców, które wymagają zimowania w warunkach RAS.



Rys. 3.3. Stadia dojrzałości oocytów okonia. A - stadium I: jądro usytuowane w centrum oocytu, krople tłuszczu słabo widoczne; B – stadium II: początek migracji jądra i początek koagulacji widocznych już kropli tłuszczu; C – stadium III: jądro oocytu przesunięte powyżej połowy średnicy oocytu, krople tłuszczu wyraźnie widoczne; D – stadium IV: jądro znajduje się niemal na obwodzie oocytu, duża i dobrze widoczna, pojedyncza kropla tłuszczu, ale mniejsze kropelki również wciąż obecne; E – stadium V: jądro znajduje się na krawędzi oocytu, jedna duża (wielkości około połowy średnicy oocytu), wyraźnie widoczna kropla tłuszczu oraz F – stadium VI: oocyty pod mikroskopem są przezroczyste (bez konieczności „prześwietlenia” ich w płynie Serr’a), brak jądra (gdyż nastąpił już jego rozpad), oocyty tuż przed owulacją.

3.4. Jakość pozyskiwanych produktów płciowych

Należy zauważyć, że w ostatnich latach opracowano metody bezpośredniej oceny jakości jaj u okonia, oparte na ich cechach morfologicznych i stopnia fragmentacji kropli tłuszczu w dojrzewających jajach, umożliwiającą weryfikację przydatności danej partii ikry w trakcie tarła (Żarski i in. 2011b; 2012), Aczkolwiek, wciąż nie są dostępne metody oceny przydatności tarlaków (mierzonej jakością pozyskiwanych od nich jaj) w celu przeprowadzenia kontrolowanego rozrodu. Dlatego też jakość pozyskiwanych jaj, zarówno bez jak i z zastosowaniem stymulacji hormonalnej, w dalszym ciągu jest mało przewidywalna (Schaerlinger i Żarski 2015). Trzeba pamiętać, iż w przypadku większości gatunków ryb, w tym także okoniowatych, to końcowa jakość produktów płciowych, pozyskiwanych w trakcie

kontrolowanego rozrodu, decyduje o sukcesie rozrodczym i ma bardzo duży wpływ na przebieg dalszych etapów hodowlanych, szczególnie dotyczących podchowu larw i narybku (Fontaine i in. 2015). Charakterystyczną cechą gatunkową okonia jest to, iż samice składają jaja w postaci cylindrycznej struktury określanej mianem taśmy, wewnątrz której jaja są ze sobą połączone galeretową otoczką (Formicki i in. 2009). Zaburzenie typowej dla jaj okonia struktury taśmy, uznawane jest często za symptom słabej jakości oocytów (Overton i in. 2008), chociaż nie udało się potwierdzić tego faktu w trakcie naszych wcześniejszych badań (Król i in 2018). Niewątpliwie na jakość gamet wpływają zarówno moment jak i sposób ich pobrania. W przypadku ryb okoniowatych zbyt późne pozyskanie gamet (po stymulacji hormonalnej) jest przyczyną ich niskiej jakości, co spowodowane jest zjawiskiem „przejrzewania” jaj (Samarin i in. 2017, Żarski i in. 2017c) lub starzenia się nasienia (Żarski i in.2019a). Istnieją uzasadnione przypuszczenia, że gamety pozyskane zbyt wcześnie (zarówno w przypadku jaj jak i nasienia) również charakteryzują się obniżoną jakością co wiąże się z kolei z nieuzyskaniem przez nie pełnej dojrzałości (Żarski i in. 2015). Stąd też zaleca się możliwie najbardziej precyzyjne przestrzeganie protokołów stymulacji hormonalnej i czasu poboru nasienia w przypadku stymulacji spermacji, jak również określania momentu owulacji na podstawie stopnia dojrzałości oocytów.

Obecnie coraz częściej problem z jakością pozyskiwanych produktów płciowych odnosi się do intensywności czynników stresogennych, na które narażone są tarlaki podczas prowadzenia prac związanych z kontrolowanym rozrodem (Bobe i Labbé 2010, Castets i in. 2012). Uważa się, iż zarówno krótkotrwałe jak i chroniczne działanie stresorów może zakłócać zarówno osiągnięcie gotowości tarłowej jak i samą owulację i spermację, a także determinować jakość gamet oraz potomstwa. W trakcie prowadzenia kontrolowanego rozrodu ryby są narażane na działanie wielu czynników stresogennych, dotyczy to zarówno chronicznych zmian związanych ze stosowanym reżimem foto-termicznym jak i krótkotrwałą ekspozycją na stres wynikającą z często wykonywanych manipulacji takich jak: częste wyławianie z basenu, iniekcje hormonalne, cewnikowanie lub pozyskiwanie gamet. Zwłaszcza wszelakie manipulacje, będące bezpośrednim źródłem stresu, mogą generować hormonalną odpowiedź organizmu ryby, tym samym negatywnie wpływać na jakość ich gamet (Schreck i in. 2001, Schreck 2010). W celu ograniczenia negatywnego wpływu manipulacji, zarówno zmniejszenia stresu jak i wywoływanego bólu (np. przy cewnikowaniu czy też wykonywaniu stymulacji hormonalnych) stosuje się środki znieczulające (Kristan i in. 2012; Gomułka i in. 2015). Należy jednak podkreślić, że wszystkie stosowane anestetyki są substancjami, które również wywołują u ryb reakcję stresową, dlatego też wybór substancji znieczulającej powinien być dopasowany do konkretnego gatunku (Gomułka i in. 2015). W przypadku

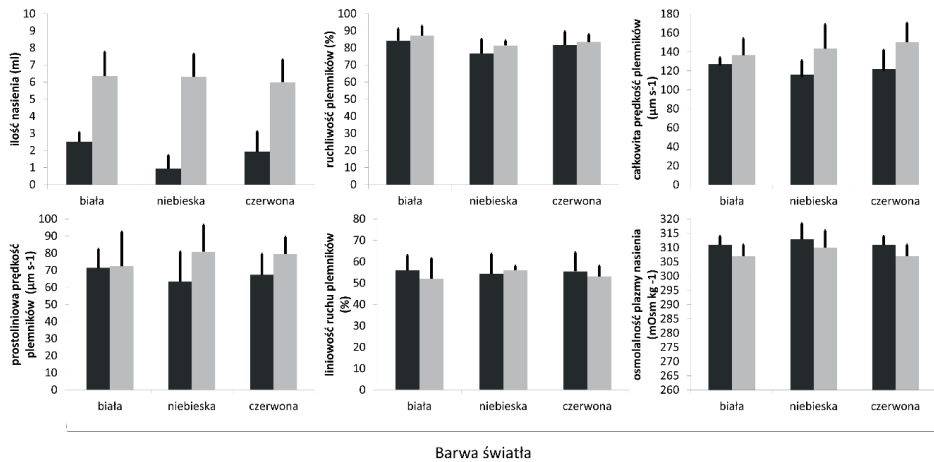
prowadzenia kontrolowanego rozrodu okonia najczęściej stosowanym preparatem jest MS-222, który podaje się rybom w drodze imersji, rozpuszczając go w wodzie w stężeniu 150 mg/l. Przy prowadzeniu prac rozrodowych możemy jedynie minimalizować stres manipulacyjny poprzez ograniczanie częstości wykonywania poszczególnych czynności do niezbędnego minimum, ponieważ aktualnie dostępne protokoły rozrodcze uniemożliwiają całkowite wyeliminowanie stresorów wynikających z tego typu zabiegów. Dotyczy to również oddziaływania czynników wywołujących stres związanych z utrzymywaniem odpowiedniego środowiska hodowlanego. Wiadomym jest, że dla ryb przetrzymywanych w niewoli światło oraz temperatura są głównymi czynnikami warunkującymi odpowiedni przebieg wielu procesów fizjologicznych w organizmie, również tych związanych z układem dokrewnym odpowiedzialnym za zdolność ryb do radzenia sobie ze skutkami wywołanymi stresem (Baekelandt i in. 2020, Żarski i in. 2021).

3.5. Wpływ barwy światła na efektywność rozrodczą

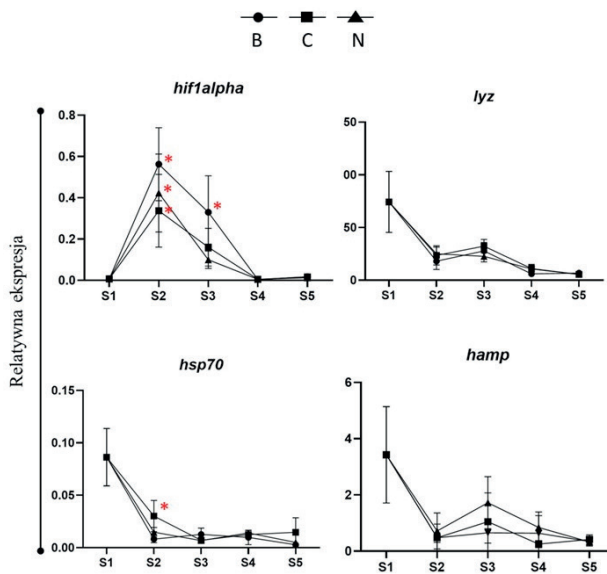
Jednym z czynników, który ma znaczący wpływ zarówno na funkcjonowanie układu dokrewnego (w tym biosyntezy melatoniny – ważnego hormonu regulującego funkcjonowanie układu rozrodczego), jak również na wywołanie reakcji stresowej u ryb jest barwa światła, na którą są one eksponowane w warunkach hodowlanych (Bruning i in. 2016, Maia i Volpato 2013). Celem części badań prowadzonych w ramach realizacji projektu PRO-PERCH była zatem próba uzyskania odpowiedzi na pytanie: czy i w jakim stopniu, dostosowanie barwy światła podczas okresu zimowania tarlaków w RAS może ograniczyć ich stres, a tym samym wpłynąć na poprawę efektywności przeprowadzonego rozrodu poza sezonem tarłowym? Zbadano wpływ trzech różnych długości światła widzialnego (białego, niebieskiego i czerwonego), zastosowanego od momentu rozpoczęcia zimowania ryb, przez cały okres przetrzymywania tarlaków w RAS, aż do momentu pozyskania gamet, na stres, układ dokrewny oraz efektywność rozrodczą tarlaków pozyskanych z wychowu stawowego. Wyniki naszych badań wskazują jednoznacznie, że zastosowane barwy światła nie spowodowały istotnych różnic w dojrzewaniu samic. Z końcem okresu zimowania, oocyty wszystkich zbadanych samic okonia osiągnęły końcowe stadium gametogenezy, które to odpowiada V stadium rozwoju gonad w cyklu rocznym dojrzałości jajników (Sulistyo i in. 1998). Świadczyła o tym wielkość pozyskanych oocytów (z dobrze widocznym jądrem komórkowym), które to najczęściej znajdowały się w pierwszym stadium (jądro w centrum komórki, słabo widoczne krople tłuszczu) lub znacznie rzadziej w stadium drugim (niewielkie przesunięcie jądra komórkowego w stronę mikropyle, dobrze widoczne krople tłuszczu) określanymi na końcowym etapie procesu gametogenezy i rozpoczęcia fazy FOM (za Żarski 2011a). O fakcie zakończenia procesu gametogenezy świadczyła także wysoka wartość współczynnika gonado-somatycznego (GSI), która to była zbliżona do

wartości GSI, obliczonych dla samic okonia po zakończeniu stymulacji foto-termicznej we wcześniejszych pracach badawczych (Khendek i in. 2017, Król i in 2018, Żarski i in. 2021). Nie stwierdzono także istotnego wpływu zastosowanych warunków świetlnych na procent owulujących samic (ponad 90% niezależnie do zastosowanego koloru światła) oraz na synchronizację owulacji, gdzie jej latencja wyniosła maksymalnie do 60 godzin od podania drugiej dawki hormonu sGnRH α . Przy zastosowanych różnych długościach światła widzialnego nie wykazano także istotnych różnic w przypadku gotowości tarłowej samców (wszystkie oddały nasienie) oraz oznaczanych parametrach jakościowych ich nasienia takich jak: ilość pozyskanego nasienia, osmolalność jego plazmy czy też procent ruchliwości plemników, a także ich prędkości oraz liniowość ruchu (Rys. 3.4). Zastosowany schemat stymulacji hormonalnej znacząco wpłynął na ilość pozyskiwanego nasienia, niezależnie od wariantu stosowanego światła, a także nie spowodował obniżenia jakości pozyskanych plemników (Rys. 3.4). Przeprowadzona analiza wybranych genów związanych z reakcją ryb na stres oraz ich odpowiedzią immunologiczną, wykazała, że kolory światła w jakich przetrzymywane były tarlaki istotnie wpłynęły na ekspresję genów hif1 α (czynnik indukowany hipoksją 1) oraz hsp70 (białko szoku cieplnego 70) (Rys. 3.5). Okazało się, że kolory światła stymulują reakcje stresowe ryb, ale wyłącznie tuż po przeniesieniu ich ze stawów do obiegów zamkniętych, jeszcze przed osiągnięciem FOM (w punkcie poboru S2, czyli na początku fazy schładzania). Finalnie, tuż przed tarłem, poziom wszystkich badanych genów był taki sam. Uzyskane wyniki sugerują więc, że różne kolory światła wpływają znacząco na reakcje stresowe u ryb w okresie ich adaptacji do warunków hodowlanych w RAS, ale nie mają bezpośredniego wpływu na finalny efekt rozrodu. Jednak mając na uwadze odmienną reakcję okoni na kolory światła oraz ich potencjalny dobrostan, rekomenduje się stosowanie światła białego, aby jak najbardziej zminimalizować stres związany z adaptacją ryb do odmiennej długości fali świetlnych oraz obiegów zamkniętych.

W związku z faktem, iż rozdział ten przygotowywany był w niewielkim następstwie czasowym od zakończenia eksperymentu, nie wszystkie dane, które zebraliśmy mogły zostać tutaj zaprezentowane. Dotyczy to m in. wpływu badanych wariantów świetlnych na przebieg embriogenezy, procentu wyklucia i deformacji larw, które są jednym z morfologicznych wskaźników wykorzystywanych do określania jakości gamet, a tym samym określenia obiektywnego sukcesu rozrodczego (Alix i in. 2017). Mamy również nadzieje, iż powiązanie zebranych danych z uzyskanymi wynikami z przeprowadzonych analiz biochemicznych i molekularnych na próbach pozyskanych w trakcie całego okresu zimowania okoni, przybliżą nas do poznania roli barwy światła jaką może ono pełnić w ograniczeniu stresu hodowlanego, tym samym określić w bardziej miarodajny sposób wpływ zastosowanej barwy światła widzialnego na końcową efektywność rozrodczą hodowanego okonia.



Rys. 3.4. Wpływ trzech różnych długości światła widzialnego (białego, niebieskiego i czerwonego) na parametry jakościowe nasienia okonia, pozyskanego poza sezonem rozrodczym w wyniku przeprowadzonych stymulacji: foto-termicznej i hormonalnej. Dane są zaprezentowane jako średnia (słupki) oraz odchylenie standardowe. Czarne słupki przedstawiają dane dla nasienia pobranego bez stymulacji hormonalnej, szare słupki natomiast dane dla nasienia pobranego po podaniu samcom preparatu hormonalnego.



Rys. 3.5. Ekspresja genów odpowiedzialnych za stres i reakcje immunologiczne u samic okonia przetrzymywanych w różnych kolorach światła (B, C, N), w różnych punktach poboru (S1-S5). Dane (średnia \pm odchylenie standardowe) oznaczone gwiazdką różniły się statystycznie ($p < 0,05$). B – światło białe, C – światło czerwone, N – światło niebieskie. S1 – moment przeniesienia ryb do zbiorników z różnymi kolorami światła, S2 – początek fazy schładzania, S3 – koniec fazy niskich temperatur, S4 – pierwsza iniekcja hormonalna, S5 – druga iniekcja hormonalna. *lyz* – lizozym, *hsp70* – białko szoku cieplnego 70, *hif1 α* – czynnik indukowany hipoksją 1, *hamp* – hepcydyna.

3.6. Podsumowanie

Temperatura i długość dnia świetlnego poprzez swoje oddziaływanie na cykl rozrodczy samic okoniowatych, uważane są za czynniki zarówno determinujące jak i modulujące ich dojrzewanie, od momentu inicjacji gametogenezy po zakończenie witellogenezy w oocytach. Natomiast nadal niewiele wiadomo na temat mechanizmów interakcji pomiędzy czynnikami środowiskowymi a funkcjonowaniem układu dokrewnego, związanych z końcową fazą dojrzałości oocytów (FOM), a przede wszystkim z tymi wywołującymi owulację oraz determinujących końcową jakość pozyskiwanych gamet. Pewne jest, iż u okoniowatych wzrost temperatury jest czynnikiem niezbędnym do zainicjowania FOM, a tym samym prawdopodobnie także do wywołania owulacji. Inicjacja FOM następuje po zakończeniu witellogenezy w oocytach i wewnątrz stada ma charakter asynchronicznego procesu rozłożonego w czasie, przebiegającego zróżnicowanie osobniczo. Tym samym, w trakcie kontrolowanego rozrodu poszczególne samice mogą owulować w dużej rozpiętości czasowej, dochodzącej nawet do kilkudziesięciu dni. Dlatego też, aby jak najlepiej zsynchronizować gotowość tarłową samic okonia w danym stadzie, celowym jest podanie preparatu hormonalnego tuż po zainicjowaniu FOM. Odpowiednie sterowanie warunkami foto-termicznymi w powiązaniu z zastosowaniem stymulacji hormonalnej na odpowiednim etapie po zakończeniu zimowania tarlaków umożliwi skuteczne przeprowadzenie rozrodu okonia poza naturalnym okresem jego tarła. Aktualnym problemem wymagającym prowadzenia dalszych badań jest nieprzewidywalność dotycząca jakości pozyskiwanych produktów płciowych, która wynika prawdopodobnie z odpowiedzi organizmu tarlaków przetrzymywanych w warunkach hodowlanych na wieloczynnikowy stres, którym są poddawane. Wykazane w naszych badaniach różnice w reakcji na stres wywołane różnymi barwami światła w okresie adaptacyjnym ryb przeniesionych ze stawów do warunków RAS (z których najmniej „stresujące” okazało się światło białe), nie znalazły odzwierciedlenia w uzyskanej efektywności przeprowadzonego rozrodu. Wydaje się zatem, iż kluczem do rozwiązania problemu jest ograniczanie ilości czynników wywołujących reakcję stresową u tarlaków okoni w trakcie całego procesu zimowania, a także już na etapie samych czynności zmierzających do przeprowadzenia kontrolowanego rozrodu. Przy opracowywaniu programu hodowlanego okonia, nie mniej ważnym krokiem będzie identyfikacja osobników lepiej radzących sobie ze stresem i prowadzenie w tym kierunku specyficznego krzyżowania selektywnego przy zachowaniu odpowiedniej zmienności genetycznej. Powinno to przyczynić się do wyprowadzenia specyficznej linii hodowlanej przystosowanej na potrzeby stosowania konkretnej technologii produkcji tego gatunku, również w przypadku tej zaproponowanej w projekcie PRO-PERCH.

Literatura:

- Abdulfatah A., Fontaine P., Kestemont P., Gardeur J.N., Marie M. 2011. Effects of photothermal kinetic and amplitude of photoperiod decrease on the induction of the reproduction cycle in female Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 322-323: 169-176.
- Abdulfatah A., Fontaine P., Kestemont P., Milla S., Marie M. 2013. Effects of the thermal threshold and the timing of temperature reduction on the initiation of reproduction cycle in female of Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 376-379: 90-96.
- Alix M., Źarski D., Chardard D., Fontaine P., Schaerlinger B. 2017 - Deformities in newly hatched embryos of Eurasian perch populations originating from two different rearing systems - *J. Zool.* 302: 126-137.
- Baekelandt, S., Milla, S., Cornet, V., Flamion, E., Ledoré, Y., Redivo, B., Antipine, S., Mandiki, S.N.M., Houndji, A., El Kertaoui, N., Kestemont, P., 2020. Seasonal simulated photoperiods influence melatonin release and immune markers of pike perch *Sander lucioperca*. *Sci. Rep.* 10: 2650.
- Bobé J., Labbé C. 2010. Egg and sperm quality in fish. *Gen Comp Endocrinol* 165:535-548.
- Brüning A., Hölker F., Franke S., Kleiner W., Kloas W. 2016. Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch. *Sci. Total Environ.* 543: 214-222.
- Castets M.-D.D., Schaerlinger B., Silvestre F., Gardeur J.-N.N., Dieu M., Corbier C., Kestemont P., Fontaine P. 2012. Combined analysis of *Perca fluviatilis* reproductive performance and oocyte proteomic profile. *Theriogenology* 78: 432-442.
- Fontaine P., Wang N., Hermelink B. 2015. Broodstock management and control of reproductive cycle. W: *Biology and culture of percid fishes* (Red.) P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt. Springer Netherlands Dordrecht: 103-122.
- Formicki K., Smaruj I., Szulc J., Winnicki A. 2009. Microtubular network of the gelatinous egg envelope within the egg ribbon of European perch, *Perca fluviatilis* L - *Acta Ichthyol. Piscat.* 39: 147-151.
- Gomułka P., Fornal E., Berecka B., Szmagara A., Ziomek E. 2015. Pharmacokinetics of propofol in rainbow trout following bath exposure. *Pol. J. Vet. Sci.* 18: 147-152.
- Khendek A., Alix M., Viot S., Ledoré Y., Rousseau C., Mandiki R., Kestemont P., Policar T., Fontaine P., Milla S. 2017. How does a domestication process modulate oogenesis and reproduction performance in Eurasian perch? *Aquaculture* 273: 206-214.
- Kouril J., Linhart O., Relot P. 1997. Induced spawning of perch by means of a GnRH analogue. *Aquac. Int.* 5: 375-377.
- Kristan J., Stara A., Turek J., Policar T., Velisek J. 2012. Comparison of the effects of four anaesthetics on haematological and blood biochemical profiles in pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Neuroendocrinol. Lett.* 33:66-71.
- Król J., Długoński A., Błażejowski M., Hliwa P. 2019. Effect of size sorting on growth, cannibalism, and survival in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. postlarvae. *Aquac. Int.* 27: 945-955.

- Król J., Glogowski J., Demska-Zakes K., Hliwa P. 2006. Quality of semen and histological analysis of testis in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. during spawning period. Czech J. Anim. Sci. 51 (5): 220-226.
- Król J., Żarski D., Palińska-Żarska K., Długoński A., Ledore Y., Milla S., Fontaine P. 2018. Wpływ fotoperiodu na efektywność pozasezonowego rozrodu okonia (*Perca fluviatilis* L.) - wyniki wstępne. W: Wylęgarnictwo i podchowy ryb oraz raków. IRŚ, Olsztyn [Red. Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś], 21-36.
- Maia C.M., Volpato G.L. 2013. Environmental light color affects the stress response of Nile tilapia. Zoology 1: 64-66.
- Migaud H., Davie A., Taylor J.F. 2010. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. J. Fish Biol. 76: 27-68.
- Mylonas C., Zohar Y. 2009. Controlling fish reproduction in aquaculture. W: New Technologies in Aquaculture: Improving Production Efficiency, Quality and Environmental Management (Red.) G. Burnell, G. Allan. Woodhead Publishing Limited: 109-142.
- Overton J., Paulsen H., Kucharczyk D., Szczerbowski A. 2008 - Bornholm Salmon hatchery: control of out-of-season spawning of Eurasian perch - W: Percid fish culture, from research to production (Red.) Fontaine P, Kestemont P, Teletchea F, Wang N. Presses Universitaires de Namur: 40-43.
- Policar T., Schaefer F.J., Panana E., Meyer S., Teerlinck S., Toner D., Żarski D. 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology—tackling bottlenecks. Aquac. Int. 27: 1151-1174.
- Roche J., Żarski D., Khendek A., Ben Ammar I., Broquard C., Depp A., Ledoré Y., Policar T., Fontaine P., Milla S. 2018. D1, but not D2, dopamine receptor regulates steroid levels during the final stages of pikeperch gametogenesis. Animal 12: 2587-2597.
- Samarin A.M., Żarski D., Palińska-Żarska K., Krejszeff S., Blecha M., Kucharczyk D., Policar T. 2017. In vitro storage of unfertilized eggs of the Eurasian perch and its effect on egg viability rates and the occurrence of larval malformations. Animal 11: 78-83.
- Schaerlinger B., Żarski, D. 2015 - Evaluation and Improvements of Egg and Larval Quality in Percid Fishes. W: Biology and culture of percid fishes (Red.) P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt. Springer Netherlands: 193-226.
- Schreck C.B. 2010. Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. Gen.Comp. Endocrinol. 165:549-556.
- Schreck C.B., Contreras-Sanchez W., Fitzpatrick M.S. 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. Aquaculture 197: 3-24.
- Sulistyo I., Rinchar J., Fontaine P., Gardeur J.N., Capdeville B., Kestemont P. 1998. Reproductive cycle and plasma levels of sex steroids in female Eurasian perch *Perca fluviatilis*. Aquat. Living Resour. 11: 101-110.
- Sulistyo I., Fontaine P., Rinchar J., Gardeur J.N., Migaud H., Capdeville B., Kestemont P. 2000. Reproductive cycle and plasma levels steroids in male Eurasian perch *Perca fluviatilis*. Aquat. Living Resour. 13: 99-106.

- Wang N., Teletchea F., Kestemont P., Milla S., Fontaine P. 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Rev. Aquac.* 2: 209-222
- Żarski D., Bernáth G., Król J., Cejko B.I., Bokor Z., Palińska-Żarska K., Milla, S., Fontaine P., Krejszef S. 2017a. Effects of hCG and salmon gonadolibertine analogue on spermiation in the Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). *Theriogenology* 104: 179-185.
- Żarski D., Bokor Z., Kotrik L., Urbanyi B., Horváth A., Targońska K., Krejszef S., Palińska K., Kucharczyk D. 2011a. A new classification of a preovulatory oocyte maturation stage suitable for the synchronization of ovulation in controlled reproduction of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. *Reprod. Biol.* 11:194-209.
- Żarski D., Fontaine P., Roche J., Alix M., Blecha M., Broquard C., Król J., Milla S. 2019a. Time of response to hormonal treatment but not the type of a spawning agent affects the reproductive effectiveness in domesticated pikeperch, Sander lucioperca. *Aquaculture* 503: 527-536.
- Żarski D., Horváth, Á. Bernáth G. Krejszef S., Radóczy J., Palińska-Żarska K., Bokor Z., Kupren K., Urbányi B. 2017b. Controlled reproduction of wild Eurasian perch. A hatchery manual - Springer Briefs in Environmental Science, International Publishing, 102s.
- Żarski D., Horváth Á., Held J.A., Kucharczyk D. 2015. Artificial reproduction of percid fishes. W: *Biology and culture of percid fishes (Red.)* P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt. Springer Netherlands: 123-161.
- Żarski D., Krejszef S., Horvath A., Bokor Z., Palińska K., Szentés K., Łuczyńska J., Targońska K., Kupren K., Urbanyi B., Kucharczyk D. 2012. Dynamics of composition and morphology in oocytes of Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., during induced spawning. *Aquaculture* 364-365: 103-110.
- Żarski D., Król J., Ledoré Y., Sarosiek B., Dryl K., Gomułka P., Palińska-Żarska K., Toomey L., Fontaine P., Milla S. 2021. Constant darkness strongly affects the outcome of hormonally induced reproduction in cultured *Perca fluviatilis* females. *Animal* 15(9): 100340.
- Żarski D., Palińska-Żarska K., Krejszef S., Król J., Milla S., Fontaine P., Bokor Z., Urbányi B. 2019b. A novel approach for induced out-of-season spawning of Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 512: 734300.
- Żarski D., Palińska-Żarska K., Łuczyńska J., Krejszef S. 2017c. The type of spawning agent affects the egg composition during out-of-season spawning but not during in-season spawning in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 245: 19-29.
- Żarski D., Palińska K., Targońska K., Bokor Z., Kotrik L., Krejszef S., Kupren K., Horvath A., Urbanyi B., Kucharczyk D. 2011b. Oocyte quality indicators in Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., during reproduction under controlled conditions. *Aquaculture* 313: 84-91.

ROZDZIAŁ 4

Wychów larw i narybku okonia

**Piotr Hliwa¹, Katarzyna Palińska-Żarska², Maciej Błażejewski¹,
Helena Bober¹, Jarosław Król³**

1 - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Ichtiologii i Akwakultury

2 - Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ichtiologii, Hydrobiologii i Ekologii Wód

3 - Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Hodowli Ryb Łososiowatych

4.1. Inkubacja ikry i warunki podchowu larw

Wczesne stadia rozwojowe – czyli embriony, larwy oraz narybek (Rys. 4.1) – stanowią jedynie niewielki „fragment” ontogenezy ryb. Niemniej, to właśnie ten krótki okres może zaważyć na prawidłowym ich rozwoju, a w konsekwencji na efektywnej produkcji akwakulturowej danego gatunku. Larwy ryb, morfologicznie oraz funkcjonalnie stanowią bowiem odmienny organizm niż osobniki dorosłe i dlatego też zabiegi hodowlane jakim muszą być poddawane są specyficzne (Urcho 2002, Palińska-Żarska i in. 2021). To właśnie w okresie larwalnym zachodzą najbardziej istotne zmiany w morfologii, fizjologii oraz behawiorze, takie jak np. gwałtowny przyrost masy i długości ciała, rozpoczęcie odżywiania egzogenego (tj. rozpoczęcia pobierania pokarmu z zewnątrz), redukcja kropli tłuszczu, czy też napełnianie pęcherza pławnego (np. Palińska-Żarska i in. 2019, 2020, 2021). Szczegółowe badania obejmujące ten właśnie okres życia ryb dostarczyły szerokiej wiedzy na temat zachodzących wówczas zmian. Dzięki temu możliwe było stworzenie wystandaryzowanych, zoptymalizowanych i powtarzalnych procedur podchowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia, co aktualnie pozwala nam uniknąć wielu błędów, które mogłyby zakłócić w przyszłości cały proces hodowlany.

Podchów wczesnych stadiów rozwojowych okonia w środowisku hodowlanym jakim są systemy recyrkulacyjne, umożliwia w dużej mierze dostosowanie, modyfikowanie oraz kontrolowanie warunków życia ryb w sposób pożądanym przez hodowcę. Dzięki temu, możliwe stało się stworzenie powtarzalnych i dopasowanych

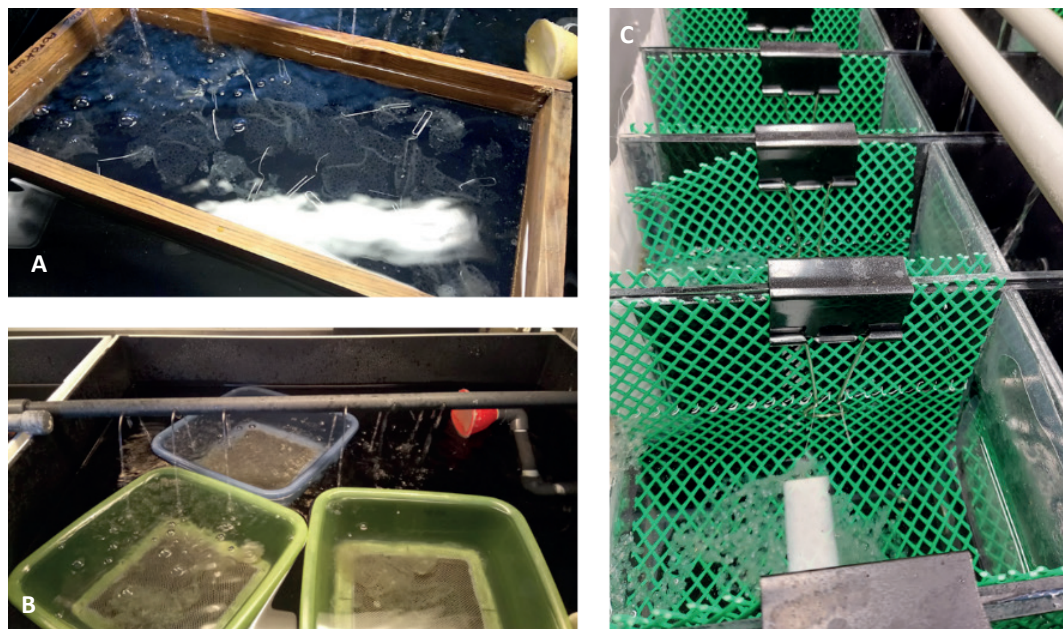
do potrzeb okonia warunków, które przekładają się na wysoką przeżywalność obsady i oczekiwany szybki wzrost osobników (Palińska-Żarska i in. 2020, 2021).



Rys. 4.1. Wczesne stadia rozwojowe okonia: A do D – embriony, E i F – larwy, G i H – narybek. A – stadium ok. 512 komórek, B – ok. 30% epibolii, C – embrion z widocznymi kielichami ocznymi, D – embriony w stadium „zaoczkowania”, E – larwa w momencie otwarcia pyska, F – larwa z napełnionym pęcherzem pławnym i zredukowaną kroplą tłuszczu, G – „wczesne stadium” narybku tuż po zakończeniu okresu larwalnego, H – narybek.

Zaraz po zapłodnieniu ikry umieszcza się w zbiornikach ze stałym przepływem wody i możliwością regulacji temperatury. Istotnym elementem inkubacji ikry okonia (która jest owulowana w postaci „taśmy”, przypominającej rękaw), jest konieczność rozłożenia jej możliwie jak najbardziej w płaszczyźnie („na płasko”) na ramkach (Rys. 4.2A), w pływakujących miskach z dnem umożliwiającym wymianę wody (Rys. 4.2B) lub bezpośrednio w zbiornikach podchowowych na siatkach o średnicy oczka nie większej niż 0,5 cm (Rys. 4.2C).

Taki sposób inkubacji zapewnia jajom możliwie największy dopływ tlenu, którego niedobory są niezwykle niebezpieczne dla embrionów, zwłaszcza w późniejszych etapach ich rozwoju. Od momentu, kiedy embriony zaczynają się ruszać wewnątrz osłonek jajowych, deficyty tlenu mogą doprowadzić bowiem do ich obumarcia, jeżeli taśma będzie inkubowana w nieodpowiedni sposób. W konsekwencji spowodować to może bardzo niski odsetek wyklucia - nawet pomimo tego, że początkowy stopień zapłodnienia ikry był wysoki.



Rys. 4.2. Sposoby inkubacji ikry okonia: **A** – na ramkach, **B** – w miskach z dnem umożliwiającym wymianę wody, **C** – w zbiornikach podchowowych na siatkach. W każdym przypadku zastosowano górny dopływ wody do zbiorników.

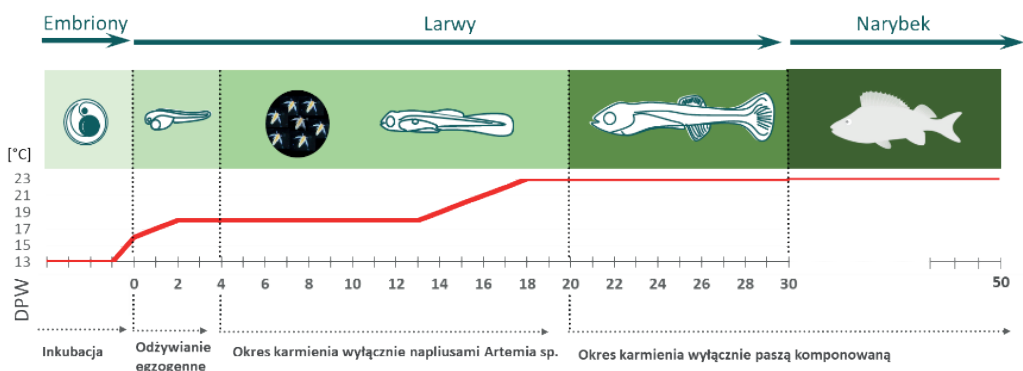
Larwy i narybek okonia tolerują dość szeroki przedział temperatur podchowu – od 14 do 23°C (np. Ribi 1992, Kestemont i in. 2003, Palińska-Żarska i in. 2020), jednak inkubacja ikry powinna odbywać się w temperaturach zdecydowanie niższych. Wykazano bowiem, że chociaż wyższa temperatura inkubacji znacząco skraca czas tego etapu (patrz Tabela 4.1), to po przekroczeniu temperatury 17-20°C znacząco wzrasta również liczba deformacji wśród świeżo wyklutych larw (Kokurewicz 1969), a poniżej 6-8°C spada natomiast przeżywalność embrionów (Guma'a 1978).

Tabela 4.1. Długość inkubacji ikry okonia od momentu zapłodnienia, w zależności od temperatury wody.

Temperatura °C ($\pm 0,5$)	Średnia długość inkubacji ikry od momentu zapłodnienia (dni)	Literatura
6	44	Guma'a 1978
8	42	
10	24	Treasurer 1983
13	13	
przedstawiony protokół	11	Palińska-Żarska i in. 2020, 2021
17	10	Guma'a 1978
20	8	Kokurewicz 1969, Guma'a 1978

Zgodnie z prezentowanym protokołem podchowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia (Rys. 4.3), tuż po zapłodnieniu ikrą należy umieścić w zbiornikach z temperaturą 13°C. W momencie „zaoczkowania” (czyli pojawienia się czarnego barwnika w oczach embrionów – Rys. 4.1.D) temperatura w zbiornikach powinna zostać podniesiona do 14°C, a następnie do 15°C, kiedy zostaną zaobserwowane pierwsze klujące się larwy. Łagodne podnoszenie temperatury synchronizuje klucie larw, co jest niezwykle istotne w przypadku okonia, gdyż bez żadnej ingerencji ze strony hodowcy proces ten może trwać nawet około 5 dni (Alix i in. 2015) powodując duże zróżnicowanie w późniejszej wielkości larw, co następnie będzie skutkowało wysokim poziomem kanibalizmu (Baras i in. 2003, Król i in. 2015).

W niektórych przypadkach, kiedy zależy nam na jak największej homogeniczności larw pod kątem stopnia rozwojowego oraz takiej samej ich wielkości w momencie wyklucia, można zastosować wspomaganie klucia. W tym wypadku wszystkie embriony należy przenieść do osobnego (osobnych) pojemników/zbiorników wypełnionych wodą z systemu recyrkulacyjnego, w którym inkubowana była ikra, delikatnie zamieszać i pozostawić na jakiś czas (max. 20-40 min.). Zabieg ten spowoduje, że zmniejszający się poziom tlenu przyspieszy wykluwanie. Należy jednak proces ten stale monitorować, żeby nie dopuścić do śnięcia świeżo wyklutych larw. Im większa bowiem ilość embrionów przeniesionych do pojemnika/zbiornika, tym okres na jaki można je pozostawić jest odpowiednio krótszy. Wyklute w ten sposób larwy należy przenieść z powrotem do zbiorników podchowowych, a całą czynność powtórzyć dla pozostałych, nie wyklutych jeszcze embrionów (czyli dołączyć świeżej wody, zamieszać i pozostawić na kolejny okres).



Rys. 4.3. Schemat podchowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia. DPW – dni po wykluciu.

