

Innowacyjne wylęgarniczo-podchowowe modułowe zestawy kontenerowe RAS wspomagane energią odnawialną

Maciej Szkudlarek, Dariusz Ulikowski, Krystyna Kalinowska, Piotr Traczuk

Zakład Rybactwa Jeziorowego,
Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – Państwowy Instytut Badawczy

Wstęp

Polska jest krajem o niezbyt korzystnych warunkach hydrologicznych, zarówno pod względem jakości, jak i ilości dostępnych zasobów słodkiej wody, które dodatkowo cechuje zmienność sezonowa i zróżnicowanie obszarowe (Szkudlarek i in. 2008, GUS 2021). Przeciętny odpływ rzeczny z obszaru Polski w latach 2000-2007 wynosił ok. 59 km³ rocznie, co w przeliczeniu na jednego mieszkańca w przybliżeniu wielkość 1,7 tys. m³ rocznie (GUS 2008). Obecnie objętość ta wynosi niecałe 1,6 m³ (średnia wartość z ostatniego 20-lecia) i jest poniżej bezpieczeństwa wodnego (wg. ONZ granica, poniżej której kraj uznaje się za zagrożony niedoborem wody wynosi 1,7 tys. m³), co wskazuje na zagrożenie tzw. stresem wodnym (GUS 2021). Dla porównania jest to trzykrotnie mniej niż średnia w Europie i pięciokrotnie mniej niż średnia światowa. Oznacza to, że jako kraj jesteśmy zmuszeni do oszczędnego gospodarowania zasobami wód i utrzymania ich w stanie umożliwiającym różnorodne użytkowanie gospodarcze, w tym związane z szeroko rozumianą akwakulturą. Wiadomo bowiem, że stosunki wodne w wielu przypadkach limitują rozmiar produkcji ryb i są istotnym czynnikiem decydującym o jej efektywności ekonomicznej (Steffens 1986), o czym mogliśmy się niestety przekonać również w ostatnich latach (choćby susza hydrologiczna z 2022 r.). Stąd w akwakulturze od lat dąży się do stosowania metod jej najefektywniejszego wykorzystania i produkcję coraz częściej przenosi się do stawowych i basenowych systemów recyrkulacyjnych (RAS), (Cejko 2022, Zakęś 2020).

Kolejnym ważnym elementem w naszym życiu – w tym gospodarczym – jest energia, a dokładniej rzecz biorąc, jej produkcja, która zawsze była jednym z najistotniejszych czynników warunkujących efektywność funkcjonowanie każdej dziedziny gospodarki tworzonej przez człowieka na przestrzeni jego dziejów (Szkudlarek i in. 2022). W zależności od jej źródła oraz metod wytwarzania, wiąże się to z różnym stopniem obciążenia szeroko rozumianego środowiska naturalnego, co może, choć nie powinno, powodować w nim wiele szkód – do nieodwracalnych włącznie. Pomimo zwiększenia efektywności energetycznej i szybkiego rozwoju technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii (OZE), wciąż paliwa kopalne są głównym źródłem jej pozyskiwania, choć ich udział w tzw. mikście energetycznym, np. w Europie, ulega stopniowemu zmniejszeniu. W 2015 r., w ramach wewnętrznego zużycia energii brutto w Unii Europejskiej (UE), 72,6% energii wytworzono z paliw kopalnych (ropy naftowej, gazu i paliw stałych), 13,6% wyprodukowano w elektrowniach jądrowych, 13% pochodziło z OZE, a 0,9% powstało z tzw. nieodnawialnych odpadów (Anim 2019). Zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii z OZE, państwa członkowskie zostały zobowiązane do zapewnienia określonego jej udziału w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r. Dla Polski cel ten został ustalony na poziomie 15% (GUS 2021). Mając na uwadze wyżej wymienione uwarunkowania, jesteśmy zmuszeni stale doskonalić oraz wdrażać strategię dotyczące przyszłości energetycznej, ze szczególnym uwzględnieniem OZE. Również akwakultura, jeden z najszybciej rozwijających się na świecie sektorów produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego (wzrost w ostatnich dwóch dekadach około 8% rocznie – FAO Fish-Stat, za Cieśla i in. 2022), ze względu na związane z tym rosnące zapotrzebowanie energetyczne (zwłaszcza produkcji w systemach zamkniętego obiegu wody, RAS), wymaga jak najszybszego wprowadzenia tzw. zielonej energii (OZE). Jest to istotne (korzystne), zarówno w ujęciu czysto ekonomicznym (finansowym), jak i z punktu widzenia szeroko rozumianej ochrony środowiska naturalnego. Założenia te przyświecały opracowaniu innowacyjnego projektu, którego zasadniczym celem było skonstruowanie i wdrożenie w praktyce energooszczędnych modułowych zestawów wylęgarniczo-podchowowych RAS, wspomaganych odnawialną energią, pochodzącą ze słońca i wiatru, umożliwiających wychów wielu gatunków ryb i raków w warunkach w pełni kontrolowanych, jako materiału do zarybień i zarazceń wód otwartych. Działania te, zgodnie z założeniami projektu, mają przyczynić się do rozwoju branży rybackiej w tym aspekcie i powinny spotkać się z zainteresowaniem przyszłych, potencjalnych odbiorców.

Zaprezentowane w dalszej części opracowania innowacyjne wylęgarniczo-podchowowe modułowe zestawy kontenerowe RAS wspomagane OZE, jak wspomniano powyżej, są zasadniczym efektem realizacji projektu, którego pełny tytuł brzmi: „Kompleksowe wykorzystanie oraz optymalizacja użycia energii odnawialnej w procesie rozrodu ryb,

