

Kontenerowe moduły wylęgarniczopodchowowe wspomagane energią odnawialną – wybrane elementy bilansu energetycznego

Maciej Szkudlarek, Dariusz Ulikowski, Krystyna Kalinowska, Piotr Traczuk

Zakład Rybactwa Jeziorowego,
Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie

Wstęp

Energia, a dokładniej rzecz biorąc, jej produkcja jest i była zawsze jednym z najistotniejszych czynników warunkujących efektywność funkcjonowania każdej dziedziny gospodarki, tworzonej przez człowieka na przestrzeni jego dziejów. W zależności od jej źródła oraz metod wytwarzania, wiąże się to z różnym stopniem obciążenia szeroko rozumianego środowiska naturalnego i może powodować w nim wiele szkód do nieodwracalnych włącznie. Stąd pytanie, jaka będzie energetyczna przyszłość świata, Europy, danego kraju?, coraz bardziej nurtuje rządzących oraz odpowiedzialnych za to ekspertów z szeroko rozumianej branży energetycznej, jako jeden z kluczowych i palących problemów także naszych czasów. Pomimo zwiększenia efektywności energetycznej i szybkiego rozwoju technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii, wciąż paliwa kopalne są głównym źródłem pozyskiwania energii, 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 ze źródeł odnawialnych, a 0,9% energii powstało z tzw. nieodnawialnych odpadów (Anonim 2019). Mając powyższe na uwadze, jesteśmy zmuszeni stale doskonalić oraz wdrażać strategie dotyczące przyszłości energetycznej, ze szczególnym uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii. Problematyka

ta nabiera szczególnego znaczenia, zwłaszcza w związku z trwającą wojną w Ukrainie, która oprócz tragedii humanitarnej, może także wywołać ogromny kryzys energetyczny o wymiarze światowym.

Przygotowując w 2017 r. założenia do projektu, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego „Rybnactwo i Morze” na lata 2014-2020, którego zasadniczym celem było opracowanie i wdrożenie w praktyce autonomicznych, energooszczędnych modułów wylęgarniczo-podchowowych, wspomaganych energią odnawialną (słoneczną), umożliwiających wychów materiału do zarybień i zarazzeń wód otwartych wielu gatunków ryb i raków w warunkach w pełni kontrolowanych (system recyrkulacyjny (RAS)) nie wiedzieliśmy, że oprócz doskonalenia branży rybackiej m.in. w ww. zakresie, będziemy uczestniczyć także w zmaganiach z pogłębiającym się kryzysem energetycznym. Stąd zaprezentowane w niniejszej publikacji wyniki prac badawczych, nabierają jeszcze większego znaczenia, aniżeli początkowo mogliśmy przypuszczać. W projekcie oprócz Instytutu Rybnactwa Śródlądowego w Olsztynie (IRS w Olsztynie), występującego jako tzw. lider, w skład konsorcjum realizującego wchodzi: Okręg Polskiego Związku Wędkarskiego w Toruniu (Zespół Gospodarki Wędkarsko-Rybackiej „Grzmięca”), Ośrodek Zarybieniowy w Pasłęku oraz Ośrodek Zarybieniowy „Czarci Jar”. Jednym z zasadniczych zadań badawczych projektu jest poprawa bilansu energetycznego, poprzez zastosowanie odnawialnej energii słonecznej do podgrzewania wody obiegowej (kolektory słoneczne) oraz zasilania technicznych urządzeń elektrycznych (panele fotowoltaiczne). Biorąc pod uwagę fakt, że w procesie rozrodu, inkubacji ikry, czy też podchowu materiału zarybieniowego i zarazzeniowego, niezbędne jest wykorzystywanie zarówno energii cieplnej, jak i elektrycznej. Połączenie obu sposobów pozyskiwania i wykorzystywania energii odnawialnej (słonecznej) jest wysoce korzystne dla środowiska naturalnego i w perspektywie czasowej powinno przyczynić się do obniżenia kosztów finansowych produkcji (<http://konsolaq.infish.com.pl>).