Moment masowego klucia larw należy uznać za 0 dzień po wykluciu (DPW), a wyklute larwy okonia należy podchowować w zbiornikach o jak najciemniejszym

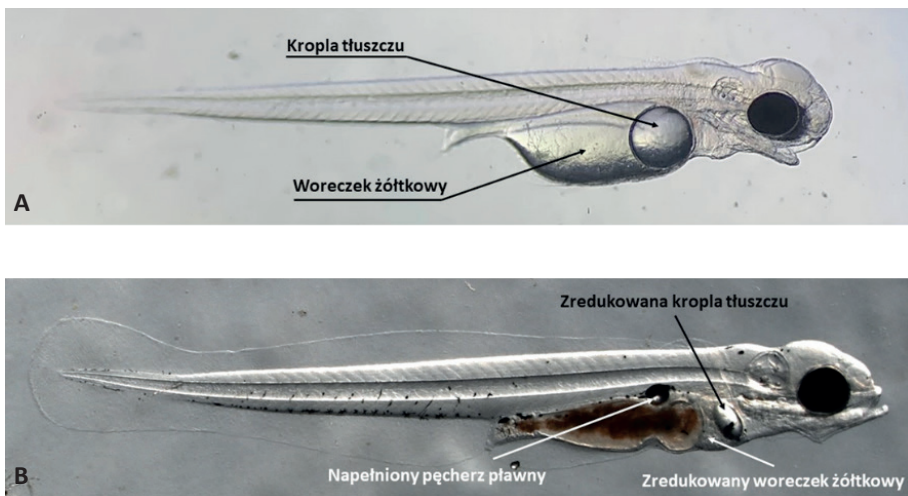
kolorze (najlepiej czarnych) ze źródłem światła umiejscowionym nad powierzchnią wody (Rys. 4.4). Przeprowadzone badania wykazały bowiem, że to właśnie w czarnych, oświetlonych od góry zbiornikach zanotowano niższą śmiertelność oraz wyższą efektywność napełnienia pęcherza pławnego niż w przypadku larw podchowanych w zbiornikach białych z takim samym źródłem światła (Jentoft i in. 2006, Palińska-Żarska i in. 2019). Larwy i narybek okonia, podobnie jak w przypadku pozostałych ryb okoniowatych, wykazują fototaksję dodatnią, czyli kierują się w stronę źródła światła (Manci 1983), dzięki temu w czarnych/ciemnych zbiornikach, nie odbijających i nie rozpraszających światła, larwy kierując się w stronę jego źródła „rozprzestrzeniają się” równomiernie w całej toni wodnej oraz mniej reagują na bodźce dochodzące ze środowiska zewnętrznego (spoza zbiornika). Natomiast w zbiornikach białych, odbijających światło całą swoją powierzchnią ścianek oraz dna, larwy grupują się przy ściankach i w rogach zbiorników, a także gwałtowniej reagują na bodźce zewnętrzne.



Fot. 4.4. Eksperymentalny system recyrkulacyjny do podchowu larw okonia z czarnymi zbiornikami, górnym dopływem wody do każdego zbiornika i źródłem światła nad powierzchnią wody. Na zdjęciu w zbiornikach są widoczne zamontowane zielone siatki z tworzywa sztucznego, na których inkubowane są porcje ikry.

4.2. Żywienie larw

Zgodnie z prezentowanym protokołem od 4 DPW temperatura wody w systemie recyrkulacyjnym powinna zostać podniesiona do 18°C (Rys. 4.3), larwom okonia podaje się wówczas pierwszy pokarm egzogenny. Od 4 do 8 DPW larwy żywi się – *ad libitum* – napliusami solowca (*Artemia* sp.) (o wielkości ok. 430 µm; AF origin), po tym czasie stają się one wystarczająco duże, aby zacząć podawać im naupliusy o większym rozmiarze (ok. 660 µm; GSL origin). Około 8-9 DPW, w opisywanych warunkach podchowu, larwy redukują całkowicie wszystkie substancje zapasowe, zmagazynowane w woreczku żółtkowym (na samym końcu „zużywana” jest kropla tłuszczu, Rys. 4.5) i jeżeli do tego momentu nie rozpoczęły jeszcze odżywiania żywym pokarmem to zacznie być widoczny pierwszy duży wzrost śmiertelności wśród obsady. Od 4 do 10 DPW larwy okonia zaczynają napełniać pęcherz pławny. Okoń jest w prawdzie gatunkiem, który może żyć bez napełnionego pęcherza pławnego, a dorosłe osobniki bez napełnionego pęcherza spotyka się również w środowisku naturalnym (Egloff 1996). Niemniej brak napełnienia pęcherza skutkuje wolniejszym wzrostem larw, które tracą więcej energii na utrzymanie się w toni wodnej i zdobywanie pokarmu, co powoduje w konsekwencji duże różnice w wielkości osobników, a to natomiast przekłada się, po raz kolejny, na zwiększony kanibalizm (np. Kestemont i in. 2015) (Rys. 4.6). Aby ułatwić larwom napełnienie pęcherza pławnego, w pierwszych tygodniach podchowu, należy stosować górny dopływ wody do zbiornika, zamontowany w taki sposób, aby jak najbardziej zminimalizować możliwość tworzenia się błony biologicznej na powierzchni wody (np. Rys. 4.2).



Rys. 4.5. Larwy okonia: **A** – z wyraźnie widocznym woreczkiem żółtkowym i kroplą tłuszczu, **B** – z niemal całkowicie zresorbowanym woreczkiem żółtkowym i silnie zredukowaną kroplą tłuszczu oraz „świeżo” napełnionym pęcherzem pławnym.



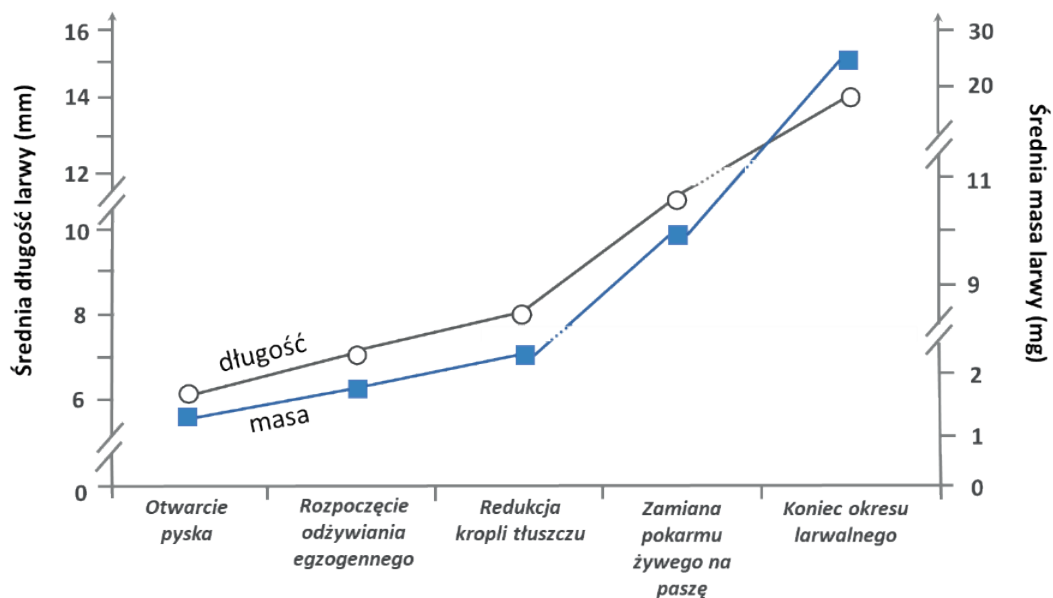
Rys. 4.6. Różnice w wielkości larw okonia w tym samym „wieku” wynikające z faktu napełnienia (larwa na górze) oraz nienapełnienia (larwa na dole) pęcherza pławnego.

Od 8 DPW temperatura w systemie recyrkulacyjnym powinna zostać systematycznie podnoszona o 1°C dziennie, aż do momentu gdy osiągnie 23°C (zgodnie z protokołem). Karmienie żywym pokarmem należy kontynuować przez kolejne 10 dni podchowu, a po tym czasie można już zastąpić pokarm naturalny paszą komponowaną. Zamiana pokarmu na paszę komponowaną (tzw. weaning) może bez problemu nastąpić „gwałtownie”, czyli bez podawania larwom równocześnie pokarmu żywego i paszy. Od tego momentu ryby można karmić już wyłącznie paszami komercyjnymi. Ponieważ na rynku brak jest pasz komponowanych dedykowanych wyłącznie larwom okonia, w momencie zakończenia podawania larwom pokarmu żywego pierwszą proponowaną paszą, która jest chętnie pobierana przez larwy okonia, jest Perla Larva Proactive 5.0 (Skretting) o granulacji 0,2-0,4 mm. Mała granulacja paszy i zdolność larw okonia do pobierania dość dużych w stosunku do swojej wielkości fragmentów pokarmu powoduje, że po 4 dniach karmienia paszą o tej granulacji można zacząć żywić je paszą Perla Larva Proactive 4.0 (Skretting) o większej granulacji 0,3-0,5 mm, której podawanie kontynuuje się do ok. 30 DPW. Zgodnie z prezentowanym protokołem larwy karmione są paszą 3 razy dziennie *ad libitum* (zgodnie również z zaleceniami producenta paszy). Należy pamiętać, że każdorazowa dawka paszy powinna być zadawana w niewielkich ilościach przez dość długi (nawet 15 min.) okres, tak aby wszystkie larwy były w stanie pobrać granule paszy unoszące się w toni wodnej. Po opadnięciu bowiem paszy na dno larwy okonia przestają się nią interesować. Niezjedzona pasza pozostaje na dnie zbiorników i zaczyna się rozkładać. To z kolei ma duży wpływ na pogorszenie się parametrów wody.

Okolo 30 DPW w prezentowanym protokole podchowu larwy okonia, pozyskiwane od tarlakow dzikich, mierza srednio ok. 14 mm i osiagaja mase ok. 20 mg (Rys. 4.7).

Przez caly okres podchowu larw rekomenduje sie staly fotoperiod (okres oddziaływania swiatla) 24D:0N (24 h swiatla: 0 h ciemności), przy swietle o natężeniu 1500 lux (mierzonym na powierzchni wody). Tak ustawiony fotoperiod powoduje bowiem szybszy wzrost larw w porównaniu np. do fotoperiodu 14D:10N, chociaz nieznacznie zwiększa równiez zachowania kanibalistyczne wśród obsady (dane własne nie publik.).

W przedstawionym protokole podchowowym, przy zaprezentowanym reżimie termicznym, żywieniowym i świetlnym, okolo 30 DPW konczy sie okres larwalny okonia. Ryby tracą wówczas specyficzne „organy” larwalne, takie jak np. fałdy płetwowe czy woreczek żółtkowy i od tego momentu uznaje się je za narybek (Rys. 4.1G) (np. Kupren i in. 2019, Palińska-Żarska i in. 2020, 2021).



Rys. 4.7. Schematyczny wykres średniej długości (mm) i średniej masy ciała (mg) larw okonia (pozyskanych od tarlaków dzikich), w charakterystycznych dla nich momentach rozwoju.

Ważnym elementem prezentowanego protokołu, a także utrzymania dobrostanu ryb, jest również zachowanie możliwie najwyższej higieny podchowu, co można osiągnąć tylko dzięki regularnemu sprzątnięciu zbiorników z rybami. Karmienie larw *ad libitum* napluisami *Artemia* sp., a następnie paszą 3 razy dziennie powoduje, że niezjedzony pokarm zalega na dnie zbiorników – zarówno

bowiem larwy, jak i narybek okonia niechętnie pobierają pokarm, który opadł na dno, a „interesuje je” jedynie ten, który unosi się w toni wodnej. Dlatego też, nieodzownym elementem podchowu larw i narybku okonia jest systematyczne usuwanie zalegającego pokarmu (sposób sprzątnięcia i jego częstota zależy od rodzaju zbiorników i systemu hodowlanego jakim dysponuje hodowca), dzięki czemu minimalizujemy ryzyko rozwoju bakterii i grzybów patogennych dla ryb.

Prezentowany protokół inkubacji ikry oraz podchowu larw systematyzuje oraz wprowadza nowe, eksperymentalnie przetestowane, elementy dotyczące wychowu materiału obsadowego okonia w RAS. Jest on wygodnym, powtarzalnym narzędziem, dzięki któremu hodowca jest w stanie krok po kroku przejść przez skomplikowany i czasochłonny etap produkcji, którym jest praca z „najmłodszymi” stadiami rozwojowymi tego gatunku. Stosując się do prezentowanych procedur hodowca jest w stanie zrozumieć pojawiające się zjawiska takie jak np. możliwość wystąpienia zwiększonej śmiertelności embrionów pod koniec inkubacji ikry (spowodowaną miejscowymi niedoborami tlenu, które mogą się pojawić w inkubowanej w niewłaściwy sposób ikrze), pojawienie się zwiększonego śnięcia larw około 9-11 DPW (kiedy sną larwy które nie rozpoczęły odżywiania egzogenego, a wykorzystały już cały zmagazynowany w woreczku żółtkowym materiał), czy też nagłego zwiększenia się kanibalizmu kilka dni po przejściu na pasze komponowane (kiedy większe larwy z napełnionym pęcherzem pławnym zaczynają bardziej gwałtownie atakować larwy mniejsze). Ponadto, dzięki wypracowanym standardom jesteśmy w stanie np. porównywać różne populacje okonia, monitorować jakość embrionów i larw pochodzących od tarlaków z naszego stada na przestrzeni lat, czy też przewidzieć z wyprzedzeniem pewne, mogące się pojawić zjawiska (takie jak np. zwiększona śmiertelność w określonych momentach, czy też wzrost kanibalizmu) i następnie odpowiednio im przeciwdziałać. Co więcej, dzięki powtarzalnym procedurom możemy monitorować dokładnie cały proces produkcji od momentu zapłodnienia ikry i planować z dużą dokładnością czas, w którym otrzymamy narybek do dalszego tuczu.

4.3. Podchów narybku okonia

Podchów narybku okonia nie stwarza wielu problemów. Po osiągnięciu przez ryby stadium juwenilnego (około 30 DPW), intensywny ich wychów w systemach recyrkulacyjnych odbywa się przy zachowaniu optymalnych warunków wychowu charakterystycznych dla tego gatunku. Optymalny, biorąc pod uwagę pożądanę tempo wzrostu i niską śmiertelność, rozwój narybku okonia można utrzymać zapewniając mu:

- temperaturę pomiędzy 21-23°C;

- nienagane warunki sanitarne, które hodowca powinien zapewnić stosując system podchowowy umożliwiający efektywne usuwanie nieczystości i metabolitów ryb zarówno ze zbiorników jak i z całego systemu (poprzez filtrację mechaniczną i biologiczną - co opisano szerzej w rozdziale 7) oraz stosując dezynfekcję wody recykulowanej (np. za pomocą sterulizatorów UV - co opisano szerzej w rozdziale 7);
- równomierne oświetlenie zbiorników podchowowych, dostosowane w taki sposób, aby ryby były rozmieszczone możliwie w całej objętości zbiornika aktywnie poszukując pokarmu (grupowanie się ryb w jednej części zbiornika wskazuje na nierównomierne bądź zbyt intensywne oświetlenie);
- nasycenie wody tlenem na poziomie nie mniejszym niż 80% w trakcie całego podchowu.

Szczególnie istotna jest również jakość podawanej paszy komponowanej (szczegóły opisano w rozdziale 5) oraz poziom żywienia. Zwłaszcza ten ostatni aspekt jest kluczowym elementem warunkującym zarówno efektywność wychowu, jak i opłacalność całej produkcji. Podawanie zbyt małej ilości paszy prowadzi do „rozwarstwienia hierarchicznego” w stadzie (część ryb „obejmuje” pozycję dominanta w stosunku do pozostałej grupy ryb), co jest bezpośrednią przyczyną śmierci głodowej u ryb zajmujących najniższą „pozycję” w hierarchii (Kestemont i in. 2003). Z kolei zbyt duża ilość paszy, która nie jest zjadana przez ryby i tym samym nie jest wykorzystywana na ich wzrost jest przyczyną strat finansowych. Ponadto, niezjedzona pasza jest również przyczyną obniżenia się jakości wody, co z kolei jest dodatkowym czynnikiem obniżającym wzrost oraz dobrostan ryb. Fiogbe i Kestemont (2003) podają, że w trakcie wychowu narybku okonia najbardziej optymalne dawki paszy, w zależności od średniej masy ryby, stanowią (dawki pokarmowe wyrażone jako procent masy ciała na dzień):

- 7,4 % dla ryb o średniej masie 0,22 g;
- 5,1 % dla ryb o średniej masie 0,73 g;
- 4,5 % dla ryb o średniej masie 1,56 g;
- 2,2 % dla ryb o średniej masie 18,9 g.

Należy zwrócić uwagę na tendencję spadkową ilości podawanej paszy w przeliczeniu na masę ciała u ryb o różnej wielkości oraz na fakt, że są to dawki optymalne wyliczone na podstawie danych eksperymentalnych. Oczywiście, bardzo trudno jest zachować w praktyce hodowlanej stosowanie tak precyzyjnych

dawek pokarmowych, jednakże w zależności od wielkości ryby można stosować dawki pokarmowe ustalone na podstawie poniższego wykresu (Rys. 4.8) (za Flogbe i Kestemont 2002).



Rys. 4.8. Zmieniające się dawki pokarmowe (wyrażone jako % masy ciała na dzień) jakie należy podawać narybkowi okonia w trakcie podchowu (na podstawie Flogbe i Kestemont 2002).

Kolejnym, ważnym aspektem w trakcie wychowu narybku okonia jest również konieczność prowadzenia sortowania ryb w celu zachowania możliwie najbardziej homogenicznej – pod kątem wielkości ryb – obsady w jednym zbiorniku. W tym celu stosuje się standardowe, zmienno-szczelinowe sortownice do ryb. Nie jest możliwe wskazanie dokładnego harmonogramu sortowania ryb, gdyż to zależy od tempa ich wzrostu będącego wypadkową wszelkich zabiegów jakie stosuje hodowca. Stąd też istotna jest codzienna obserwacja ryb i szacowanie poziomu kanibalizmu, który najczęściej objawia się znajdowaniem śniętych ryb z oznakami nagryzionych tylnych części ciała, bądź też ryb pływających z nadgryzionymi ogonami (u ryb z nadgryzionym ogonem ciemne ciało kontrastuje z białawą/jasną płetwą ogonową, sugerującą tkanki uszkodzone przez atak kanibalistyczny). W tym przypadku, najważniejszym wskaźnikiem jest zazwyczaj śmiertelność ryb, która po osiągnięciu około 5% śmiertelności wskutek ataków kanibalistycznych powinna sygnalizować konieczność przeprowadzenia sortownia.

4.4. Kluczowe problemy intensywnego wychowu materiału obsadowego

Podsumowując dotychczas zdobytą wiedzę należy pamiętać przede wszystkim, że specyficzne uwarunkowania anatomiczne larw okonia pociągają za sobą problemy związane z ich podchowem, które dotyczą przede wszystkim rodzaju podawanego

pokarmu egzogenego, jego składu chemicznego i bilansu energetycznego, ale również natury technicznej odnośnie stosownego przygotowania systemów recykulacyjnych np. wielkości, koloru i kształtu basenów podchowowych (Zakęś i in. 2008, Palińska-Żarska i in. 2019). Pomimo systematycznie prowadzonych badań nad optymalizacją protokołu hodowlanego, nadal istnieją bariery w istotny sposób ograniczające wysoką efektywność wychowu materiału obsadowego okonia. Do najważniejszych elementów w tej kwestii należą: bardzo niskie wskaźniki przeżywalności larw, niekiedy nawet na poziomie 10% oraz zmienna jakość wczesnych stadiów rozwojowych (głównie embrionów i larw). Hodowla larw i narybku okonia udoskonalona jest jednak stale poprzez opracowanie: receptur pasz dedykowanych temu gatunkowi, techniki poprawiające skuteczność napełniania pęcherza pławnego (rozbijanie błony powierzchniowej; stosowanie ciemnych basenów podchowowych oświetlanych silnym światłem od góry) oraz prac ukierunkowanych na ograniczenie kanibalizmu oraz anomalii rozwojowych (Kestemont i in. 2015, Steinfeldt 2015).

Skala trudności jaką napotkano na etapie produkcji materiału obsadowego okonia wydaje się być większa niż w przypadku ryb karpiowatych czy łososiowatych. Począwszy od wielkości jego larw, które należą do najmniejszych wśród gatunków słodkowodnej ichtiofauny naszej strefy klimatycznej (w momencie wyklucia larwy mają średnio około: $6,10 \pm 0,16$ mm długości i $1,11 \pm 0,1$ mg masy), poprzez niepełne wykształcenie przewodu pokarmowego w momencie wyklucia (Hamza i in. 2015) czy konieczność napełnienia pęcherza pławnego typu zamkniętego w pierwszych dniach życia (Policar i in. 2019). Warto podkreślić, że proces ten w przypadku okonia inicjowany jest około 4 DPW, kiedy larwy zaczynają wypływać na powierzchnię i połykają porcję powietrza. Jeśli nie napełnią pęcherza do 10 DPW, to szanse na ich przeżycie znacznie maleją. Tempo napełniania pęcherza pławnego uzależnione jest od wielu czynników, tj. mętności wody, intensywności światła, fotoperiodu, ale przede wszystkim powierzchni lustra wody i głębokości zbiornika, a nawet jego koloru (Steenfeldt 2015, Palińska-Żarska i in. 2019). Z tego powodu szczególnie ważne jest eliminowanie błony powierzchniowej (najlepiej poprzez stosowanie górnego dopływu wody do zbiorników podchowowych) w okresie, w którym larwy okonia napełniają swe pęcherze pławne. Jest to bowiem krytyczna faza w okresie wychowu larw, determinująca wydajność przyszłej hodowli w warunkach intensywnych (Policar i in. 2015, Steinfeldt 2015).

Oddzielnym problemem jest zjawisko kanibalizmu wewnątrzpokoleniowego, które w warunkach intensywnej hodowli, stanowi główny czynnik drastycznie ograniczający przeżywalność ryb okoniowatych, zwłaszcza w pierwszych tygodniach ich podchowu (Baras i in. 2003; Kestemont i in. 2003; Król i in. 2015; Król i Zieliński 2015). Generalnie kanibalizm, znacząco obniżający wydajność i rentowność hodowli

larw i narybku, w warunkach kontrolowanych może być ograniczany w rozmaity sposób. Może to być dokonywane poprzez obsadzanie zbiorników larwami tej samej wielkości w tym samym wieku (Żarski i in. 2015), podawanie większej ilości żywego pokarmu w kilku pierwszych dniach podchowu larw, aplikację odpowiednio dobranej wielkości granul paszy i niższą temperaturę (Mélard i in. 1996, Kestemont i Henrotte 2015), a w okresie narybkowym metodą sortowania obsad (Król i in. 2019).

Literatura:

- Alix M., Chardard D., Ledore Y., Fontaine P., Schaerlinger B. 2015. An alternative developmental table to describe non-model fish species embryogenesis: application to the description of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L. 1758) development. *EvoDevo* 6: 39.
- Baras E., Kestemont P., Melard C. 2003. Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions. *Aquaculture* 219: 241-255.
- Egloff M. 1996. Failure of swim bladder inflation of perch, *Perca fluviatilis* L. found in natural populations. *Aquat. Sci.* 58: 15-23.
- Fiogbé B., Kestemont P. 2003. Optimum daily ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture* 216: 243-252.
- Guma'a S.S. 1978 - The effects of temperature on the development and mortality of eggs of perch, *Perca fluviatilis*. *Freshwater Biol.* (191B)S: 221-227.
- Hamza N., Ostaszewska T., Kestemont P. 2015. Development and functionality of the digestive system in percid fishes early life stages. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 239-264.
- Jentoft S., Øxnevad S., Aastveit AH., Andersen Ø. 2006 - Effects of tank wall color and up-welling water flow on growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis*). *J. World. Aquacult. Soc.*, 37: 313-317.
- Kestemont P., Henrotte E. 2015. Nutritional requirements and feeding of broodstock and early life stages of Eurasian perch and pikeperch. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 539-564.
- Kestemont P., Jourdan S., Houbart M., Mélard C., Paspatis M., Fontaine P., Cuvier A., Kentouri M., Baras E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* 227: 333-356.
- Kestemont P., Mélard C., Held J.A., Dabrowski K. 2015. Culture methods of Eurasian perch and yellow perch early life stages. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 265-293.
- Kokurewicz B. 1969. The influence of temperature on the embryonic development of the perches, *Perca fluviatilis* L. and *Lucioperca lucioperca* L. *Zool. Pol.* 19: 4767.

- Król J., Dauchot N., Mandiki S.N.M., Van Cutsem P., Kestemont P. 2015. Cannibalism in cultured Eurasian perch *Perca fluviatilis* (Actinopterygii: Perciformes: Percidae) - implication of maternal influence, kinship and sex ratio of progenies. *Acta Ichthyol. Piscat.* 45: 65-73.
- Król J., Długoński A., Błażejowski M., Hliwa P. 2019. Effect of size-sorting on growth, cannibalism and survival in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. post-larvae. *Aquacult. Int.* 27: 945-955.
- Król J., Zieliński E. 2015. Effects of stocking density and weaning age on cannibalism, survival and growth in European perch *Perca fluviatilis* larvae. *Pol. J. Natur. Sci.* 30(4): 403-415.
- Kupren K., Palińska-Żarska K., Krejszef S., Żarski D. 2019. Early development and allometric growth in hatchery-reared Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L. *Aquacult. Res.* 50: 2528–2536.
- Manci WE. 1983. Harvesting photopositive juvenile fish from a pond using a lift net and light. *Aquaculture* 34(1–2):157–164.
- Mélard C., Baras E., Mary L., Kestemont P. 1996. Relationships between stocking density, growth, cannibalism and survival rate in intensively cultured larvae and juveniles of perch (*Perca fluviatilis*). *Ann. Zool. Fenn.* 33: 643-651.
- Palińska-Żarska K., Krejszef S., Łopata M., Żarski D. 2019. Effect of water hardness, temperature, and tank wall color, on the effectiveness of swim bladder inflation and survival of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) larvae reared under controlled conditions. *Aquacult. Int.* 27: 931-943.
- Palińska-Żarska K., Woźny M., Kamaszewski M., Szudrowicz H., Brzuzan P., Żarski D. 2020. Domestication process modifies digestion ability in larvae of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*), a freshwater Teleostei. *Sci. Rep.* 10: 2211.
- Palińska-Żarska K., Król J., Woźny M., Kamaszewski M., Szudrowicz H., Wiechetek W., Brzuzan P., Fopp-Bayat D., Żarski D. 2021. Domestication affected stress and immune response markers in *Perca fluviatilis* in the early larval stage. *Fish & Shel. Immunol.*, 114: 184-198.
- Policar T., Samarin A.M., Mélard C. 2015. Culture methods of Eurasian perch during ongrowing. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 417-435.
- Policar T., Schaefer F.J., Panana E., Meyer S., Teerlinck S., Toner D., Żarski D. 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology - tackling bottlenecks. *Aquacult. Int.* 27: 1151-1174.
- Ribi G. 1992. Perch larvae (*Perca fluviatilis* L.) survive better in dilute sea water. *Aquat. Sci.* 54:85–90.
- Steenfeldt S. 2015. Culture methods of pikeperch early life stages. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 295-312.
- Treasurer J.W. 1983. Estimates of egg and viable embryo production in a lacustrine perch, *Perca fluviatilis*. *Environ. Biol. Fish.* 8: 3–16.
- Urho L. 2002. Characters of larvae. what are they? *Folia Zool.*, 51: 161-186.

- Zakęś Z., Kowalska A., Jarmołowicz S., Partyka K., Szczepkowski M. 2008. Napętnianie pęcherza pławnego przez lawy sandacza (*Sander lucioperca* L.) -porównanie efektów dwóch metod usuwania błony powierzchniowej z basenów podchowowych. W: Biotechnologia w akwakulturze (Red.) Zakęś Z., Wolnicki J., Demska-Zakęś K., Kamiński R., Ulikowski D. Wyd. IRS, Olsztyn: 269-277.
- Żarski D., Horváth A., Held J.A., Kucharczyk D. 2015. Artificial reproduction of percid fishes . W: Biology and culture of percid fishes - principles and practices (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 123-161.

ROZDZIAŁ 5

Praktyczne aspekty zintensyfikowanego chowu okonia w stawach ziemnych

Miroslaw Cieřla

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Rolniczy Zakład Doświadczalny w Źelaznej

5.1. Sytuacja gospodarstw karpowych i karpia w Polsce na początku nowego tysiąclecia

Chów i hodowla karpia w stawach ziemnych stanowi jedną z dwóch głównych form akwakultury w naszym kraju. Średnioroczna wielkość produkcji tego gatunku wynosi w ostatnich latach około 18.000 ton, przy czym wolumen ten zmienia się w zakresie 2000-3000 ton. Karp z pewnością pozostaje głównym gatunkiem ryb produkowanych w warunkach kontrolowanych, ale z drugiej strony wielkość produkcji pozostaje od lat na niezmiennym poziomie.

W ujęciu ogólnoswiatowym gatunki karpowate stanowią podstawę produkcji ryb w akwakulturze. Amur biały, tołpyga biała oraz karp to gatunki dające łącznie czwartą część światowej akwakultury. Karp stanowi 8% tej produkcji i jest czwartym co do ważności gatunkiem, właśnie po amurze i tołpydze oraz tilapii. Dynamiczny coroczny wzrost wielkości produkcji sektora akwakultury w wymiarze globalnym, wynoszący w ostatnim ćwierćwieczu 8% rocznie, również w dużej części bazował na rozwoju produkcji ryb karpowatych, w tym oczywiście karpia.

W Polsce powojennej produkcja karpia, jak i same gospodarstwa karpowe, rozwijały się dość dynamicznie do końca ubiegłego stulecia. Pod koniec lat 90. ubiegłego stulecia wielkość produkcji karpia w naszym kraju osiągnęła 25000 ton i był to rekord niepowtórzony do chwili obecnej, przynajmniej oficjalnie. Niestety, już dekadę później, w latach 2005-2010, produkcja karpia spadła do zaledwie 15000 ton, czyli niemal o połowę. Powodów tak raptownego spadku było kilka (Lirski i in. 2010). Z pewnością jednym z najpoważniejszych było pojawienie się nowej wirusowej jednostki chorobowej o nazwie KHV (koi herpeswiroza), która dziesiątkowała obsadę stawów karpowych, powodując w wielu obiektach stawowych straty dochodzące do 100%. W tym samym czasie bardzo wzrosły straty w rybostanie powodowane przez rozwijającą się populację szkodników ryb, z kormoranem na

czele (Lirski Myszkowski 2017, Lirski i Myszkowski 2018). Obydwa te czynniki miały bardzo silny negatywny wpływ na wielkość produkcji karpia w naszym kraju u progu nowego stulecia i tysiąclecia. W ujęciu ekonomicznym, żywotność sektora i jego stabilność ekonomiczna była słaba (Wołos i in. 2015). W wielu przypadkach tylko dzięki finansowemu wsparciu z sektorowego programu operacyjnego dla rybactwa (PO Ryby) w formie rekompensat wodnośrodowiskowych gospodarstwa karpiowe osiągały zyski, a część z nich była „pod kreską” nawet z wliczeniem rekompensat w ogólny wynik finansowy przedsiębiorstwa. Szczęśliwie sytuacja ta uległa znacznej poprawie w kolejnych latach (Lirski i in. 2022).

Dodatkowym elementem mającym zdecydowanie niekorzystny wpływ na gospodarkę karpiową był negatywny PR, jaki zaczął towarzyszyć karpiovi od momentu wstąpienia Polski do Unii Europejskiej. Działania prowadzone były przez różnego rodzaju aktywistów z ruchów bardziej lub mniej pro-ekologicznych i pro-zwierzęcych. Poza kilkoma przypadkami, które obecnie możemy określić, jako znęcanie się nad zwierzętami, protesty te nie miały żadnego uzasadnienia i odbicia w rzeczywistości. Trzeba bardzo mocno podkreślić, że obrót karpem, nawet żywym, zawsze odbywał się zgodnie z obowiązującym w danym okresie prawem oraz wytycznymi Głównego Lekarza Weterynarii. I chociaż prowadzone akcje protestacyjne miały charakter wybitnie incydentalny, to chętnie były nagłaśniane przez różnego rodzaju media, co sprawiało wrażenie, że mają wymiar ogólnokrajowy, a co absolutnie nie było prawdą.

Przyczyn negatywnego przekazu medialnego odnośnie karpia może być kilka. Po pierwsze może być to brak wiedzy lub ignorancja co do wielkości produkcji i rangi oraz wagi sektora, tak w naszym kraju, jak i w wymiarze ogólnoswiatowym. Po wtóre, w wielu przypadkach miały one z pewnością charakter chęci zaistnienia w massmediach, bo karp wywoływany jest corocznie jako jeden ze stałych tematów w okresie przedświątecznym. Ale najbardziej prawdopodobnym powodem negowania rangi i roli karpia wydaje się być wolumen 20000 ton produkcji, który można by zastąpić innym gatunkiem, niekoniecznie krajowym. Jest to właściwie jedyny rozsądny powód, który uzasadniałby medialny przekaz, że karp to gatunek z przeszłości i bez przyszłości. Mówienie tak o gatunku, który rocznie produkowany jest na świecie w ilości ponad 4 000 000 ton, niemal 9% całej światowej akwakultury (dwukrotnie więcej niż chociażby łososia) dobitnie świadczy, że tylko złej woli można przypisać twierdzenie, że gatunek ten nie ma żadnej przyszłości.

Należy też mieć na uwadze, że chów i hodowla karpia odbywa się w warunkach, które są bardzo przyjazne zarówno utrzymywanym rybom, jak również i środowisku (Kuczyński 2010). Przyrosty karpia w znaczącej części, 40-60% całkowitej masy, opierają się na naturalnej produktywności środowiska naturalnego, a dodatkarmiania

ryb wykorzystuje się głównie nieprzetworzone zboża. Tym samym ślad węglowy produkcji karpiowej oraz obciążenie środowiska naturalnego jest wręcz znikome w porównaniu z produkcją innych gatunków, do dokarmiania których konieczne jest stosowanie pełnoporcjowych pasz przemysłowych, wyrafinowanych technik oczyszczania i uzdatniania wody, dużych ilości energii niezbędnej do utrzymania właściwych warunków bytowania ryb. Produkcja karpia w stawach ziemnych wręcz modelowo wpisuje się w założenia zrównoważonego rozwoju akwakultury na świecie oraz tzw. błękitnej transformacji - Blue Transformation.

Niezależnie od przytoczonych argumentów przemawiających na korzyść rozwoju tradycyjnej gospodarki karpiowej, przekaz o konieczności poszukiwania zamiast karpia nowego produktu dla polskiej akwakultury stał się chyba faktem (Hryszko i in. 2018). Dotyczy to nie tylko Polski, ale też innych krajów Unii Europejskiej. Bowiem w innych unijnych krajach typowo karpiowych (Węgry, Czechy, Niemcy, Litwa, Rumunia) mówi się o celowości czy wręcz konieczności zmiany oblicza tradycyjnej akwakultury (Adamek i in. 2009, Gal i in. 2015, Varadii in. 2001). Warto w tym miejscu zaznaczyć, że „nowy produkt” wcale nie musi oznaczać nowego gatunku. Może to być gatunek wcześniej znany, ale podany w nowej, bardziej atrakcyjnej i bardziej przyjaznej konsumentom formie. I z pewnością karp te wymagania spełnia, ponieważ znany jest od wielu lat i nadal posiada bardzo mocną pozycję na rynku wśród innych ryb i produktów akwakultury.

To, jak w chwili obecnej postrzegany jest karp zależy do tego, kto ten przekaz upublicznia. Dla hodowców i producentów tej ryby karp to bezspornie ryba:

- doskonałej jakości mięsa
- wyjątkowo poszukiwana dla potrzeb wędkarskich
- atrakcyjna, szczególnie na wyjątkowe okazje
- niesłusznie traktowana jako „ryba od święta”, bo powinna być kupowana przez cały rok
- dużych perspektywach rozwoju produkcji
- niedoceniana, bo zbyt mało spopularyzowana pod względem jakości i walorów odżywczych
- zbyt mało promowana.

Jednak prowadzone badania ankietowe wśród konsumentów ryb pokazują, że nabywcy niezwiązani z produkcją karpia lub nieznający specyfiki gospodarki

karpiowej, czyli ogromna większość naszego społeczeństwa, widzi obecnie karpia inaczej. (Kulikowski 2011). Dla nich jest to ryba:

- trudna do samodzielnego sprawienia w domu, a w sprzedaży jest głównie w postaci „pełnej ryby”, albo ubijanej przy zakupie lub ubitej wcześniej i podawanej na ladzie chłodniczej
- ma ościste mięso
- ma mulisty posmak
- ma tłuste mięso
- ma niewielkie walory odżywcze
- karp to ryba tradycyjnie związana z Wigilią Świąt Bożego Narodzenia i tylko wówczas warta zakupu

Z całą pewnością mięso karpia ma ości, ale jest to cecha nierozdzielnie związana z każdym gatunkiem ryb, gdyż tak stworzyła je Natura. Piętnowanie tylko karpia za ości w mięsie jest wielce niesprawiedliwe. Natomiast z pewnością karp należy do tej grupy ryb, który ma zarówno dużo ości, jak też ich usunięcie jest kłopotliwe.

Podobnie nieprawdziwe jest twierdzenie, że mięso karpia jest tłuste. Zawartość tłuszczu w mięsie karpia hodowanego w tradycyjny sposób w zmiennych stawach wynosi około 5%. Jest podobna, jak przykładowo u pstrąga, a kilkakrotnie niższa niż w mięsie łososia. Ale w przestrzeni publicznej, jak swoista prawda objawiona, dominuje opinia, że karp ma tłuste mięso. To samo dotyczy mulistego posmaku mięsa – jest to efekt złych warunków przetrzymywania karpia w okresie sprzedaży i gromadzenia w mięśniach dużych ilości kwasu mlekowego, a nie tego, że ryby rosły w zamulonym stawie. Hodowcy karpia, świadomi tego problemu, sami dbają o to, aby ryby przebywały w trakcie sprzedaży w jak najlepszych warunkach tlenowych. Coraz powszechniej zwracają też uwagę na to, komu sprzedają swoje ryby i jak pośrednik traktuje ryby w trakcie sprzedaży.

Niewielka jest też świadomość społeczna o walorach odżywczych mięsa karpia, a jest to z pewnością żywność funkcjonalna, czyli mająca nie tylko walory odżywcze, ale również działanie pro-zdrowotne dla naszego organizmu. Jedno tradycyjne dzwonko karpia zaspokaja dzienne zapotrzebowanie dorosłego człowieka między innymi na wielonienasycone kwasy tłuszczowe, w tym EPA i DHA, odpowiadające za ochronę naszego organizmu przed chorobami wieńcowymi, zmianami miażdżycowymi i innymi tzw. „chorobami cywilizacyjnymi”. Z przykrością należy stwierdzić, że ogólnospołeczna wiedza w tym zakresie jest niewielka

i bardzo wąskie grono konsumentów wie, że karp to nie tylko tradycyjna ryba wigilijna, ale przede wszystkim ryba o łatwostrawnym mięsie, bogatym w składniki odżywcze, dostarczająca naszemu organizmowi niezbędnych dla naszego zdrowia wielonienasyconych kwasów tłuszczowych.

Jak widać z powyższego opisu, większość złych cech przypisywanych karpiovi, składających się na negatywny PR, ma charakter przekłamań lub niedopowiedzeń i tłumaczyć to można jedynie chęcią wyrugowania gatunku z rynku lub ograniczenia jego spożycia, bo do zagospodarowania innym gatunkiem powstałby znaczący wolumen około 20.000 ton.