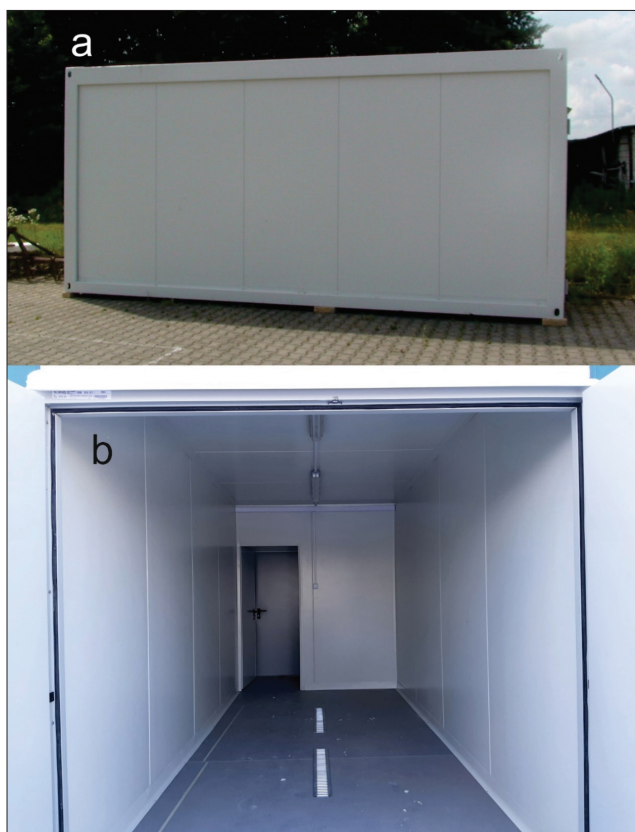
inkubacji ikry oraz podchowu wylęgu i narybku, ze szczególnym uwzględnieniem akwakultury środowiskowej”. Jest on współfinansowany przez Unię Europejską ze środków finansowych pochodzących z Europejskiego Funduszu Morskiego i Rybackiego w ramach Programu Operacyjnego “Rybacktwo i Morze” na lata 2014-2020, Priorytetu 2. „Wspieranie akwakultury zrównoważonej środowiskowo, zasobooszczędnej, innowacyjnej, konkurencyjnej i opartej na wiedzy”, działania 2.1 “Innowacje”. Projekt realizowany jest przez Konsorcjum w składzie: Instytut Rybacktwo Śródlądowego (Lider); Okręg Polskiego Związku Wędkarskiego w Toruniu (Zespół Gospodarki Wędkarsko-Rybackiej „Grzmięca”); Ośrodek Zarybieniowy w Pastęku oraz Ośrodek Zarybieniowy „Czarczi Jar”. Projekt rozpoczął się w 2020 r. i będzie realizowany do końca 2023 roku. Oprócz skonstruowania i wdrożenia w praktyce autonomicznych, energooszczędnych modułów wylęgarniczo-podchowowych, wspomaganych OZE, które powinny zainteresować przyszłych, potencjalnych odbiorców, zakładamy ponadto, że w wyniku realizacji zaplanowanych w projekcie prac badawczo-rozwojowych o charakterze zarówno laboratoryjnym, jak i terenowym, możemy osiągnąć również następujące efekty o charakterze ogólnym i szczegółowym:

- zwiększenie produkcji pełnowartościowego materiału zarybieniowego cennych gatunków ryb i raków;
- podniesienie poziomu wiedzy i umiejętności praktycznych użytkowników wód, osiągnięte na drodze regularnego udzielania wsparcia naukowo-technicznego;
- szerokie upowszechnianie wiedzy, dokonywane w formie publikacji oraz wdrażania nowoczesnych metod i technologii z zakresu akwakultury do szeroko rozumianej praktyki rybackiej;
- zintensyfikowanie rozwoju technologii przyjaznych dla środowiska naturalnego;
- potencjalne zwiększanie atrakcyjności wędkarskiej zarybianych wód;
- wspomaganie procesu poprawy stanu ekologicznego wód powierzchniowych w zakresie ichtiofauny;
- wsparcie technologiczne czynnej ochrony zagrożonych i ginących gatunków ryb oraz raków (akwakultura zachowawcza).

Z przebiegiem prac realizowanych w ww. projekcie, można zapoznać się również na stronie internetowej pod adresem: <http://konsolaq.infish.com.pl/>.

Opis i wyposażenie wylęgarniczo-podchowowych zestawów kontenerowych RAS wspomaganych energią odnawialną

Jak wspomniano zasadniczym przedmiotem projektu jest stworzenie autonomicznych, efektywnych, a zarazem energooszczędnych modułów wylęgarniczo-podchowowych.



Fot. 1. Widok kontenerów 20 Ft., wykorzystanych do zbudowania zestawów wylęgarniczo-podchowowych – (a) widok ogólny, (b) widok od strony załadunkowej (fot. D. Ulikowski).

wych, pracujących w technologii RAS. Moduły zostały wykonane na bazie standardowej wielkości kontenerów 20 Ft. (fot. 1 a,b), które zostały wstępnie dostosowane do planowanego ich wykorzystania przez wykonanie izolacji termicznej, montaż podstawowej instalacji elektrycznej z oświetleniem LED oraz systemu krat z kanalizacją, usuwającą wodę z podłogi. W każdym kontenerze zamontowano dodatkową śluzę, tzw. wiatrołap, o powierzchni ok. 2 m², w której docelowo będą mogły być umieszczone urządzenia wrażliwe na wilgotność, wytwornica tlenu i automatyka kontrolno-sterująca oraz np. mini chłodziarka na hormony, anestetyki i paszę dla ryb i raków. Jest tu też miejsce na ułożenie maty do dezynfekcji obuwia i zamontowanie bezdotykowego dozownika z płynem do dezynfekcji rąk (ochrona antycovidowa – potrzeba ostatnich czasów).

Kontener techniczny (fot. 3 a,b), wyposażony jest w urządzenia do zasilania dwóch niezależnych systemów recyrkulacyjnych (RAS), składających się każdy z górnego zbiornika retencyjnego (poj. robocza 0,5 m³), z umieszczoną w środku kolumną natle-

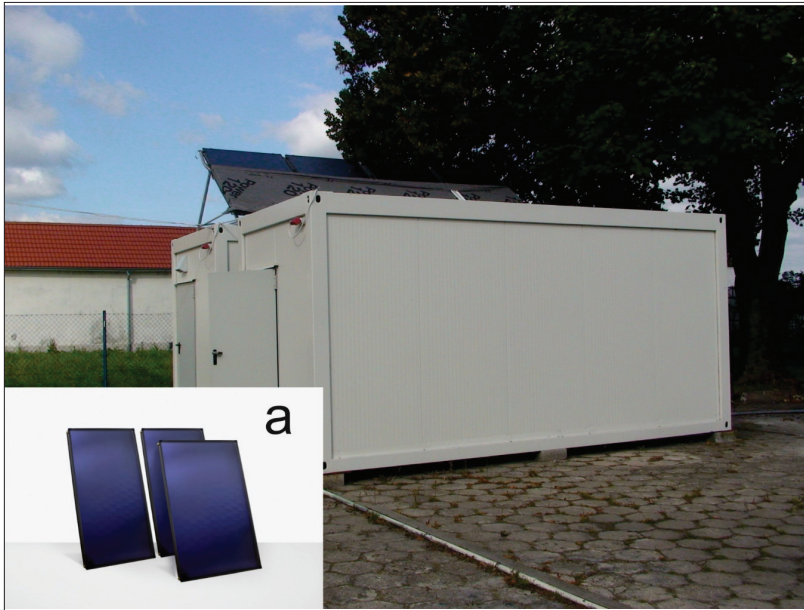


Fot. 2. Widok finalnego ustawienia zestawu 3 kontenerów I (fot. D. Ulikowski).