W niniejszym opracowaniu skupiono się na aspektach związanych z wykorzystaniem kolektorów słonecznych w procesie uzyskiwania energii cieplnej do podgrzewania wody obiegowej podczas eksperymentalnych inkubacji ikry i podchowu materiału zarybieniowego i zarazzeniowego. Analizę prowadzono w okresie od maja 2021 do marca 2022 r. w uprzednio zaprojektowanych i wykonanych kontenerowych modułach wylęgarniczo-podchowowych.

Założenia konstrukcyjne, podstawowe parametry i wyposażenie kontenerowych modułów wylęgarniczo-podchowowych

Jak wspomniano powyżej, zasadniczym przedmiotem projektu było stworzenie autonomicznych, efektywnych, a zarazem energooszczędnych modułów wylęgarniczo-podchowowych, pracujących w zamkniętym obiegu wody (RAS). Wykorzystane do przeprowadzenia eksperymentu moduły zostały wykonane na bazie standardowej wielkości kontenerów 20 Ft. Gotowy zestaw wylęgarniczo-podchowowy składał się z 3 kontenerów (modułów; fot. 1):

- jednego technicznego z urządzeniami do zasilania dwóch niezależnych systemów recyrkulacyjnych (RAS), wyposażonego w: górny zbiornik retencyjny (poj. robocza 0,5 m³), z umieszczoną w środku kolumną natleniającą; filtr łukowy (sito filtrujące 300 μm); kubełkowy filtr mechaniczno-biologiczny (objętość złoża 60 l) z funkcją czyszczenia; pompę obiegową – główną (moc 0,75 kW); pompę rezerwową (moc 0,20 kW); 2 grzałki elektryczne (moc 1,5 kW każda); lampę UV (UVC-T5 75 W); automatykę sterującą; rurociągi doprowadzające i odbierające wodę z urządzeń wylęgarniczo-podchowowych w kontenerach hodowlanych;

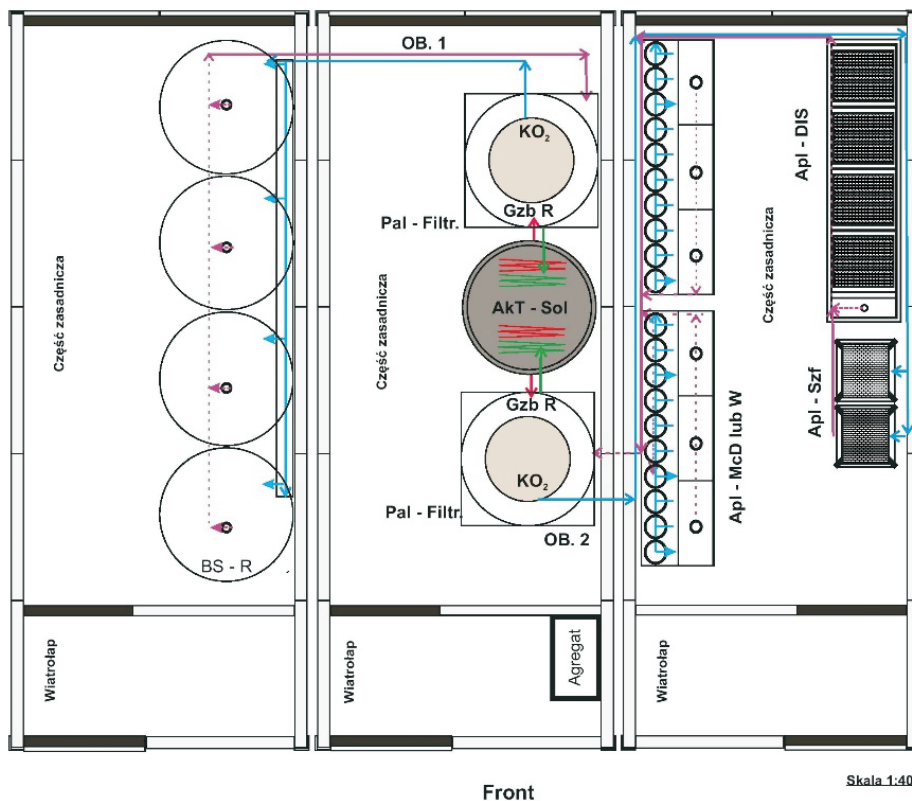


Fot. 1. Widok finalnego ustawienia zestawu 3 kontenerów z widocznymi kolektorami solarnymi na dachu kontenera technicznego – ZRJ IRS Olsztyn (fot. D. Ulikowski).