Natomiast z pewnością faktem jest, że do samodzielnego przyrządzania w domu konsumenci chętniej niż karpia poszukują obecnie gatunków określanych mianem perspektywicznych, do których zalicza się pstrąga, jesiotry, suma, okonia, sandacza czy szczupaka. Spośród wymienionych gatunków sandacz, szczupak, sum, okoń a nawet i w ostatnich latach jesiotry są utrzymywane w stawach karpiowych, ale jako gatunki tzw. dodatkowe. Oznacza to, że są one obsadzone do stawów wraz z karpem, a odłów finalny w dużej mierze jest dziełem przypadku. Duża zmienność wyników produkcyjnych, z reguły są one złe niż dobre, jest między innymi wynikiem tego, że są to gatunki o znacznie większych niż karp wymaganiach środowiskowych. Są też, poza jesiotrami, gatunkami drapieżnymi, które do swojego wzrostu wymagają innych ryb stanowiących ich pokarm. Ale ryby „pokarmowe” dla sandacza czy szczupaka konkurują o pokarm naturalny z karpem i ich obecność w stawach jest przez hodowców z reguły maksymalnie ograniczana. Trudno w takich warunkach planować stabilną i powtarzalną produkcję atrakcyjnych rynkowo gatunków ryb w ujęciu wieloletnim. A tylko pewność stałej podaży może być gwarancją budowy stabilnego rynku i tym samym źródła dochodów dodatkowych, pochodzących z dywersyfikacji oferty handlowej.

Zapewnienie stabilnej produkcji perspektywicznych rynkowo gatunków wymaga zmiany myślenia o ich chowie w warunkach stawów karpiowych i wykorzystania do tego celu nowych technologii. Jedną z możliwości są z pewnością systemy zintegrowane, łączące intensywny tucz wybranego atrakcyjnego rynkowo gatunku z tradycyjną produkcją karpia w stawach ziemnych.

5.2. Sposoby integrowania intensywnej produkcji z tradycyjną nisko-intensywną gospodarką karpiową

Technologia łączenia (integrowania) tradycyjnej gospodarki w stawach ziemnych z intensywną produkcją zwierzęcą ma długoletnią tradycję i zrodziła się najprawdopodobniej w Chinach. W rozwiązaniu tym, stawy typu karpiowego były odbieralniami płynnej materii organicznej (gnojówki, gnojowicy) pochodzącej

z farm trzody chlewnej lub bydła czy też drobiu. Do stawów wrzucano też np. kokony jedwabników po odzyskaniu z nich nici jedwabnej. Dzięki dużej zawartości nutrientów, głównie związków azotu, płynne odchody zwierząt stymulowały intensywny rozwój produkcji naturalnej stawów karpionych, co przekładało się na wysokie przyrosty karpia i jego dużą produkcję.

W Polsce próbowane były tego typu rozwiązania, szczególnie w zakresie integrowania chowu kaczek z produkcją karpioną. Podejmowano też próby utylizacji płynnych odpadów z ferm drobiu, ale bez specjalnych sukcesów (Pilarczyk i in. 2016). Natomiast sama idea wykorzystania stawu ziemnego typu karpionego do wychwytywania biogenów z wód pochodowlanych pochodzących z intensywnego tuczu ryb została w naszym kraju z powodzeniem zastosowana w ośrodkach pstrągowych. Zanim woda odprowadzana z obiektu pstrągowego trafi do ciek naturalnego, zostaje przepuszczona przez ziemny staw, przy czym staw ten jest właściwie jedynie pułapką na biogeny, nie służy produkcji ryb.

Idea integrowania produkcji intensywnej z nisko-intensywną produkcją stawową, rozwiązania, w którym staw ziemny ma być pułapką biogenów lub dodatkowo służyć produkcji ryb, rozwijana była w latach 80. i 90. ubiegłego stulecia w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Badania te zakończyły się opracowaniem technologii określanej mianem PAS (z ang. Partitioned Aquaculture Systems) (Brune i in. 2004), co można przetłumaczyć na język polski jako „wydzielone systemy akwakultury”. Główną ideą tego rozwiązania jest wykorzystanie tradycyjnego stawu ziemnego do wychwytywania substancji biogenych pochodzących z intensywnego tuczu np. suma amerykańskiego czy tilapii. W technologii PAS taka „wydzielona jednostka” służąca do intensywnej produkcji ryb budowana była jako betonowy basen/baseny typu raceway wewnątrz stawu ziemnego, służącego do produkcji sumów amerykańskich. Rozwiązanie takie jest jednak dość kosztowne i skomplikowane we wdrożeniu w gospodarstwie typu karpionego z kilku powodów:

- wymaga skomplikowanych robót budowlanych w stawie, który na czas budowy musi zostać wyłączony z produkcji
- wymaga znacznych nakładów finansowych ze względu na trudności z technicznym wybudowaniem części do intensywnego tuczu w trudnym terenie stawowym
- konieczne jest wybudowanie skomplikowanego systemu wymuszonego obiegu wody
- nie jest wykorzystywany potencjał produkcyjny stawu karpionego do produkcji karpia, co jest nieuzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia.

W sytuacji, gdy kondycja ekonomiczna większości gospodarstw karpiowych, tak w Polsce, jak i innych unijnych krajach „karpiowych”, nie jest zbyt dobra, podjęcie skomplikowanych i kosztownych prac na rzecz budowy tego typu zintegrowanych systemów produkcji ryb raczej nie wchodziło w grę. Dlatego też zaczęto poszukiwać innych rozwiązań, które umożliwiłyby realizację ogólnej idei technologii PAS, ale na innej zasadzie „wydzielenia” jednostki intensywnego chowu. W ten sposób powstało kilka innych rozwiązań:

- basen + staw – w którym jednostką intensywnego tuczu jest basen ustawiony na grobli stawowej. Woda do basenu pompowana jest ze stawu, a woda pochodząca z basenu tuczowego wraca do stawu ziemnego i tam, w naturalny sposób, jest uzdatniana i na powrót może być pompowana do basenów

- staw w stawie – technologia, w której wydzieloną jednostką intensywnego tuczu jest basen pływający w stawie karpiowym. Rozwiązanie to jest o tyle korzystniejsze w stosunku do technologii „basen + staw”, że wymaga zastosowania znacznie mniejszego nakładu energetycznego na wymuszenie przepływu wody. Zamiast zwykłych pomp stosowane są tzw. pompy mamut, czyli windy powietrzne. Wykorzystuje się w nich zjawisko zwiększania objętości, i tym samym podnoszenia się poziomu, wody intensywnie napowietrzanej przy użyciu dmuchawy powietrza. Ponieważ basen pływa w stawie, wystarczy, że woda podniesie się o 2-3cm, aby uzyskać przepływ

- split pond (staw dzielony) – technologia, w której staw karpiowy zostaje podzielony na część tuczową oraz część służącą do wychwytywania biogenów. Jest to rozwiązanie najbardziej zbliżone do klasycznej technologii PAS, przy czym zamiast budowy kosztownej wydzielonej jednostki tuczowej i skomplikowanego systemu wymuszania wody, staw podzielony jest przy użyciu znacznie tańszej technologii ekranów wykonanych z tworzywa sztucznego, a ruch wody wymuszany jest przy użyciu pompy mamut

- stawowy system recyrkulacyjny – to najbardziej zaawansowana formuła technologii PAS w stawach typu karpiowego. Jednostkę tuczową buduje się na grobli stawowej lub do tuczu wykorzystuje się cały niewielki staw karpiowy. Część tuczowa jest połączona z typowym karpiowym stawem hodowlanym systemem rur umożliwiającym doprowadzenie czystej wody oraz odprowadzenie wód pochodzących, bogatych w nutrienty, do stawu, w którym odbywa się normalna produkcja karpia.

Wspólną „złą” cechą wszystkich omówionych rozwiązań jest ich całkowita zależność od nośników energii, napędzających systemy napowietrzania i/lub przemieszczania wody pomiędzy częścią tuczową (intensywną) oraz częścią służącą jako pułapka na biogeny (nisko-intensywną lub ekstensywną). Za wyjątkiem technologii „stawu dzielonego” (split pond) nawet krótkotrwały kilkuminutowy

zanik zasilania jest właściwie równoznaczny ze stratą całej obsady. Do zapewnienia prawidłowego działania poszczególnych technologii niezbędne jest też instalowanie systemów powiadamiania o awariach oraz awaryjnego „podtrzymywania życia ryb”. Przyrosty hodowanych ryb w całości oparte są na paszach pełnoporcjowych dostarczanych stale przez hodowcę. Są to więc rozwiązania kanonicznie zupełnie odmienne od tradycyjnego chowu karpia w stawach, który ma bardziej charakter „slow”. Systemy do intensywnego tuczu z pewnością mają charakter „fast”. Innymi słowy, integracja intensywnego tuczu gatunków określanых mianem atrakcyjnych rynkowo z nisko-intensywnym chowem karpia wymaga także zmiany w sposobie myślenia o produkcji ryb – z tradycyjnego na nowoczesny, innowacyjny.

5.3. Charakterystyka poszczególnych kategorii stawów karpowych ze wskazaniem możliwości wykorzystania ich do zintegrowanych systemów produkcji

Jak już zostało to zdefiniowane, zintegrowane systemy intensywno-ekstensywne zakładają wykorzystanie do produkcji zarówno instalacji do tuczu, jak i tradycyjnych ziemnych stawów karpowych do nisko-intensywnej produkcji karpia i jednocześnie jako pułapki na biogeny.

Cykl produkcji karpia w stawach od niemal dwóch wieków bazuje na tzw. metodzie Dubisza (Dubischa). Polega ona na podzieleniu całego cyklu wychowu ryb na etapy/fazy (Kuczyński 2010). Po osiągnięciu jednego etapu wzrostu następuje przeniesienie rosnących karpia do nowego stawu, dedykowanego wychowowi kolejnego stadium. Jest to szczególnie istotne w pierwszym roku, w okresie wychowu rocznego materiału obsadowego. Dlatego też każdy obiekt karpowy składa się z szeregu kategorii stawów, spełniających różne funkcje.

Są to:

- tarliska – wykorzystywane do przeprowadzania kontrolowanego naturalnego rozrodu i pozyskiwania wylęgu. Tarliska użytkowane są przez około 2 tygodnie w ciągu roku, przez pozostały czas pozostają puste, są pielęgnowane jak przysłowiowy trawnik angielski. Stanowią bardzo niewielki odsetek powierzchni obiektu, około 0,1 - 0,2 %, ich liczba z reguły nie przekracza pięciu sztuk;
- przesadki I – służące do wychowu kilkutygodniowego materiału obsadowego. Użytkowane są przez 4 – 6 tygodni w roku, w okresie maj-czerwiec, stanowią około 5 % powierzchni całego obiektu stawowego, a ich liczba wynosi z reguły trzy do pięciu sztuk
- przesadki II – są przeznaczone do produkcji narybku jesiennego, użytkowane są od czerwca do października/listopada, a w niektórych obiektach służą

również do zimowania narybku pomiędzy pierwszym a drugim rokiem produkcji. Przesadki II stanowią około 15 % obiektu stawowego, natomiast liczba przesadek jest różna i zależy od wielkości danego obiektu, długości realizowanego cyklu produkcyjnego, dyspozycyjnej wody i zwyczajowo przyjętej technologii produkcji;

- zimochowy narybkowe lub kroczkowe – stawy przeznaczone do przetrzymywania rocznego (narybku) lub dwuletniego (krocza) materiału obsadowego karpia przez okres zimowy. W okresie letnim stawy te pozostają puste, aby można było je dokładnie zdezynfekować i uprawić, i aby podlegały naturalnej dezynfekcji na skutek promieniowania słonecznego. Zimochowy narybkowe zajmują przeciętnie 5 % powierzchni gospodarstwa, zimochowy kroczkowe około 15 % obiektu. Ich liczba jest zależna od liczby przesadek II, przyjętego systemu zimowania materiału oraz obsadzania stawów kolejnych kategorii. W niektórych bowiem obiektach stosuje się obsady już na zimę danego roku, aby ryby rosły kolejny sezon już bez wiosennego odłowu i przesadzania, przez co liczba zimochowów może być mniejsza, bo funkcję tę przejmują stawy towarowe;
- stawy kroczkowe – stawy przeznaczone do odchowu dwuletniego materiału obsadowego karpia, czyli krocza. Stawy te wykorzystywane są głównie w okresie letnim, zimą z reguły pozostają puste, bez wody. W niektórych gospodarstwach wykorzystuje się je do zimowania materiału obsadowego, wówczas funkcjonalnie łączą rolę stawów odrostowych i zimochowów. Liczba stawów tej kategorii zależna jest od przyjętego cyklu produkcyjnego i zapotrzebowania na krocza w kolejnym roku;
- stawy towarowe – największa powierzchniowo kategoria stawowa w każdym gospodarstwie typu karpiego, przeznaczona do wychowu karpia konsumpcyjnego w cyklu dwuletnim lub trzyletnim. Stawy tej kategorii stanowią 50 – 75 % obiektu, zależnie od długości realizowanego cyklu produkcyjnego oraz posiadania lub braku innych kategorii stawów. Stawy towarowe użytkowane są od wiosny do jesieni, ale w niektórych gospodarstwach, cierpiących na deficyty wody, napełniane są wodą już jesienią danego roku, a nawet obsadzone już na zimę. Ich liczba zależna jest w głównej mierze od powierzchni wytypowanej pod wychów młodszych kategorii karpia;
- magazyny – stawy przeznaczone są do przetrzymywania odłowionego ze stawów towarowych karpia handlowego do czasu sprzedaży w okresie Świąt Bożego Narodzenia. Powierzchnia magazynów stanowi przeciętnie 1–2 %

powierzchni gospodarstwa, a przeciętna powierzchnia stawu-magazynu to 500m². Natomiast ich liczba wynosi z reguły nie mniej niż 5 sztuk. Znaczna liczba stawów tej kategorii umożliwia rozdzielenie odłowionego karpia konsumpcyjnego na mniejsze porcje, po kilka lub kilkanaście ton, co ułatwia manipulacje z handlówką w okresie świątecznej sprzedaży. Okres użytkowania magazynów jest krótki, z reguły trwa od października do grudnia. W przypadku niesprzedania wyprodukowanej handlówki, pojedyncze magazyny użytkowane są również w późniejszym okresie.

Spośród wymienionych kategorii stawów typu karpiego tarliska oraz przesadki I winny być raczej wykluczone z planów prowadzenia w nich zintegrowanej produkcji intensywno-ekstensywnej. Są to bowiem stawy dedykowane do wychowu najmłodszych i najbardziej wrażliwych na wszelkiego rodzaju zagrożenia stadiów rozwojowych karpia. Pozostałe kategorie z powodzeniem mogą być rozważane do łączenia w nich chowu karpia z intensywnymi technologiami tuczu alternatywnych do karpia gatunków ryb.

Wybór konkretnej metody należy powiązać i charakterystyką stawu karpiego. Trudno bowiem wyobrazić sobie wdrożenie technologii stawu dzielonego (split pond) w stawie o powierzchni nawet kilku hektarów. I odwrotnie, stawowy system recyrkulacyjny czy też technologie „staw w stawie” lub „basen i staw” powinny być rozpatrywane raczej w odniesieniu do większych stawów, takich, jak stawy towarowe lub kroczkowe czy przesadki II.

5.4. Technologia „stawu dzielonego” (split pond) z wykorzystaniem magazynów karpioowych

Spośród wymienionych technologii umożliwiających intensywny tucz ryb w warunkach stawów karpioowych najbardziej polecanym na początek rozwiązaniem wydaje się być technologia stawu dzielonego. Wynika to z kilku powodów:

- stosunkowo niewielki koszt prac adaptacyjnych, niezbędnych do wykonania instalacji tuczowej;
- łatwość wykonania prac adaptacyjnych;
- niska energochłonność niezbędnego wyposażenia technicznego do natleniania wody oraz wymuszania jej obiegu;
- technologiczna bliskość założeniom tradycyjnego chowu karpia;
- możliwość wykorzystania do tuczu różnych gatunków ryb.

Bezspornie najważniejszą zaletą tej technologii jest połączenie możliwości produkcji ryb w dużych zagęszczeniach, ale przy jednoczesnym zachowaniu „buforu bezpieczeństwa”, jaki zapewnia staw karpiowy, gdyż obsada stale przebywa w dużej kubaturze wody. Tym samym, w sytuacji braku zasilania lub awarii, nie zachodzi groźba utraty ryb w ciągu kilku czy kilkunastu minut. Również krótkotrwały brak zasilania w wodę nie spowoduje śnięcia ryb, ponieważ staw przez cały czas jest napełniony, a dopływ wody jest bardzo niewielki i wykorzystywany głównie do uzupełniania strat powodowanych przesiąkami oraz parowaniem.

Stawami, które mogą być wykorzystane do wdrożenia tej technologii są z pewnością przede wszystkim magazyny karpiove. Niewielka powierzchnia, znaczna głębokość, duże przekroje urządzeń hydrotechnicznych doprowadzających i odprowadzających wodę, rodzaj dna (najczęściej twarde i mineralne), duża liczba w obiekcie stawowym – wszystko to sprawia, że magazyny z pewnością powinny być brane jako pierwsze pod rozagę w sytuacji planowania wdrażania w każdym obiekcie stawowym technologii intensywnej produkcji ryb metodą stawu dzielonego.

Zaletą technologii stawu dzielonego jest również jej uniwersalność. Może ona być wykorzystana zarówno do tuczu pstrąga czy jesiotrów, jak i okonia. Wybór gatunku jest po stronie hodowcy, który, znając lokalny rynek i zapotrzebowanie konsumentów, może wybrać ten, na który będzie największy popyt. Prostota i niezawodność technologii umożliwiają wprowadzenie do niej właściwie dowolnego gatunku.

W niniejszym opracowaniu opisana zostanie praktyczna strona wykorzystania instalacji typu „stawu dzielonego”, wykonanej w magazynie karpiowym, do produkcji okonia handlowego, czyli ryb o masie 100 g/szt.

Materiałem obsadowym był narybek o masie 5 g/szt, odchowywany w warunkach kontrolowanych, obsadzany do instalacji tuczowej na początku maja. Aby tak wcześnie uzyskać tak znacznych rozmiarów materiał obsadowy rozród okonia prowadzony był poza ich naturalnym okresem rozrodczym, w styczniu i lutym. Zagadnienia dotyczące kontrolowanego rozrodu pozasezonowego oraz wychowu materiału obsadowego omówione zostały we wcześniejszych rozdziałach monografii. W niniejszym rozdziale omówione zostały wybrane praktyczne zagadnienia prowadzenia tuczu okonia w warunkach stawów karpiowych z wykorzystaniem innowacyjnej technologii „split pond” – staw dzielony.

5.5. Obsada stawów i adaptacja materiału obsadowego okonia do warunków stawowych

Moment przeniesienia materiału obsadowego z podchowalni, z warunków w pełni kontrolowanych i w pewnym sensie „cieplarnianych” dla młodego okonia,

do warunków stawowych jest z pewnością jednym z trudniejszych etapów w całym cyklu produkcji okonia w systemie zintegrowanym.

Do chwili obsadzenia w instalacjach wykonanych w stawach karpowych, młode okonie odchowywane są w warunkach zapewniających im stałe i stabilne warunki wzrostu pod względem temperatury wody, oświetlenia, żywienia oraz bezpieczeństwa od wszelkiego rodzaju drapieżników. Obsadzenie do układów służących podchowowi w stawie karpowym oznacza całkowitą zmianę tych warunków. Ryby są wystawione na naturalne warunki i częste zmiany tych warunków. Zmiany termiki wody w ciągu dnia i w dłuższym okresie, wahania jej składu chemicznego, zmiany zawartości tlenu rozpuszczonego, obecność szkodników ryb i szereg innych zmiennych to z pewnością są czynniki, które nie pozostają bez wpływu na zachowanie okonia przeniesionego z basenu do stawu.

Stres związany ze zmianą warunków bytowania w pierwszej kolejności przejawia się w postaci ukrywania się ryb oraz brakiem chęci do żerowania. Adaptacja do nowych warunków i rozpoczęcie normalnego żerowania trwają około 5-10 dni i jest to z pewnością czas stracony pod względem produkcyjnym. Im jest on krótszy, tym lepszy wynik końcowy w wymiarze produkcyjnym zostaje osiągnięty. Ryby rozkarmione i intensywnie żerujące w basenach w podchowalni po przeniesieniu do stawu ziemnego zaprzestają pobierania paszy przez co nie tylko nie przyrastają, ale tracą na masie ciała. Konieczne jest ich ponowne przyzwyczajenie do karmienia w ilościach i częstotliwości jak wcześniej w basenach. Jest to możliwe wyłącznie przy dokarmianiu „z ręki” co dodatkowo utrudnia proces produkcyjny oraz podnosi jego koszt, gdyż konieczne jest zaangażowanie pracownika, który kilkakrotnie w ciągu dnia będzie rybom podawał paszę aż do czasu, gdy zaczną one na powrót intensywnie żerować. Zastosowanie w tym czasie dokarmiania automatycznego jest marnotrawieniem paszy, gdyż ryby w ogóle nie wykazują zainteresowania nią. Ponadto, niezjedzona karma zaczyna zalegać na dnie, gnić i pleśnieć, i stanowi realne zagrożenie dla zdrowia obsady. Praktyczne obserwacje wykazały, że powrót ryb do systematycznego pobierania paszy następuje po około 7-10 dniach, gdyż tyle czasu zajmuje im zaadaptowanie się do nowych warunków.

Dlatego też, zamiast od razu wypuszczać materiał obsadowy do instalacji wskazane jest zastosowanie sadzy pływających w części tuczowej stawu, do których materiał ten zostanie przeniesiony na kilka dni. Ryby w ten sposób znajdują się pod większą kontrolą hodowcy, ale w warunkach już naturalnych. Hodowca ma możliwość obserwacji zachowania ryb, ich ochoty do pobierania paszy podawanej ręcznie kilka razy dziennie i policzenia ewentualnych ubytków. Jednocześnie sprzyja to przywróceniu normalnego żerowania obsady, ponieważ warunki sadzowe w pewien sposób imitują warunki basenu podchowowego. Czas adaptacji skraca się wówczas do 3-5 dni i po takim okresie ryby zaczynają na powrót intensywnie

żerować. Wówczas można je wypuścić już bezpośrednio do stawu, przez co czas adaptacji do nowych warunków ulega skróceniu o połowę. Hodowca ma też bardzo ścisłą informację co do liczby faktycznie wpuszczonych ryb, ponieważ ewentualne ubytki są łatwe do zarejestrowania w sadzu. W znaczący sposób ułatwia to właściwe obliczanie biomasy obsady i dawek pokarmowych, i tym samym oszczędne i efektywne gospodarowanie zadawaną paszą.

5.6. Żywienie okonia w trakcie tuczu

Żywienie okonia jest w całości oparte na paszy pełnoporcjowej podawanej z zewnątrz. Kilka dni po obsadzeniu do instalacji tuczowej konieczne jest podawanie paszy ręcznie, aby zaobserwować moment powrotu ryb do normalnego intensywnego żerowania.

Okoń jest rybą o dużym otworze gębowym i wymagają podawania mu paszy o dość dużych rozmiarach, aby zaspokoić ich „myśliwski apetyt”. Przeprowadzone dotychczas obserwacje pozwalają stwierdzić, że wielkość granul należy dość często zmieniać wraz ze wzrostem ryb, według następujących kryteriów masy:

- 5 – 10 g/szt. – pasza o wielkości 1mm;
- 10 – 20 g/szt. – pasza o wielkości 2mm;
- 20 – 50 g/szt. – pasza o wielkości 3mm;
- 50 – 100 g/szt. – pasza o wielkości 4mm.

W dotychczas przeprowadzonych doświadczeniach górną granicę stanowiły okonie o wielkości ok. 150 g/szt., dlatego też brak jest możliwości określenia, jakiej wielkości partykuły powinny być zastosowane dla większych ryb. Z praktycznego punktu widzenia niezmiernie istotne jest systematyczne kontrolowanie wielkości ryb, aby dostosowywać rozmiary granul paszy do ich masy. Szczególnie dotyczy to okresu letniego, kiedy ryby przyrastają szczególnie intensywnie.

Drugim niezmiernie ważnym elementem w żywieniu jest rodzaj zastosowanego karmika automatycznego, ponieważ okoń należy do ryb mocno hierarchizujących się w stadzie. Osobniki słabsze, mniejsze lub mniej agresywne w walce o paszę są odganiające od jedzenia, co dodatkowo potęguje różnicowanie obsady pod względem masy ciała.

W pierwszym roku badań zastosowany został karmik automatyczny podający paszę w stożku bezpośrednio pod nim. Efektem takiego dozowania karmy jest stosunkowo niewielka przestrzeń, w której ryby mogą osiągnąć partykuły granulatu i tym samym przyrastać. W trakcie odłowów okazało się, że tylko

niewielka część obsady, 15-20 %, stanowiły okonie o masie zakładanej na początku doświadczenia. Zdecydowaną większość stanowiły ryby, których masa jednostkowa była kilkukrotnie mniejsza od zakładanej. W kolejnym roku badań zmieniono karmik pneumatyczny co pozwoliło uzyskać ryby o bardzo wyrównanej wielkości. Zmiana techniki dystrybucji paszy, karmik pneumatyczny wyrzuca ją na obszarze kilku metrów kwadratowych, gwarantowała dostęp do paszy całej obsadzie i nie następowała tak wyraźna konkurencja o pokarm, jak w przypadku użycia zwykłego karmika automatycznego.

Kolejnym niezmiernie istotnym zagadnieniem jest częstotliwość zadawania paszy. Praktyczne obserwacje pozwalają stwierdzić, że okoń podczas żerowania zachowują się odmiennie od innych ryb intensywnie tuczonych, takich jak pstrąg czy sum afrykański. Żerowanie okonia nie ma charakteru żywiołowego przepychania się i walczenia o pokarm, z wyskakiwaniem lub wręcz wypychaniem się wzajemnym nad powierzchnię wody. Żerujący okoń przemykają przez strefę opadania karmy na głębokości kilkudziesięciu centymetrów pod powierzchnią, dokonują gwałtownego zwrotu i ponownie błyskawicznie przepływają przez strefę karmienia. Trwa to zaledwie kilkanaście sekund, po czym ryby „znikają”. Nadmierne wydłużanie czasu podawania paszy mija się więc z celem, ponieważ nie zostanie ona pobrana przez okonie, a z przeprowadzonych obserwacji można wnioskować, że ryby te nie pobierają granulatu, który opadł na dno. Dlatego też lepszym rozwiązaniem jest zwiększenie częstotliwości podawania paszy zamiast wydłużania czasu karmienia. Długość interwału podawania karmy przez automat niestety trzeba regulować na bieżąco na podstawie obserwacji, ale generalną zasadą powinno być „im częściej, tym lepiej”.

Dotychczasowe obserwacje pozwalają też stwierdzić, że właściwie niemożliwe jest uniknięcie sytuacji, w której pasza jednak nie zostanie pobrana przez okonie i w rezultacie opadnie na dno. Dlatego też wskazane jest zastosowanie dodatkowej obsady ryb, które chętnie taką paszę zjedzą. Potencjalnymi kandydatami jest karp oraz jesiotry, ale zdecydowanie bardziej godnymi polecenia są jesiotry. Ryby te żerując nie kopią w dnie, co jest typowym zachowaniem karpia pobierających pokarm. Dodatkowa obsada jesiotrów nie powoduje zmurczenia wody i nie następuje pogorszenie warunków bytowania okonia, co wywołuje dodatkowa obsada karpia. Najlepszym wiekowo materiałem jest narybek jesiotrów, który z powodzeniem zjada granulatu niepobranego przez okonia. Dwuletni materiał obsadowy jesiotrów jest zbyt duży w stosunku do okoni, a dysproporcja wielkości jedynie powiększa się wraz z upływem cyklu produkcyjnego. W efekcie jesiotry, które z obsad kroczkami osiągną masę jednostkową nawet ponad 2 kg, płoszą swoją obecnością okonia i odganiają je od paszy. Powoduje to obniżenie przyrostów jednostkowych, ale też potęguje ilość niepobranej karmy przez obsadę podstawową, którą jest przecież okoń.

5.7. Sortowanie obsady

W trakcie prowadzonych badań nie prowadzono sortowania obsady ze względu na przyjęte założenia badawcze. W praktycznym wymiarze produkcyjnym zagadnienie to z pewnością będzie jednak mieć znaczenie ze względu na wspomnianą wcześniej hierarchizację w stadach okoni i znaczne różnicowanie się obsady pod względem wielkości.

Jak wspomniano to wcześniej, manipulacje związane z przeniesieniem okoni z basenów podchowowych z wylęgarni do stawów spowodowały kilkudniowe zaprzestani żerowania ryb. Gdyby więc każdorazowy odłów miał powodować podobne zjawisko, to przy założeniu, że sortowanie musi być wykonane co miesiąc, nie wchodziłoby ono w ogóle w rachubę, ponieważ sumaryczny teoretyczny czas braku żerowania ryb wyniósłby kilka tygodni. Jednak obserwacja poczyniona z konieczności w trakcie przeprowadzonych badań pozwala sądzić, że okonie już zaadaptowane do warunków stawowych znoszą ponowny odłów w trakcie cyklu produkcyjnego bardzo dobrze. Na skutek awarii instalacji doświadczalnych konieczne było odłowienie obsadzonych ryb. Zabieg ten trwał cały dzień, ryby zostały powtórnie zważone i obsadzone do poszczególnych instalacji. Ale już następnego dnia wykazywały normalne zainteresowanie podawaną paszą. Tym samym wydaje się, że nawet kilkukrotne sortowanie obsady w trakcie wychowu jest możliwe. Co prawda powyższe stwierdzenie oparte jest tylko na pojedynczej obserwacji, ale dotyczy trzech stawów tuczowych i populacji ok. 10000 sztuk ryb, co daje podstawy do wyciągnięcia przedstawionych wniosków.

Aby sprawnie i szybko prowadzić ewentualne odłowy i sortowanie materiału obsadowego konieczne jest, aby strefa tuczowa znajdowała się od strony mnicha odpływowego. Co prawda, w oryginalnej wersji technologii stawu dzielonego strefa tuczowa znajduje się od strony dopływu, łatwiej chociażby zastosować dopływ świeżej wody, ale na podstawie praktycznego doświadczenia realizatorów projektu zdecydowano, aby strefę tuczową przenieść na drugi koniec stawu – pod mnich odpływowy. Obserwacje zebrane podczas realizacji projektu pozwalają stwierdzić, że była to bardzo dobra decyzja, ponieważ:

- możliwe było dzięki temu bardzo dokładne i sprawne oczyszczenie instalacji z odchodów gromadzących się na dnie stawu w trakcie cyklu produkcyjnego;
- wymiana wody była bardzo efektywna, ponieważ ze stawu odprowadzana była woda pochodząca bezpośrednio ze strefy tuczowej;
- możliwy był dostęp do obsady ryb bez spuszczenia całej wody ze strefy oczyszczającej. Wystarczy zrobić podwójne prowadnice w miejscu, gdzie

znajdują się kraty oddzielające obydwie części, wstawić dodatkowe zastawki/szandory odprowadzić wodę z części tuczowej i odłowić ryby;

- zachodzi znacznie mniejsze ryzyko niekontrolowanej migracji i ucieczki ryb. Zdecydowanie łatwiejszym i pewniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie kraty na mnichu odpływowym niż na dopływie, gdzie musi być stały dopływ wody.

5.8. Codzienny nadzór stawów podczas tuczu okonia

Do podstawowych obowiązków hodowcy chcącego produkować okonie w opisanych instalacjach należy szereg czynności, które zwykle wykonuje się w karpowym obiekcie chowu i hodowli ryb. Jest to pomiar temperatury wody, pomiar ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie, odczyn pH, poprawność działania urządzeń napowietrzających wodę, przepływ wody itp.

Ale w przypadku tuczu okoni jest też kilka innych specyficznych działań, do których w pierwszej kolejności należy zaliczyć obserwację żerowania ryb. Jak wspomniano to wcześniej, żerowanie okoni ma dość specyficzny charakter i konieczne jest stałe obserwowanie, czy wyjadają one podawaną, bądź do bądź kosztowną, paszę. Czy nie jest ona podawana w zbyt małej lub zbyt dużej ilości, przez zbyt krótki/długi czas. Jediną możliwością jest obserwowanie pracujących karmików i żerowania ryb oraz badanie, czy na dnie nie pozostaje niewyjedzona karma. W tym celu warto umieścić na dnie kuwetę, w której będą znajdować się ewentualne resztki niewyjadanej paszy.

Kolejnym obowiązkiem jest systematyczne kontrolowanie masy ryb i ich przyrostów. Na podstawie wielkości ryb i tempa ich przyrostów można na bieżąco określać wielkość granul paszy, jaka winna być podawana okoniom oraz wielkość dziennej dawki pokarmowej. Tempo przyrostów okoni w stawach karpowych nie jest jednakowe przez cały sezon. Największe jest w okresie letnim i maksymalne wykorzystanie tego krótkiego w naszym klimacie okresu jest niezwykle istotne.

Codzienny obchód, najlepiej kilkukrotny, umożliwia obserwowanie ewentualnych strat i ubytków obsady. Tylko znając jak najdokładniejszą aktualną liczebność obsady można precyzyjnie policzyć jej biomasę i stosownie do tego obliczać wielkość dawki pokarmowej. Oszczędne gospodarowanie paszą z pewnością ma kluczowe znaczenie w ogólnym wyniku ekonomicznym cyklu produkcyjnego i opłacalności chowu.

Do codziennych obowiązków należy także obserwowanie obecności i działalności szkodników ryb. Duże zagęszczenie okoni ułatwia potencjalnym szkodnikom skuteczne polowanie i wyjadanie ryb, szczególnie przez rybożerne ptaki. Nieduże powierzchnie stawów-magazynów karpowych dają możliwość ich

osłony przed działaniem ptactwa, ale zawsze znajdują się takie egzemplarze czapli, mew czy kormoranów, które potrafią znaleźć dostęp do stawu i spowodować znaczne straty. Podobnie wydry szybko potrafią zorientować się o obecności łatwego i smacznego żeru i stać się częstymi gośćmi w takiej instalacji. Dlatego też stała kontrola instalacji z okoniami jest niezwykle istotna, gdyż uniemożliwia lub znacznie utrudnia działania szkodników ryb.

Do codziennych obowiązków należy również stałe nadzorowanie sprawności urządzeń wymuszających krążenie wody i jej napowietrzanie. Najczęstszym problemem jest spadek wydajności dyfuzorów wprowadzających do wody powietrze tłoczone przez dmuchawę w pompie mamut. Dyfuzory należy systematycznie czyścić, aby nie dopuścić do ich zarastania osadami oraz różnymi cząstkami materii organicznej. W przeciwnym razie ich wydajność spada i zmniejsza się ilość tłoczonej wody, co w dłuższej perspektywie może powodować pogorszenie warunków chowu okoni.

Należy systematycznie kontrolować stan sond służących do stałego monitorowania temperatury wody, zawartości tlenu czy jej odczynu. Woda w stawie karpowym zawiera znaczne ilości zawiesiny oraz żywych organizmów roślinnych i zwierzęcych, na co dzień porastających wszelkie zanurzone w niej przedmioty. Również sondy mierników elektronicznych pokrywają się tymi osadami, co powoduje ich nieprawidłowe działanie i może wywołać fałszywy alarm. Z doświadczenia autorów wynika również, że swoistą plagą wywołującą permanentne alarmy potrafią stać się ślimaki. Obsiadają one sondy, aby zeskrobywać z ich powierzchni peryfiton. Aby tego uniknąć należy sondy na bieżąco utrzymywać w czystości.

Równie ważnym obowiązkiem, powtarzającym codziennie kilkakrotnie, jest stałe czyszczenie krat oddzielających część tuczową od części oczyszczającej wodę. Ponieważ jedynym urządzeniem wymuszającym obieg wody jest winda powietrzna, przepływ wody nie może zostać ograniczony nawet przez niewielkie ilości zawiesiny, rzęsy wodnej lub innej roślinności gromadzącej się na kratkach. Prowadzi to bowiem do spadku przepływu wody i częstotliwości jej wymiany, pogarszania warunków chowu ryb i może też doprowadzić do śnieć obsady.

5.9. Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym rozdziale praktyczne obserwacje dotyczące zintensyfikowanej produkcji okoni konsumpcyjnych w obiekcie stawowym typu karpowego z wykorzystaniem technologii stawu dzielonego (split pond) mają z pewnością bardzo wstępny charakter i wymagają kontynuacji. Niezaprzeczalnym ich walorem jest z pewnością fakt, że są to pierwsze tego typu badania w naszym kraju i co ważne przeprowadzone z wykorzystaniem instalacji w pełni produkcyjnej,

nie zaś o skali pokazowej czy demonstracyjnej. Wszystkie trzy instalacje mogą być wykorzystywane jeszcze przez szereg lat zarówno do badań poznawczych, jak i do produkcji. Uniwersalny charakter omawianej technologii daje możliwość prowadzenia badań i produkcji na dowolnym właściwie gatunku, co również stanowi kolejny ogromnie cenny walor instalacji.

Instalacje wykonane zostały w trzech stawach-magazynach karpionych o powierzchni 350 m² każdy. Powierzchnia części tuczowej wynosiła 1/3 powierzchni całkowitej, a przy najwyższej zastosowanej gęstości obsady (6000 szt. w jednej instalacji) produkcja uzyskana w trakcie badań wyniosła około 540kg, co w przeliczeniu na 1 ha daje niebagatelny wynik 15000 kg. Czy uzyskane dotychczas wyniki stanowią limit wielkości produkcji w tej technologii dla okonia? Z pewnością nie, podczas prowadzonych obserwacji nie stwierdzono bowiem ani jednego przypadku wystąpienia zagrożenia życia obsady ryb na skutek złych warunków środowiskowych w systemach tuczowych. Ryby praktycznie w ogóle nie były widoczne i dopiero odłowy końcowe pokazywały, jak duża jest ich liczba i jak duża jest sumaryczna produkcja.

Chów ryb trwał od maja do października, a okonie w trakcie półrocznego tuczu z masy 5 g/szt. urosły do średniej wielkości ok. 100 g/szt. i które tym samym z powodzeniem można określić rybami konsumpcyjnymi. Największe spośród nich osiągnęły masę 150 g/szt., co pokazuje, że zarówno sama technologia, jak i wybrany do badań gatunek mają bardzo duży potencjał rozwoju. Uzyskane wyniki produkcyjne z pewnością potwierdzają zasadność wprowadzenia okonia do produkcji w stawowych obiektach karpionych, ale w sposób przedstawiony w niniejszym opracowaniu, czyli w sposób nowoczesny, w systemie dającym dużą kontrolę warunków produkcji i tym samym powtarzalność wyników produkcyjnych.

Wyniki powyższe potwierdzają również bardzo duży potencjał produkcyjny, jaki znajduje się w stawach typu karpiego. Ale potencjał ten musi być uruchomiony w sposób inny niż dotychczas. Nie poprzez dokładanie nowego gatunku do mieszanej obsady z karpem w stawie, ale poprzez dołożenie nowoczesnej jednostki produkcyjnej, która jest zintegrowana zarówno funkcjonalnie, jak i lokalizacyjnie z klasycznym obiektem karpimowym. Jest to kolejne bardzo ważne osiągnięcie projektu – wykazano bowiem ponad wszelką wątpliwość, że zintegrowane systemy intensywno-ekstensywne mogą z powodzeniem być wdrażane w naszym kraju i dawać bardzo wymierne wyniki produkcyjne. Co ważne, przedstawione rozwiązanie jest stosunkowo tanie pod względem finansowym i ma charakter modułowy. Hodowca zainteresowany wdrożeniem takiej technologii w swoim obiekcie stawowym może zacząć od wybudowania jednej jednostki i w zależności od uzyskanych wyników produkcyjnych rozwijać ją poprzez dobudowanie kolejnych instalacji lub zakończyć „przygodę” ze zintegrowanymi systemami intensywno-ekstensywnymi.