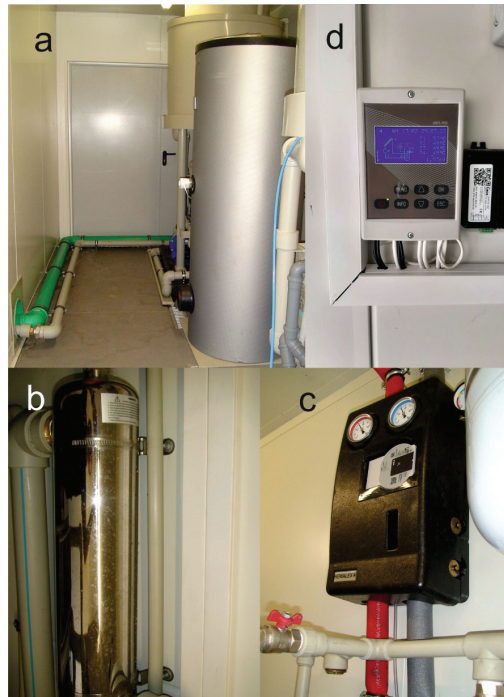


Fot. 3. Widok wnętrza kontenera technicznego: (a) widok od strony zbiornika grzewczego, (b) widok na urządzenia techniczne RAS (fot. D. Ulikowski).

niającą; filtru łukowego (sito filtrujące 300 μm), kubekowego filtra mechaniczno-biologicznego (objętość złoża 60 l z funkcją czyszczenia (zawór wielodrogowy); pompy obiegowej – głównej (moc 0,75 kW); pompy rezerwowej (moc 0,20 kW); 2 grzałek elektrycznych (moc 1,5 kW każda); lampy UV (UVC-T5 75 Watt); automatyki sterującej; rurociągów doprowadzających i odbierających wodę z urządzeń wylęgarniczo-podchowo-



Fot. 4. Widok zamontowanej baterii kolektorów solarnych na dachu kontenera technicznego, a – widok pojedynczych kolektorów (fot. M. Szudlarek).



Fot. 5. Elementy instalacji solarnej:(a) podgrzewacz pojemnościowego, (b) basenowego wymiennik ciepła, (c) dwudrogowy zespół pompowy, (d) sterownik instalacji solarnej (fot. M. Szudlarek).

wych w kontenerach hodowlanych; systemu termoregulacji z akumulatorem ciepła (poj. 0,5 m³) instalacji solarnej. Na dachu kontenera technicznego zamontowane są 4 panele kolektorów solarnych (fot. 4). Instalacja kolektorów słonecznych, sprzężonych z akumulatorem ciepła (urządzenie grzewcze), z którego poprzez wymienniki (basenowe) jest podgrzewana woda w obiegach RAS (fot. 5 a–d), została oparta na gotowych, sprawdzonych zestawach instalacji solarnych, jednego z wiodących producentów w Polsce (Hewalex Sp. z o.o., Czechowice-Dziedzice). Zasadnicze parametry poszczególnych urządzeń, wchodzących w skład zastosowanego zestawu, zestawiono w tabeli 1. Dodatkowe informacje dotyczące zastosowanego zestawu oraz jego poszczególnych elementów znajdują się na stronie producenta (<https://www.hewalex.pl/>).

TABELA 1

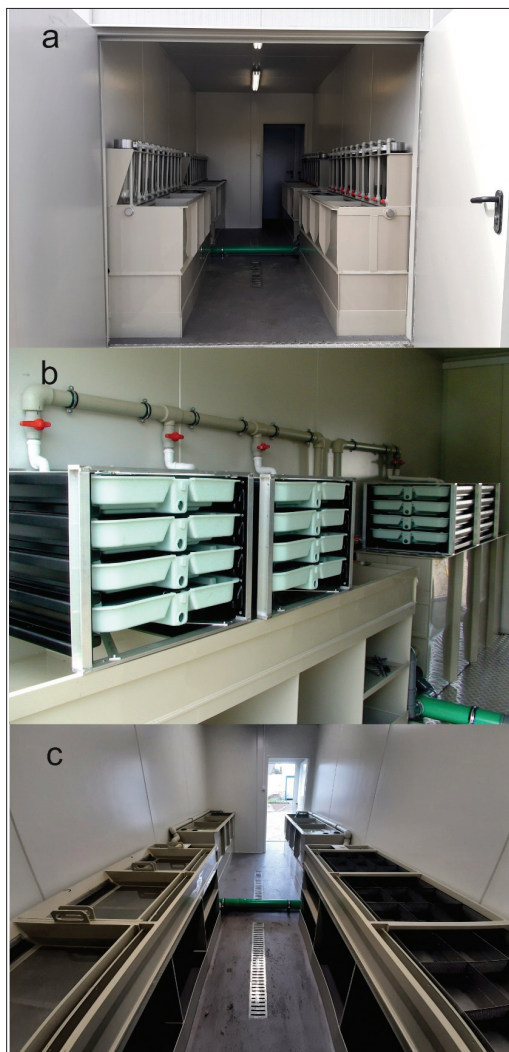
Urządzenie	Parametry	Wartość
Kolektory słoneczne typ KS2600FTLPAC	Powierzchnia brutto zestawu	10,48 m ² (4 x 2,62 m ²)
	Sprawność optyczna (wzgl. brutto)	75,3%
Podgrzewacz pojemnościowy typ OKC500NTRR/SOL	Pojemność całkowita	500 L
	Wymiary zewnętrzne: wysokość x średnica	1920 x 700 mm
Basenowy wymiennik ciepła typ SP-300K	Nominalna moc grzewcza	88 kW
	Powierzchnia wymiany ciepła	0,64 m ²
	Zakres temperatury roboczej	-8 °C do 208°C
Dwudrogowy zespół pompowy typ ZP2-12 ECO	Przepływ nominalny	12 l/min.
	Maks. wysokość podnoszenia dla przepływu nominalnego	ok. 6,0 m H ₂ O
	Maksymalna temperatura pracy:	110 °C