system termoregulacji z akumulatorem ciepła (poj. 0,5 m³) instalacji solarnej (opisanej szczegółowo w kolejnym rozdziale);

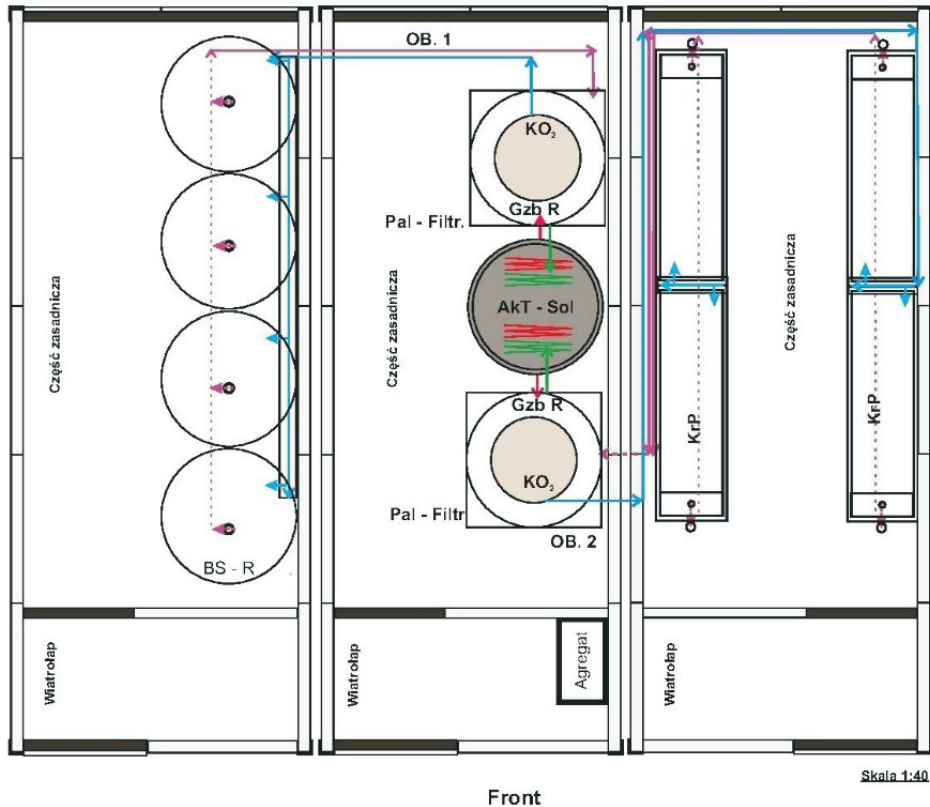
- dwóch hodowlanych z urządzeniami wylęgarniczo-podchowowymi: jeden spełniający rolę wylęgarni, wyposażony w zestawy aparatów inkubacyjnych (w zależności od potrzeb typu Weissa, McDonalda, szafkowego lub długostrumieniowego) oraz drugi spełniający rolę modułu podchowalniczego, wyposażony w baseny podchowowe (rotacyjne o przekroju okrągłym – pojemność 1 m³ lub koryta podchowowe – pojemność 0,34 m³).

Kontener techniczny został usytuowany pomiędzy kontenerami hodowlanymi. 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 wariantcie do rozrodu i inkubacji ikry (rys. 1) lub ustawienie urządzeń w wariantcie do podchowu



Rys. 1. Schemat przykładowego ustawienia urządzeń i wyposażenia zestawu 3 kontenerów w wariantcie do rozrodu i inkubacji ikry.
 Legenda: BS-R – baseny rotacyjne, GzbR – górny zb. retencyjny, Pal-Filtr – stacja filtr. (UV) pomp., KO₂ – kolumna natleniająca, AkT-Sol – akum. grzewcz.-inst. solarna, Apl – aparaty inkubacyjne: McD – McDonalda, W – Weissa, DIS – długostrumieniowe, Szf – szafkowe – blok/8-tacek x 2.

ryb (rys. 2). W trakcie prac eksperymentalnych wykorzystywano obydwa warianty aranżacji. Dodatkowe informacje na temat budowy kontenerowych modułów wylęgarniczo-podchowowych można znaleźć w opracowaniu Szkudlarka i in. (2021) oraz na stronie ww. projektu (<http://konsolaq.infish.com.pl/>).