Czy w takim razie wszyscy hodowcy karpia powinni rozpocząć budowę tego typu instalacji w swoich gospodarstwach, w sposób bezrefleksyjny i bez analizy ryzyka oraz oszacowania potencjalnych zysków i strat? Z pewnością nie powinno tak być. Uzyskane wyniki są niezmiernie obiecujące i wskazują na duże możliwości produkcyjne tego typu technologii. Ale, jak opisano to wcześniej, rozwiązania te wymagają zmiany filozofii myślenia o produkcji rybackiej i tutaj kluczowym ogniwem jest człowiek – obsługa, która będzie mieć świadomość, że nowa technologia wymaga nowego sposobu myślenia o rybactwie. Równie ważne będą uwarunkowania danego obiektu, takie jak dostępność i jakość wody zasilającej gospodarstwo, niezawodność nośników energii, posiadane systemy awaryjnego zasilania w energię, rynek zbytu, odległość i chłonność tego rynku. Wszystkie te elementy należy dookreślić zanim hodowca zdecyduje się na wdrożenie omawianej technologii. Ponieważ technologia jest dopiero w fazie poznawczej, hodowca będzie musiał prowadzić własne obserwacje i wyciągać z nich wnioski, aby zoptymalizować funkcjonowanie systemu we własnym gospodarstwie stawowym. Ambicją realizatorów projektu nie jest bowiem podanie gotowych rozwiązań na każdą sytuację, ale zainspirowanie potencjalnych użytkowników wdrożeniem tej technologii, co powinno przynieść pozytywny efekt zarówno w wymiarze ekonomicznym, jak też i w postaci większej satysfakcji zawodowej.

Literatura:

- Adamek Z., Gal D., Pilarczyk M. 2009. Carp farming as a traditional type of pond aquaculture in Central Europe: prospects and weaknesses in the Czech Republic, Hungary and Poland. European Aquaculture Society Special Publications, 37, 80-81.
- Brune D.E., Schwartz G., Eversole A.G., Colier J.A., Schwedler E. 2004. Partitioned aquaculture systems, SRAC Publication 4500, 1-8.
- Gal D., Kerepeczki E., Gyalog G., Pekar F. 2015. Changing face of Central European aquaculture: sustainability issues. Journal of Survey in Fisheries Sciences, 2(1), 42-56.
- Hryszko K., Lirski A., Mytlewski A. 2018. Sytuacja na światowym rynku ryb i jej wpływ na rozwój sektora rybnego w Polsce. Monografie Programu Wieloletniego, wyd. IERiGŻ – PIB, Warszawa, 1-162.
- Kuczyński M. 2010. Akwakultura stawowa jako narzędzie dla zrównoważonego rozwoju. w: Wielofunkcyjność gospodarki stawowej w Polsce. Perspektywy Rozwoju, (red.) Cieśla M i Śliwiński J, wyd. Wieś Jutra, 17-24.
- Kulikowski T. 2011. Preferencje polskich konsumentów w świetle najnowszych badań rynku rybnego. Magazyn Przemysłu Rybnego, 3, 33-34.
- Lirski A., Wałowski J., Cieśla M. 2010. Chów karpia w Polsce w latach 2004-2009. W: Wielofunkcyjność gospodarki stawowej w Polsce. Aktualne uwarunkowania. (Red.) M. Cieśla, R. Wojda, wyd. Wieś Jutra, 9-20.

- Lirski A., Myszowski L. 2017. Polska akwakultura w 2016 roku na podstawie analizy arkuszy RRW-22. Cz. 1, Komunikaty Rybackie 6, 20-27.
- Lirski A., Myszowski L. 2018. Polska akwakultura w 2016 roku na podstawie analizy arkuszy RRW-22. Cz. 2, Komunikaty Rybackie 1, 1-6.
- Lirski A., Wołos A., Czerwiński T. 2020. Sytuacja ekonomiczno-finansowa rybactwa śródlądowego w 2020 roku. Kom. Ryb. 2 (187), 1-36.
- Pilarczyk M., Gal D., Kolek L., Inglot M., Stonawski B. 2016. Zintegrowany intensywno-ekstensywny system produkcji rybackiej, wyd. PAN Gołysz, 1-70.
- Strategia Karp 2020. 2013. Opracowanie zbiorowe, wykonane w ramach porozumienia dwunastu Lokalnych Grup Rybackich w ramach Osi 4 PO Ryby 2007-2013. (red.) A. Lirski, J. Seremak – Bulge, J. Śliwiński, M. Cieśla, wyd. Szostakdruk Staszów, 1-270.
- Varadi L., Gal D., Pekar F., Szabo P. 2001. Combined extensive-intensive pond fish production system for the sustainable use of natural resources. Hungarian Agricultural Research, 10(2), 13-15.
- Wołos A., Lirski A., Czerwiński T. 2015. Sytuacja ekonomiczno-finansowa rybactwa śródlądowego w 2014 roku. W Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2014 roku (red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, wyd. IRS Olsztyn, 59-73.

ROZDZIAŁ 6

Wymagania pokarmowe okonia w warunkach akwakultury

**Piotr Gomułka¹, Małgorzata Woźniak¹, Piotr Hliwa¹, Helena Bober¹,
Maciej Kamaszewski², Wiktoria Wiechetek²**

1 – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Ichtiologii i Akwakultury

2 – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauk o Zwierzętach, Zakład Ichtiologii i Biotechnologii w Akwakulturze

6.1. Wstęp

Akwakultura stanowi ważny sektor hodowli dostarczający znaczne ilości białka zwierzęcego (Fraga-Corral i in. 2022). Na wielkość produkcji i jakość ryb wpływa głównie jakość pasz. Pasze zależnie od kraju i gatunku hodowanej ryby stanowią od 50-80% całości kosztów produkcji w intensywnej akwakulturze. Do ich wytwarzania wykorzystuje się wysokiej jakości komponenty pochodzenia zarówno zwierzęcego, jak i roślinnego. Ceny i dostępność surowców wpływają na skład pasz komercyjnych – zgodnie z koncepcją „Least Cost Formulation”, czyli komponowania pasz w celu uzyskanie jak najniższych kosztów produkcji przy zachowaniu określonej wartości odżywczej, proporcje składników dobierane są tak by osiągnąć jak najniższą cenę produktu końcowego przy zbilansowanym zapotrzebowaniu pokarmowym. Pasze stosowane obecnie w intensywnej hodowli okonia euroazjatyckiego zostały opracowane w oparciu o zapotrzebowanie pokarmowe innych gatunków ryb, takich jak pstrąg tęczowy czy łosoś. Optymalizacja składu paszy względem zapotrzebowania pokarmowego danego gatunku wymaga wielu kosztownych badań. W przypadku okonia wiedza na temat zapotrzebowania pokarmowego jest jeszcze bardzo ograniczona.

Skutkiem skarmiania pasz o nieoptymalnym składzie jest zwykle otłuszczenie, które prowadzi do pogorszenia stanu zdrowotnego ryb, wzrostu wrażliwości na stres i zmniejszenia przeżywalności. Z drugiej strony, efektem niedoborów pokarmowych np. wysokonienasyconych kwasów tłuszczowych lub aminokwasów egzogennych może być nasilenie kanibalizmu u młodocianych stadiów okonia, które również prowadzi do poważnych strat ekonomicznych. Niektóre badania wskazują również, że okoń jest bardzo wrażliwy na obecność w paszy składników

o obniżonej jakości (np. zjełczonych tłuszczów). Pogłębianie wiedzy na temat wymagań pokarmowych okonia jest niezbędnym elementem dalszego rozwoju akwakultury tego gatunku ryby. Dobra pasza jest warunkiem zdrowia ryb i ekonomicznego sukcesu hodowcy.

6.2. Wymagania pokarmowe okonia - aktualny stan wiedzy

Okoń jako ryba drapieżna w warunkach naturalnych w początkowym okresie życia poluje na plankton. Wraz ze wzrostem w jego diecie znajdują się bezkręgowce wodne, ikra innych ryb (głównie karpiowatych), a następnie ryby (Thorpe 1977). Oznacza to, że gatunek ten jest przystosowany do wykorzystywania pokarmu o wysokiej zawartości białka i niewielkiej zawartości tłuszczu (Tab. 6.1). W składzie pokarmu naturalnego okonia znajduje się wysoka zawartość związków bezazotowych wyciągowych, czyli głównie węglowodanów. Należy jednak zaznaczyć, że w przeciwieństwie do pasz komponowanych, gdzie głównym węglowodanem jest skrobia roślinna, zawartość skrobi w pokarmie naturalnym tych ryb jest znikoma. Szczegółowe informacje o roli skrobi w paszach komponowanych znajdują się w sekcji 6.7.3.

Tab. 6.1. Skład biochemiczny wybranych bezkręgowców wodnych wg Evangelista i in. (2005) oraz narybku płoci Hoseinfar i in. 2013 (% suchej masy).

Rodzaj	Białko surowe	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	ZBAW*	Popiół
Solowiec (<i>Artemia</i>)	49,6	16,9	2,7	25,1	5,7
Wrotki (<i>Brachionus</i>)	60,3	6,7			10,0
Ochotka (<i>Chironomus</i>)	58,0	4,4	4,4	25,9	10,1
Moina (<i>Dafnia</i>)	64,1	14,3	7,4	23,9	11,8
Rurecznik (<i>Tubifex</i>)	47,0	18,9	2,7	20,5	10,8
Płoc narybek**	15,6	9,9			2,2

*ZBAW - związki bezazotowe wyciągowe - głównie węglowodany

** płoc o średniej masie 2,8 g

Przygotowując pasze dla okonia hodowanego w warunkach akwakultury należy tak dobrać komponenty, aby skład paszy w jak największym stopniu był zbliżony do pokarmu naturalnego pod względem wartości odżywczej i pokrywał zapotrzebowanie pokarmowe ryb, gdzie w zbilansowanej ilości są dostępne białka, tłuszcze, węglowodany, witaminy i składniki mineralne.

W celu dostarczenia niezbędnych aminokwasów, potrzebnych dla prawidłowego wzrostu i dobrostanu ryb, wykorzystywane są różne źródła białka. Warto zaznaczyć, że proporcje i źródła białka w paszach ekstrudowanych dla okonia mogą się różnić w zależności od celów żywieniowych, dostępności i cen komponentów. Ważne jest również, aby dążąc do optymalizacji proporcji białka w paszach dla okoni, dostosować je do różnych etapów wzrostu i rozwoju ryb, a także warunków hodowlanych, takich jak temperatura wody i gęstość obsad.

6.3. Zapotrzebowanie na białko

Białko to bardzo istotny składnik odżywczy, jest głównym budulcem organizmu ryby, a także służy do syntezy enzymów, hormonów i przeciwciał. Białko jest zatem niezbędne do wzrostu, regulacji funkcji życiowych organizmu i reakcji na czynniki środowiskowe. Odpowiednia podaż białka jest niezwykle istotna ze względu na ilość oraz istotność funkcji, które pełni w ciele ryby.

W wielu pracach naukowych poświęconych okoniowi stosowane są pasze o bardzo wysokiej zawartości białka 49,1-72,1%. Jednak według Fiogbé i in. (1996) zapotrzebowanie okonia na białko surowe wynosi 36 – 56%, a zalecany poziom w paszy to 40 – 49%. Brown i in. (1996) podali, że 36% białka surowego to poziom wystarczający dla okonia żółtego. Natomiast Ramseyer i Garling (1998) stwierdzili, że dla młodych okoni żółtych poziom 17-21% jest w zupełności wystarczający.

Komponenty stanowiące źródło białka w paszach dla ryb są najdroższymi ze stosowanych surowców. Komponowanie receptury paszy jest zatem ukierunkowane na ograniczenie ilości białka do niezbędnego minimum.

6.4. Zapotrzebowanie na tłuszcz

Rolą tłuszczu w pokarmie jest dostarczanie energii oraz niezbędnych składników odżywczych, takich jak wysokonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) czy sterole, które są szczególnie ważne dla prawidłowego funkcjonowania błon komórkowych. W żywieniu ryb powszechnie stosowana jest strategia żywieniowa polegająca na zwiększeniu ilości lipidów w diecie ryb w celu poprawy efektywności wykorzystania białka. Jeśli tłuszczu w paszy jest zbyt mało ryby wykorzystują białko jako źródło energii. Zwiększając udział niebiałkowych źródeł energii w paszy udostępniamy większą ilość białka na wzrost. Kestemont i in. (2001) nie stwierdzili jednak istotnych różnic we wzroście okoni żywionych paszami zawierającymi 6, 12 i 18% tłuszczu surowego. Zdaniem tych autorów okonie żywione paszą zawierającą 18% tłuszczu wykazują oznaki upośledzenia funkcji wątroby w postaci stłuszczenia narządu. Xu i in. (2001) wykazali, że 19,3% tłuszczu w paszy dla okonia euroazjatyckiego zapewniało najwyższy wskaźnik wykorzystania paszy i białka. Wydaje się zatem,

że pasze wzrostowe dla okonia nie powinny zawierać więcej niż 18% tłuszczu, ale w końcowym etapie tuczu ze względów ekonomicznych można stosować pasze o zawartości podwyższonej do 19%.

6.5. Węglowodany w diecie okonia

Strawne węglowodany są w diecie ryb jedynie źródłem energii i występując w nadmiarze stają się surowcem do syntezy tłuszczu w organizmie ryby. Według dawnych poglądów, ryby słabo wykorzystują węglowodany zawarte w diecie. Jednak według Borrebeak i Christophersen (2000) okoń potrafi doskonale wykorzystywać węglowodany z paszy. Autorzy Ci stwierdzili wysoką aktywność glukokinazy wątrobowej, kinazy purynianowej i dehydrogenazy glukozo-6-fosforanowej u okoni karmionych paszami komercyjnymi. Na podstawie dostępnych obecnie danych można stwierdzić, że również inne gatunki ryb dobrze przyswajają węglowodany z pasz. Przykładowo, Tapia-Salazar i in. (2006) stwierdzili, że skrobia w paszach modyfikowanych zwiększa aktywność glukokinazy, kinazy purynianowej, dehydrogenazy glukozo-6-fosforanowej i syntazy kwasów tłuszczowych u pstrąga tęczowego. Według Sul i Wang (1998) glukoza może być wykorzystywana na kilka sposobów: do akumulacji glikogenu, do produkcji NADPH poprzez szlak pentozofosforanowy, do estryfikacji do triacyloglicerydów poprzez konwersję glukozo-3-fosforanu. Może być również eksportowana w postaci cytrynianu z mitochondriów do syntezy palmitynianu w cytozolu komórkowym. Wydaje się, że w przypadku wykorzystania nadmiaru cukru dostarczonego w paszy najważniejszą rolę odgrywają dwie ostatnie ścieżki. Oznacza to, że skrobia zawarta w paszy jest trawiona, przyswajana przez organizm, a jej nadmiar odkładany w postaci tłuszczu.

Według Stone (2003) ryby reagują na węglowodany w diecie w taki sam sposób jak ludzie, a główna różnica polega na szybkości i sile odpowiedzi na insulinę. Aktywność i poziomy insuliny wydają się być niższe u ryb. Stąd nadmiar węglowodanów w paszy powoduje u większości ryb chwilową hiperglikemię (zwiększony poziom cukru we krwi) i tym samym stymuluje lipogenezę (tworzenie tłuszczu w organizmie).

Podobnie jak w przypadku tłuszczu, zbyt wysoki poziom cukrów w paszy będzie zatem skutkował otłuszczeniem ryb jednak mechanizm tego zjawiska będzie przebiegał w odmienny sposób, z wykorzystaniem wątroby jako głównego miejsca metabolizowania cukrów i syntezy tłuszczu. Powoduje to w konsekwencji silne obciążenie tego narządu i upośledzenie jego funkcji. Optymalna zawartość węglowodanów, (czyli w paszach głównie skrobi) dla ryb okoniowatych nie jest obecnie znana. Przyjmuje się, że pasze dla pstrąga tęczowego powinny zawierać 11-13% skrobi lub więcej. Jednak w przypadku okonia wartości na takim poziomie

wydają się być zbyt wysokie, gdyż jak wspomnieliśmy wcześniej z łatwością przyswajają skrobię i jest podatny na otłuszczenie.

6.6. Problem pasz dla okonia w projekcie PRO-PERCH

Jak łatwo zauważyć czytając przytoczone w tym rozdziale informacje, na jakość i efektywność wykorzystania pasz w akwakulturze okonia wpływa wiele czynników. Sprawia to pewien problem w porównaniu do wyników badań różnych autorów, gdyż nie jest opracowana standardowa, referencyjna, receptura pasz. Różni autorzy stosują różne składniki i proporcje poszczególnych komponentów, co oczywiście wpływa na rezultaty testów. Stąd powstawać mogą pewne rozbieżności takie jak np. przytoczone opinie na temat zapotrzebowania okonia na białko. W projekcie PRO-PERCH postanowiono sprawdzić ideę paszy referencyjnej o uproszczonym składzie (mączka rybna- główne źródło białka, olej rybny, mąka pszenna, premiks witaminowy) skomponowanej tak by określić optymalne zapotrzebowanie pokarmowe okonia.

W eksperymencie nr 1 wykonano cztery pasze eksperymentalne zawierające 44%, 52%, 60% i 68% mączki rybnej w swoim składzie, co odpowiadało 37,9%, 42,8%, 49,3% i 50,7% białka. Zawartość tłuszczu w tych paszach wynosiła 18-24%. W badaniu wykorzystano ryby o średniej masie ciała 73 g. Ryby karmiono paszą w dawce 1% masy ciała dziennie przez 80 dni. Najlepsze efekty hodowlane zaobserwowano w grupach żywionych paszą zawierającą 42,8% i 49,3% białka; w obu przypadkach wskaźnik wykorzystania paszy na wzrost (FCR) wyniósł odpowiednio 1,69 i 1,58. Należy jednak zaznaczyć, że ryby karmione paszą o najwyższej zawartości białka cechowały się na koniec testu największą średnią masą ciała ($129,0 \pm 32,7$ g) i najwyższym wskaźnikiem tempa wzrostu (SGR $0,68 \pm 0,03$).

W eksperymencie nr 2 przygotowano 4 pasze o zawartości oleju rybnego 8%, 12%, 16% i 20%, co odpowiadało zawartości tłuszczu na poziomie odpowiednio 12,7%, 14,1%, 18,0% i 22,9% tłuszczu. Pasje zawierały białko w ilości odpowiednio 43,7%, 44,0%, 45,1% i 46,1%. W badaniu wykorzystano ryby o średniej masie ciała 51,4 g. Ryby karmiono paszą w dawce 1% masy ciała dziennie przez 70 dni. Po tym czasie nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic w przyrostach ryb lub we wskaźnikach hodowlanych. Ryby osiągnęły średnią masę 101,0 g w praktyce podwajając początkową masę ciała. Średnie wartości wskaźników FCR i SGR wyniosły odpowiednio 2,06 oraz 0,86. We wszystkich grupach odnotowano wysoki wskaźnik kondycji Fultona na poziomie 2,1.

Wyniki powyższych eksperymentów wskazują, że zastosowanie paszy „referencyjnej”, w której jedynym surowcem wysokobiałkowym jest mączka rybna pozwala na osiągnięcie zadowalających wyników hodowlanych u okonia.

Należy jednak zaznaczyć, że jej uproszczony skład daje niewielkie możliwości sterowania procesem produkcji, co znacząco utrudnia uzyskanie produktu o cechach fizycznych paszy pozwalających na komercyjne zastosowanie i ogranicza potencjalne zastosowanie takiej paszy jedynie do testów porównawczych. Należy również zaznaczyć, że wyniki wskaźników wzrostowych osiągane w badaniach naukowych prowadzonych na okoniu są zwykle „gorsze” od tych osiąganych w hodowlach tych ryb. Dzieje się tak głównie ze względu na metodykę prowadzenia badań, wymagającą częstego wyławiania i ważenia ryb. Okonie są wrażliwe na stres manipulacyjny, który prowadzi m.in. do słabienia wzrostu.

6.7. Komponenty stosowane do produkcji pasz dla okonia

6.7.1. Źródła białka

Najlepszym i najczęściej stosowanym źródłem wysokowartościowego białka o dobrej przyswajalności w paszach dla ryb jest mączka rybna charakteryzująca się również dobrze zbilansowanym profilem kwasów tłuszczowych. Znaczne ograniczenia w dostępności mączki rybnej, troska o środowisko naturalne oraz zasoby ryb oceanicznych skłaniają branżę paszową do poszukiwania alternatywnych komponentów. Dobierając komponenty alternatywne w stosunku do mączki rybnej pod uwagę należy brać nie tylko ilość białka w surowcu, ale również jego jakość, o której decyduje przede wszystkim zawartość aminokwasów (Gatlin i in. 2007). Przeprowadzona przez Galkanda–Arachchige i in. (2020) statystyczna analiza danych dotyczących pasz zawierających w swoim składzie mączkę rybną dla ponad 33 gatunków ryb wskazała na możliwość opracowania receptur pasz dla ryb, w których udział mączki rybnej w 100% można zastąpić mączkami pochodzącymi z przemysłu drobiarskiego (mączka drobiowa, mączka z pierza, suszona plazma krwi). Do komponentów zwierzęcych stanowiących źródło białka w paszach stosowanych w akwakulturze również należą: mączka z kryła, mączka mięsno-kostna, mączka z krwi. Deficyt białka przeznaczonego dla ludzi i zwierząt powoduje potrzebę poszukiwania nowych alternatywnych źródeł tego cennego składnika. Przyszłością mogą być larwy owadów, które można hodować na szerokiej gamie pasz roślinnych i produktów ubocznych. Zgodnie z rozporządzeniem Komisji UE 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r. dozwolone jest stosowanie białka z owadów w żywieniu zwierząt akwakultury. Jako surowiec do produkcji pasz mogą być wykorzystywane następujące gatunki owadów:

- chrząszcze: mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*), pleśniakowiec złoty (*Aphitobitus diaperinus*),

- muchy: mucha czarna (*Hermetia illucens*) nazywana czarnym żołnierzem, oraz mucha domowa (*Musca domestica*),
- świerszcze: świerszcz domowy (*Acheta domestica*), świerszcz bananowy (*Gryllodes sigillatus*), świerszcz kubański (*Gryllus assimilis*).

Bogate w białko owady są naturalnym składnikiem diet wielu gatunków ryb. Owady charakteryzują się nie tylko wysoką zawartością (40-60%) pełnowartościowego białka, ale są także dobrym źródłem energii i niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Uwzględniając fakt, że mączki z owadów zawierają znaczne ilości tłuszczu i chityny, ich udział procentowy w paszach szczególnie dla ryb drapieżnych nie powinien być wysoki (Woźniak i in. 2021). Chityna jest substancją nie poddającą się trawieniu w przewodzie pokarmowym ryb, jednocześnie rozdrobniona uzyskuje dużą powierzchnię, którą wchłania składniki odżywcze czyniąc je niedostępnymi dla organizmu. Wysoka zawartość chityny w paszy zmniejsza strawność i przyswajalność składników odżywczych.

Badane są także możliwości zwiększenia udziału w paszach dla ryb drapieżnych tańszych i bogatych w białko surowców roślinnych. Jednakże, ze względu na zawartość substancji antyżywniowych oraz odmienny od zwierzęcego skład aminokwasowy, znaczące zwiększenie w paszach udziału roślinnych komponentów alternatywnych może wpływać zarówno na wyniki hodowlane, jak i na wartość odżywczą mięsa ryb (Hansen i Hemre 2013, Niewiadomski i in. 2016) i prawdopodobnie zajdzie potrzeba uzupełnienia aminokwasów egzogennych. W surowcach roślinnych jak np. w roślinach bobowatych w znacznej ilości występują czynniki antyżywniowe (antyodżywcze), które też w pewnym stopniu mogą ograniczać ich wykorzystanie. Czynniki te mogą obniżać strawność składników pokarmowych i ich absorpcję oraz zakłócać metabolizm, a w konsekwencji ograniczać wzrost ryb (Francis i in. 2001).

W paszach dla okoni można stosować mączkę sojową lub koncentrat białka sojowego charakteryzujące się odpowiednim dla tego gatunku profilem aminokwasowym. Mączka sojowa ma niższą wartość biologiczną niż mączka rybna, ale w pewnym procencie może stanowić alternatywę w stosunku do białka zwierzęcego, szczególnie gdy jest odpowiednio przetworzona w celu obniżenia zawartości czynników antyżywniowych. Źródłem białka roślinnego może być również mączka z rzepaku. Zawiera jednak czynniki antyżywniowe, takie jak glukozynolany i inhibitory proteaz, co ogranicza jej wykorzystanie w paszach. Obecne technologie produkcji pasz umożliwiają dezaktywowanie niektórych substancji występujących w komponentach roślinnych. Tym samym, jedną z możliwości zwiększenia udziału komponentów roślinnych w paszach dla ryb drapieżnych jest produkcja koncentratów roślinnych pozbawionych czynników antyżywniowych (Naylor i in. 2000).

Zdaniem Hartviksen i in. (2014) w paszach dla ryb łososiowatych można w ograniczonych ilościach stosować koncentrat białka grochu charakteryzujący się gorszą jakością biochemiczną (profil aminokwasowy) w porównaniu z białkiem soi i łubinu. Jednym z roślinnych komponentów o wysokiej wartości odżywczej, który może być stosowany w paszach dla ryb jest szarłat (*Amaranthus cruentus*) (Niewiadomski i in. 2016). Nasiona szarłat cechują się wysokimi walorami odżywczymi i zdrowotnymi.

6.7.2. Źródła tłuszczu i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych

Ważnym źródłem energii oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, które są kluczowe dla prawidłowego wzrostu, rozwoju i zdrowia ryb są tłuszcze. Przy opracowywaniu receptury paszy dla okonia ważne jest, aby uwzględnić odpowiednią ilość i rodzaj tłuszczu w celu zapewnienia prawidłowego rozwoju i zdrowia ryb. Aktualnie olej rybny, ze względu na wysoką zawartość kwasów tłuszczowych omega-3, takich jak EPA (eikozapentaenowy) i DHA (dokozapentaenowy), które są niezbędne dla zdrowia ryb (prawidłowego metabolizmu), to główne źródło tłuszczu w paszach dla ryb. Jako alternatywę lub uzupełnienie oleju rybnego w paszach dla ryb można stosować oleje roślinne: olej sojowy, olej lniany, olej rzepakowy, olej słonecznikowy i inne. Należy jednak zwrócić uwagę, że oleje roślinne mają inny profil kwasów tłuszczowych niż olej rybny i mogą wymagać suplementacji kwasami omega-3 (Kowalska i in. 2011), które odgrywają kluczową rolę zarówno w żywieniu ryb jak i człowieka (Tocher i in. 2019). W produkcji pasz przeznaczonych dla akwakultury można również stosować olej z alg hodowanych specjalnie do tego celu (Gong i in. 2014, Ryckebosch i in. 2014).

6.7.3. Źródła skrobi

Skrobia w paszach ekstrudowanych dla ryb pełni nie tylko rolę źródła energii. Jest także istotnym elementem pasz z punktu widzenia technologii produkcji. Stanowi lepiszcze i nadaje strukturę wewnętrzną produktowi końcowemu. Wpływa istotnie na takie cechy jak twardość, trwałość i pływalność paszy. Ponieważ w zależności od pochodzenia skrobia różni się właściwościami (np. temperaturą topnienia), w celu uzyskania pożądanych właściwości paszy stosuje się różne źródła skrobi jednocześnie.

Źródłem skrobi w paszach dla ryb jest głównie pszenica. Jako dodatek energetyczny można również stosować skrobię pochodząca z innych roślin, takich jak ziemniaki, kukurydza czy ryż. W paszach formowanych produkowanych metodą

ekstruzji można również stosować suszony wywar gorzelniany (DDGS) czy też produkty uboczne uzyskiwane podczas wytwarzania koncentratów białkowych z roślin strączkowych.

6.7.4. Dodatki paszowe

W paszach dla ryb stosowana jest cała gama dodatków paszowych (Encarnação 2016). W rozumieniu Ustawy o paszach z dn. 22 lipca 2006 r. (Dz.U. 2021 poz. 278) dodatki paszowe to substancje, drobnoustroje lub preparaty, które są celowo dodawane do paszy lub wody, aby między innymi korzystnie wpływać na cechy paszy, środków spożywczych, ubarwienie ryb, korzystnie wpływać na środowisko i hodowlę, cechy użytkowe lub dobrostan zwierząt (Tab. 6.2). Poprzez stosowanie dodatków paszowych można produkować żywność funkcjonalną bogatą nie tylko w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, pełnowartościowe białko, ale również w bioaktywne składniki. Probiotyki, prebiotyki i symbiotyki nie tylko wpływają na poprawę stanu zdrowia i przeżywalność ryb, ale zapewniają wysoką strawność składników paszy oraz lepszą jakość wody (Suguna 2020). Poprawę stopnia wykorzystania paszy i odporności ryb można uzyskać stosując w paszach rośliny lecznicze i dodatki fitogeniczne (Ezzat Abd El-Hack i in. 2016, Oniszczuk i in. 2019, Palariya i in. 2019, Malheiros i in. 2020, Orso i in. 2022). Nukleotydy wykorzystywane są jako substancje stymulujące mechanizmy immunologiczne i zwiększające odporność na stres (Cheng i in. 2011a, b, Tahmasebi-Kohyani i in. 2012).

W przypadku stosowania znacznych ilości roślinnych źródeł białka i tłuszczu zachodzi potrzeba uzupełniania pasz niezbędnymi aminokwasami (Espe i in. 2006, Costas i in. 2011, Pohlenz i in. 2012)), a także niezbędnymi nienasyconymi kwasami tłuszczowymi (Liu i in. 2018, Lu i in. 2021). W wyniku badań dotyczących poprawy strawności pasz za pomocą suplementacji kwasami organicznymi przeprowadzonych na różnych gatunkach ryb stwierdzono pozytywny wpływ tych związków na tempo wzrostu, trawienie paszy i parametry hematologiczne ryb (Omosowone i in. 2015, Hoseinifar i in. 2017, Ng i Koh 2017, Davies i in. 2020). Powszechnie stosowanymi dodatkami do pasz są enzymy egzogenne wpływające na wzrost strawności i wykorzystania składników paszy oraz poprawę tempa wzrostu (Rodriguez i in. 2018, Zheng i in. 2020).-

Pasze stosowane w żywieniu ryb charakteryzują się znaczną zawartością tłuszczu podatnego na jełczenie. W celu ochrony przed utlenianiem zarówno tłuszczu jaki i zawartych w nim witamin czy karotenoidów, do pasz dodawane są antyoksydanty (BHA, BHT) w ilości 150 mg/ kg paszy. Funkcję antyutleniaczy pełnią również witaminy E i C (Ibrahim i in. 2020, Harsij i in. 2020, Saheli i in. 2021, Pereira i in. 2022).

Tab. 6.2. Przykłady dodatków stosowanych w paszach dla ryb.

Dodatek paszowy	Przykład	Cel stosowania
Probiotyki	Lactobacillus spp., Bacillus spp., Streptomyces spp., Streptococcus spp.	poprawa odporności ryb, strawności pasz, zwiększenie przyrostów ryb, odporności na stres, zwalczanie szkodliwych mikroorganizmów, poprawa jakości środowiska
Prebiotyki	mannooligosacharydy, fruktooligosacharydy, galaktooligosacharydy	wspomaganie rozwoju bakterii probiotycznych w jelitach
Rośliny lecznicze i dodatki fitogeniczne	oregano, rozmaryn, tymianek, szalwia, jeżówka purpurowa	poprawa strawności, zwalczanie patogennych mikroorganizmów, poprawa odporności
Aminokwasy	arginina, tryptofan, metionina, lizyna	zbilansowanie składu aminokwasowego pasz
Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe	olej lniany, olej sojowy, mikroalgi	suplementacja pasz w NNKT
Kwasy organiczne	kwas octowy, kwas mrówkowy, kwas fumarowy, kwas mlekowy, kwas propionowy, kwas cytrynowy	poprawa strawności pasz
Enzymy egzogenne	proteaza, amylaza, fitaza, lipaza	poprawa strawności i przyswajania składników odżywczych
Nukleotydy	monofosforan cytydyny, monofosforan urydyny, AMP, monofosforan inozyny (IMP) i GMP	poprawa odporności i przyrostów młodocianych stadiów ryb
Antyoksydanty	butylowany hydroksyanizol, butylowany hydroksytoluen, witamina E, witamina C	ochrona pasz przed jełczeniem, zwalczanie stresu oksydacyjnego u ryb

6.8. Jaki rodzaj paszy wybrać

Podsumowując powyższe rozważania, jeżeli to możliwe, hodowca powinien wykorzystywać paszę dedykowaną dla okonia. Ponieważ jednak na rynku brak jest takich pasz powinien wybierać te, które mają w swoim składzie 40-46% białka, nie więcej niż 18% tłuszczu i do 13% skrobi. Jeżeli to możliwe, pasza powinna być paszą wolno tonącą, wzbogaconą o odpowiednie dla wieku ryby dodatki paszowe.

6.9. Wpływ pasz komercyjnych na efekty podchowu narybku

Pomimo tego że, jak już wspomniano w rozdziale 4 (patrz sekcja 4.3), podchów narybku okonia nie stanowi większego problemu, jednym z najważniejszych czynników determinujących jego efektywność w systemach recyrkulacyjnych jest optymalizacja reżimu żywieniowego. Nieprawidłowe żywienie (nieodpowiednia pasza; źle dobrana ilość i wielkość pokarmu) skutkuje zwykle zróżnicowaniem wielkościami obsad, a co za tym idzie wzrostem zachowań kanibalistycznych (Kestemont i in. 2003). Z kolei efektywność trawienia pokarmu przez osobniki młodociane uzależniona jest od stopnia rozwoju morfologicznego, a przede wszystkim anatomicznego ich przewodu pokarmowego. U larw okonia jelito kształtuje się całkowicie w końcowym okresie resorpcji woreczka żółtkowego, zaś żołądek kilkanaście dni po wykluciu (Hamza i in. 2015). Dlatego właśnie na tym etapie niezbędne jest podawanie rydom *ad libitum* pokarmu żywego, najczęściej w postaci larw solowca (*Artemia* sp.), będących źródłem cennych aminokwasów egzogennych. W późniejszych etapach podchowu, czyli po przejściu z pokarmu żywego na pasze komponowane oraz po zakończeniu etapu rozwoju larwalnego zaleca się natomiast stosowanie wyłącznie paszy komponowanej. Okres przejścia na paszę komponowaną jest również uznawany za jeden z krytycznych etapów w podchowcie młodocianych stadiów ryb okoniowatych, bowiem wtedy nasila się zwykle zjawisko kanibalizmu będącego przyczyną ich wysokiej śmiertelności (Król i Zieliński 2015).

Do niedawna na rynku niedostępne były komercyjne pasze komponowane – dedykowanych narybkowi i tarlakom ryb okoniowatych, dlatego w trakcie ich podchowów stosowano powszechnie te przeznaczone dla innych gatunków np. łososiowatych czy karpowatych. Nieodpowiedni metabolicznie skład takich pasz, skutkuje jednak zróżnicowaniem wielkości osobników w stadzie, co stanowi zawsze poważny problem dla hodowców. Pomijając kwestię kanibalizmu, podchów jednorodnego wielkościami materiału obsadowego przynosi liczne korzyści, jak przewidywalne przyrosty ryb, czy też efektywniejsze wykorzystywanie przez nie zadawanej paszy. W konsekwencji ułatwia to też wszelkie zabiegi hodowlane w systemach recyrkulacyjnych, związane z utrzymaniem odpowiedniego stanu sanitarnego obsad (Kestemont i in. 2003).

W przeprowadzonych przez Bochert (2020) badaniach, pasze komercyjne, dedykowane specjalnie dla ryb okoniowatych oznaczone literami A, B i C, o zawartości surowego białka między 49,1% a 52,9% i tłuszczu między 13,0% a 22,2%, aplikowano okoniom o początkowej masie ciała wynoszącej 91,9 g w trakcie 106-dniowego podchowu w systemie recyrkulacyjnym. Paszę kontrolną

stanowił w tym przypadku granulata wykorzystywany do hodowli jesiotra i labraksa (pasza D). Pasza A, która w swym składzie – zgodnie z informacjami producenta – miała 54% białka i 20% tłuszczu okazała się najlepsza pod względem przyrostu masy ciała obsad, współczynnika pokarmowego (1,65), specyficznego tempa wzrostu (0,74%/dzień) i drugiego najlepszego wskaźnika - przeżywalności - na poziomie 98,1%. Zanotowane różnice w wydajności rzeźnej były zaś istotne statystycznie tylko w odniesieniu do wskaźnika wiscero-somatycznego. Natomiast współczynnik kondycji (K), wskaźnik hepatosomatyczny oraz skład proksymalny ciała okazały się porównywalne w przypadku wszystkich badanych pasz (Bochert 2020).

6.9.1. Żywnienie narybku

W ramach projektu „Pro-Perch” przeprowadzono eksperyment polegający na przetestowaniu efektywności trzech komercyjnych pasz, których receptury wedle producentów, zostały opracowane dla ryb okoniowatych. W podchowiu wykorzystano pasze: Perch Aller Thalassa (Aller Aqua Ltd. – pasza Aller), NeoSupra (S.A.S. Le Gouessant Aquaculture – pasza Neo) oraz Europa 15 (Skretting Ltd. – pasza Skretting), zróżnicowane pod względem procentowej zawartości białka (52 – 60%) i tłuszczu surowego (14 – 17%) oraz popiołu (9,0 – 12,6%), natomiast o zbliżonym poziomie włókna i fosforu (Tab. 6.3).

Tab. 6.3. Skład pasz komercyjnych wykorzystanych w eksperymentalnym podchowiu narybku okonia w ramach projektu „Pro-Perch”.

Parametr	pasza Aller	pasza Neo	pasza Skretting
Białko surowe (%)	60	52	56
Tłuszcz surowy (%)	14	17	16
NFE (m.in. Węglowodany) (%)	6,6	b.d.	b.d.
Popiół (%)	12,6	9,0	9,7
Włókno (%)	0,8	1,0	1,5
P (%)	1,4	1,5	1,5
Energia brutto (MJ)	21,0	21,7	21,0
Energia strawna (MJ)	19,3	b.d.	b.d.

Materiał badawczy w eksperymencie trwającym sześć tygodni, stanowił narybek o początkowej średniej masie ciała $1,9 \pm 0,55$ g oraz długości całkowitej $5,4 \pm 0,5$ cm (Tab. 6.4). Podchów prowadzono w zbiornikach rotacyjnych o pojemności $0,3 \text{ m}^3$, w trzech powtórzeniach dla każdego rodzaju paszy, zestawionych w trzy niezależne systemy recyrkulacyjne. Obsada początkowa wynosiła 1 os. dm^{-3} . Temperatura

wody w trakcie podchowu oscylowała w granicach 20,1-21,9°C (średnia 20,5±0,6); zawartość tlenu 6,96-8,13 mg O₂ dm⁻³ natomiast fotoperiod zastosowany w eksperymencie wynosił w tym przypadku 14L:10D. Wyniki doświadczenia nie wykazały istotnych statystycznie różnic wartości analizowanych wskaźników zootechnicznych dotyczących wzrostu i przeżywalności narybku, przy czym najniższą średnią masę ciała osiągnęły ryby karmione paszą NeoSupra zawierającą najmniej białka i tłuszczu w swym składzie. Jedynym parametrem różniącym się istotnie statystycznie w obrębie badanych grup okazał się współczynnik zróżnicowania masy ciała narybku okonia, którego najwyższą wartość 43,7% zanotowano w grupie Skretting, co z praktycznego punktu widzenia jest niepożądane, gdyż otrzymujemy ryby znacznie zróżnicowane pod względem masy (i tym samym też wielkości). Odsetek śniętych osobników w wyniku śmiertelności naturalnej, jak i tej wynikającej z zachowań kanibalistycznych, był zbliżony we wszystkich grupach doświadczalnych (Tab. 6.4).

Tab. 6.4. Wyniki eksperymentalnego podchowu narybku okonia z zastosowaniem trzech pasz komercyjnych.