Kontenery hodowlane z urządzeniami wylęgarniczo-podchowowymi: jeden spełniający rolę wylęgarni (fot. 6 a-c, wyposażony w zestawy aparatów inkubacyjnych (w zależności od potrzeb typu: Weissa, McDonalda, szafkowego, długostrumieniowego klasycznego i przystosowanego do rozrodu raków) oraz drugi spełniający rolę podchowalni (fot. 7 a,b), wyposażony w baseny podchowowe (rotacyjne o przekroju okrągłym – poj. 1 m³ lub przepływowe – koryta podchowowe – poj. 0,34 m³).

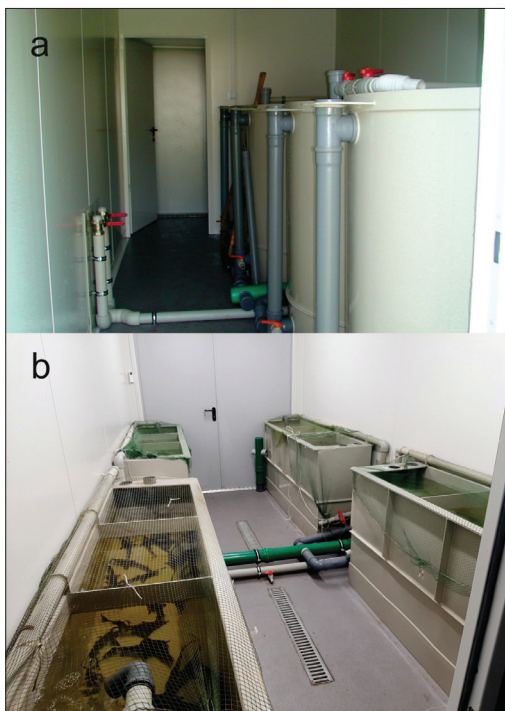
Wyposażenie kontenerów hodowlanych dzięki kompaktowej budowie urządzeń (zestawy aparatów inkubacyjnych typu Weissa i McDonalda z odbieralnikami oraz aparaty długostrumieniowe i koryta podchowowe to moduły o jednakowej długości i szerokości), można zestawiać w dowolnej aranżacji wyposażenia, np. ustawienie urządzeń w wariacie do rozrodu i inkubacji ikry (rys. 1) lub ustawienie urządzeń w wariacie do podchowu ryb (rys. 2).

W dwóch kontenerach hodowlanych można zainstalować maksymalnie:

- 8 szt. rotacyjnych basenów podchowowych (o pojemności ok. 1 m³ każdy) lub
- 8 szt. koryt podchowowych (o pojemności ok. 0,34 m³ każde) lub



Fot. 6. Widok wnętrza kontenerów hodowlanych z aparatami wylęgowymi – (a) typ Weissa i McDonalda, (b) typu szafkowego, (c) długostrumieniowego (klasycznego) i przystosowanego do rozrodu raków (po prawej) (fot. M. Szkuclarek).

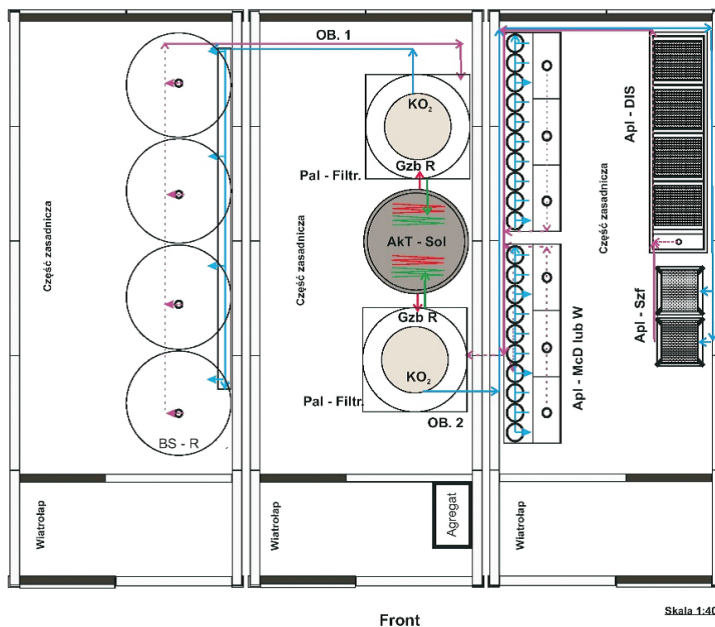


Fot. 7. Widok wnętrza kontenerów hodowlanych z basenami podchowowymi – (a) typu rotacyjnego, (b) typu przepływowego - koryta (fot. M. Szkuclarek).

- 8 szt. aparatów inkubacyjnych długostrumieniowych lub
- 16 szt. szafkowych aparatów inkubacyjnych (każdy po 8-10 tacek) lub
- 8 szt. zestawów aparatów inkubacyjnych typu Weissa (każdy po 10 słoje) lub
- 8 szt. zestawów aparatów inkubacyjnych typu McDonalda (każdy po 10 słoje)

lub dowolne mieszane aranżacje wymienionych wyżej urządzeń.