Rys. 2. Schemat przykładowego ustawienia urządzeń i wyposażenia zestawu 3 kontenerów w wariantcie do podchowu ryb. Legenda: BS-R – baseny rotacyjne, KrP – koryta podchowowe, GzbR – górny zb. retencyjny, Pal-Filtr – stacja filtr. (UV) pomp., KO_2 – kolumna natleniająca, AkT-Sol – akum. grzew.-inst. solarna.

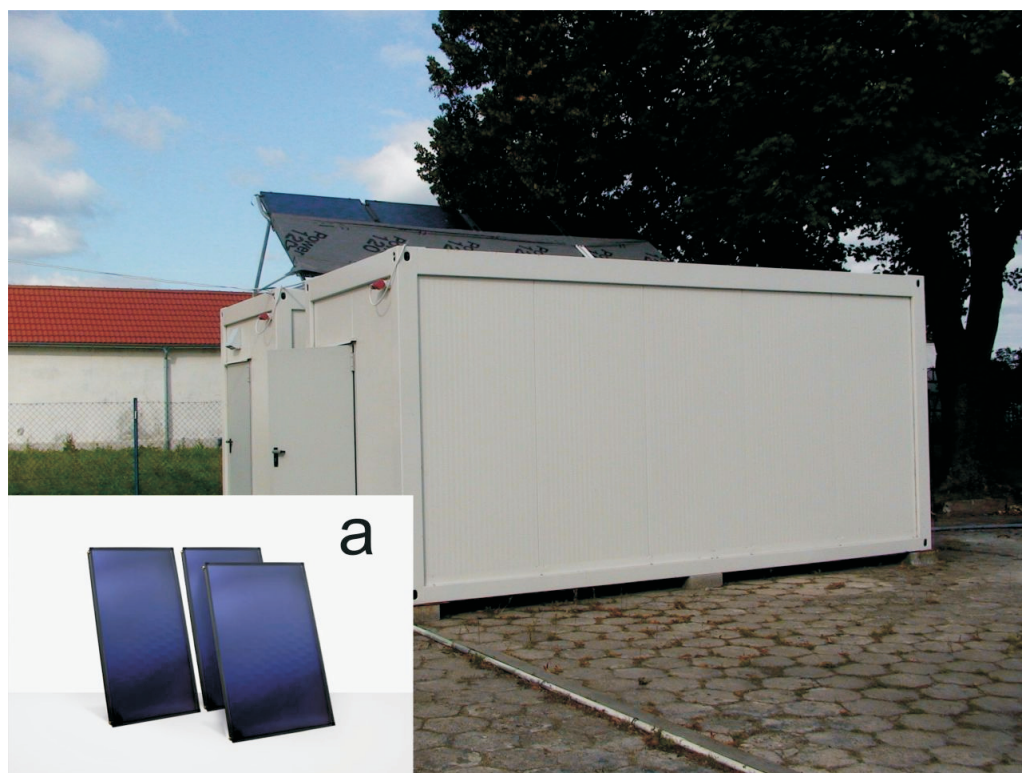
Zestaw solarny – zasadnicze elementy, opis i podstawowe parametry

Instalacja zastosowanych w modułach wylęgarniczo-podchowowych kolektorów słonecznych sprzężonych z akumulatorem ciepła (urządzenie grzewcze), z którego poprzez wymienniki (basenowe) była podgrzewana woda w obiegach RAS, została oparta na gotowych, sprawdzonych zestawach instalacji solarnych, jednego z wiodących producentów w Polsce (Hewalex Sp. z o.o., Czechowice-Dziedzice). Zestaw wymagał dostosowania do potrzeb projektu tylko w niewielkim stopniu i zostało

to skonsultowane z inżynierami tej firmy. Opis i parametry poszczególnych urządzeń wchodzących w skład zestawu opisano kolejno poniżej. Dodatkowe informacje dotyczące zastosowanego zestawu oraz jego poszczególnych elementów znajdują się na stronie producenta (<https://www.hewalex.pl/>).