Parametr	pasza Aller	pasza Neo	pasza Skretting
Początkowa średnia długość ciała (cm)	5,4 ± 0,5	5,4 ± 0,5	5,4 ± 0,5
Początkowa średnia masa ciała (g)	1,9 ± 0,55	1,9 ± 0,55	1,9 ± 0,55
Końcowa średnia długość ciała (cm)	7,5 ± 0,89	7,1 ± 1,0	7,4 ± 0,97
Końcowa średnia masa ciała (g)	6,18 ± 2,33	5,39 ± 2,29	5,91 ± 2,58
Współczynnik zróżnicowania długości (%)	11,8 ^a	14,0 ^b	13,2 ^{ab}
Współczynnik zróżnicowania masy (%)	37,7 ^a	42,5 ^b	43,7 ^b
Względny przyrost masy ciała (%·d ⁻¹)	2,81	2,48	2,70
Współczynnik kondycji (%)	1,46	1,49	1,48
Indeks hepatosomatyczny (%)	1,50	1,47	1,84
Przeżywalność (%)	96,6	94,7	95,0
Śmiertelność naturalna (%)	1,2	1,2	1,3
Odsetek ofiar kanibalizmu (%)	2,2	4,1	3,7

Fontaine i in. (1997) badając wpływ dawki pokarmowej paszy komercyjnej na poziomie 1, 2, oraz 3% masy ciała na dzień, na wzrost narybku okonia o przeciętnej masie ciała 10 g, podchowyanego w temperaturze 21°C przez 84 dni, aplikowali rybom paszę czterokrotnie w ciągu doby. Spośród trzech testowanych poziomów żywienia, dawka wynosząca 2% biomasy obsad okazała się optymalna, biorąc pod uwagę wartość wskaźnika SGR na poziomie 1,7% dzień⁻¹ i FCR zbliżonego do 1. Natomiast zwiększenie poziomu żywienia do 3% nieznacznie poprawiało tempo

wzrostu, jednocześnie skutkując gorszym wykorzystaniem paszy (FCR = 1,53). Fiogbé i Kestemont (2003) oszacowali optymalną dzienną dawkę pokarmową dla różnych rozmiarów okonia eurazjatyckiego w temperaturze 23°C. Eksperyment przeprowadzono na czterech sortymentach ryb o początkowej masie ciała w zakresie od 0,22 do 18,9 g. Ryby karmiono automatycznie przy dziennych poziomach żywienia wynoszących od 1% do 20% biomasy ryb, w zależności od ich początkowej wielkości. Autorzy doszli do wniosku, że optymalny poziom żywienia zmniejsza się z 7,4% do 5,1%, 4,5% i 2,2% masy ciała na dzień dla ryb o masie odpowiednio 0,22, 0,73, 1,56 i 18,9 g. Niski poziom dawki pokarmowej (2% masy ciała/dzień) znacząco wpłynął na przeżywalność okoni, z szacowaną przeżywalnością rzędu 51,5; 71 oraz 75% dla ryb o średniej masie początkowej odpowiednio 0,22, 0,73 i 1,56 g. Śmiertelność tę można tłumaczyć niedoborem składników odżywczych, ale także wysokim poziomem kanibalizmu. Ponadto, wg. Kestemont i in. (2003), mała dostępność pokarmu oraz użycie automatycznych karmników może niekiedy przyczynić się do zwiększenia heterogeniczności wzrostu obsad. Dzieje się tak, gdy w stadzie pojawiają się osobniki dominujące, zazwyczaj pierwsze i w większej ilości pobierające zadawaną paszę, co skutkuje zmniejszeniem dostępności pokarmu dla pozostałych ryb (Geay i Kestemont 2015; Wysujack i Drahotta 2017). Niezależnie jednak od rodzaju stosowanej paszy komponowanej/sztucznej, adaptacja larw i narybku do tego rodzaju pokarmu w warunkach intensywnej hodowli jest kluczowym momentem w protokole produkcyjnym.

Literatura:

- Alix M., Chardard D., Ledore Y., Fontaine P., Schaerlinger B. 2015 - An alternative developmental table to describe non-model fish species embryogenesis: application to the description of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L. 1758) development – *EvoDevo* 6: 39.
- Baras E., Kestemont P., Melard C. 2003. Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions. *Aquaculture* 219: 241-255.
- Borrebeak B., Christophersen B. 2000. Hepatic glucose phosphorylating activities in perch (*Perca fluviatilis*) after different dietary treatments. *Comp. Biochem. Phys., Part B* (125): 387-393.
- Brown P.B., Dabrowski K., Garling D.L. Jr. 1996. Nutrition and feeding of yellow perch, *Perca flavescens*. *J. Appl. Ichthyol.* 12(3-4): 171-174.
- Cheng Z., Buentello A., Gatlin D.M. 2011a. Dietary nucleotides influence immune responses and intestinal morphology of red drum *Sciaenops ocellatus*. *Fish Shellfish Immunol.* 30: 143-147.
- Cheng Z., Buentello A., Gatlin D.M. 2011b. Effects of dietary arginine and glutamine on growth performance, immune responses and intestinal structure of red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture* 319: 247-252.

- Costas B., Conceição L.E.C., Dias J., Novoa B., Figueras A., Afonso A. 2011. Dietary arginine and repeated handling increase disease resistance and modulate innate immune mechanisms of Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858). *Fish Shellfish Immunol.* 31: 838-847.
- Davies S. J., Guroy D., Hassaan M. S., El-Ajnaf S. M., El-Haroun E. 2020. Evaluation of co-fermented apple pomace, molasses and formic acid generated sardine-based fish silages as fishmeal substitutes in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) production. *Aquaculture* 521(15): 735087.
- Egloff M. 1996. Failure of swim bladder inflation of perch, *Perca fluviatilis* L. found in natural populations. *Aquat. Sci.* 58: 15-23.
- Encarnaç o P. 2016. Functional feed additives in aquaculture feeds. W: *Aquafeed formulation* (Red.) S.F. Nates. Wyd. Elsevier: 217–237.
- Espe M., Lemme A., Petri A., El-Mowafi A. 2006. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal?. *Aquaculture* 255: 255-262.
- Evangelista A.D., Fortes N.R, Santiago C. B. 2005. Comparison of some live organisms and artificial diet as feed for Asian catfish *Clarias macrocephalus* (Günther) larvae. *J. Appl. Ichthyol.* 21(5): 437-443.
- Ezzat Abd El-Hack, M., Alagawany M., Farag R. M., Tiwari R., Karthik K., Dhama K., Zorriehzahra J., Adel M. 2016. Beneficial impacts of thymol essential oil on health and production of animals, fish and poultry: A review. *J. Essent. Oil Res.* 28(5): 365–382.
- Fiogbé E.D., Kestemont P., Mélard C., Micha J.C. 1996. The effects of dietary crude protein on growth of the Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* (144): 239-249.
- Fiogbé B., Kestemont P. 2003. Optimum daily ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture* 216: 243-252.
- Fontaine P., Gardeur J.N., Kestemont P., Georges A. 1997. Influence of feeding level on growth, intraspecific weight variability and sexual growth dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared in a recirculation system. *Aquaculture* 157: 1-9.
- Fraga-Corral M., Ronza P., Garcia-Oliveira P., Pereira A. G., Losada A. P., Prieto M. A., Simal-Gandara J. 2022. Aquaculture as a circular bio-economy model with Galicia as a study case: How to transform waste into revalorized by-products. *Trends Food Sci. Technol.* 119: 23–35.
- Francis G., Makkar H.P.S., Becker K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199: 197–227.
- Galkanda. Arachchige H.S.C, Wilson A.E., Davis D.A. 2020. Success of fishmeal replacement through poultry by-product meal in aquaculture feed formulations: a meta-analysis. *Rev. Aquacul.* 12(3): 1624-1636.
- Gatlin D.M., Barrows F.T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E., Hu G., Krogdahl A., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R., Wurtele E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquac. Res.* 38: 551-579.

- Geay F., Kestemont P. 2015. Feeding and nutrition of percid fishes during on-growing stages. W: Biology and culture of percid fishes - principles and practices (Eds.) P. Kestemont, K. Dabrowski, Summerfelt R.C., Springer, New York: 587-622.
- Guma'a S.S. 1978. The effects of temperature on the development and mortality of eggs of perch, *Perca fluviatilis*. Freshwater Biol. (191B)S: 221-227.
- Hamza N., Ostaszewska T., Kestemont P. 2015. Development and functionality of the digestive system in percid fishes early life stages. W: Biology and culture of percid fishes - principles and practices (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 239-264.
- Gong Y., Wan X., Jiang M., Hu Ch., Hu H., Huang F. 2014. Metabolic engineering of microorganisms to produce omega-3 very long-chain polyunsaturated acids. Prog. Lipid Res. 56: 19–35.
- Hansen A.C. Hemre G.I. 2013. Effect of replacing fish meal and oil with plant resources in on-growing diets for Atlantic cod *Gadus morhua* L. Aquacult. Nutr. 19: 641-650.
- Harsij M., Kanani H.G., Adineh H. 2020. Effects of antioxidant supplementation (nanoselenium, vitamin C and E) on growth performance, blood biochemistry, immune status and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under sub-lethal ammonia exposure. Aquaculture 521: 734942.
- Hartviksen M., Vecino J.L.G., Ringø E., Bakke A.M., Wadsworth S., Krogdahl A., Ruohonen K., Kettunen A. 2014. Alternative dietary protein sources for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) effect on intestinal microbiota, intestinal and liver histology and growth. Aquac. Nutr. 20: 381-398.
- Hoseinifar S.H., Khalili M., Rostami K.H., Esteban M.A. 2013. Dietary galactooligosaccharide affects intestinal microbiota, stress resistance, and performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. Fish & Shellfish Immunology. (2013): 1-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2013.08.007>
- Hoseinifar S. H., Sun Y. Z., Caipang C. M. 2017. Short-chain fatty acids as feed supplements for sustainable aquaculture. Aquac. Res. 48(4): 1380–1391.
- Ibrahim R.E., Ahmed S.A.A., Amer S.A., Al-Gabri N.A., Ahmed A.I., Abdel-Warith A.A., El-Sayed A.A., Younis M.I., Metwally A.E. 2020. Influence of vitamin C feed supplementation on the growth, antioxidant activity, immune status, tissue histomorphology, and disease resistance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquac. Rep. 18: 100545.
- Jentoft S., Øxnevad S., Aastveit AH., Andersen Ø. 2006 - Effects of tank wall color and up-welling water flow on growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis*). J. World. Aquacult. Soc., 37: 313-317.
- Kestemont P., Jourdan S., Houbart M., Mélard C., Paspatis M., Fontaine P., Cuvier A., Kentouri M., Baras E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. Aquaculture 227: 333-356.
- Kestemont P., Vandeloise E., Mélard C., Fontaine P., Brown P.B. 2001. Growth and nutritional status of Eurasian perch *Perca fluviatilis* fed graded levels of dietary lipids with or without added ethoxyquin. Aquaculture (203): 85-99.

- Kestemont P., Henrotte E. 2015. Nutritional requirements and feeding of broodstock and early life stages of Eurasian perch and pikeperch. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 539-564.
- Kestemont P., Mélard C., Held J.A., Dabrowski K. 2015. Culture methods of Eurasian perch and yellow perch early life stages. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 265-293.
- Kokurewicz B. 1969. The influence of temperature on the embryonic development of the perches, *Perca fluviatilis* L. and *Lucioperca lucioperca* L. *Zool. Pol.* 19: 4767.
- Kowalska A., Zakęś Z., Jankowska B., Demska-Zakęś K. 2011. Effect of different dietary lipid levels on growth performance, slaughter yield, chemical composition, and histology of liver and intestine of pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Czech J. Anim. Sci.* 56: 136-149.
- Król J., Dauchot N., Mandiki S.N.M., Van Cutsem P., Kestemont P. 2015. Cannibalism in cultured Eurasian perch *Perca fluviatilis* (Actinopterygii: Perciformes: Percidae) - implication of maternal influence, kinship and sex ratio of progenies. *Acta Ichthyol. Piscat.* 45: 65-73.
- Król J., Długoński A., Błażejowski M., Hliwa P. 2019. Effect of size-sorting on growth, cannibalism and survival in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. post-larvae. *Aquacult. Int.* 27: 945-955.
- Król J., Zieliński E. 2015. Effects of stocking density and weaning age on cannibalism, survival and growth in European perch *Perca fluviatilis* larvae. *Pol. J. Natur. Sci.* 30(4): 403-415.
- Kupren K., Palińska-Żarska K., Krejszef S., Żarski D. 2019. Early development and allometric growth in hatchery-reared Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L. *Aquacult. Res.* 50: 2528–2536.
- Liu C., Wang J., Ma Z., Li T., Xing W., Jiang N., Luo, L. 2018. Effects of totally replacing dietary fish oil by linseed oil or soybean oil on juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser baeri* Brandt × *A. schrenckii* Brandt. *Aquac. Nutr.* 24(1): 184–194.
- Lu X., Cui Y., Chen Y., Xiao Y., Song X., Gao F., Lu Y. 2021. Sustainable development of microalgal biotechnology in coastal zone for aquaculture and food. *Sci. Total Environ.* 780: 146369.
- Malheiros D. F., Sarquis I. R., Ferreira I. M., Mathews P. D., Mertins O., Tavares-Dias M. 2020. Nanoemulsions with oleoresin of *Copaifera reticulata* (Leguminosae) improve anthelmintic efficacy in the control of monogenean parasites when compared to oleoresin without nanoformulation. *J. Fish Dis.* 43(6): 687–695.
- Manci W.E. 1983. Harvesting photopositive juvenile fish from a pond using a lift net and light. *Aquaculture* 34(1–2):157–164.
- Mandiki S.N.M., Blanchard G., Mélard C., Koskela J., Kucharczyk D., Fontaine P., Kestemont P. 2004. Effects of geographic origin on growth and food intake in Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles under intensive culture conditions. *Aquaculture*, 229: 117-128.
- Mandiki S.N.M., Babiak I., Krol J., Rasolo JFR., Kestemont P. 2007. How initial predator-prey ratio affects intracohort cannibalism and growth in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L larvae and juveniles under controlled conditions. *Aquaculture*, 268: 149-155.

- Mélard C., Baras E., Mary L., Kestemont P. 1996. Relationships between stocking density, growth, cannibalism and survival rate in intensively cultured larvae and juveniles of perch (*Perca fluviatilis*). *Ann. Zool. Fenn.* 33: 643-651.
- Naylor R.L., Goldberg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H., Troell M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017-1024.
- Ng W. K., Koh C. B. 2017. The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. *Rev. Aquacult.* 9(4): 342-368.
- Niewiadomski P., Gomułka P., Poczyczyński P., Woźniak M., Szmyt M. 2016. Dietary effect of supplementation with amaranth meal on growth performance and apparent digestibility of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Pol. J. Natur. Sc.* 31(3): 421-431.
- Omosowone O., Dada A., Adeparusi E. 2015. Effects of dietary supplementation of fumaric acid on growth performance of African catfish *Clarias gariepinus* and *Aeromonas sobria* challenge. *Ribarstvo* 73(1): 13-19.
- Oniszczyk T., Oniszczyk A., Gondek E., Guz L., Puk K., Kocira A., Kusz A., Kasprzak K., Wójtowicz A. 2019. Active polyphenolic compounds, nutrient contents and antioxidant capacity of extruded fish feed containing purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.). *Saudi J. Biol. Sci.* 26 (1): 24-30.
- Orso G. , Imperatore R., Coccia E. , Ashouri G., Paolucci M. 2022. Lamiaceae as Feed Additives in Fish Aquaculture. *Fishes* 7: 349.
- Palariya D., Dhama A., Singh A., Kumar R., Chandra D., Pant A. K., Rawat D. S. 2019. β -Pinene rich seed essential oil of *Zingiber chrysanthum* Roscoe (Zingiberaceae) from Kumaun Lesser Himalaya, Uttarakhand and its biological activities. *J. Essent. Oil-Bear. P.* 22(5): 1349-1361.
- Palińska-Żarska K., Krejszeff S., Łopata M., Żarski D. 2019. Effect of water hardness, temperature, and tank wall color, on the effectiveness of swim bladder inflation and survival of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) larvae reared under controlled conditions. *Aquacult. Int.* 27: 931-943.
- Palińska-Żarska K., Woźny M., Kamaszewski M., Szudrowicz H., Brzuzan P., Żarski D. 2020. Domestication process modifies digestion ability in larvae of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*), a freshwater Teleostei. *Sci. Rep.* 10: 2211.
- Palińska-Żarska K., Król J., Woźny M., Kamaszewski M., Szudrowicz H., Wiechetek W., Brzuzan P., Fopp-Bayat D., Żarski D. 2021. Domestication affected stress and immune response markers in *Perca fluviatilis* in the early larval stage. *Fish & Shel. Immunol.*, 114: 184-198.
- Pereira R., Costa M., Velasco C., Cunha L.M., Lima R.C., Baião L.F., Batista S., Marques A., Sá T., Campos D.A., Pereira M., Jesus D., Fernández-Boo S., Costas B., Manuela Pintado M., Valente L.M.P. 2021. Comparative analysis between synthetic vitamin E and natural antioxidant sources from tomato, carrot and coriander in diets for market-sized *Dicentrarchus labrax*. *antioxidants* 11(4): 636.
- Pohlenz C., Buentello A., Mwangi W., Gatlin D.M. 2012. Arginine and glutamine supplementation to culture media improves the performance of various channel catfish immune cells. *Fish Shellfish Immunol.* 32:762-768.

- Policar T., Samarin A.M., Mélard C. 2015. Culture methods of Eurasian perch during ongrowing. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 417-435.
- Policar T., Schaefer F.J., Panana E., Meyer S., Teerlinck S., Toner D., Żarski D. 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology - tackling bottlenecks. *Aquacult. Int.* 27: 1151-1174.
- Ribi G. 1992. Perch larvae (*Perca fluviatilis* L.) survive better in dilute sea water. *Aquat. Sci.* 54:85–90.
- Rodriguez Y. E., Laitano M. V., Pereira N. A., López-Zavala A. A., Haran N. S., Fernández-Gimenez A. V. 2018. Exogenous enzymes in aquaculture: Alginate and alginate–bentonite microcapsules for the intestinal delivery of shrimp proteases to Nile tilapia. *Aquaculture* 490(1): 35–43.
- Ryckebosch E., Bruneel C., Termote-Verhalle R., Goiris K., Muylaert K., Foubert I. 2014. Nutritional evaluation of microalgae oils rich in omega-3 long chain fatty acids as an alternative for fish oil. *Food Chem.* 160: 393–400.
- Rozporządzeniem Komisji UE 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r. zmieniające załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV i XV do rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 w odniesieniu do przepisów dotyczących przetworzonego białka zwierzęcego.
- Saheli M., Islami H.R., Mohseni M., Soltani M. 2021. Effects of dietary vitamin E on growth performance, body composition, antioxidant capacity, and some immune responses in Caspian trout (*Salmo caspius*). *Aquac. Rep.* 21, 100857
- Steenfeldt S. 2015. Culture methods of pikeperch early life stages. W: *Biology and culture of percid fishes - principles and practices* (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 295-312.
- Stone D.A.J. 2003. Dietary carbohydrate utilization by fish. *Rev. Fish. Sci.* (11): 337-369.
- Suguna T. 2020- Role of Probiotics in Aquaculture. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 9(10): 143-149.
- Sul H.S., Wang D. 1998. Nutritional and hormonal regulation of enzymes in fat synthesis: studies of fatty acid synthase and mitochondrial glycerol-3-phosphate acyltransferase gene transcription. *Annu. Rev. Nutr.*, (18): 331-351.
- Tapia-Salazar M., Bureau, W., Panserat, S., Corraze, G., Bureau, D.P. 2006. Effect of DHA supplementation on digestible starch utilization by rainbow trout. *Brit. J. Nutr.* (95): 76-87.
- Tahmasebi-Kohyani A., Keyvanshokoo S., Nematollahi A., Mahmoudi N., Pasha-Zanoosi H. 2012. Effects of dietary nucleotides supplementantion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance and acute stress response. *Fish Physiol. Biochem.* 38: 431-440.
- Tocher D.R., Betancor M.B., Sprague M., Olsen R.E., Napier J.N. 2019. Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids, EPA and DHA: Bridging the Gap between Supply and Demand. *Nutrients* 11(89): 1-20.
- Thorpe J.E. 1977. Daily ration of adult perch, *Perca fluviatilis* L. during summer in Loch Leven, Scotland. *J. Fish Biol.* 11 : 55–68.

- Treasurer J.W. 1983. Estimates of egg and viable embryo production in a lacustrine perch, *Perca fluviatilis*. Environ Biol Fish 8: 3–16.
- Urho L. 2002. Characters of larvae. what are they? Folia Zool., 51: 161-186.
- Woźniak M., Rafałowski R., Pomianowski J., Gomułka P., Niewiadomski P. 2021. Wpływ zawartości mączki z larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) w paszy na wzrost i stan zdrowotny narybku pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) [W:] Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny [Red. Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś]. Wyd. IRS, Olsztyn, s. 269-283.
- Wysujack K., Drahotta A. 2017. Low effect of different feeding regimes on growth and feed conversion efficiency of juvenile Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). Aquac. Res. 48: 5166-5170.
- Xu X., Fontaine P., Mélard C., Kestemont P. 2001. Effects of dietary fat levels on growth, feed efficiency and biochemical composition of Eurasian perch *Perca fluviatilis*. Aquac. Int. 9: 437-449.
- Zheng C. C., Wu J. W., Jin Z. H., Ye Z. F., Yang S., Sun, Y. Q., Fei H. 2020. Exogenous enzymes as functional additives in finfish aquaculture. Aquac. Nutr. 26(2): 213–224.
- Zakęś Z., Kowalska A., Jarmołowicz S., Partyka K., Szczepkowski M. 2008. Napętnianie pęcherza pławnego przez ławy sandacza (*Sander lucioperca* L.) - porównanie efektów dwóch metod usuwania błony powierzchniowej z basenów podchowowych. W: Biotechnologia w akwakulturze (Red.) Zakęś Z., Wolnicki J., Demska-Zakęś K., Kamiński R., Ulikowski D. Wyd. IRS, Olsztyn: 269-277.
- Żarski D., Horváth A., Held J.A., Kucharczyk D. 2015. Artificial reproduction of percid fishes . W: Biology and culture of percid fishes - principles and practices (Eds.) Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R.C., Springer, New York: 123-161.

ROZDZIAŁ 7

Techniczne uwarunkowania technologii produkcji okonia

**Sławomir Krejszeff¹, Konrad Stawecki², Daniel Żarski³,
Jarosław Król⁴, Michał Sadowski⁵**

1 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Akwakultury

2 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ichtiologii, Hydrobiologii i Ekologii Wód

3 – Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie, Zakład Biologii Gamet i Zarodka

4 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Hodowli Ryb Łososiowatych

5 - KOL-Tech Solutions Sp. z o. o.

7.1. Wstęp

Produkcja okonia towarowego przy wykorzystaniu systemów recyrkulacyjnych oraz zintensyfikowanych stawowych systemów hodowlanych w znacznej mierze jest uzależniona od możliwości uzyskania 5 gramowego narybku w drugiej połowie kwietnia. W pierwszym etapie realizacji projektu PRO-PERCH wymagało to pozyskania jesienią tarlaków, które należało przetrzymać w warunkach termicznych i świetlnych zbliżonych do naturalnych, następnie doprowadzenia ich do gotowości tarłowej poza sezonem rozrodczym i przeprowadzenia rozrodu kontrolowanego oraz wyinkubowania pozyskanej ikry i przeprowadzenia podchowu larw i narybku.

Przyjęte założenie wymagało zaprojektowania i posadowienia trzech niezależnych systemów recyrkulacyjnych spełniających specyficzne wymagania dla poszczególnych etapów produkcji tj. modelowego systemu recyrkulacyjnego do przetrzymywania tarlaków i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego, modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw oraz modelowego systemu recyrkulacyjnego do podchowu narybku.

Kolejnym etapem było zaprojektowanie i posadowienie instalacji w stawach ziemnych służących do tuczu z wykorzystaniem pasz komponowanych. Do tego celu zostały zaadaptowane trzy stawy ziemne użytkowane do tej pory jako magazyny. W każdym z nich została wyodrębniona strefa produkcyjna oraz strefa oczyszczania wody.

7.2. Wychów materiału obsadowego

Modelowe systemy recyrkulacyjne do produkcji narybku okonia są zbudowane z stacji uzdatniania wody, basenów podchowowych (tarlakowych, larwalnych i narybkowych), systemów doprowadzenia wody do basenów z stacji uzdatniania wody, systemów odprowadzenia wody z basenów narybkowych do stacji uzdatniania wody, filtrów mechanicznych, filtrów biologicznych, systemów napowietrzania filtrów biologicznych, pomp obiegowych, systemów sterylizacji wody, systemów natleniania wody, systemów grzewczych, oświetlenia, karmników automatycznych, pomostów roboczych.

Stację uzdatniania wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do przetrzymywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego stanowi zbiornik wykonany z spawanych płyt polipropylenowych o grubości 10 mm w kolorze beżowym. Wymiary zewnętrzne zbiornika, wynoszą (dł. x szer. x wys.) 3000x2000x1020 mm. Wewnątrz stacji uzdatniania wody zostały wydzielone 4 komory: komora przelewu awaryjnego (1), komora złoża biologicznego (2), komora kondycjonowania i sterylizacji wody (3), komora stacji pomp (4) (Rys. 7.1, 7.2, 7.3).

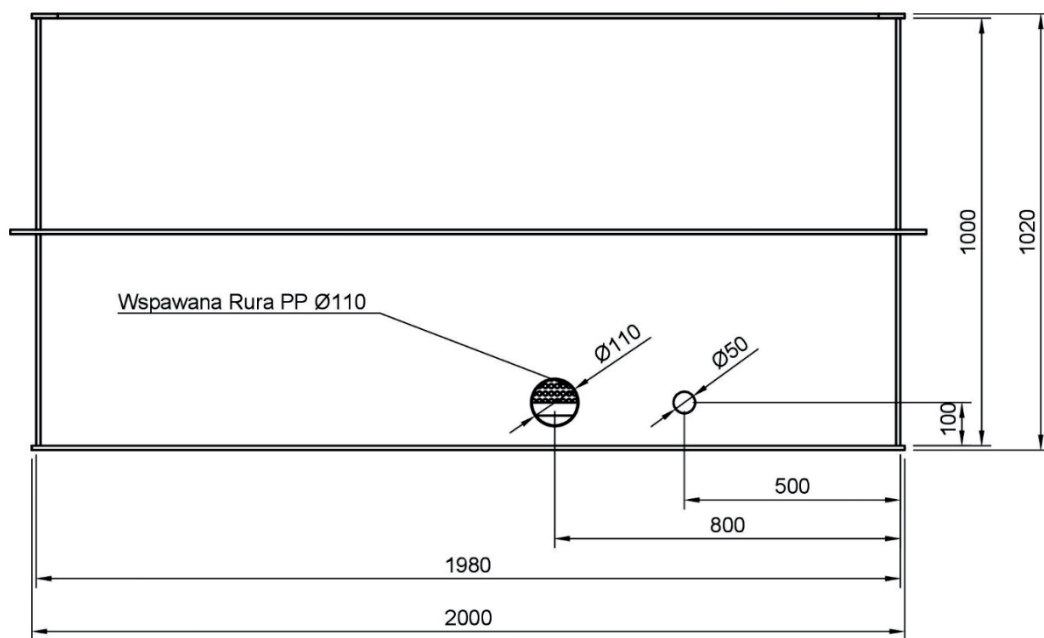


Rys. 7.1. Rzut z przodu stacji uzdatniania wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do przetrzymywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego.

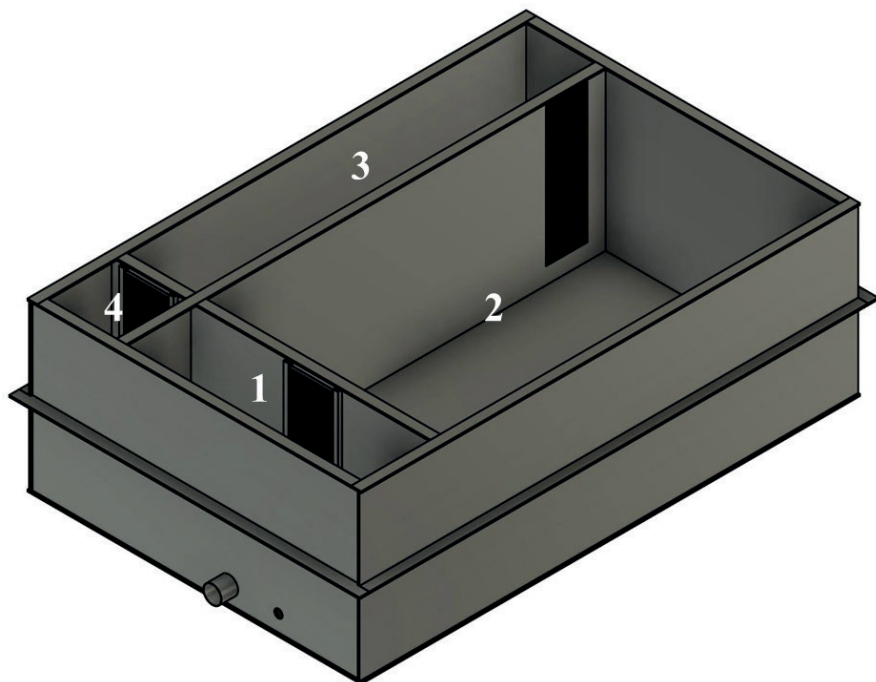
W komorze przelewu awaryjnego o wymiarach wewnętrznych (dł. x szer. x wys.) 1480x470x1020 mm zainstalowany jest przelew awaryjny, regulujący poziom wody, którego zadaniem jest odprowadzanie nadmiaru wody do instalacji kanalizacyjnej oraz czujnik temperatury wody.

W komorze filtra biologicznego o wymiarach wewnętrznych (dł. x szer. x wys.) 2480x1480x1020 mm zainstalowane są dyfuzory napowietrzające złożo ruchome. W komorze kondycjonowania i sterylizacji wody o wymiarach wewnętrznych (dł. x szer. x wys.) 2480x470x1020 mm zainstalowane są grzałki, sterylizatory UV i chłodnice zanurzeniowe.

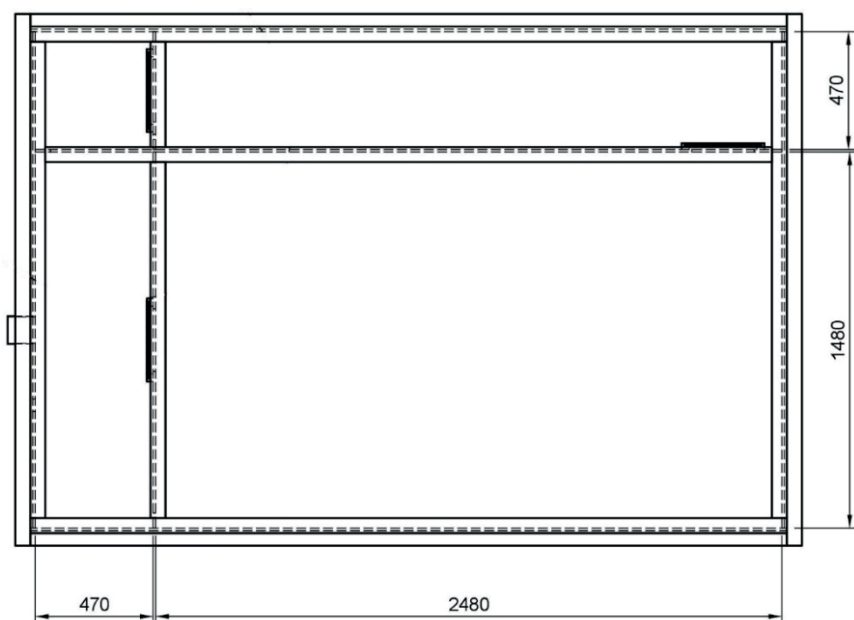
W komorze stacji pomp o wymiarach (dł. x szer. x wys.) 470x470x1020 mm zainstalowane są dwie pompy obiegowe podające wodę na baseny tarlakowe (Rys. 7.4). Szkic przestrzenny oraz efekt końcowy został przedstawiony na Rys. 7.5 i 7.6.



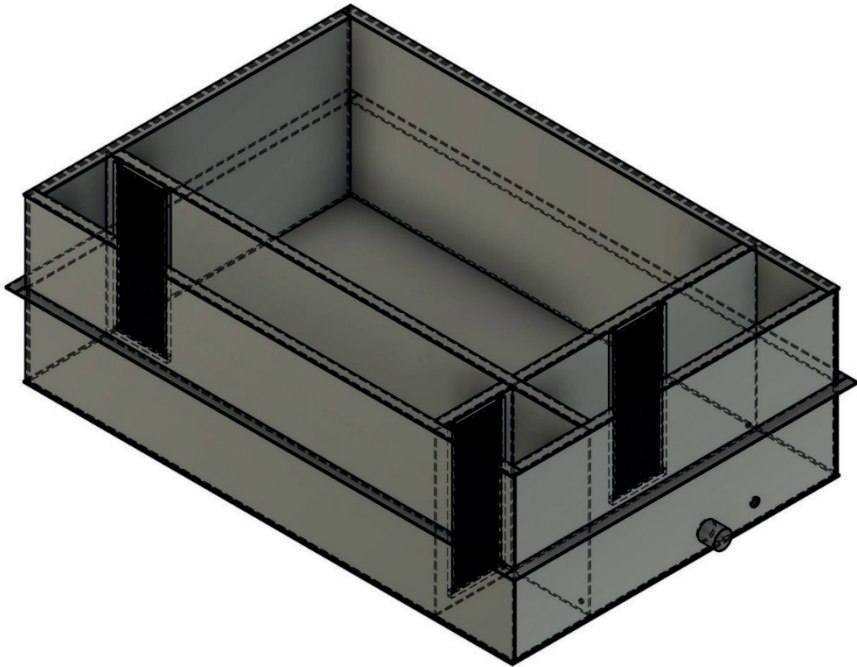
Rys. 7.2. Rzut z boku stacji uzdatniania wody modelowego systemu recykulacyjnego do przetrzymywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego.



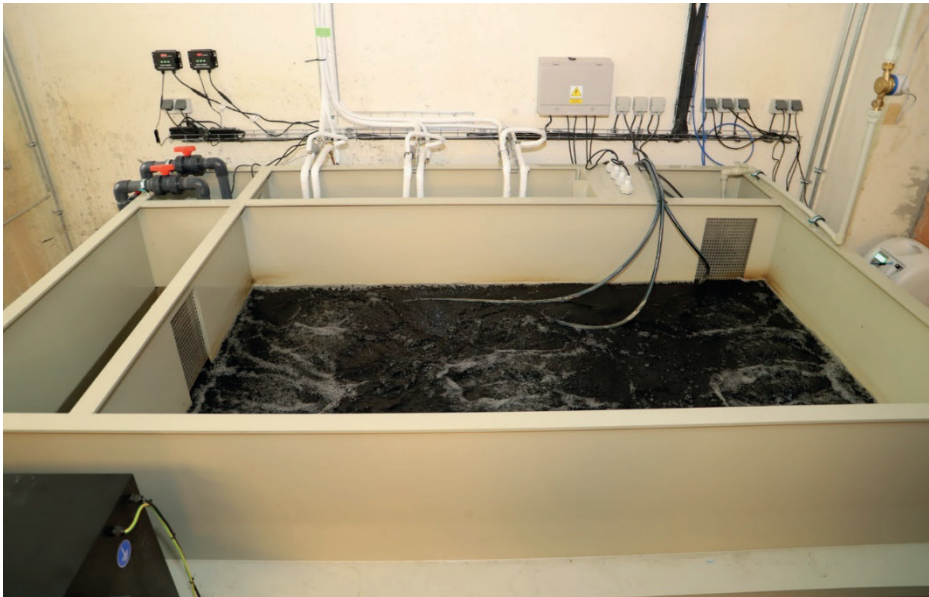
Rys. 7.3. Rozmieszczenie poszczególnych komór stacji uzdatniania wody modelowego systemu recykulacyjnego do przetrzymywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego.



Rys. 7.4. Wymiary poszczególnych komór modelowego systemu recykulacyjnego do przetrzymywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego.

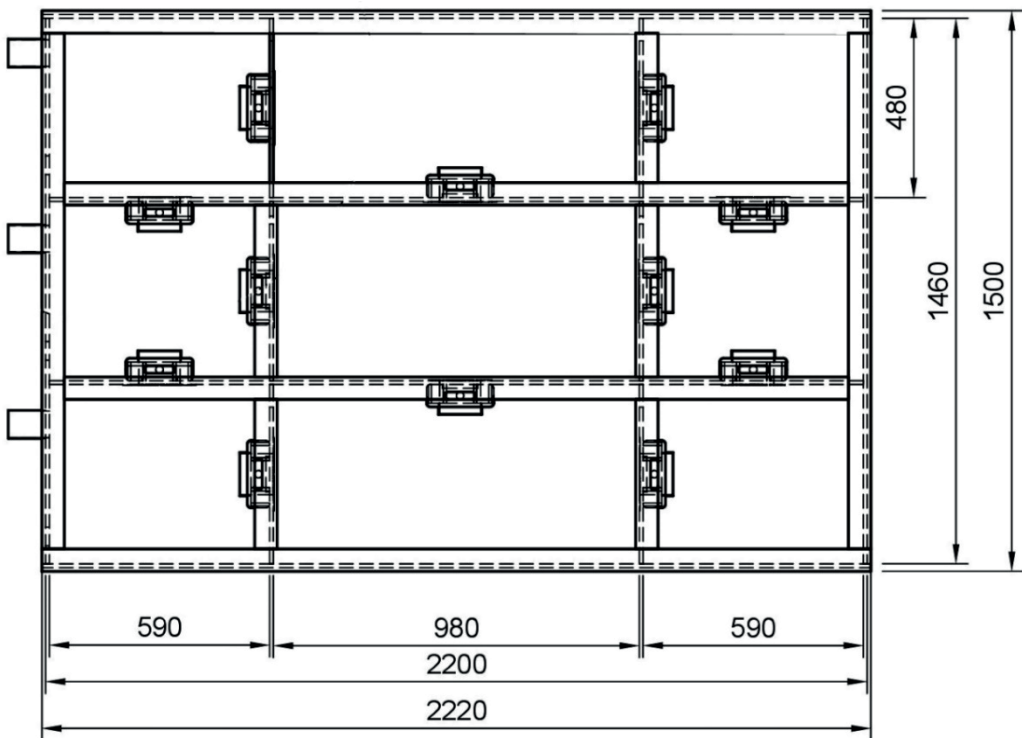


Rys. 7.5. Szkic przestrzenny modelowego systemu recyrkulacyjnego do przetrzymywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego.