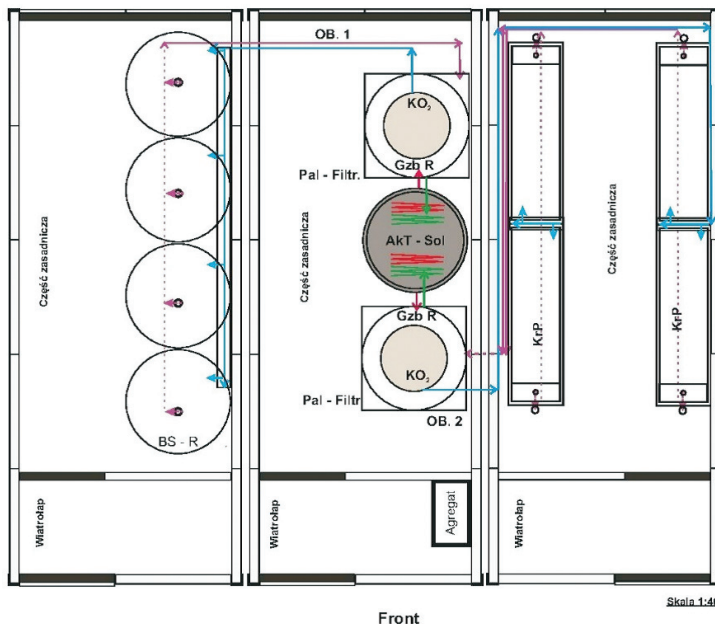
Na dachu kontenerów hodowlanych będą montowane panele fotowoltaiczne (o mocy do 5 kW) i turbina wiatrowa (o mocy do 2 kW), jako część planowanej elektrowni odpowiednio: słonecznej i wiatrowej, zapewniającej alternatywne źródło zasilania w energię elektryczną. Wytwarzana energia elektryczna będzie magazynowana (akumulatory) i odpowiednio wykorzystywana do zasilania urządzeń elektrycznych w trakcie



Front

Skala 1:40

Rys. 1. Schemat przykładowego ustawienia urządzeń i wyposażenia zestawu 3 kontenerów w wariancie do rozrodu i inkubacji ikry. BS-R – baseny rotacyjne, GzbR – górny zb. retencyjny, Pal-Filtr – stacja filtr., (UV) pompa, KO₂ – kolumna natleniająca, AKT-Sol – akum. grzew.-inst. solarna, Apl – aparaty inkubacyjne: McD – McDonalda, W – Weissa, DIS – długostrumienowe, Szf – szafkowe.



Front

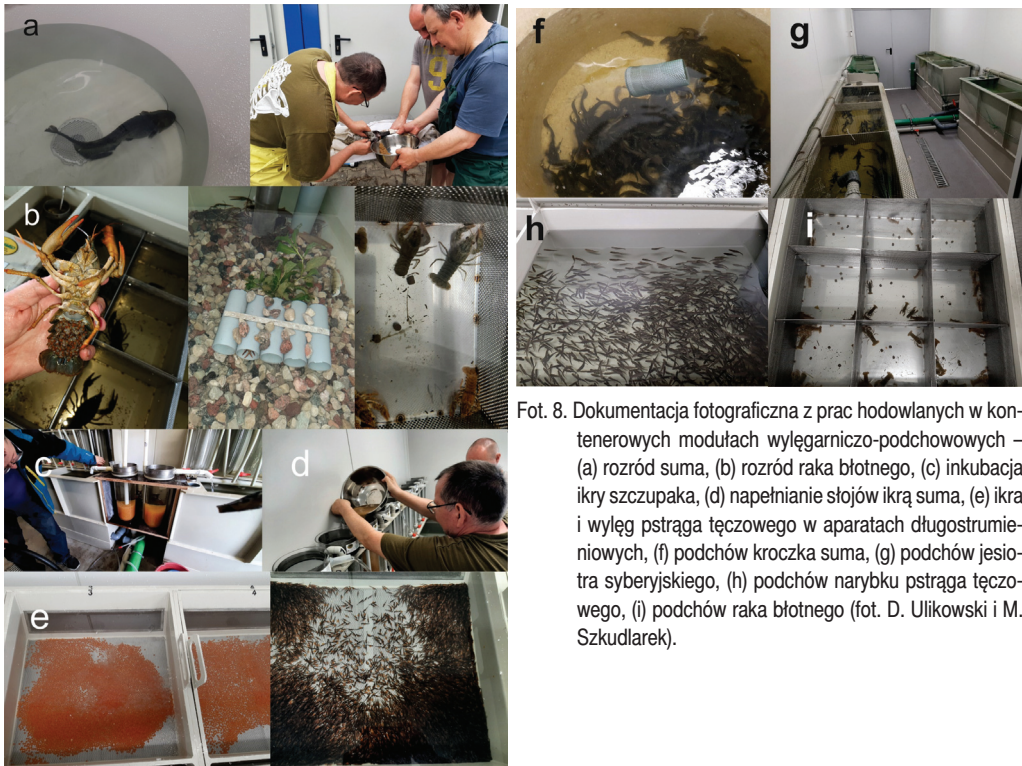
Skala 1:40

Rys. 2. Schemat przykładowego ustawienia urządzeń i wyposażenia zestawu trzech kontenerów w wariancie do podchowu ryb. BS-R – baseny rotacyjne, KrP – koryta podchowowe, GzbR – górny zb. retencyjny, Pal-Filtr – stacja filtr. (UV) pompa, KO₂ – kolumna natleniająca, AKT-Sol – akum. grzew.-inst. solarna.

prac hodowlanych. Dodatkowe informacje na temat budowy kontenerowych modułów wylęgarniczo-podchowowych, można znaleźć w opracowaniach Szkudlarka i in. (2021, 2022) oraz na stronie internetowej projektu (<http://konsolaq.infish.com.pl/>).

Wybrane elementy bilansu energetycznego

Na obecnym etapie realizacji projektu zebrano już częściowe dane do bilansu energetycznego, które pozwalają na wstępne oszacowanie zapotrzebowanie na energię elektryczną skonstruowanego zestawu kontenerowego oraz możliwości pozyskania ciepła (uzysk) z zastosowanego zestawu kolektorów słonecznych. Zaprezentowane poniżej dane zebrano w okresie od maja 2021 r. do kwietnia 2022 r., podczas rutynowych prac hodowlanych, związanych z rozrodem (sum europejski, rak błotny; fot. 8 a,b), inkubacją ikry (szczupak, sum europejski, pstrąg tęczy; fot. 8 c-e) i podchowem (sum europejski, pstrąg tęczy, jesiota syberyjski, rak błotny; fot. 8 f-i), a więc w okresie pełnego roku hodowlanego. Dane te rejestrowano w godzinnych odstępach między 8.00 a 14.00, codziennie lub co 3-4 dni, w zależności od intensywności prac hodowlanych, które przeprowadzono w Zakładzie Rybactwa Jeziorowego (ZRJ) IRS w Giżycku. Ze względu na dużą ilość danych jednostko-



Fot. 8. Dokumentacja fotograficzna z prac hodowlanych w kontenerowych modułach wylęgarniczo-podchowowych – (a) rozród suma, (b) rozród raka błotnego, (c) inkubacja ikry szczupaka, (d) napełnianie stojów ikłą suma, (e) ikra i wylęg pstrąga tęczy w aparatach długostrumieniowych, (f) podchów kroczka suma, (g) podchów jesiota syberyjskiego, (h) podchów narybku pstrąga tęczy, (i) podchów raka błotnego (fot. D. Ulikowski i M. Szkudlarek).

wych do końcowego zestawienia wybrano dane z okresów miesięcznych. Zamieszczone w tabeli 2 oraz na rysunkach 3 i 4, oznaczenia dotyczą kontenerów hodowlanych i oznaczają: OB. D1 – kontener podchowowy, OB. D2 – kontener wylęgarniczy.

Zużycie energii elektrycznej

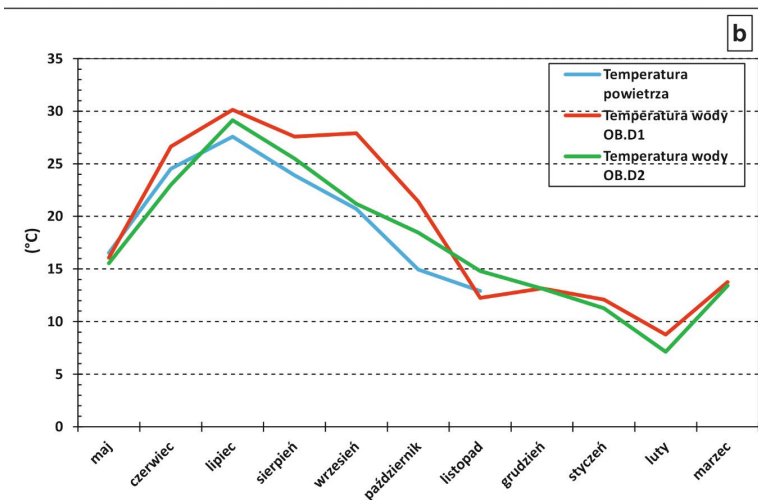
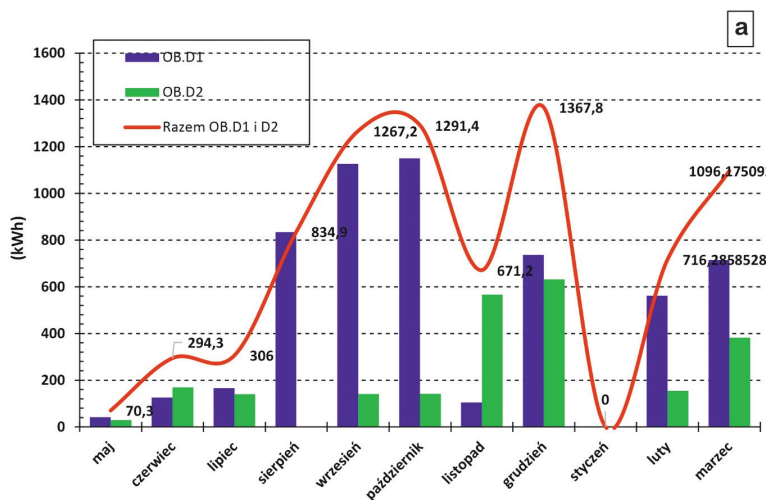
Z pomiarów zarejestrowanych przez liczniki energii elektrycznej (tab. 2), wynika, że średnie zużycie prądu wahało się od 214,1 (OB. D2) do 505,5 kWh/m-c (OB. D1), przy czym łączne zużycie energii elektrycznej w całym zestawie (razem OB. D1 i D2), średnio w miesiącu wyniosło 719,6 kWh. Najwyższe zużycie energii elektrycznej (ponad 1100 kWh/m-c), zanotowano w kontenerze hodowlanym – OB. D1, w miesiącach jesiennych (wrzesień, październik, rys. 3a).

TABELA 2

Zestawienie poziomu wskaźników energetycznych uzyskanych w okresie od maja 2021 do kwietnia 2022 w kontenerowych modułach wylęgarniczo-podchowowych wspomaganych energią odnawialną.

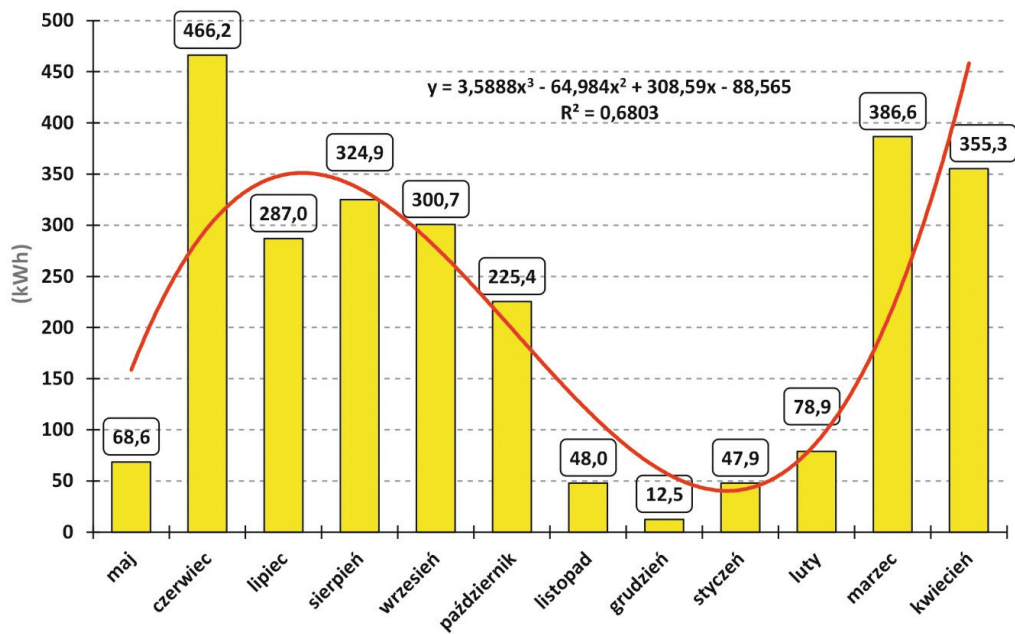
Parametr	OB. D1	OB. D2	Razem OB. D1 i D2
Całkowite zużycie energii elektrycznej (kWh/rok)	5560,1	2355,5	7915,6
Średnie zużycie energii elektrycznej (kWh/m-c)	505,5	214,1	719,6
Całkowity uzysk ciepła (kWh/rok)	-	-	2724,3
Średni uzysk ciepła (kWh/m-c)			216,8