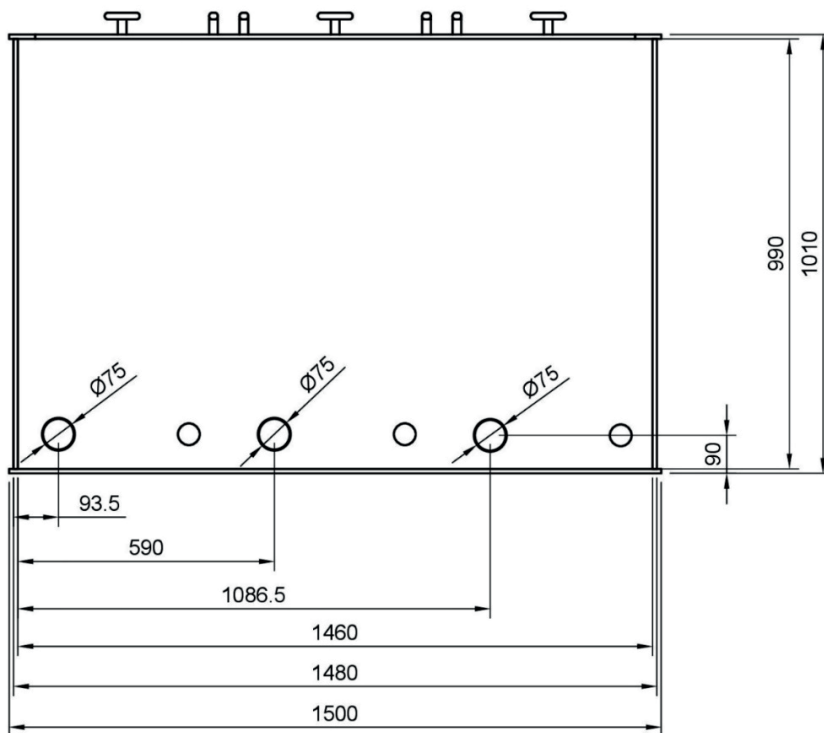


Rys. 7.6. Stacja uzdatniania wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do przetrzymywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego.

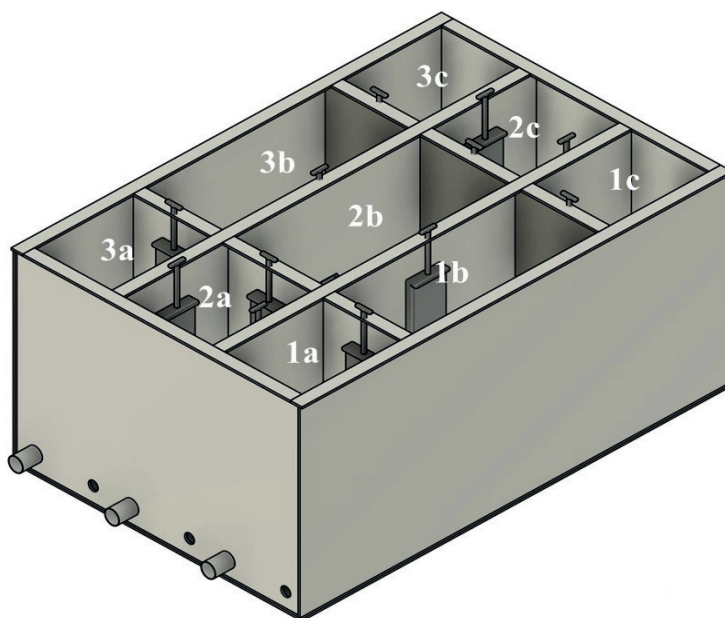
Stację uzdatniania wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw stanowi zbiornik wykonany z spawanych płyt polipropylenowych o grubości 10 mm w kolorze beżowym. Wymiary zewnętrzne zbiornika wynoszą (dł. x szer. x wys.) 2220 x 1500 x 1010 mm (Rys. 7.7 i 7.8). Wewnątrz stacji uzdatniania wody zostało wydzielonych 9 komór. Trzy komory przelewu awaryjnego (1a, 2a, 3a), trzy komory filtra biologicznego (1b, 2b, 3b) oraz trzy komory stacji pomp (1c, 2c, 3c) (Rys. 7.9). W komorach przelewu awaryjnego o wymiarach wewnętrznych (dł. x szer. x wys.) 590x4800x1010 mm zainstalowane są przelewy awaryjne, regulujące poziom wody, których zadaniem jest odprowadzanie nadmiaru wody do instalacji kanalizacyjnej oraz czujniki temperatury wody. W komorach filtra biologicznego o wymiarach wewnętrznych (dł. x szer. x wys.) 980x4800x1010 mm zainstalowane są dyfuzory napowietrzające złoża ruchome. W każdej komorze stacji pomp o wymiarach wewnętrznych (dł. x szer. x wys.) 590x4800x1010 mm zainstalowana jest jedna pompa obiegowa podająca wodę na baseny larwalne oraz grzałka. Szkic przestrzenny oraz efekt końcowy został przedstawiony na Rys. 7.10 i 7.11.



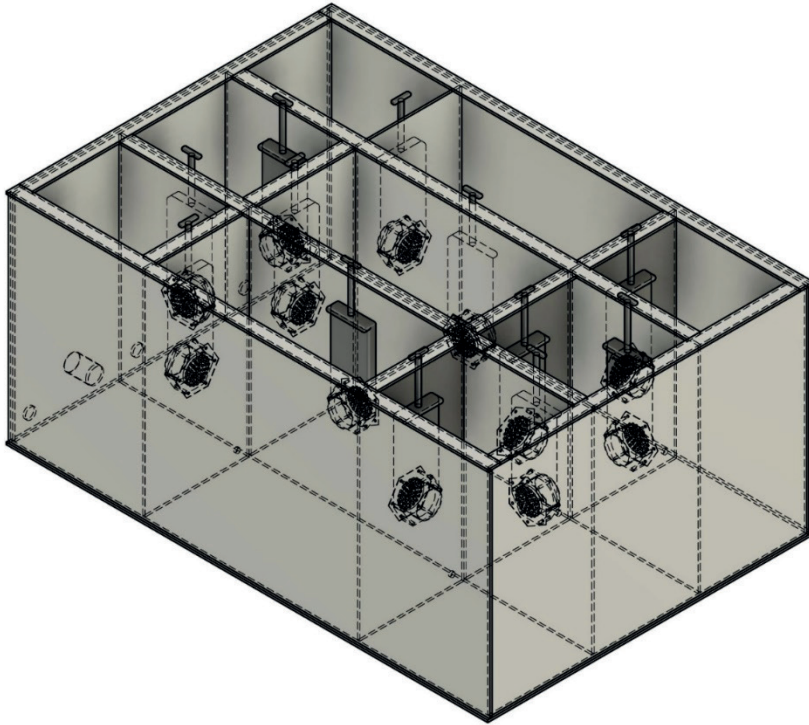
Rys. 7.7. Rzut z góry modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw.



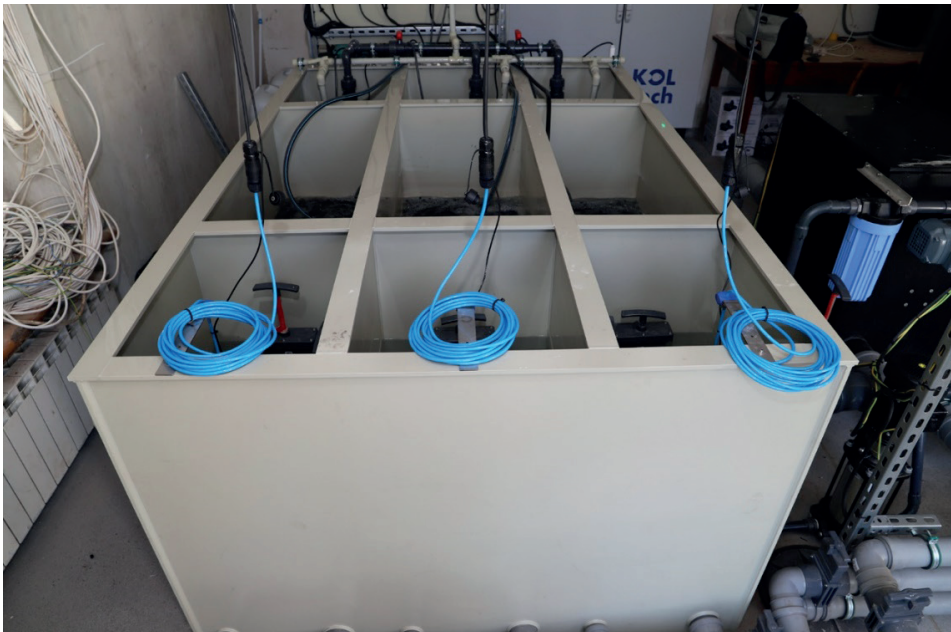
Rys. 7.8. Rzut z boku modelowego systemu recykulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw.



Rys. 7.9. Rozmieszczenie poszczególnych komór modelowego systemu recykulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw.

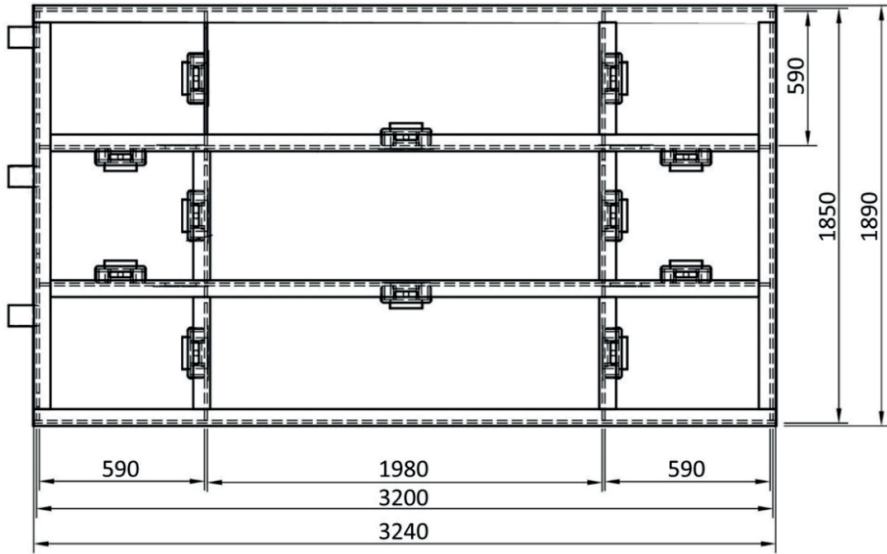


Rys. 7.10. Szkic przestrzenny modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw.

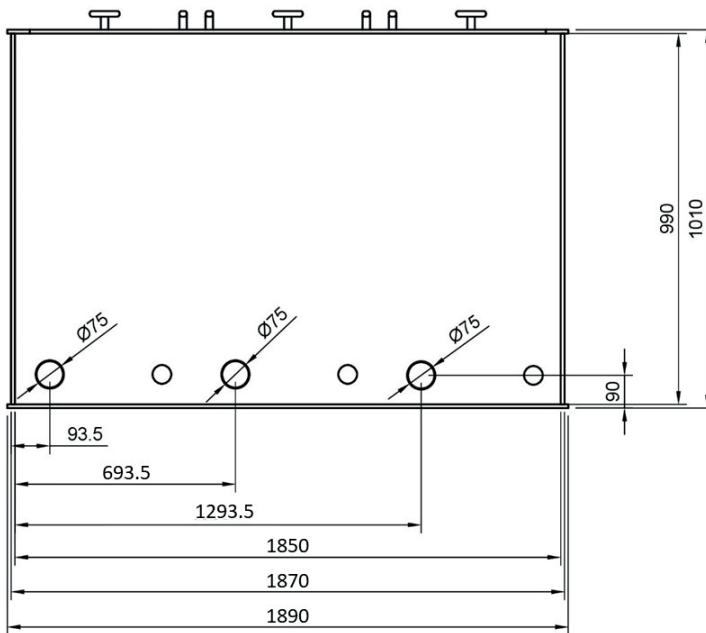


Rys. 7.11. Stacja uzdatniania wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw.

Stacja uzdatniania wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do podchovu narybku zbudowana jest według tego samego schematu jak stacja modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchovu larw, a wymiary poszczególnych komór przedstawiono na Rys. 7.12 i 7.13.

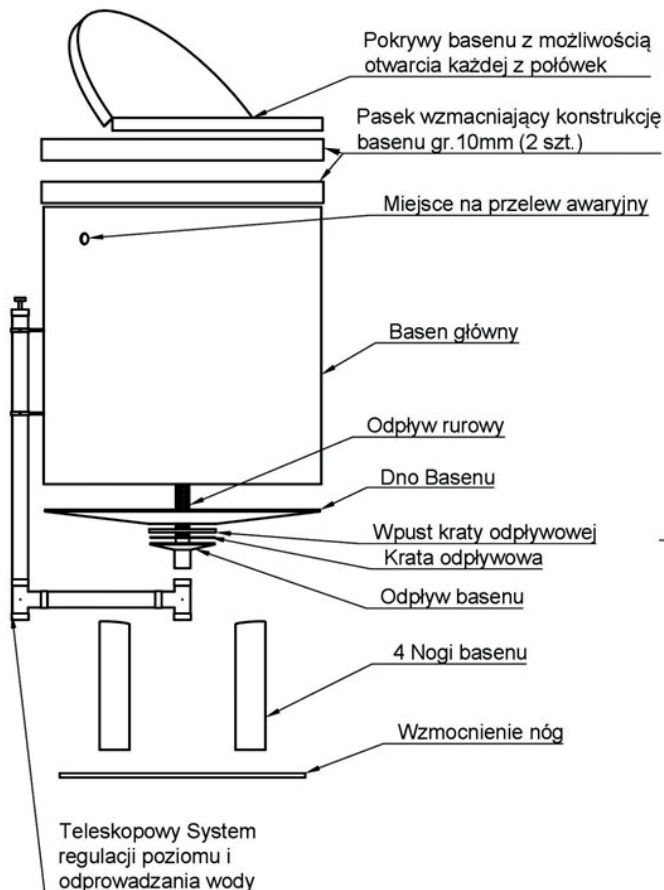


Rys. 7.12. Rzut z góry modelowego systemu recyrkulacyjnego do podchovu narybku.



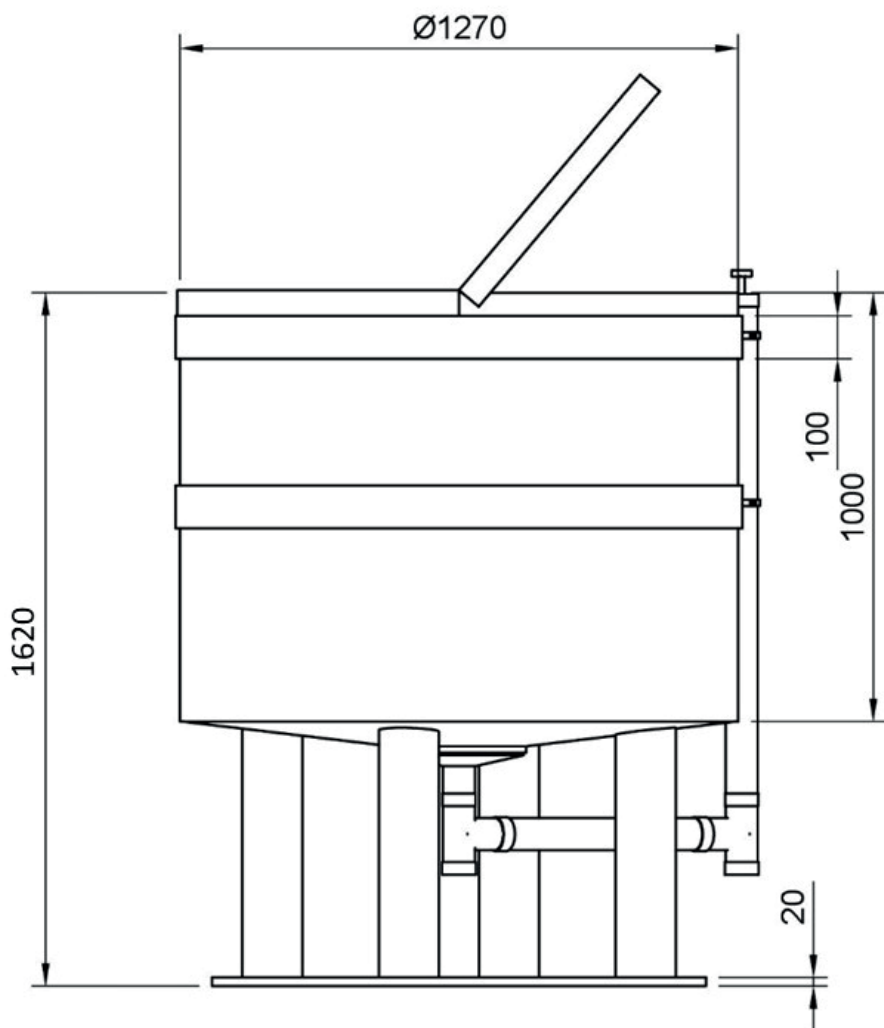
Rys. 7.13. Rzut z boku modelowego systemu recyrkulacyjnego do podchovu narybku.

Baseny podchowowe modelowych systemów zostały zaprojektowane według tego samego schematu. Basen główny stanowi cylinder wykonany z polietylenu o grubości 6 mm w kolorze czarnym. Wszystkie baseny wzmocnione są paskami wzmacniającymi konstrukcję wykonanymi z polietylenu o grubości 10 mm i wysokości 100 mm. W przypadku basenów tarlakowych i narybkowych zostały zastosowane dwa takie paski. W przypadku basenów larwalnych, jeden. W dolnej części cylindra, każdego z basenów, wstawiane jest dno zbiornika w kształcie stożka. W dnie zainstalowany jest wpust kraty odpływowej oraz odpływ basenu, umożliwiając instalację odpływu rurowego. W przypadku każdego z basenów całość konstrukcji wsparta jest na czterech nogach dodatkowo zabezpieczonych wzmocnieniem. Oprócz tego każdy basen wyposażony jest w teleskopowy system regulacji poziomu i odprowadzania wody oraz uchylne pokrywy. Ogólny zarys konstrukcji basenów przedstawia Rys. 7.14.

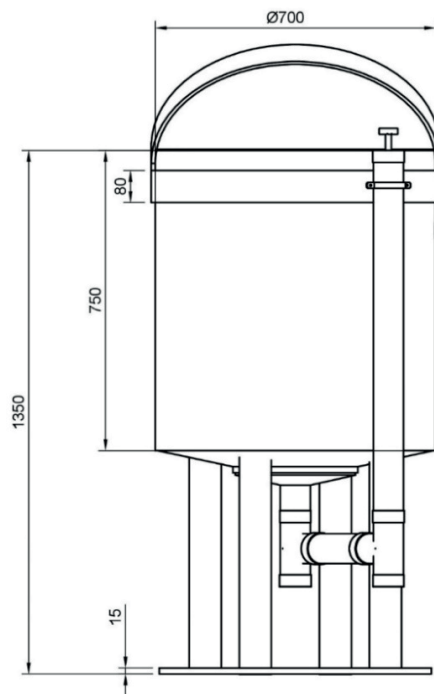


Rys. 7.14. Ogólny zarys konstrukcji basenów na przykładzie basenu narybkowego.

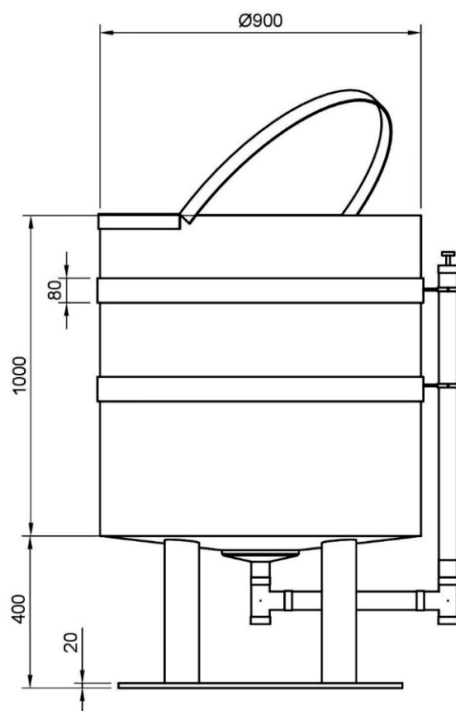
Średnica i wysokość cylindra basenu tarlakowego wynoszą odpowiednio 1270 i 1000 mm. Natomiast cała konstrukcja posiada wysokość 1620 mm (Rys. 7.15). Średnica i wysokość cylindra basenu larwalnego wynoszą odpowiednio 700 i 750 mm. Natomiast cała konstrukcja posiada wysokość 1350 mm (Rys. 7.16). Średnica i wysokość cylindra basenu narybkowego wynoszą odpowiednio 900 i 1000 mm. Natomiast cała konstrukcja posiada wysokość 1400 mm (Rys. 7.17). Wizualizację basenów (na przykładzie basenu narybkowego) stanowi Rys. 7.18. Efekt końcowy (na przykładzie modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw) został przedstawiony na Rys. 7.19.



Rys. 7.15. Wymiary basenu tarlakowego.



Rys. 7.16. Wymiary basenu larwalnego.



Rys. 7.17. Wymiary basenu narybkowego.



Rys. 7.18. Wizualizacja basenów na przykładzie basenu larwalnego.

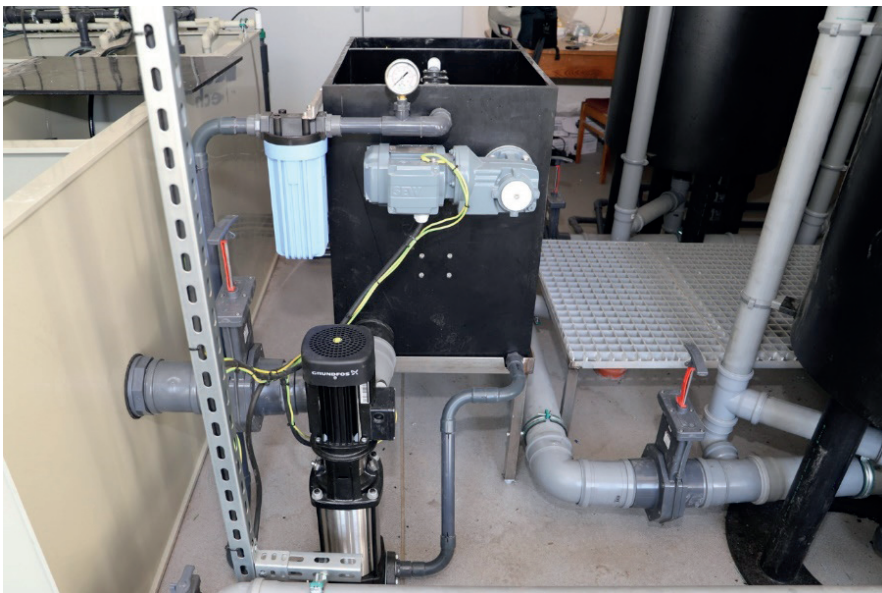


Rys. 7.19. Modelowy system recyrkulacyjny do inkubacji ikry i podchowu larw.

Kraty odpływowe we wszystkich rodzajach basenów wykonane są z blachy nierdzewnej o grubości 2 mm i średnicy 300 mm. Perforacja krat zainstalowanych w basenach tarlakowych wynosi 10 mm. Perforacja krat zainstalowanych w basenach larwalnych i narybkowych wynosi 2 mm. Odpływ rurowy zabezpieczony jest gazą młyńską o boku oczka 200 μm .

Systemy doprowadzenia wody do basenów z stacji uzdatniania wody oraz systemy odprowadzenia wody z basenów do stacji uzdatniania wody wykonane są z rur i kształtek PVC oraz PVC-U klejonego. Systemy doprowadzania wody wykonane są z rur w kolorze szarym o średnicy 50, 32 i 25 mm oraz kolan 90°, trójników 90°, redukcji, zaworów i zaworów zwrotnych o średnicy 50, 32 i 25 mm łączonych na klej montażowy. Systemy odprowadzania wody wykonane są z rur w kolorze szarym o średnicy 50, 75 i 110 mm oraz kolan 90°, trójników 90°, zaworów i zaworów zwrotnych o średnicy 50, 75 i 110 mm łączonych na klej montażowy oraz uszczelki kielichowe.

Filtry mechaniczne zainstalowane we wszystkich modelowych systemach recyrkulacyjnych stanowią urządzenia typu mikrosito. Wydajność (maksymalny przepływ wody) każdego urządzenia wynosi 24 m^3/h . Średnica wlotu brudnej wody wynosi 110 mm. Średnica wylotu czystej wody wynosi 110 mm. Mikrosita wyposażone są w panel filtracyjny o średnicy 800 mm zabezpieczony ekranem filtrującym o rozmiarze oczek 40 μm oraz pompę płuczącą i czujnik poziomu wody. Filtr wykonany jest z polietylenu o dużej gęstości w kolorze czarnym. Wymiary (szer. x dł. x wysokość) wynoszą: 490 x 690 x 720 mm (Rys. 7.20).



Rys. 7.20. Filtr mechaniczny typu mikrosito zastosowany w modelowym systemie recyrkulacyjnym do inkubacji ikry i podchowu larw.

Filtr biologiczny w każdym z modelowych systemów stanowi złożone ruchome wykonane z polietylenu o dużej gęstości. Powierzchnia całkowita kształtek wynosi 861 m²/m³. System napowietrzania filtra biologicznego w przypadku każdego z modelowych systemów recyrkulacyjnych stanowią 3 dyfuzory rurowe o długości 1.000 mm. Podstawa każdego dyfuzora wykonana jest z polipropylenu, a membrana wykonana z poliuretanu o powierzchni czynnej 1900 cm².

Modelowy system recyrkulacyjny do przetrzymywania tarlaków i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego wyposażony jest w dwie pompy obiegowe o wydajności 20 m³/h, modelowy system recyrkulacyjny do inkubacji ikry i podchowu larw oraz modelowy system recyrkulacyjny do podchowu narybku wyposażone są w 3 pompy obiegowe o wydajności odpowiednio 15 i 10 m³/h. Każda pompa wyposażona jest w kontroler, dzięki któremu możliwe jest ustawienie wydajności z jaką pracuje urządzenie w 70 różnych pozycjach. Od 30% do 100% mocy.

System grzewczy każdego modelowego systemu stanowią trzy grzałki zanurzeniowe, każda o mocy 1750 W.

System sterylizacji wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do przetrzymywania tarlaków i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego zbudowany jest z czterech palników UV, każdy o mocy 20 W, zainstalowanych w obudowie wykonanej z polietylenu zainstalowanej w komorze kondycjonowania i sterylizacji wody oraz czterech stateczników. Wymiary obudowy wynoszą (dł. x szer. x wys.): 420x300x990 mm, System sterylizacji wody modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw oraz modelowego systemu recyrkulacyjnego do podchowu narybku składa się z trzech obudów dla palników UV wmontowanych na rurociągach tłocznych za pompami obiegowymi oraz trzech stateczników. Obudowy wykonane są z PVC-U klejonego o średnicy 75 mm i wysokości 557 mm. W każdej obudowie zainstalowany jest palnik UV o mocy 20 W.

System chłodzący modelowego systemu recyrkulacyjnego do przetrzymywania tarlaków i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego stanowią w trzy agregaty chłodnicze umożliwiające schłodzenie wody w całym systemie recyrkulacyjnym do temperatury min. 6°C. Każdy agregat posiada własny wymiennik ciepła stanowiący chłodnicę zanurzeniową.

Oświetlenie każdego systemu recyrkulacyjnego stanowi instalacja typu RGB, tj. diody posiadające możliwość płynnej regulacji natężenia i barwy światła. System natleniania wody każdego systemu modelowego stanowią koncentratory tlenu podające tlen do natleniaczy (inżektorów) zamontowanych na rurociągach zasilających baseny w wodę.

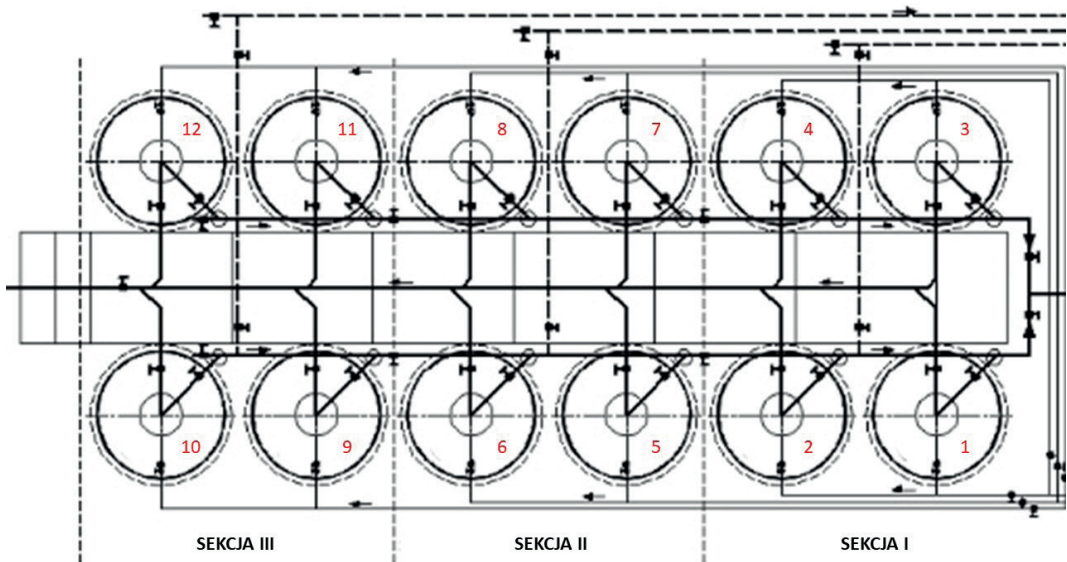
Modelowy system recyrkulacyjny do przetrzymywania tarlaków i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego pracuje w jednym trybie. Zmagazynowana w komorze stacji pomp woda za pomocą pomp obiegowych podawana jest na baseny tarlakowe. Wielkość przepływu wody przez pojedynczy basen tarlakowy jest regulowana za pomocą zaworu zamontowanego na rurze doprowadzającej wodę do basenu. Poziom wody w każdym basenie tarlakowym jest regulowany za pomocą teleskopowego systemu regulacji poziomu i odprowadzania wody, który służy również do całkowitego opróżniania basenów z wody. Opuszczająca baseny tarlakowe woda poprodukcyjna jest grawitacyjnie odprowadzana do filtra mechanicznego. W trakcie przepływania przez jego wnętrze jest poddana filtracji mechanicznej. Odseparowana zawiesina jest usuwana do odpływu kanalizacyjnego. Pozbawiona zawiesiny woda jest odprowadzana do komory przelewu awaryjnego, a następnie do komory filtra biologicznego. W trakcie przepływania przez filtr biologiczny poddawana jest procesowi filtracji biologicznej. W celu zapewnienia prawidłowego przebiegu procesu uzdatniania wody, złożę jest przez cały czas napowietrzane powietrzem tłoczonym przez system napowietrzania filtra biologicznego. Uzdatniona woda jest odprowadzana do komory kondycjonowania i sterylizacji wody, a następnie do komory stacji pomp i cykl jej obiegu rozpocznie się od nowa.

Modelowy system recyrkulacyjny do inkubacji ikry i podchowu larw oraz modelowy system recyrkulacyjny do podchowu narybku pracują w dwóch trybach.

W trybie I każda konstrukcja podzielona jest na trzy sekcje tworzące trzy niezależne systemy recyrkulacyjne. W skład sekcji I wchodzi baseny nr 1, 2, 3, 4. W skład sekcji II wchodzi baseny nr 5, 6, 7, 8. W skład sekcji III wchodzi baseny nr 9, 10, 11, 12 (Rys. 7.21). W przypadku każdego z wyodrębnianych systemów obieg wody odbywa się w następujący sposób. Zmagazynowana w komorach stacji pomp (1c, 2c, 3c) woda za pomocą pomp obiegowych podawana jest, przepływając przez systemy sterylizacji wody na baseny larwalne i narybkowe. Opuszczająca baseny woda poprodukcyjna jest grawitacyjnie odprowadzana (z pominięciem filtra mechanicznego) do komór przelewu awaryjnego (1a, 2a, 3a). Następnie po przepłynięciu przez komory filtra biologicznego (1b, 2b, 3b) zasila komory stacji pomp i obieg wody rozpoczyna się od nowa.

W Trybie II wszystkie baseny wraz z stacjami uzdatniania wody pracują jako jeden system recyrkulacyjny. Zmagazynowana w komorach stacji pomp woda za pomocą pomp obiegowych podawana jest, przepływając przez systemy sterylizacji wody, na baseny larwalne i narybkowe. Opuszczająca baseny woda poprodukcyjna jest grawitacyjnie odprowadzana do filtrów mechanicznych. Pozbawiona zawiesiny woda jest odprowadzana do komór przelewu awaryjnego, a następnie do komór

filtrów biologicznych. Uzdatniona woda jest odprowadzana do komór stacji pomp i cykl jej obiegu rozpocznie się od nowa.

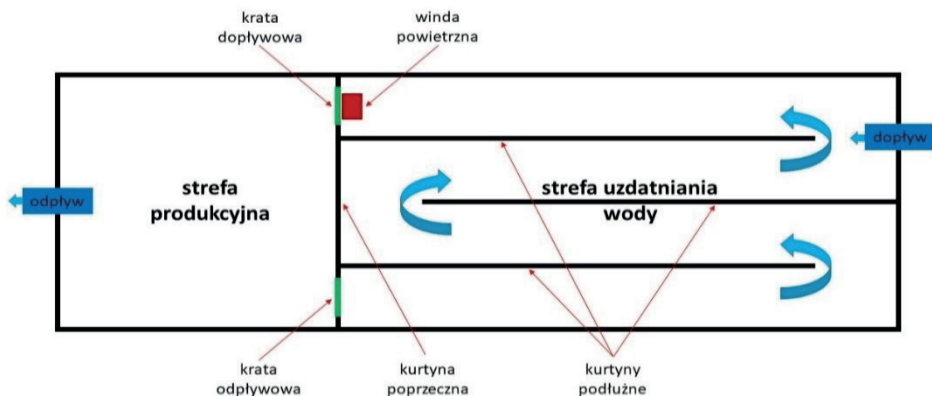


Rys. 7.21. Schemat pracy w trybie I modelowego systemu recyrkulacyjnego do inkubacji ikry i podchowu larw oraz modelowego systemu recyrkulacyjnego do podchowu narybku.

7.3. Tucz ryby towarowej

Zintensyfikowany stawowy system hodowlany został zaprojektowany według następującego konceptu (Rys. 7.22). Z całkowitej powierzchni stawu ziemnego wyodrębniono dwie strefy. Strefę produkcyjną oraz strefę oczyszczania wody. Strefa produkcyjna zajmuje 1/3 powierzchni stawu. Natomiast strefa uzdatniania wody pozostałą jego część. Strefa produkcyjna oddzielona jest od strefy uzdatniania wody kurtyną poprzeczną wykonaną z grodziec winylowych. W strefie uzdatniania wody zostały zainstalowane trzy kurtyny podłużne, również wykonane z grodziec winylowych, zainstalowanych tak, żeby woda poprodukcyjna mogła meandrować po całej jej powierzchni (Rys. 7.23).

W kurtynie poprzecznej zostały zainstalowane dwie kraty. Dopywowa wprowadzająca oczyszczoną wodę do strefy produkcyjnej oraz odpływowa, odprowadzająca wodę poprodukcyjną do strefy uzdatniania wody. Elementem wprawiającym wodę w ruch jest winda powietrzna usytuowana przed kratą dopywową.



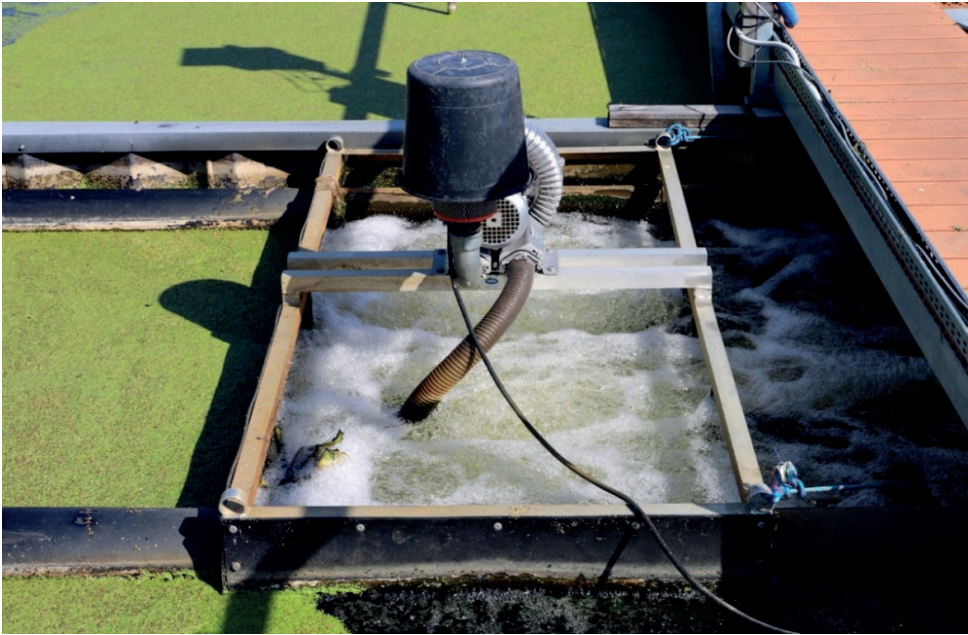
Rys. 7.22. Schemat budowy zintensyfikowanego stawowego systemu hodowlanego.



Rys. 7.23. Widok na kurtyny podłużne i poprzeczne oraz miejsce instalacji krat dopływowych i odpływowych.

Cały system funkcjonuje w następujący sposób. Woda wprowadzana jest w ruch poprzez windę powietrzną, która dzięki zjawisku zwiększania objętości wody poprzez intensywne napowietrzanie (za pomocą dyfuzorów) podnosi jej poziom o kilka centymetrów, co pozwala na wymuszenie przepływu (Rys. 7.24). Następnie, poprzez kratę dopływową (Rys. 7.25) woda zasila strefę produkcyjną. Wzbogacona w związki biogenne woda opuszcza strefę produkcyjną i podlega oczyszczeniu w strefie uzdatniania wody (Rys. 7.26). Dodatkowo całość konstrukcji wyposażona jest w kładkę serwisową, która umożliwi swobodny dostęp do windy powietrznej oraz kraty dopływowej i odpływowej (Rys. 7.27). Instalacja wyposażona jest

również w programowalny karmnik pneumatyczny, dzięki któremu możliwe jest precyzyjne zadawanie paszy w z góry ustalonych odstępach czasowych (Rys. 7.28).



Rys. 7.24. Winda powietrzna zasilająca strefę produkcyjną.



Rys. 7.25. Widok na kratę doptywową.



Rys. 7.26. Widok na strefę uzdatniania wody.



Rys. 7.27. Widok na kładkę serwisową.



Rys. 7.28. Widok na karmnik pneumatyczny.

7.4. Warunki fizykochemiczne wód z perspektywy hodowli ryb

Środowisko wodne jest złożonym ekosystemem, w którym o jakości wody – rozumianej jako przydatność do chowu i hodowli ryb – decyduje wiele parametrów fizykochemicznych i biologicznych. Katalog kluczowych wskaźników, które należy regularnie kontrolować, jest jednak ograniczony. Należą do nich: temperatura, zawartość tlenu, odczyn pH, zawartość amoniaku, azotynów, dwutlenku węgla, alkaliczność i twardość (Wedemeyer 1996, Timmons i Ebeling 2010, Wytyczne 2020). Na warunki bytowania ryb wpływa w sposób istotny każdy z wyżej wymienionych parametrów, a wiele z nich jest ze sobą ściśle powiązane, nieraz w sposób dość skomplikowany i nie zawsze oczywisty. Na przykład obecność w wodzie amoniaku może stać się problematyczna, gdy zmieni się jej odczyn, czy obniży koncentracja tlenu. Spadek stężenia O_2 może być bezpośrednim zagrożeniem dla życia ryb, ale może także niekorzystnie wpływać na wydajność procesów nityfikacji na złożach biologicznych w systemach recyrkulacyjnych – po pewnym czasie problemem staje się już nie tylko obniżona zawartość tego gazu, ale i rosnące zawartości amoniaku i azotynów oraz dwutlenku węgla. Z kolei w wodzie miękkiej, słabo zmineralizowanej, która charakteryzuje się małą alkalicznością, niewielką zawartością wapnia i wynikająca z tego niewielką twardością, może w pewnych warunkach dochodzić

do gwałtownych zmian pH, co może okazać się niebezpieczne dla ryb. Dodatkowo, wyczerpywane na drodze przemian biochemicznych zasoby węgla nieorganicznego (alkaliczności) mogą spowolnić a nawet zahamować pracę złożeń biologicznych.

7.4.1. Warunki termiczno-tlenowe

Głównym źródłem tlenu w środowisku wodnym jest wymiana tego gazu z atmosferą oraz – choć w dużo mniejszym stopniu – fotosynteza. Rozpuszczony w wodzie, wolny tlen jest kluczowym parametrem warunkującym możliwość bytowania fauny w środowisku wodnym. W systemach akwakultury wymaga on w zasadzie niemal ciągłego monitorowania. Jak podkreślają Timmons i Ebeling (2010) trudno jest określić jednoznacznie krytyczne dla ryb stężenia zawartości tlenu, ponieważ reakcja na ilość rozpuszczonego O_2 jest związana nie tyle kwestią życia lub śmierci ryb, ale wpływa na zachodzące w ich organizmach procesy fizjologiczne, które są istotne dla homeostazy. Liczy się więc nie tylko koncentracja tego gazu, ale także jego wahania, czas ekspozycji na jego obniżoną zawartość, wiek i rozmiar ryb, stan ich zdrowia, zagęszczenie obsady, karmienie czy poziom stresu, ale także czynniki abiotyczne, jak temperatura wody, stężenie dwutlenku węgla i inne (Wedemeyer 1996, Wytyczne 2020). Zawartość O_2 w wodzie decyduje też zarówno o kierunkach, jak i tempie zachodzenia przemian biochemicznych, jak np. nityfikacja, dzięki której z wody usuwany jest potencjalnie szkodliwy dla ryb amoniak. Rozpuszczalność tego gazu w wodzie kształtują głównie dwa czynniki: temperatura i ciśnienie, a także – w dużo mniejszym stopniu – zasolenie wody. Jako, że zawartość O_2 w wodzie maleje wraz ze wzrostem temperatury, co sprawia, że w pełni nasycona tym gazem (100% saturacji O_2) woda chłodniejsza będzie zawierała większą ilość tlenu wyrażoną w jednostkach bezwzględnych ($mg\ O_2/l$) niż woda cieplejsza i odwrotnie. Natomiast wraz ze wzrostem temperatury wody ryby potrzebują więcej tlenu, zarówno by zaspokoić podstawowe potrzeby metaboliczne organizmu, jak i do przyswajania pokarmu (Timmons i Ebeling 2010). Dlatego istotne jest, aby kontrolę zawartości tlenu oraz saturacji należy zawsze łączyć z kontrolą temperatury wody. Zawartość O_2 w wodzie można zwiększyć m.in. dzięki napowietrzaniu, bezpośredniemu dawkowaniu tego gazu do wody, zwiększeniu tempa lub ilości wymiany wody lub obniżeniu jej temperatury. Nie zawsze korzystną sytuacją jest duża koncentracja tego gazu. Przesycenie tlenem wpływa na zwolnienie tempa oddychania ryb, co może zaburzać wydalanie CO_2 poprzez skrzelą. W rezultacie poziom dwutlenku węgla we krwi ryb może paradoksalnie wzrosnąć. Ponadto, nawet nieznaczne przesycenie tlenem może prowadzić do zwiększenia ilości wolnych rodników we krwi ryb (Wytyczne 2020).

Przesycenie wody tlenem w przypadku żywnych stawów w okresie wegetacyjnym jest jednak procesem naturalnym i wynika z dobowej zmienności relacji między

procesami produkcji a destrukcji. Intensywna fotosynteza powoduje wzrost zawartości tlenu, a postępujące w miarę wzrostu operacji słońca nagrzewanie się wody sprawia, że obniża się próg rozpuszczalności i saturacja może szybko przekroczyć 100%. Wówczas w wodzie widoczne są, osadzone na glonach i roślinach, pęcherzyki tego gazu. Mieszanie wody – naturalne lub wywołane sztucznie – w dużej mierze ułatwia ustalenie równowagi gazowej między wodą a atmosferą. Gdy jednak woda się nie miesza, a temperatury są upalne, nasilenie fotosyntezy może powodować niekorzystne dla ryb zmiany w środowisku, jak np. szybki i gwałtowny wzrost odczynu. Mechanizm ten został opisany w części poświęconej dwutlenkowi węgla i układowi węglanowemu.

Temperatura ma bezpośredni wpływ na procesy fizjologiczne ryb: jak szybkość oddychania, efektywność przyswajania pokarmu, szybkość wzrostu, behavior i rozmnażanie. Jak podkreśla Wedemeyer (1996), termika wód ma prawdopodobnie dalece większe oddziaływanie na organizm ryb niż jakiegokolwiek inne parametry fizykochemiczne, może z wyjątkiem zawartości tlenu. Tradycyjnie wyróżnić można trzy grupy ryb, w zależności od ich preferencji termicznych: zimnowodne, chłodnowodne i ciepłowodne. Te pierwsze preferują temperaturę wody w zakresie do 15°C, drugie – pomiędzy 15°C a 20°C, a ciepłowodne potrzebują temperatury powyżej 20°C (Timmons i Ebeling 2010). Wojda (2023) proponuje natomiast nieco inny podział. Wyróżnia on gatunki zimnolubne, wymagające temperatury poniżej 20°C (łososiwate), ciepłolubne – preferujące zakres od 18 do 20°C (ryby wód tropikalnych) oraz ryby tolerujące szeroki zakres temperatur, tj. od 0 do ponad 28°C – do tej grupy zalicza rodzime ryby słodkowodne. To oczywiście umowne klasyfikacje, ponieważ o tolerancji ryb na różne temperatury decyduje kilka czynników, m.in. gatunek, wiek, rozmiar i tzw. przeszłość termiczna.

Mimo pewnych trudności w interpretacji wpływu warunków termiczno-tlenowych na chów i hodowlę ryb, w literaturze poświęconej zagadnieniom akwakultury można znaleźć rekomendacje, w których określono progi lub zakresy, w jakich należy utrzymywać temperaturę czy zawartość tlenu, by nie wykraczać poza wartości potencjalnie niebezpieczne dla różnych grup czy gatunków. Opuszyński (1980) oraz Starmach (1973) zaproponowali następujący podział ryb pod względem wymagań tlenowych:

- gatunki o bardzo dużych wymaganiach tlenowych, w zakresie pomiędzy 10 a 15 mg O₂/l, dla których minimum to 6 mg O₂/l, jak: pstrąg potokowy, głowacica, strzebla potokowa,
- gatunki o dużych wymaganiach tlenowych, w zakresie od 7 do 10 mg O₂/l, dla których minimum pomiędzy 4 a 6 mg O₂/l, jak: lipień, świnka, kleń, miętus,

- gatunki o średnich wymaganiach tlenowych, w zakresie od 5 do 6 mg O₂/l, dla których minimum to 3-4 mg O₂/l, jak: brzana, okoń, płoć, szczupak, sandacz,
- gatunki o niewielkich wymaganiach tlenowych, w zakresie od 4 do 5 mg O₂/l, dla których minimum wynosi 2-3 mg O₂/l, jak: leszcz, sum, karp, karaś, lin.

Optymalne dla podchowu poszczególnych gatunków ryb warunki termiczne zawarto w Tab. 7.1. Należy mieć przy tym na uwadze, że optymalne warunki termiczne mogą być nieco inne, w zależności od stadiów rozwojowych.

Tab. 7.1. Optymalne temperatury podchowu wybranych gatunków ryb (oprac. na podstawie: Aston 1981 cyt. za Wedemeyer 1996, Piper i in. 1982 cyt. za Wedemeyer 1996, Goryczko 2008, Goryczko i Grudniewska 2023, Kolman 2023, Wojda 2023).

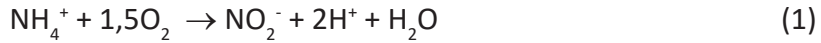
Gatunek	Zakres temperatur optymalnych [°C]
Pstrąg potokowy	12-14
Pstrąg tęczy	14-18
Pstrąg źródlany	7-13
Łosoś atlantycki	15-17
Węgorz europejski	22-26
Jesiotrowate	18-26
Karp	25-30

7.4.2. Azot i jego formy

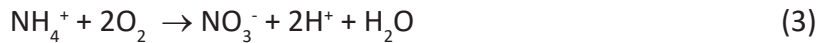
Azot w środowisku wodnym występuje zasadniczo w dwóch formach: mineralnej – głównie w postaci jonów amonowych (NH₄⁺), azotynowych (NO₂⁻), azotanowych (NO₃⁻) oraz organicznej – w postaci zawiesin, w tym martwej materii organicznej (detrytus). Z atmosfery do wody dostaje się także azot cząsteczkowy (N₂). Jest on wiązany przez niektóre bakterie, a także sinice (np. *Anabaena*, *Nostoc*) i w ten sposób wchodzi w cykl obiegu tego pierwiastka w zbiornikach i ciekach wodnych.

Głównym źródłem azotu w wodach powierzchniowych są procesy obumierania, czyli biochemicznego rozpadu materii organicznej (amonifikacja). Produktem tych przemian jest azot amonowy, który występuje w formie zjonizowanej, inaczej zdysocjowanej (NH₄⁺) i niezjonizowanej (NH₃). W analizach chemicznych dotyczących pomiaru amoniaku w wodzie w praktyce oznacza się najczęściej tzw. całkowity azot amonowy (total ammonia nitrogen – TAN), który jest sumą obu wymienionych form. W warunkach tlenowych jon amonowy jest przekształcany przez bakterie nitryfikacyjne do nietrwałego jonu azotynowego (NO₂⁻), a następnie

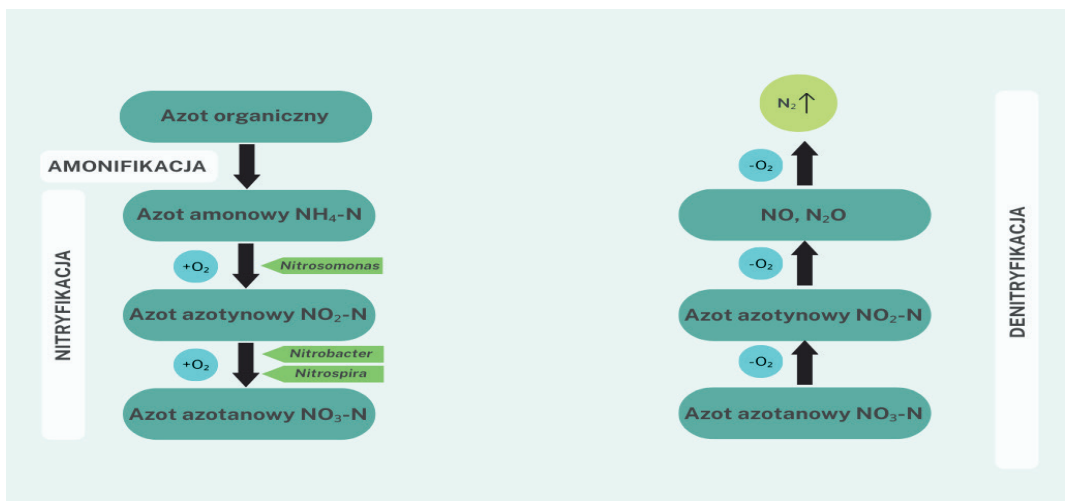
do formy azotanowej (NO_3^-). Dwuetapowy proces nitryfikacji przeprowadzają kolejno bakterie *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*, co można opisać równaniami chemicznymi (1-3):



Razem:



Azotany są z kolei pobierane ze środowiska przez organizmy zdolne do fotosyntezy, czyli np. glony (fitoplankton) oraz rośliny wyższe (makrofity). W ten sposób azot staje się ponownie składnikiem materii organicznej, a tak zwany mały cykl obiegu tego pierwiastka się zamyka. Nieco inaczej sytuacja wygląda, gdy w środowisku mamy do czynienia z niedoborami tlenu. Wówczas azotany i/lub azotyny zostają przez bakterie przekształcone w procesach denitryfikacji – zredukowane chemicznie – do azotu cząsteczkowego (gazowego N_2), a ten – uwolniony do atmosfery (Rys. 7.29).



Rys. 7.29. Przemiany azotowe: amonifikacja, nitryfikacja i denitryfikacja.

Znakomitą większość puli N w zbiornikach wodnych stanowi azot zmagazynowany w osadach dennych – według Kajaka (1998) dotyczy to nawet około 90% zasobów – natomiast zawartość poszczególnych form uczestniczących w obiegu materii tego pierwiastka w zbiornikach i ciekach wykazuje zmienność

sezonową. Wynika ona z warunków atmosferycznych, głównie termicznych, ale jest także związana z dostępnością tlenu w wodzie. Wymienione wyżej jonowe formy azotu są dobrze rozpuszczalne w wodzie i mogą osiągać znaczne stężenia. W normalnych, niezakłóconych warunkach ich obecność w środowisku nie jest problematyczna dla ryb i innych organizmów żywych, gdyż z reguły nie osiąga wartości krytycznych. Jednak w pewnych okolicznościach azot amonowy i azotynowy mogą być toksyczne – problemy hodowców ryb związane z tymi dwiema formami azotu ujawniają się zazwyczaj w akwakulturze prowadzonej systemach recyrkulacyjnych i są związane z niewystarczającą wydajnością źródeł biologicznych. Zbyt wolne tempo przemian azotowych, wynikające czy to z niedojrzałości złoże czy też zbyt dużego obciążenia go produktami przemiany materii (za duża obsada ryb, zbyt intensywne karmienie itp.) prowadzi do kumulacji w obiegu amoniaku (wydalanego przez ryby) lub azotynów (produkt pierwszej fazy nitryfikacji), aż do toksycznych dla ryb poziomów. Standardowy czas dojrzewania złoże biologicznych jest długi i wynosić może do kilkudziesięciu dni (Karpiński i in. 1999), choć dzięki zaszczerpieniu filtrów odpowiednimi preparatami bakteryjnymi i dostarczeniu pożywki dla mikroorganizmów może zostać znacznie skrócony – nawet do kilkunastu dni (Zakęś i in. 2015, Zakęś i in. 2022).

Podwyższona koncentracja amoniaku w wodzie może u ryb i innych organizmów wodnych hamować wzrost, zaburzać homeostazę jonową, a także prowadzić do stresu oksydacyjnego, zmian w tkankach, immunosupresji, a nawet śmierci (Zou i in. 2023). Przy czym niebezpieczne może być nie tyle określone stężenie azotu amonowego, a zawartość jego formy niezjonizowanej (NH_3). Zależność między nimi obrazuje równanie chemiczne (4):



Równowaga chemiczna zależna jest od temperatury i odczynu wód. Przy danym pH udział formy toksycznej zwiększa się w miarę wzrostu temperatury. W danej temperaturze natomiast zawartość amoniaku niezdysoncjowanego w wodzie rośnie, gdy wzrasta jej odczyn (Emerson i in. 1975), Tab. 7.2. W związku z powyższym toksyczność amoniaku będzie bardziej zauważalnym problemem w przypadku hodowli ryb w ciepłych wodach o charakterze zasadowym niż w akwakulturze prowadzonej w zimnych wodach o charakterze obojętnym czy też lekko kwaśnym (Wedemeyer 1996, Timmons i in. 2002).

Tab. 7.2. Zawartość amoniaku zdysocjowanego w wodzie w zależności od jej odczynu i temperatury (za Emerson 1975).

Odczyn pH	Temperatura wody				
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
	Udział niezdysocjowanego amoniaku [%]				
6,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06
6,2	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09
6,4	0,03	0,05	0,07	0,10	0,14
6,6	0,05	0,07	0,11	0,16	0,23
6,8	0,08	0,12	0,17	0,25	0,36
7,0	0,12	0,18	0,26	0,37	0,55
7,2	0,19	0,28	0,41	0,59	0,86
7,4	0,30	0,44	0,64	0,94	1,36
7,6	0,48	0,69	1,01	1,47	2,14
7,8	0,75	1,09	1,60	2,32	3,35
8,0	1,19	1,73	2,51	3,62	5,21
8,2	1,87	2,71	3,91	5,62	8,01
8,4	2,93	4,23	6,06	8,63	12,13
8,6	4,57	6,54	9,28	13,02	17,95
8,8	7,05	9,98	13,95	19,17	25,75
9,0	10,73	14,95	20,45	27,32	35,46
9,2	16,00	21,79	28,95	37,33	46,55
9,4	23,19	30,36	39,23	48,56	57,99
9,6	32,37	41,17	50,58	59,94	68,63
9,8	43,14	52,59	61,86	70,34	77,62
10,0	54,59	63,74	71,99	78,98	84,60
10,2	65,58	73,59	80,29	85,63	89,70
10,4	75,12	81,54	86,59	90,42	93,24
11,0	92,32	94,62	96,26	97,41	98,21

W literaturze można znaleźć różne informacje dotyczące bezpiecznego poziomu amoniaku dla poszczególnych grup czy też gatunków ryb. Według FAO wartości LC50, określone w badaniach ostrej toksyczności amoniaku niezdysocjowanego mieszczą się w zakresie od 1,0 do 1,5 mg NH₃/l i od 0,5 do 0,8 mg NH₃/l, odpowiednio dla ryb karpiowatych i łososiowatych. Natomiast maksymalne dopuszczalne stężenie tej formy amoniaku wynosi dla tych grup ryb odpowiednio 0,05 mg i 0,0125 mg NH₃/l.

Ogólnie, w warunkach intensywnej akwakultury zaleca się jednak utrzymywanie koncentracji NH₃ poniżej 0,02 mg/l (Wedemeyer 1996).

Toksyczność amoniaku jest również związana z zawartością soli rozpuszczonych w wodzie. Niektóre wyniki badań wskazują, że w twardszej wodzie może być ona mniejsza (Wicks i in. 2002; Soderberg i Meade 1992). Ponadto, wydaje się, że gatunki słodkowodnych ryb wykazują z reguły większą tolerancję na amoniak niż gatunki typowo morskie (Randall i in. 2002, Timmons i in. 2002).

Jak wynika z powyższego, dla zdrowia i kondycji ryb istotne jest utrzymywanie stężenia amoniaku niezdysonocowanego na bezpiecznym poziomie. Określenie jego zawartości w wodzie jest możliwe, gdy znamy:

- stężenie azotu amonowego (TAN),
- odczyn (pH),
- temperaturę wody.

Na tej podstawie można - z wykorzystaniem Tab. 7.2 - określić procentową zawartość amoniaku niezdysonocowanego. W tym celu uzyskany wynik analizy azotu amonowego należy przemnożyć przez odczytaną z tabeli wartość (dla danego pH i danej temperatury) i podzielić przez 100.

Na przykład:

w próbie wody pobranej ze stawu oznaczono:

- temperaturę: 20°C,

- odczyn: pH = 8,4,

- całkowity azot amonowy (TAN): 2,20 mg NH₃-N/l.

Z tabeli 7.2 wynika, że udział procentowy niezjonizowanego amoniaku (NH₃) dla powyższych danych wynosi 8,63% (0,0863). Wobec tego stężenie niezjonizowanego amoniaku obliczymy w sposób następujący:

$$(\text{TAN jako NH}_3\text{-N}) \times (0,0863) = (\text{NH}_3) \text{ niezjonizowany [mg/l]},$$

więc:

$$2,20 \times 0,0863 = 0,190 \text{ mg NH}_3\text{/l}$$

Pomijając sytuację, gdy na potrzeby produkcji pobierana jest woda złej jakości, zanieczyszczona związkami azotowymi, źródłem azotynów (NO₂⁻) i azotanów (NO₃⁻) w wodzie są opisane wcześniej przemiany azotowe: w warunkach tlenowych nityfikacja, a przy braku lub ograniczonej zasobności środowiska w tlen –

denitryfikacja. W warunkach tlenowych jon azotynowy jest łatwo utleniany do azotanów zarówno na drodze biologicznej (bakterie II fazy nitryfikacji), jak i chemicznej. Toksyczność azotynów dla ryb jest bardzo zróżnicowana i zależy zarówno od gatunku ryby, jej wielkości i wieku, długości ekspozycji, jak i od jakości (skład chemiczny) wody (Kroupova i in. 2005, Lin i in. 2018). Wiąże się ono głównie z tym, że azotyny wpływają niekorzystnie na zdolność hemoglobiny do przenoszenia tlenu. Ich nadmiar w wodzie może więc wywoływać u ryb methemoglobinemię. Stałej obecności azotynów w wodzie nie da się zupełnie wyeliminować w przypadku systemów recyrkulacyjnych, ponieważ praca źródeł biologicznych jest ciągła. Podwyższona koncentracja azotynów może być skutkiem niedojrzałości lub przeciążenia źródeł biologicznych – wówczas mikroorganizmy nie nadążają z metabolizowaniem tych jonów do formy azotanowej. Ostatecznie więc, zwłaszcza w przypadku systemów recyrkulacyjnych, warto monitorować stężenie azotynów, szczególnie gdy mogą występować przejściowe choćby problemy z natlenieniem wody (większe zagęszczenie ryb, systemy ciepłowodne).

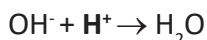
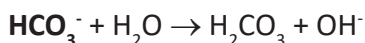
Wedemeyer (1996) podaje, że w przypadku łososiowatych (pstrąg tęczy) niebezpiecznym stężeniem może być już 0,3 mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$, podczas gdy dla sumika kanałowego krytyczna wartość to dopiero 13 mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$ (LC50 dla 96 godzin ekspozycji). Timmons i Ebeling (2010) zalecają utrzymywanie stężenia tego parametru poniżej 0,1 i 1,0 mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$, odpowiednio w systemach miękkowodnych i twarowodnych. Na toksyczne oddziaływanie azotynów na ryby słodkowodne istotnie wpływają inne obecne w wodzie aniony, szczególnie wapń i chlorki, a także odczyn. Zwiększenie stężenia chlorków do 50 miligramów na liter może znacząco zwiększyć tolerancję ryb na azotyny, zwłaszcza w przypadku ryb łososiowatych. Jony te, aktywnie pobierane przez skrzela, konkurują z jonami NO_2^- . Z kolei obniżenie pH zwiększa toksyczność azotynów wskutek przekształcenia części obecnych w wodzie jonów NO_2^- w NHO_2^- (Wedemeyer 1996, Kroupova i in. 2005).

Jon azotanowy (NO_3^-) jest powszechnie uważany za zasadniczo nietoksyczny dla ryb. Wartość LC50 dla 96-godzinnej ekspozycji dotyczy zazwyczaj koncentracji powyżej 1000 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$. Chroniczna ekspozycja na azotan sodu w stężeniu nie przekraczającym 200 miligramów na liter nie ma wpływu na wzrost sumika kanałowego, a 9-godzinne LC50 tej substancji w przypadku łososiowatych i większości innych gatunków wynosi od 1000 do 3000 miligramów na liter $\text{NO}_3\text{-N}$ (Timmons i Ebeling 2010). Od tej reguły bywają wyjątki: w podchowcie mniejszych form tilapii nilowej Monesse i in. (2017) zalecają bowiem utrzymywanie stężenia jonów azotanowych poniżej 500 mg/l. Wedemeyer (1996) podkreśla, że w obiegach zamkniętych (RAS) może dochodzić do kumulacji azotanów, co niekorzystnie

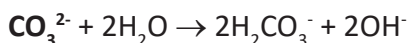
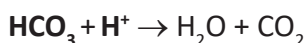
wpływa na rozwój zarodków podczas inkubacji ikry ryb łososiowatych. W takich sytuacjach warto rozważyć zamontowanie w obiegach komór denitryfikacyjnych.

7.4.3. Zasadowość i twardość

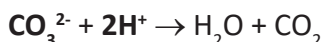
Zasadowość, inaczej alkaliczność, to zdolność wody do zobojętniania kwasów (np. CO_2). Wynika ona z zawartości obecnych w wodzie jonów, które pod względem swoich właściwości chemicznych są zasadami. Należą do nich przede wszystkim wodorowęglany (HCO_3^-), węglany (CO_3^{2-}) oraz jony wodorotlenkowe (OH^-), ale także – w znacznie mniejszym stopniu – krzemiany, borany, fosforany, amoniak i zasady organiczne. Zasadowość ogólną można zmierzyć miareczkując próbę roztworem mocnego kwasu (np. solnego) wobec wskaźnika – oranżu metylowego (do pH ok. 4,5). Reakcje przebiegają wg poniższych równań (5-7):



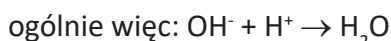
(5)



(6)



(7)



Zasadowość wyraża się w miliwalach na litr (mval/l) lub – po przemnożeniu przez 50 – jako mg CaCO_3/l .

Twardość wody to umowne pojęcie, które opisuje jej właściwości związane z występowaniem w niej soli (głównie węglanów) wapnia i magnezu, czyli dwóch dominujących w wodach naturalnych kationów metali dwuwartościowych. Opisową charakterystykę twardości wody stanowi skala twardości (Tab. 7.3). Twardość ogólną w Polsce zwyczajowo wyraża się w miliwalach na litr [mval/l] bądź w stopniach niemieckich ([n/dH/GdH]). Można ją także podać w innych jednostkach, a sposób ich przeliczania ujęto w Tab. 7.4.

Tab. 7.3. Opisowa skala twardości wody (na podstawie Hermanowicz i in. 1999).

Twardość ogólna		Skala twardości
mval/l	°n/dH/GdH	
<1,78	0-5	bardzo miękka
1,78-3,57	5-10	miękka
3,57-5,35	10-15	średnio twarda
5,35-7,13	15-20	o znacznej twardości
7,13-10,70	20-30	twarda
>10,70	>30	bardzo twarda

Tab. 7.4. Zależności między stosowanymi na świecie jednostkami twardości wody.

Jednostka	mval/l	Stopnie niemieckie	mg CaCO ₃ /l	mmol/l	Stopnie francuskie	Stopnie angielskie
mval/l	1	0,36	0,02	2,00	0,20	0,28
Stopnie niemieckie	2,8	1	0,06	5,60	0,56	0,80
mg CaCO ₃ /l	50	17,9	1	100,0	10,00	14,29
mmol/l	0,50	0,18	0,01	1	0,10	0,14
Stopnie francuskie	5,00	1,79	0,10	10,00	1	1,43
Stopnie angielskie	3,50	1,25	0,07	7,00	0,70	1

Na podstawie powyższych informacji można przyjąć, że twardość ogólna to stężenie jonów wapnia i magnezu wyrażone jako równoważnik zawartości węgla wapnia. Praktyczną jednostką, która dobrze oddaje istotę zagadnienia (twardość jako wyrażoną właśnie jako zawartość węgla wapnia w wodzie) będzie [mg CaCO₃/l] (inaczej ppm), która jest stosowana powszechnie w krajach anglosaskich. Masy molowe CaCO₃, Ca²⁺ i Mg²⁺ wynoszą odpowiednio 100,1 g/mol, 40,1 g/mol i 24,3 g/mol, więc możemy obliczyć ich stosunek, zgodnie z równaniami (8-10):

$$\frac{M_{CaCO_3}}{M_{Ca}} = \frac{100,1}{40,1} = 2,5 \quad (8)$$

oraz

$$\frac{M_{MgCO_3}}{M_{Mg}} = \frac{100,1}{24,3} = 4,1 \quad (9)$$

więc twardość wody, jako ekwiwalent zawartości CaCO_3 , można obliczyć za pomocą wzoru:

$$[\text{CaCO}_3] = 2,5 [\text{Ca}^{2+}] + 4,1 [\text{Mg}^{2+}] \quad (10)$$

Przykład. Oznaczyliśmy (dowolną metodą) stężenia wapnia i magnezu w wodzie systemów recyrkulacyjnych. Wynoszą one odpowiednio 36 i 12 mg/l (czyli odpowiednio 36 i 12 ppm). Po podstawieniu do wzoru [3] uzyskamy:

$$[\text{CaCO}_3] = 2,5 [36] + 4,1 [12] = 139,2 \text{ mg/l (ppm)}.$$

Chcąc wyrazić ten wynik jako przedział w skali twardości (na podstawie tabeli 3) należy dokonać przeliczenia jednostek na miliwale na litr lub stopnie niemieckie. Pomocna w tym będzie tabela 4.

Jak z niej korzystać? W pierwszej kolumnie znajdujemy jednostkę wyjściową (konwertowaną), a w pierwszym jej wierszu - jednostkę, na którą chcemy ją przeliczyć. Na przecięciu odpowiednich kolumny i wiersza znajdziemy współczynnik przeliczeniowy, przez którą dzielimy wartość konwertowaną.

Przykład. Wiemy, że twardość ogólna wody z basenu recyrkulacyjnego wynosi 139,2 mg CaCO_3 /l – policzyliśmy to w przykładzie powyżej. Aby uzyskać informację o twardości zgodnie z tabelą 4 należy przeliczyć ją na wartość wyrażoną w stopniach niemieckich. Znajdujemy więc w pierwszej kolumnie tabeli 4 jednostkę wyjściową [mg CaCO_3 /l] – trzecia od góry – a następnie, poruszając się w prawo, odnajdujemy współczynnik przeliczeniowy dla stopni niemieckich – wynosi on 17,9. Dzielimy 139,2 przez ten współczynnik i uzyskujemy wynik: 7,78°n. Z ostatniej kolumny tabeli 4 odczytujemy, że mamy do czynienia z wodą miękką.

Gdy twardość wody jest większa niż zasadowość ogólna, to część przypadająca na tę zasadowość określana jest mianem twardości węglanowej, a nadwyżka twardości wobec zasadowości to z kolei twardość niewęglanowa (wynikająca z obecności innych niż wapń i magnez jonów, tj. m.in. chlorkowych, siarczanowych i azotanowych). Gdy twardość wody jest natomiast mniejsza (lub równa) zasadowości ogólnej, wówczas cała twardość ogólna składa się tylko z twardości węglanowej – niewęglanowa wynosi bowiem zero. Twardość węglanowa bywa określana mianem przemijającej, ponieważ wodorowęglany są nietrwałe termicznie i podczas podgrzewania wody przekształcają się w nierozpuszczalne węglany, które wytrącają się z roztworu (podczas gdy są stabilne termicznie chlorki, siarczany i azotany pozostają w roztworze nawet po jej przegotowaniu). Potocznie

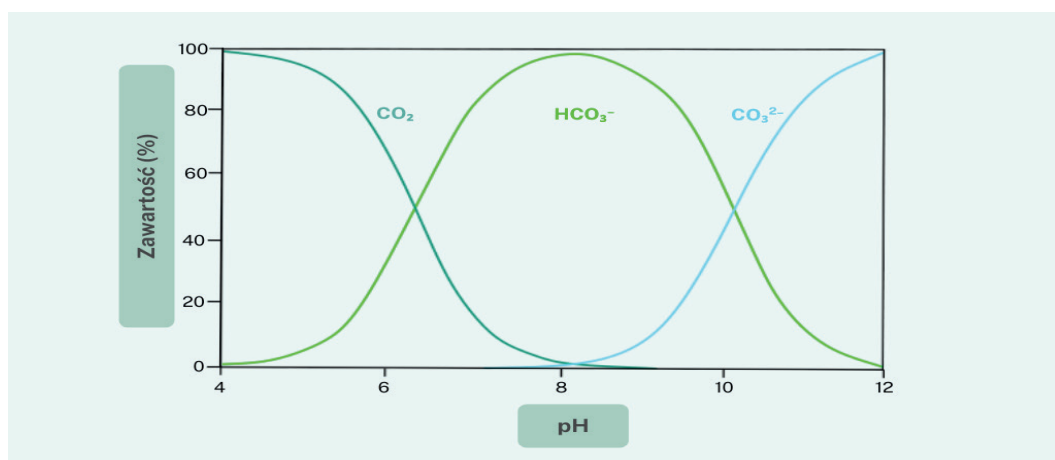
mówi się o zjawisku wytrącania tzw. kamienia, czyli węglanu wapnia (kalcytu). Ten z kolei powodować może rozmaite problemy związane z osadzaniem się CaCO_3 w elementach obiegów zamkniętych.

Wody miękkie charakteryzują się z kolei równocześnie niewielką zasadowością i w związku z tym mają ograniczoną pojemność buforową, co oznacza, że są podatne na obniżanie się odczynu wywołane obecnością kwasów. Kwasem jest np. dwutlenek węgla wydalany przez skrzelą ryb proporcjonalnie do ilości spożywanego pokarmu i zużycia tlenu (Summerfelt i in. 2015), czy też jest produkowany w biofiltrach systemów recyrkulacyjnych podczas nityfikacji (Summerfelt i Sharrer 2004). Z drugiej strony, podtrzymanie utleniania amoniaku wymaga utrzymania odpowiedniego poziomu zasadowości wody – aby proces ten był efektywny nie należy dopuszczać do spadków alkaliczności poniżej 40-80 mg/l (jako CaCO_3) – jak twierdzą Besterfield i in. (2003) jest to minimalna zasadowość wymagana do podtrzymania procesów nityfikacji. Obniżenie stężenia azotu amonowego na drodze przemian mikrobiologicznych o 1 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ może obniżyć zasadowość o ok. 7,0 mg $\text{CaCO}_3\text{/l}$, a wysokie tempo nityfikacji może powodować zauważalną utratę zasadowości (i zdolności buforujących) wód produkcyjnych w ciągu doby. Ubytek można zrekompensować dodając wodorowęglan sodu. Dawka około 1,68 mg NaHCO_3 na litr przywraca ok. 1 mg/l (wyrażonej jako CaCO_3) zasadowości (Boyd 2016). Ubytek zdolności buforujących wód następuje nie tylko wskutek przemian mikrobiologicznych. Glony i rośliny w trakcie fotosyntezy także mogą zużywać znaczące ilości węgla nieorganicznego – gdy wyczerpią zasoby wolnego, gazowego CO_2 , zaczną korzystać z tzw. przynależnego dwutlenku węgla zawartego w węglanach. Warto więc kontrolować poziom alkaliczności, szczególnie w obiektach akwakultury, w których wykorzystuje się wodę o niewielkiej twardości, by chronić ryby przed zbyt gwałtownymi zmianami jej odczynu.

7.4.4. Dwutlenek węgla i układ węglanowy

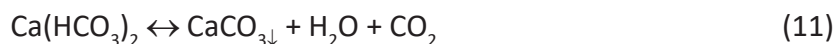
Zawartość dwutlenku węgla w wodach naturalnych może być bardzo różnicowana i wynosić od zaledwie kilku mg $\text{CO}_2\text{/l}$ w słodkich wodach powierzchniowych – jak rzeki i jeziora – do kilkuset, a nawet kilku tysięcy mg $\text{CO}_2\text{/l}$ w wodach mineralnych. Źródłami tego gazu w wodach są: atmosfera, procesy geochemiczne (jak wymywanie czy wietrzenie gleb) oraz tlenowy rozkład związków organicznych i procesy metaboliczne organizmów wodnych. W warunkach akwakultury z reguły głównym źródłem dwutlenku węgla w wodzie jest metabolizm ryb – na przykład łososiowate wydalają około 1,4 miligrama dwutlenku węgla na każdy miligram tlenu, który zużywają (Wedemeyer 1996). Ilość dwutlenku węgla przenikającego z atmosfery do wody jest niewielka, mimo

bardzo dobrej jego rozpuszczalności w wodzie. Przyczyną tego są zarówno mała zawartość CO_2 w powietrzu, wynosząca obecnie ok. 417 ppm (Długokencky i Tans 2022) i niskie ciśnienie cząstkowe tego gazu. Mimo to zawartość dwutlenku węgla jest w wodach powierzchniowych, inaczej niż w przypadku innych gazów (tlen, azot) zazwyczaj znacząco większa niż to wynika z równowagi gaz-ciecz, ponieważ jego stężenie w wodzie jest zależne także od reakcji kwasowo-zasadowych. W głównej mierze ilość tego związku w wodach naturalnych uwarunkowana jest zawartością wapnia i magnezu (czyli twardością wody), a właściwie obecnością soli węglanowych i wodorowęglanowych tych pierwiastków. Mineralne związki węgla tworzą w wodach zrównoważony układ $\text{CO}_2\text{—HCO}_3^-\text{—CO}_3^{2-}$, a proporcje poszczególnych form zależą od odczynu wód (Rys. 7.30).



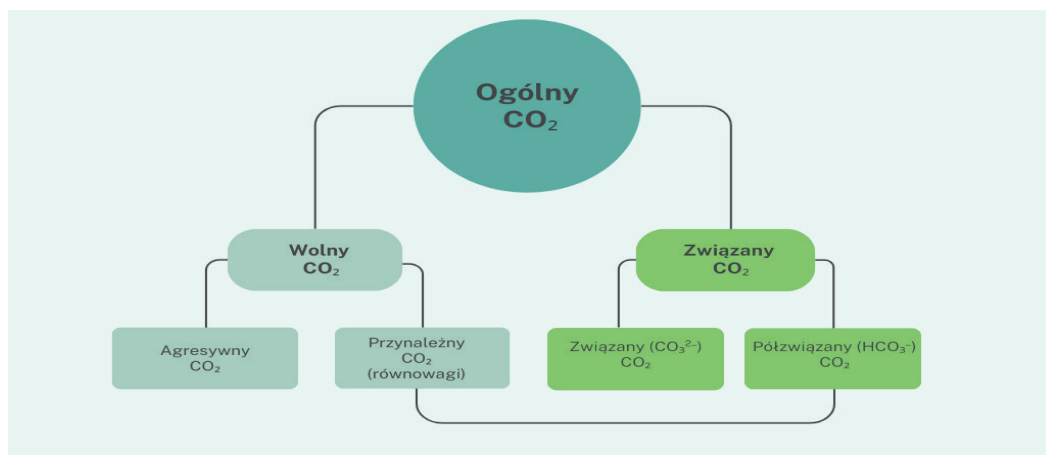
Rys. 7.30. Zawartość form dwutlenku węgla w wodzie, w zależności od jej odczynu.

Jak wynika z powyższego rysunku, w wodach kwaśnych ($\text{pH} < 4,5$) CO_2 będzie obecny niemal wyłącznie w postaci gazowej, przy wzroście odczynu ulegnie on transformacji: początkowo do jonów wodorowęglanowych (przy pH ok. 8,3) a następnie – węglanowych (przy $\text{pH} > 10,5$ ich udział wzrasta powyżej 50%). Ponadto, CO_2 w wodzie występuje także (w niewielkiej ilości, $< 1\%$) w postaci kwasu węglowego. Suma zawartości wszystkich wymienionych form stanowi ogólny CO_2 zawarty w wodzie (Rys. 7.31). Postać wodorowęglanowa określana bywa także mianem półzwiązanego, a węglanowa – związanego CO_2 . Część puli wolnego dwutlenku węgla jest niezbędna do utrzymania w roztworze rozpuszczonego wodorowęglanu wapnia w myśl równania (11):



i nazywa się ją CO_2 równowagi (węglanowo-wapniowej) lub dwutlenkiem węgla przynależnym. Zwiększenie zawartości wolnego CO_2 w wodzie spowoduje

przesunięcie reakcji wytrącania węglanu wapnia w prawą stronę (w kierunku rozpuszczania węglanu wapnia, CaCO_3), a zmniejszenie zawartości CO_2 spowoduje powstawanie osadu węglanu wapnia. W miarę zwiększania się w wodzie zawartości wodorowęglanów (odpowiadających za twardość węglanową) wzrasta ilość niezbędnego dla utrzymania równowagi opisanej wyżej dwutlenku węgla przynależnego. W momencie ustalenia się równowagi chemicznej w wodzie pozostaje też część wolnego CO_2 , czyli jego nadmiar w stosunku do stechiometrycznej ilości dwutlenku węgla przynależnego – jest on określany mianem CO_2 agresywnego. Nazwa ta wywodzi się od jego właściwości – powoduje on bowiem korozję metali i betonu oraz rozpuszczanie osadów węglanu wapnia. Ta właśnie forma dwutlenku węgla w warunkach naturalnych wykorzystywana jest przez organizmy fotosyntetyzujące. Gdy go zabraknie, kolejnym źródłem węgla stają się zasoby CO_2 przynależnego (wówczas równowaga reakcji zostanie przesunięta w stronę prawą równania, by zrekompensować braki), a tym samym zainicjowane zostaną procesy wytrącania węglanu wapnia (kalcytu). W takich warunkach mówimy o tak zwanym procesie biologicznego odwapniania wód. Wiąże się on ze wzrostem odczynu. Taka sytuacja może być potencjalnie niebezpieczna dla mniej odpornych ryb czy młodocianych stadiów rozwojowych niektórych gatunków, gdyż w specyficznych warunkach – bezwietrzna (brak mieszania), upalna pogoda (szybki wzrost temperatury wód) – zmiana pH może mieć charakter gwałtowny, a wzrost może być znaczący. Wojda (2023) wskazuje, że np. w przypadku karpia optimum rozwojowe ikry przypada na dość wąski zakres pH, pomiędzy 7,5 a 7,8, podczas gdy obniżenie się odczynu poniżej pH 4,0, jak i wzrost powyżej 11 powoduje stuprocentową śmiertelność. W opisanej wyżej sytuacji dochodzi zazwyczaj także do silnego i szybkiego przesylenia wód tlenem – saturacja może przekroczyć nawet 200% nasycenia O_2 .