Było to związane z jednej strony ze spadkiem temperatury powietrza, a z drugiej, wymaganą wysoką temperaturą wody (rys. 3b), podczas podchowu suma. Utrzymanie temperatury na wysokim poziomie (powyżej 25°C), wymagało uruchomienia grzałek elektrycznych w podgrzewaczu wody i/lub w systemie RAS. Stąd można by wnioskować, że największy pobór energii elektrycznej w zestawie kontenerowym, związany jest z podgrzewaniem wody obiegowej w systemie RAS, jeżeli jej temperatura jesienią jest utrzymywana na poziomie powyżej 25°C (rys. 3b). Oczywiście jest to prawdopodobne, natomiast należy pamiętać, że jest to pierwszy rok badań tego urządzenia (zestawu kontenerowego), w którym prowadzono równoległe prace adaptacyjno-modernizacyjne i woda w obiegu była często całkowicie wymieniana. Miało to na pewno wpływ na notowane, całkowite zużycie energii elektrycznej w ciągu całego roku badań. Można przyjąć, że całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną całego zestawu kontenerowego, przy jego pełnym i intensywnym wykorzystaniu przez cały rok będzie wyższe niż zanotowane do tej pory, czyli prawie 8000 kWh/rok (tab. 2), przy rozkładzie miesięcznym zbliżonym do tego na rysunku 3a. Zapotrzebowanie to będzie docelowo bilansowane energią z paneli fotowoltaicznych i turbiny wiatrowej, a w jakim stopniu, sprawdzimy w kolejnym roku badań.



Rys. 3. Zestawienie zużycia energii elektrycznej (a) oraz temperatur powietrza i wody w obiegach hodowlanych (b) w poszczególnych miesiącach testowania kontenerowych modułów wylęgarniczo-podchowowych w ZRJ IRS w Giżycku w latach 2021-2022 (objaśnienia w tekście).

Efektywność systemu kolektorów solarnych zależy m.in. od ich powierzchni oraz wielkości zasobnika (akumulatora ciepła) na ciepłą wodę. W naszym przypadku całkowita powierzchnia baterii kolektorów wynosiła ok. 10 m²/zestaw kontenerowy (tab.1), a pojemność zasobnika 500 L. Na efekty działania kolektorów istotnie wpływa też tzw. położenie geograficzne, w którym zestaw solarny pracuje. W Polsce przyjmuje się, że średnie roczne nasłonecznienie jest największe w części wschodniej, centralnej oraz południowej. Natomiast z innego źródła wiadomo, że całkowita energia słoneczna docierająca do ziemi w Polsce wynosi średnio ok. 1000 kWh na m² powierzchni w ciągu roku. Jej dopływ



Rys. 4. Produkcja energii cieplnej (uzysk) w poszczególnych miesiącach testowania kontenerowych modułów wylęgarniczo-podchowowego w ZRJ IRS w Giżycku w latach 2021-2022 (objaśnienia w tekście).

w poszczególnych miesiącach jest bardzo zróżnicowany, największe nasilenie przypada na miesiące letnie: czerwiec-wrzesień. Przyjmuje się, że w praktyce kolektory słoneczne przyjmują jej rocznie około połowę (400-550 kWh/m²). Tyle teorii, a jak to wyglądało w naszym przypadku? Zestawy solarne pracowały od maja 2021 do kwietnia 2022 r. (niepełne 12 miesięcy). W tym okresie całkowita energia cieplna, zarejestrowana przez urządzenia pomiarowe wyniosła 2724,3 kWh (tab. 2). Potwierdziła się również teoria odnośnie rozkładu miesięcznego uzysku ciepła, przypadająca na miesiące letnie (rys. 4).

Największy uzysk ciepła zanotowano w czerwcu 2021 r. (466,2 kWh), natomiast istotny spadek począwszy od października do stycznia (zaledwie 12,5 kWh), a następnie wzrost aż do końca okresu pomiarowego w kwietniu 2022 r. Można to było opisać modelem, wyrażonym linią trendu o wysokim współczynniku determinacji R² (0,68). Natomiast ciekawe, że w marcu tego roku (2022), uzysk ciepła był wyższy niż w lipcu, sierpniu i we wrześniu 2021 r. Badania są nadal kontynuowane i będzie można to już niedługo zweryfikować, ponieważ nie wynika to z wartości nasłonecznienia w tym okresie (liczby dni słonecznych).

Podsumowanie

W niniejszej publikacji przedstawiono wybrane, najbardziej istotne naszym zadaniem, elementy realizowanego przez nas projektu, ze szczególnym uwzględnieniem jego zasad-

niczej części, dotyczącej wylęgarniczo-podchowowych modułowych zestawów RAS, wspomaganych energią OZE, które jak nam się wydaje najbardziej mogą zainteresować potencjalnych odbiorców. Przeprowadzone badania dotyczące bilansu energetycznego mają charakter wstępny. Pełny bilans energetyczny będzie możliwy po zebraniu danych, dotyczących produkcji energii elektrycznej, pochodzącej z systemu elektrowni fotowoltaicznej i wiatrowej, których uruchomienie planujemy w sezonie hodowlanym w 2023 roku. W zaprezentowanej analizie zebrane zostały wyniki, dotyczące funkcjonowania systemu kolektorów słonecznych w zależności od pory roku (w układzie miesięcznym) i związanej z tym różnicy w nasłonecznieniu, co przekładało się istotnie na ilość pozyskiwanej energii słonecznej, a co za tym idzie produkcję (uzysk) ciepła. Bez wątpienia, system solarny istotnie wspomaga podgrzewanie wody w urządzeniach hodowlanych, szczególnie w początkowym okresie uruchamiania modułu – dochodzenie do tzw. temperatury technologicznej oraz wypracowywanie złoża biologicznego. Korzystanie z tradycyjnych metod podgrzewania wody (grzałki elektryczne), w tym okresie związane jest z dużym poborem energii elektrycznej, a wykorzystanie do tego energii solarnej przynosi jej duże oszczędności. Całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną całego zestawu kontenerowego, przy jego intensywnym wykorzystaniu przez cały rok prawdopodobnie będzie się kształtowało na poziomie ok. 8 tys. kWh/rok, przy rozkładzie miesięcznym uzależnionym od zakresu prac hodowlanych. Zapotrzebowanie to będzie docelowo bilansowane energią z paneli fotowoltaicznych i turbiny wiatrowej. W jakim stopniu? Wykażą przyszłoroczne badania.