Rys. 7.31. Formy dwutlenku węgla w wodach powierzchniowych.

W warunkach akwakultury, szczególnie w przypadku prowadzonej systemach recyrkulacyjnych przy ograniczonych możliwościach obniżenia zawartości tego gazu na drodze wymiany z atmosferą i asymilacji na drodze fotosyntezy (co ma miejsce w wodach otwartych, w tym stawach) ilość CO_2 może stosunkowo szybko osiągać znaczące stężenia, nawet do kilkudziesięciu miligramów na litr. Dla ryb zimnowodnych, jakimi są łososiowate szkodliwe działanie tego gazu obserwuje się już przy poziomie przekraczającym 20 mg CO_2 /l, a dla gatunków ciepłolubnych przy większym niż 30 mg CO_2 /l. Wraz ze wzrostem poziomu dwutlenku węgla w wodzie zwiększa się także jego stężenie we krwi ryb, a zdolność hemoglobiny do przenoszenia tlenu zaczyna się obniżać – jest to określane jako efekt Bohra-Roota. W takich okolicznościach może dojść do zaburzeń oddychania, nawet przy stosunkowo wysokim stężeniu tlenu w wodzie. Poziom ok. 100 mg CO_2 /l może wywoływać u ryb ciężkie zatrucia i powodować śnięcia (Wedemeyer 1996, Timmons i in. 2002, Timmons i Ebeling 2010). Z drugiej strony, dwutlenek węgla (w wysokich stężeniach) wydaje się być użytecznym i bezpiecznym anestetykiem (Kugino i in. 2016, Guan i in. 2017).

Ryby mają zdolność wyczuwania podwyższonych stężeń dwutlenku węgla (Clingerman i in. 2007), dzięki czemu mogą ich unikać – taka sytuacja dotyczy jednak z reguły hodowli w warunkach zbliżonych do naturalnych, a więc zazwyczaj stawowej. W systemach recyrkulacyjnych te zdolności zostają istotnie ograniczone. Na szczęście ryby posiadają też pewne zdolności adaptacyjne i, jak wykazały doświadczenia, mogą tolerować chronicznie podwyższone stężenie dwutlenku węgla w zakresie 15-20 miligramów na litr, jeśli tempo wzrostu zawartości tego gazu jest bardzo powolne. W takich warunkach ich fizjologia umożliwia ustabilizowanie pH krwi, co zapobiega wystąpieniu hiperkapni (kwasicy) – dzieje się tak dzięki zwiększeniu stężenia wodorowęglanów w osoczu w stopniu wystarczającym do skompensowania rosnącego stężenia dwutlenku węgla. Taka sytuacja dotyczy jednak zazwyczaj albo hodowli w stawach albo systemów recyrkulacyjnych o niskiej trofii. W sytuacji, gdy podejrzewamy, że stężenie CO_2 w zbiorniku z rybami (np. przy ich transporcie) może rosnąć zbyt szybko możemy dodać do wody niewielką ilość wodorowęglanu lub siarczanu sodu, co pozwoli częściowo zrównoważyć spadek zdolności buforowania krwi (Wedemeyer 1996).

Literatura:

- Clingerman J., Bebak J., Mazik M.P., Summerfelt S.T. 2007. Use of avoidance response by rainbow trout to carbon dioxide for fish self-transfer between tanks. *Aquac. Eng.*, 37: 234-251.
- Biesterfeld, S., Farmer, G., Russell, P., Figueroa, L. 2003. Effect of alkalinity type and concentration on nitrifying biofilm activity. *Water Environment Research*, 75(3): 196-204.

- Boyd C.E. 2016. What causes alkalinity changes in aquaculture waters?. Globalseafood.org, <https://www.globalseafood.org/advocate/what-causes-alkalinity-changes-in-aquaculture-waters/> - dostęp 12 maja 2023 r.
- Dlugokencky E., Tans P. 2022. Trends in atmospheric carbon dioxide, National Oceanic and Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory (NOAA/ESRL), <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>, dostęp: 11 marca 2023.
- Emerson K., Russo R.C., Lund R.E. Thurston R.V. 1975. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 32: 2379-2383.
- Goryczko K. 2008. Pstrągi. Chów i hodowla. Poradnik hodowcy. Wyd. IRS, Olsztyn, 181 s.
- Goryczko K., Grudniewska J. 2023. Chów i hodowla pstrąga tęczowego. Wyd. IRS, Olsztyn, 174 s.
- Guan, W-L., Zhao, M-M., Liu, T-T., Fan X., Chen D-W 2017. Cooling combined with hyperoxic CO2 anesthesia is effective in improving the air exposure duration of tilapia. Sci Rep 7, 14016.
- Hargreaves, J., Tucker, C.S. 2004 - Managing Ammonia in Fish Ponds. SRAC 4603, 8 pp.
- Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziorowski B., Zerbe J. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków - Arkady, Warszawa, 555 s.
- Kajak Z. 1979. Eutrofizacja jezior. Wyd. PWN, Warszawa, 239 s.
- Kajak Z. 1998. Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Wyd. PWN, Warszawa, 357 s.
- Karpiński A., Szkudlarek M., Zakęś Z. 1999. Nitryfikacja w układach recyrkulacyjnych. Praktyczne uwagi o dojrzewaniu filtra biologicznie aktywnego. Komunikaty Rybackie, 3:11-14.
- Kolman R. 2023. Chów i hodowla jesiotrów. Wyd. IRS, Olsztyn, 122 s.
- Kroupova, H., Machova, J., and Svobodova, Z. 2005. Nitrite influence on fish: a review. Vet Med Czech 50: 461–471.
- Kugino K., Tamaru S., Hisatomi Y., Sakaguchi T. 2016. Long-Duration Carbon Dioxide Anesthesia of Fish Using Ultra Fine (Nano-Scale) Bubbles - PLoS ONE 11(4): e0153542.
- Lin Y., Miao L-H., Pan W-J., Huang X., Dengu J.M., Zhang W-X., Ge X-P., Liu B., Ren M-C., Zhou Q-L., Xie J., Pan L., Xi B. 2018. Effect of nitrite exposure on the antioxidant enzymes and glutathione system in the liver of bighead carp, *Aristichthys nobilis* - Fish & Shellfish Immunology, 76: 126-132.
- Monsees, H., Klatt, L., Kloas, W. and Wuertz, S. 2017. Chronic exposure to nitrate significantly reduces growth and affects the health status of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in recirculating aquaculture systems. Aquac Res, 48: 3482-3492.
- Randall D.J, Tsui T.K.N 2002. Ammonia toxicity in fish - Marine Pollution Bulletin, 45 (1-12): 17-23,
- Soderberg R.W., Meade J.W. 1992. Effects of sodium and calcium on acute toxicity of un-ionized ammonia to Atlantic salmon and lake trout. Journal of Applied Aquaculture, 1(4): 83-92.

- Starmach K. 1973. Wody śródlądowe: zarys hydrobiologii. Wyd. UJ, Kraków, 363 s.
- Summerfelt S. T., Zühlke A., Kolarevic J., Reiten B. K. M., Selset R., Gutierrez X., Terjesen B. F. 2015. Effects of alkalinity on ammonia removal, carbon dioxide stripping, and system pH in semi-commercial scale water recirculating aquaculture systems operated with moving bed bioreactors. *Aquacultural Engineering*, 65: 46-54.
- Summerfelt, S.T., Sharrer, M.J. 2004. Design implication of carbon dioxide production within biofilters contained in recirculating salmonid culture systems (Conference Paper). *Aquacultural Engineering*, 32: 171-182.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M. 2010. *Recirculating Aquaculture*. Cayuga Aqua Ventures, LLC, 2nd Edition, 948 pp.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T. and Vinci, B.J. 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*, 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY 14850, USA, NRAC Publication No. 01-002, 800 pp.
- Wedemeyer, G. 1996. *Physiology of fish in intensive culture systems* - Chapman and Hall, Nowy Jork, 113 pp.
- Wicks B.J., Joensen R., Tang Q., Randall D.J. 2002. Swimming and ammonia toxicity in salmonids: the effect of sub lethal ammonia exposure on the swimming performance of coho salmon and the acute toxicity of ammonia in swimming and resting rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, 59 (2002): 55–69.
- Wojda R. 2023. *Chów i hodowla karpia*. Wyd. IRS, Olsztyn, 458 s.
- Wytyczne dotyczące jakości wody i czynności wykonywanych wobec ryb służące zapewnieniu dobrostanu ryb utrzymywanych w gospodarstwie rybackim 2020. Grupa ds. ryb w ramach unijnej platformy ds. dobrostanu zwierząt, https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-07/aw_platform_plat-conc_guide_farmed-fish_pl.pdf, dostęp: 22 kwietnia 2023 r.
- Zakęś Z., Hopko M, Stawecki K. 2022. Praktyczne informacje dotyczące procesu nityfikacji i wpracowania złożeń biologicznych w systemach recykulacyjnych. *Komunikaty Rybackie*, 2: 7-12.
- Zakęś Z., Stawecki K., Pyka J.P., 2015. Wspomaganie dojrzewania biofiltrów w systemach recykulacyjnych, [W:] Zakęś, Z. Demska-Zakęś K., Kowalska A. (Red.), *Podchowcy organizmów wodnych. osiągnięcia, wyzwania, perspektywy*, Wyd. IRS, Olsztyn, s. 11-22.
- Zou, Y.; Chen, W.; Xia, B.; Xiang, Y.; Shen, Z.; Han, Y.; Xue, S. 2023. Ammonia Toxicity in the Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*): Hematology, Antioxidation, Immunity, Inflammation and Stress - *Toxics* 11 (3): 243.

ROZDZIAŁ 8

Analiza efektywności ekonomicznej produkcji okonia przy wykorzystaniu systemów recyrkulacyjnych oraz zintensyfikowanego stawowego systemu hodowlanego

**Konrad Turkowski¹, Krzysztof Kupren², Anna Hakuć-Błażowska²
Tomasz Kajetan Czarkowski³**

1 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Bioekonomiki Rybactwa

2 – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Turystyki, Rekreacji i Ekologii

3 – Instytut Rybactwa Śródlądowego im. S. Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ichtiologii, Hydrobiologii i Ekologii Wód

8.1. Wstęp

Okoń (*Perca fluviatilis* L.) jest bardzo ważnym gatunkiem, zarówno w rybactwie komercyjnym, jak i rekreacyjnym (Skrzypczak 2008, Heermann i in. 2013, Wołos i in. 2022). Pomimo kilkadziesiątu lat badań nad intensyfikacją różnych aspektów produkcji okonia (Kestemont i in. 1996; Kucharczyk i in., 1998; Miguad i in. 2002; Fontaine P. 2004; Szczerbowski i al., 2009, Żarski 2014, Judycka i in. 2022) intensywna hodowla tego gatunku jest wciąż na początku rozwoju, a popyt na ten gatunek na rynku jest w dużej mierze niezaspokojony (Rougeot i Toner 2008; Fontaine i Telechea 2019, Kupren i in. 2023). Polska akwakultura w najlepszym 2017 roku wyprodukowała zaledwie 7,04 t tego gatunku, po czym w ostatnim notowanym 2020 roku produkcja ta spadła do 3,5 t (Eurostat, 2023). Natomiast komercyjne odłowy jeziorowe okonia szacowane były w 2021 roku na poziomie między 123 (Wołos i in. 2022) a 386 ton (wg. statystyk FAO) (zobacz również dane produkcyjne przedstawione w rozdziale 2, Tab. 2.1.). Co oczywiście nie zaspakają zapotrzebowania rynkowego na ten gatunek. Warunkiem wzrostu produkcji okonia, tak jak każdego innego gatunku, jest opłacalność przedsięwzięcia. Ocena opłacalności wymaga przeprowadzenia analizy kosztów, analizy przychodów, oszacowania dochodów oraz ustalenia warunków progowych (krytycznych) efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia. Zagadnienia te, w odniesieniu do produkcji okonia w warunkach kontrolowanych, stanowią przedmiot tego rozdziału.

8.2. Analiza ekonomiczna produkcji 5-0 gramowego narybku okonia w warunkach kontrolowanych

8.2.1. Przechowywanie i przygotowanie tarlaków do rozrodu

Do wyliczeń wykorzystano następujące dane związane z przechowywaniem i przygotowaniem tarlaków okonia do rozrodu:

- temperatura przechowywania tarlaków: 6 - 12 °C
- fotoperiod: 9-13h
- okres przechowywania tarlaków: min. 75 dni
- iniekcje hormonalne tarlaków: hcg dawce (500 j.m./kg)
- manipulacje na tarlakach: roztwór ms-222 (150 mg/l).
- nasienie do zapłodnienia: mieszanina od kilku samców
- żywienie tarlaków – 3 razy tygodniowo mrożona ochotka w dawce 1% biomasy ryb
- codzienna dolewka wody na poziomie 5-10% całego obiegu
- Tarlaki przechowywane były w systemie trzech basenów, każdy o objętości 1 m³.

8.2.2. Inkubacja ikry i podchów larw

Do wyliczeń związanych z inkubacją ikry i podchowu larw przyjęto następujące dane:

- całkowity czas trwania: ok. 57 dni
- okres inkubacji ikry: 8 dni w temperaturze ok. 13°C, w ciągu kolejnych 2 dni wzrost temperatury do 17°C
- temperatura przechowywania larw: 17 do 21°C
- fotoperiod: 24L
- okres przechowywania larw: 45 dni
- codzienna dolewka wody na poziomie 5-10% całego obiegu

- żywienie: artemia, pasza komercyjna
- masa końcowa 0,5g

8.2.3. Podchów narybku

Ogólna charakterystyka etapu podchowu narybku, którą przyjęto do przeprowadzenia kalkulacji, była następująca:

- masa początkowa: 0,5g
- całkowity czas trwania: ok. 45 dni
- temperatura przetrzymywania: 21°C
- fotoperiod: 24hL
- codzienna dolewka wody na poziomie 10% całego obiegu
- żywienie: pasza komercyjna
- masa końcowa 5g

8.2.4. Koszty produkcji narybku

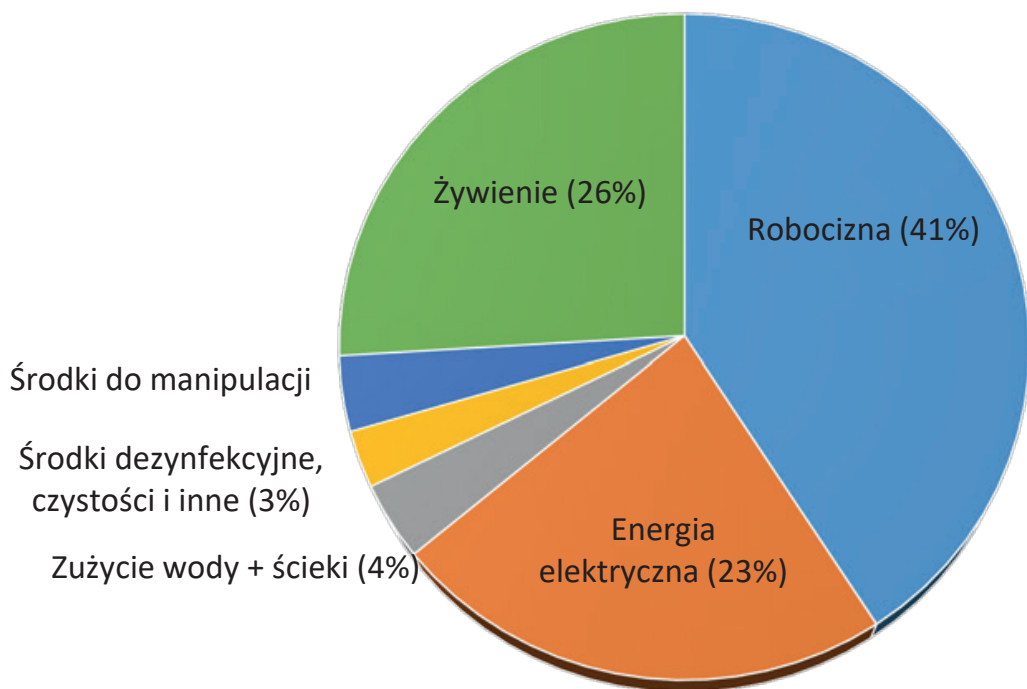
Cały cykl produkcji narybku okonia w trzech przedstawionych powyżej systemach trwał łącznie 177 dni. Etap pierwszy, związany z przygotowaniem tarlaków trwał 75 dni. Etap drugi, związany z inkubacją ikry i podchowem larw zajął kolejne 57 dni. W jego efekcie uzyskano początkowo 86400 szt. wylęgu, a finalnie 43200 szt. narybku o przeciętnej masie 0,5 g każdy. W trzecim etapie, który trwał 45 dni, z obsady 43200 szt. 0,5 g narybku, wyprodukowano 36288 szt. narybku o przeciętnej masie 5g każdy. Etap ten charakteryzował się 84% przeżywalnością. Łączne koszty bezpośrednie poniesione w trakcie realizacji powyższych etapów zestawiono w Tab. 8.1.

W kosztach produkcji narybku okonia dominowała robocizna (41%), następnie żywienie (pokarm i pasze) (26%), oraz koszty energii elektrycznej (23%). Udział pozostałych składniki kosztów kształtował się na niewielkim 3-4% poziomie (Rys. 8.1).

W żywieniu (26% kosztów ogółem) najdroższe okazały koszty artemii (33%) zadawanej na etapie wstępnego podchowu larw. Łączne koszty żywienia na tym etapie zamknęły się kwotą 2 674 zł, co stanowiło 57% wydatków poniesionych ogółem na żywienie w całym cyklu produkcji materiału zarybieniowego okonia (Tab. 8.1). Na podobnym poziomie kształtowały się koszty podchowu narybku (40%), a koszty żywienia tarlaków były relatywnie niewielkie (3%) (Tab. 8.1)

Tab. 8.1. Bezpośrednie koszty eksploatacyjne produkcji narybku okonia.

Rodzaj kosztów	Jednostka	Nakład	Cena (zł/ jedn.)	Koszt (zł)
Robocizna, w tym:	Rgh	331	22,33	7391,23
Przetrzymywanie tarlaków	Rgh	112		
Inkubacja ikry	Rgh	174		
Podchów narybku	Rgh	45		
Energia elektryczna, w tym:	kWh	6 676	0,62	4 51,80
Przetrzymywanie tarlaków	kWh	1 958		
Inkubacja ikry/wstępny podchów larw	kWh	2 140		
Podchów narybku	kWh	2 578		
Zużycie wody + ścieki, w tym	m3	48,91	13,82	675,94
Przetrzymywanie tarlaków	m3	22,50		
Inkubacja ikry/wstępny podchów larw	m3	8,59		
Podchów narybku	m3	17,82		
Środki dezynfekcyjne, czystości i inne				500,00
Środki niezbędne do manipulacji tarlakami				
MS-222	g	67,50	7,00	472,50
hCG	500 iu	3,00	5,00	15,00
Płyn Serra.	2			160,29
Etanol 70%	l	0,50	147,60	
Formaldehyd 40%	l	0,15	19,61	
Kwas octowy 99,5 %	l	0,05	68,11	
Sól fizjologiczna	l	0,50	11,88	5,94
Żywienie, w tym:				
Pokarm dla tarlaków				
Ochotka	kg	1,00	56,00	56,00
Inkubacja ikry/wstępny podchów larw				
Artemia	kg	3,11	500	1555,00
Perla 5	kg	8,52	71,75	611,31
Perla 4	kg	9,07	55,95	507,47
Podchów narybku				
Perla 4	kg	11,15	55,95	623,84
Nutra 1	kg	65,32	18,15	1185,56
Tarlaki	kg	3,00	25	75,00
Razem koszty produkcji narybku (zł)				18062



Rys. 8.1. Struktura kosztów produkcji narybku okonia.

Największym nakładem robocizny (35% kosztów ogółem) charakteryzował się etap inkubacji ikry (53%), następnie przetrzymywania tarlaków (34%), natomiast znacznie niższych nakładów robocizny wymagał etap podchowu narybku (14%) (Tab. 8.1).

Kolejnym istotnym składnikiem kosztów była energia elektryczna (23% kosztów ogółem produkcji narybku okonia). Zużycie energii elektrycznej rozkładało się mniej więcej równo pomiędzy trzy podstawowe etapy produkcji narybku okonia. Największe wystąpiło na etapie podchowu narybku (39%), następnie na etapie inkubacji i wstępnego podchowu larw ryb (32%) i nieco niższe w przypadku przetrzymywania tarlaków (29%) (Tab. 8.1).

Jak już wspomniano udział pozostałych składniki kosztów: zużycia wody i ścieków, dezynfekcji i środków czystości oraz środków niezbędnych do manipulacji tarlakami był niewielki i kształtował się w każdym przypadku wymienionej grupy kosztów na poziomie 3-4% (Rys. 8.1, Tab. 8.1).

Biorąc pod uwagę wyprodukowany narybek okonia o masie 5 g w liczbie 36288 szt., i łączne koszty ogółem produkcji w kwocie 18062 zł (Tab. 8.1), koszty jednostkowe produkcji narybku zamknęły się kwotą 0,50 zł za 1 sztukę narybku.

8.3. Analiza ekonomiczna intensywnej produkcji okonia w stawach ziemnych

8.3.1. Analiza kosztów tuczu okonia w stawach ziemnych

W kalkulacji uwzględniono koszty bezpośrednie tuczu, wychodząc z założenia, że wydzielenie i adaptacja powierzchni 0,2 ha (dwa stawy np. magazyny o powierzchni 0,1 ha każdy) z istniejących w gospodarstwie stawów ziemnych do celów tuczu okonia nie spowoduje zmian kosztów pośrednich, takich jak np. koszty administracyjne. Koszty podchowu analizowano w układzie rodzajowym, w rozbiciu na koszty stałe i zmienne. Koszty zmienne zależały od wielkości obsady i czasu tuczu. Natomiast niezmiennie pod tym względem były koszty stałe. W obliczeniach przyjęto, że koszty dozoru (4609,8 zł) oraz koszty amortyzacji (5682 zł) stanowią koszty stałe (10292 zł), natomiast pozostałe koszty (48158 zł) to koszty zmienne tuczu (Tab. 8.2).

Koszty amortyzacji wyliczono na podstawie nakładów inwestycyjnych poniesionych na zakup i montaż urządzeń do tuczu okonia (Tab. 8.3).

Tabela 8.2. Zestawienie nakładów i kosztów tuczu okonia w stawach ziemnych

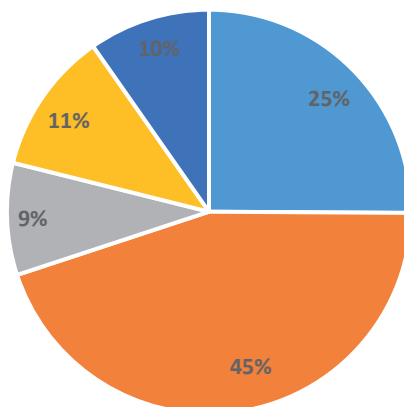
Wyszczególnienie	Jednostka	Nakład	Cena (zł)	Koszt (zł)	Udział (%)
Materiał obsadowy	szt.	29 334	0,5	14667	25%
Pasza	kg	3 276	8	26208	45%
Robocizna, w tym:	rgh	266	19,7	5240	9%
Obsadzanie	rgh	16	19,7	-	-
Dozór	rgh	234	19,7	-	-
Odłów	rgh	16	19,7	-	-
Energia elektryczna	kwh	9 504	0,7	6653	11%
Amortyzacja urządzeń (5%) ¹	Zł	-	-	5682	10%
Koszty eksploatacyjne razem	-	-	-	58450	100%

Amortyzację obliczono metodą liniową. Podstawę stanowił przewidywany 20 letni czas eksploatacji urządzeń i wysokość poniesionych nakładów inwestycyjnych (Tab. 8.3).

W kosztach dominowały koszty zakup pasz (45%) oraz materiału obsadowego (25%). Pozostałe składniki kosztów pozostawały na poziomie 10% robocizna, 11% energia elektryczna i 10% amortyzacja urządzeń (Rys. 8.2).

Tab. 8.3. Nakłady inwestycyjne poniesione na adaptację jednego stawu ziemnego do tuczu okonia o powierzchni 0,1 ha

Wyszczególnienie	Nakład (zł)	Udział (%)
Kurtyny z grodziec winylowych poprzeczne	19680	17
Krata wpustowa	6150	5
Krata wlotowa	6150	5
Kurtyny z grodziec winylowych podłużne	51000	45
Kładka serwisowa	7380	6
Dyfuzor	12300	11
Dmuchawa boczna	8600	8
Przygotowanie stawu we własnym zakresie (5 dni, 3 ludzi po 8 h, 19,7 zł/h)	2364	2
Razem nakłady inwestycyjne	113624	100
Amortyzacja urządzeń (5% rocznie, ½ w roku do innych celów w gospodarstwie stawowym)	2841	-

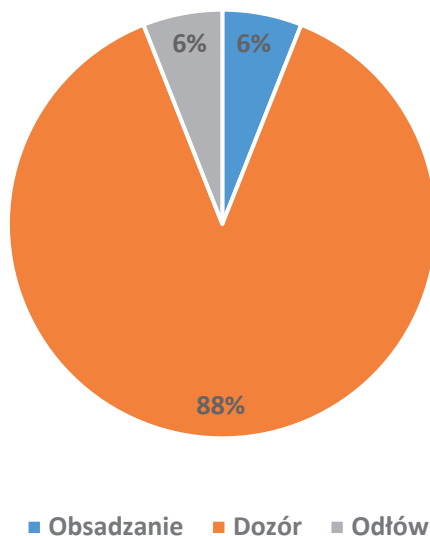


■ Materiał obsadowy ■ Pasza ■ Robocizna ■ Energia elektryczna ■ Amortyzacja

Rys. 8.2. Struktura kosztów tuczu okonia w stawach ziemnych

Na materiał obsadowy (14667 zł) złożyło się 29334 sztuk narybku okonia o przeciętnej wadze 0,005 kg/szt., łącznie 146,67 kg.

Koszty robocizny to przede wszystkim dozór (88%), na pozostałe 8% złożyły się po równo koszty robocizny związane z odłowami (6%) i obsadzaniem stawu (6%) (Rys. 8.3).



Rys. 8.3. Struktura kosztów robocizny tuczu okonia w stawach ziemnych

8.3.2. Przychód i dochód

Efektom tuczu był odłów 2640,06 sztuk okonia o przeciętnej masie 0,10 kg/szt. łącznie odłowiono 2640,06 kg okonia. Biorąc pod uwagę liczbę 29334 sztuk narybku w obsadzie początkowej, tucz charakteryzował się wysoką przeżywalnością rzędu 90%.

Przy przeciętnej cenie 25 zł/kg za okonia towarowego uzyskano przychód w wysokości:

$$2\,640,06 \text{ kg} * 25 \text{ zł} = \mathbf{66\,001,5\text{zł}}$$

Dochód wyliczono odejmując od wartości sprzedaży ryb koszty poniesione w trakcie tuczu (Tab. 8.3):

$$66\,001,5 \text{ zł} - 58\,450 \text{ zł} = \mathbf{7\,552 \text{ zł}}$$

Warto zauważyć, że jest to dochód uzyskany z 0,2 ha zaadaptowanych do tuczu stawów ziemnych (dwa stawy o powierzchni 0,1 ha). Zarówno dochód, jak i przychód w niniejszym opracowaniu określają wielkości potencjalne tj. takie

które wystąpią przy założeniu 100% sprzedaży wyprodukowanego okonia. Badanie możliwości sprzedaży wymaga przeprowadzenia odpowiednich badań rynkowych i marketingowych, które z uwagi na odmienny charakter i rozmiar wykraczają poza zakres niniejszego opracowania. Przyjęcie założenia o 100% możliwości sprzedaży produkcji stanowiło podstawę dalszych kalkulacji, w tym prognozy rentowności i pozostałych parametrów określających warunki opłacalności podchowu.

8.3.3. Określenie warunków progowych opłacalności tuczu okonia

Warunki progowe, których spełnienie gwarantuje uzyskanie rentowności podchowu, wyliczono na podstawie następujących parametrów analizy wrażliwości przedsięwzięcia:

- próg rentowności (BEP),
- margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom produkcji,
- cena minimalna,
- margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na cenę,
- cena planowana.

8.3.4. Próg rentowności

Próg rentowności, zwany też punktem zwrotnym lub punktem wyrównania, oznacza wielkość produkcji, przy której jej wartość równa jest poniesionym kosztom. Dalszy wzrost produkcji, przy tych samych warunkach cenowych, generuje nadwyżkę przychodów nad kosztami, a więc w miarę wzrostu produkcji ponad poziom wyznaczający jej punkt rentowności, dochody będą coraz wyższe. Próg rentowności wyliczono wg wzoru:

$$Q = K_s \cdot (c - a)^{-1} \quad (1)$$

gdzie:

Q – próg rentowności – wielkość produkcji progowej (kg),

a – jednostkowe koszty zmienne (zł · kg⁻¹),

Przeciętne koszty zmienne wyliczono wg wzoru:

$$a = K_z \cdot P^{-1} \quad (2)$$

gdzie:

P – wielkość uzyskanej (potencjalnej) produkcji (kg).

Po podstawieniu danych (patrz sekcja 4.8.1 oraz Tab. 8.2) do wzoru (1):

K_s – bezpośrednie koszty stałe (10 292 zł),

c – cena rynkowa okonia (25 zł · kg⁻¹),

a – koszt jednostkowy zmienny tuczu okonia (zł · kg⁻¹)

$$= 48\,158 / 2640,06 \text{ kg} = 18,24 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1}$$

otrzymano:

$$Q = (10\,292 \text{ zł}) / (25 \text{ zł/kg} - 18,24 \text{ zł/kg}) = \mathbf{1522,45 \text{ kg}}$$

Wyliczona wielkość produkcji 1522,45 kg gwarantuje zwrot poniesionych kosztów i zero dochodu. Produkcja niższa to straty, a wyższa to rentowność proporcjonalna do wzrostu produkcji.

8.3.5. Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom produkcji

Określa procentową różnicę między rzeczywistą, możliwą do osiągnięcia w danym układzie technologicznym i kosztowym, wielkością produkcji, a produkcją określającą próg rentowności. Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom produkcji (MBPP) wyliczono wg wzoru:

$$MBPP = (P - Q) \cdot P^{-1} \quad (3)$$

Po wstawieniu do wzoru:

$$MBPP = \frac{2640,06 - 1522,45}{2640,06} \cdot 100\% = \mathbf{42,3\%}$$

Uzyskany wynik (42,3%) wskazuje, że tucz okonia charakteryzuje się satysfakcjonującym marginesem bezpieczeństwa z uwagi na poziom możliwej do uzyskania produkcji.

8.3.6. Cena minimalna

Cena minimalna oznacza najniższą cenę, przy której produkcja nie przynosi ani strat ani zysków, czyli przy której koszty równe są osiąganym przychodom. Cenę

tę wyliczono z przekształcenia wzoru (1), ale w miejsce produkcji wyznaczającej próg rentowności wstawiono produkcję potencjalną lub planowaną, możliwą do osiągnięcia w danych warunkach podchowu:

$$C_{min} = (K_s \cdot P^{-1}) + a \quad (4)$$

gdzie:

C_{min} – cena minimalna (zł/kg)

Po wstawieniu danych do wzoru (4) otrzymano:

$$(10\,292 \text{ zł}) / (2640,06 \text{ kg}) + 18,24 \text{ zł/kg} = \mathbf{22,14 \text{ zł/kg}}$$

Wynik wskazuje, że sprzedaż okonia poniżej **22,14 zł/kg** będzie już przynosiła straty.

8.3.7. Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na cenę

Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na cenę (MBPC) wyliczono wg wzoru:

$$MBPC = (c_{ryn} - c_{min}) \cdot c_{ryn}^{-1} \cdot 100\% \quad (5)$$

Po podstawieniu danych do wzoru (5) otrzymano:

$$MBPC = (25 \text{ zł/kg} - 22,14 \text{ zł/kg}) / (25 \text{ zł/kg}) * 100\% = \mathbf{11,4\%}$$

Wynik (11,4%) wskazuje, że analizowane przedsięwzięcie charakteryzuje się nieznacznym marginesem bezpieczeństwa pozwalającym na stosunkowo wąski zakres negocjacji cenowych.

8.3.8. Cena planowana

Cena planowana, to taka, która zapewnia osiągnięcie określonego dochodu. Wyliczono ją z przekształcenia wzoru (4):

$$c_{plan} = (K_s + D) \cdot P^{-1} + a \quad (6)$$

gdzie:

c_{plan} – cena planowana ($z^3 \cdot szt.^{-1}$),

D – planowany dochód (50 000 zł).

Po podstawieniu danych do wzoru (6) otrzymano:

$$c_{plan} = (10\,292 \text{ zł} + 50\,000 \text{ zł}) / (2640,06 \text{ kg}) + 18,24 \text{ zł/kg} = \mathbf{41,07 \text{ zł/kg}}$$

Wynik wskazuje, że uzyskanie planowanego dochodu rzędu 50 000 zł, przy aktualnych warunkach kosztowych tuczu, wymagać będzie sprzedaży okonia po cenie nie niższej niż 41,07 zł/kg.

8.4. Podsumowanie i wnioski

Łączny bezpośredni koszt półrocznego tuczu 29334 szt. narybku okonia (0,005 kg/szt.) w 0,2 ha stawów ziemnych kształtował się na poziomie 58450 zł. W efekcie odłowiono 2640,06 kg okonia (0,1 kg/szt.) i uzyskano dochód w wysokości 7552 zł. Należy zauważyć, że wykorzystane w analizie systemy do podchowu narybku umożliwiły wyprodukowanie nadmiaru, niemal 7 tys sztuk narybku o masie 5g, w stosunku do potrzeb związanych z tuczem w dwóch stawach o powierzchni 0,1 ha każdy. Doliczenie dodatkowych środków pochodzących ze sprzedaży tego sortymentu i tylko po kosztach produkcji, spodobałoby zwiększenie dochodu niemal o połowę. Największy udział w kosztach stanowiły pasze (45 %), a następnie koszty produkcji materiału obsadowego (25%). W kosztach robocizny (9% ogółu kosztów) dominował dozór, który stanowił 88% całości tych kosztów. Tucz okonia był rentowny i charakteryzował się dużym marginesem bezpieczeństwa z uwagi na poziom produkcji (42,3%) i niewielkim poziomem bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom cen (11,4%). Dalsze możliwości poprawy rentowności tuczu należy poszukiwać w obniżeniu kosztów produkcji materiału obsadowego, zwiększeniu skali produkcji, zastosowaniu równie efektywnych, ale tańszych pasz (także tych wykonanych we własnym zakresie) oraz w szczególności sprzedaży okonia przetworzonego (np. patroszonego, fileta w opakowaniu próżniowym, itd.).

Literatura:

Eurostat 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/FISH_AQ2A__custom_6833035/default/table?lang=en (dostęp 09.07.2023)

Fontaine P. 2004. Eurasian perch culture, a way of diversification for freshwater aquaculture. *Prod. Anim.* 17, 189–193.

- Fontaine P., Teletchea F. 2019. Domestication of the Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*). In *Animal Domestication*, <https://doi.org/10.5772/intechopen.85132> (IntechOpen, 2019).
- Heermann L., Emmrich M., Heynem M., Dorow, M., König, U., Borchering, J., Arlinghaus, R., 2013: Explaining recreational angling catch rates of Eurasian perch, *Perca fluviatilis*: the role of natural and fishing-related environmental factors. *Fish. Manag. Ecol.* 20: 187–200.
- Judycka S., Źarski D., Dietrich M.A., Karol H., Hliwa P., Błażejowski M., Ciereszko A. 2022. Toward commercialization: Improvement of a semen cryopreservation protocol for European perch enables its implementation for commercial-scale fertilization. *Aquaculture*, 549 (737790). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737790>.
- Kestemont P., Mélard C., Fiogbé E., Vlavonou R., Masson G. 1996. Nutritional and animal husbandry aspect of rearing early life stages of Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *J. Appl. Ichthyol.* 12, 157–165.
- Kucharczyk D., Kujawa R., Mamcarz A., Skrzypczak A., Wyszomirska E 1998. Induced spawning in perch, *Perca fluviatilis* L., using FSH + LH with pimozide or metoclopramide. *Aquacult. Res.* 29, 131–136.
- Kupren K., Czarkowski T.K., Hakuć-Błażowska A., Turkowski K. 2023. Analiza społeczno-gospodarcza dotycząca dywersyfikacji produkcji w polskiej akwakulturze z uwzględnieniem zintegrowanej hodowli okonia. Monografia.
- Migaud H., Fontaine P., Sulistyo I., Kestemont P., Gardeur J.N. 2002. Induction of out-of-season spawning in Eurasian perch *Perca fluviatilis*: effects of rates of cooling and cooling durations on female gametogenesis and spawning. *Aquaculture* 205, 253–267.
- Rougeot C., Toner D. 2008. Farming of Eurasian Perch . Volume 1: Juvenile production. *Aquaculture Explained*, n° 24. Aquaculture Development Division, Bord Iascaigh Mhara, Crofton Road, Dun Laoghaire, Co. Dublin. Pp.1-81.
- Skrzypczak A. 2008. Zmiany w strukturze eksploatowanej ichtiofauny jezior Polski północno-wschodniej. Rozprawy i monografie, 138, Wyd. UWM, Olsztyn, 144 p.
- Szczerbowski A., Kucharczyk D., Mamcarz A., Łuczyński M.J, Targońska K., Kujawa R. 2009. Artificial off-season spawning of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. *Arch. Pol. Fish.* 17, 95–98.
- Wołos A., Draszkievicz-Mioduszewska H. 2022. Wielkość i charakterystyka jeziorowej produkcji rybackiej w 2021 roku. In A. Cejko & A. Wołos (Eds.), *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2021 roku. Uwarunkowania gospodarcze, ekonomiczne, środowiskowe i klimatyczne* (pp. 13-24). IRŚ, Olsztyn.
- Źarski D., 2014. Optymalizacja kontrolowanego rozrodu okonia, *Perca fluviatilis* L. Praca doktorska 2014. UWM.



PRO PERCH



Unia Europejska
Europejski Fundusz
Morski i Rybacki



Projekt: „Dywersyfikacja produkcyjnej funkcji stawów ziemnych w oparciu o semi-intensywny wychów okonia” (PRO-PERCH) współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego „Rybnactwo i Morze” na lata 2014-2020.