Materiały wykorzystane w niniejszej publikacji zostały zebrane w ramach realizacji projektu pn. „Kompleksowe wykorzystanie oraz optymalizacja użycia energii odnawialnej w procesie rozrodu ryb, inkubacji ikry oraz podchowu wylęgu i narybku, ze szczególnym uwzględnieniem akwakultury środowiskowej” współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków finansowych pochodzących z Europejskiego Funduszu Morskiego i Rybackiego w ramach Programu Operacyjnego „Rybnictwo i Morze” na lata 2014-2020, Priorytetu 2. „Wspieranie akwakultury zrównoważonej środowiskowo, zasobooszczędnej, innowacyjnej, konkurencyjnej i opartej na wiedzy”, działania 2.1 „Innowacje”.

Literatura

- Anonim 2019 – <https://www.gios.gov.pl/pl/eea/aktualnosci/produkty/600-czysta-inteligentna-i-o-dnawialna-energia> – [dostęp 05.05.2022].
- Cejko B.I. 2022 – Gospodarka cyrkularna zasobami wody w hodowli ryb – systemy RAS – W: Nowe kierunki rozwoju akwakultury zrównoważonej (Red.) A. Napiórkowskiej-Krzebietke, A. A. Cejko, Wyd. IRS, Olsztyn: 19-24.
- Cieśla M., Krejszef S., Niewiadomski P. 2022 – Możliwości wykorzystania alternatywnych rozwiązań w hodowli perspektywicznych gatunków ryb – W: Nowe kierunki rozwoju akwakultury zrównoważonej (Red.) A. Napiórkowskiej-Krzebietke, A. A. Cejko, Wyd. IRS, Olsztyn: 25-37.

- Goryczko K., Grudniewska J. 2020 – Chów i hodowla pstrąga tęczowego – Wyd. IRS, Olsztyn.
- GUS, Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2008. Zakład Wydawnictw Statystycznych, W-wa.
- GUS 2021 – Energia ze źródeł odnawialnych w 2020 r. https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/10/4/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2020_r_.pdf [dostęp 28.11.2022 r.]
- Steffens V. 1986. Intensywna produkcja ryb. PWRiL, W-wa.
- Szczepkowski M., Szczepkowska B. 2008 – Rozród i przetrzymywanie wylęgu szczupaka (*Esox lucius* L.) – W: Elementy nowoczesnej akwakultury ryb - rozród, inkubacja ikry i profilaktyka (Red.) M.J. Łuczyński, A. Szczerbowski, M. Szkudlarek, Wyd. IRS, Olsztyn: 135-153.
- Szkudlarek M., M.J. Łuczyński, A. Szczerbowski, Kucharczyk D., Gomułka P. – Zwrotne obiegi wody w wylęgarnictwie i podchowcie ryb – wybrane elementy – W: Elementy nowoczesnej akwakultury ryb – rozród, inkubacja ikry i profilaktyka (Red.) M.J. Łuczyński, A. Szczerbowski, M. Szkudlarek, Wyd. IRS, Olsztyn: 9-41.
- Szkudlarek M., Ulikowski D., Łuczyński M.J., Szczerbowski A., Szczepkowski M., Kalinowska K., Kwiatkowski M. 2021 – Kompleksowe wykorzystanie oraz optymalizacja użycia energii odnawialnej w procesie rozrodu ryb, inkubacji ikry oraz podchowu wylęgu i narybku, ze szczególnym uwzględnieniem akwakultury środowiskowej – założenia i wybrane elementy realizacji projektu – W: Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku. Uwarunkowania gospodarcze, ekonomiczne, prawne i środowiskowe (Red.) A. Kowalska, A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 169-179.
- Szkudlarek M., Ulikowski D., Kalinowska K., Traczuk P. 2022 – Kontenerowe moduły wylęgarniczo-podchowowe wspomagane energią odnawialną – wybrane elementy bilansu energetycznego – W: Dobrostan ryb w wylęgarnictwie i akwakulturze (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś. Wyd. IRS, Olsztyn: 227-242.
- Ulikowski D. 2003 – Towarowy tucz suma europejskiego (*Silurus glanis* L.) w obiegach recykulacyjnych – Komun. Ryb. 2: 10-12.
- Ulikowski D. 2008 – Kontrolowany rozród suma europejskiego (*Silurus glanis* L.) – W: *Elementy nowoczesnej akwakultury - rozród, inkubacja ikry i profilaktyka* (Red.) M.J. Łuczyński, A. Szczerbowski, M. Szkudlarek. Wyd. IRS, Olsztyn: 165-175.
- Ulikowski D. 2010 – Wybrane metody produkcji materiału obsadowego raków – W: *Rozród, podchów, profilaktyka ryb rzadkich i chronionych oraz innych gatunków* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska. Wyd. IRS, Olsztyn: 269-277.
- Zakęś Z. (2020). Systemy recykulacyjne szansą rozwoju akwakultury zachowawczej – W: *Innowacyjna i tradycyjna produkcja ryb w Polsce* (Red.) A. Kowalska, A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn, s: 55-70.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Szczepkowska B., Krejszef S. 2020 – Instrukcja doradcza nr 1/RD/2020. Podchów materiału zarybieniowego szczupaka (*Esox lucius*) w systemach recykulacyjnych (RAS). https://doradztwo.infish.com.pl/sites/default/files/Instrukcja_nr_1-_RD_2020.pdf – [dostęp 30.11.2022).