Kolektory słoneczne

Zasadniczą część zestawu tworzy bateria 4 tzw. płaskich kolektorów słonecznych nowej generacji firmy Hewalex – typ KS2600FTLPAC o podwyższonej efektywności energetycznej, dzięki zastosowaniu obudowy z profili aluminiowych, co wg zapewnień producenta, pozwala na większy o 10-15% uzysk ciepła z powierzchni całkowitej w porównaniu do wcześniejszych rozwiązań (fot. 2). Zaletą tego rozwiązania jest także wyższa efektywność energetyczna, którą zgodnie z aktualnymi wymaganiami określa się w odniesieniu do jego powierzchni brutto (tab. 1).



Fot. 2. Widok zamontowanej baterii 4 kolektorów solarnych na dachu kontenera technicznego modelowego zestawu wylegarni-czo-podchowowego, ZRJ IRS Olsztyn; a – widok pojedynczych kolektorów (fot. M. Szkudlarek).

Tabela 1

Podstawowe parametry charakteryzujące kolektory słoneczne – typ KS2600FTLPAC firmy Hewalex (<https://www.hewalex.pl>)

Parametry	Wartość
Powierzchnia brutto zestawu kolektorów	10,48 m ² (4 × 2,62 m ²)
Sprawność optyczna (wzgl. brutto)	75,30%
Współczynnik strat ciepła a ₁ (wzgl. brutto)	3,168 W (m ² K) ⁻¹
Współczynnik strat ciepła a ₂ (wzgl. brutto)	0,012 W (m ² K) ⁻¹
Długość pojedynczego kolektora	2022 mm
Szerokość pojedynczego kolektora	1295 mm
Wysokość pojedynczego kolektora	90 mm
Pojemność cieczowa pojedynczego kolektora	1,1 l
Ciężar pojedynczego kolektora (bez czynnika roboczego)	43 kg

Podgrzewacz wody obiegowej – akumulator ciepła

W zastosowanym przez nas zestawie solarnym wykorzystano tzw. podgrzewacz pojemnościowy firmy Hewalex – typ OKC500NTRR/SOL o pojemności 500 litrów, który standardowo jest przeznaczony do podgrzewania ciepłej wody użytkowej w 2-systemowych układach złożonych z instalacji solarnej i np. kotła grzewczego CO. Jest on wyposażony w dwa wymienniki (węzownice). Dolny wymiennik podłączony jest do instalacji solarnej, a górny może być podłączony do tradycyjnego źródła ciepła wspomnianego kotła grzewczego. Dodatkowym opcjonalnym źródłem ciepła jest grzałka elektryczna o mocy 2 kW. Zgodnie z deklaracją producenta urządzenie cechuje się niskimi stratami ciepła, dzięki zastosowaniu skutecznej izolacji cieplnej – płaszcz zewnętrzny wykonany jest z twardego tworzywa sztucznego o podwyższonej odporność na uszkodzenia mechaniczne, a powierzchnie wewnętrzne ze stali są pokryte emalią ceramiczną dla ochrony przed korozją, a dodatkową ochronę stanowi anoda magnezowa, która zapewnia ochronę przed kamieniem kotłowym (tab. 2).

Tabela 2

Podstawowe parametry charakteryzujące podgrzewacz pojemnościowy – typ OKC500NTRR/SOL firmy Hewalex (<https://www.hewalex.pl>)

Parametry	Wartość
Średnica zewnętrzna	700 mm
Wysokość całkowita	1920 mm
Ciężar	168 kg
Powierzchnia wymiennika górnego	1,4 m ²
Powierzchnia wymiennika dolnego	2,0 m ²
Dopuszczalne ciśnienie robocze	10 bar

Basenowy wymiennik ciepła

Zastosowany w zestawie (po jednym na obieg RAS) basenowy wymiennik firmy Hewalex – typ SP-300K jest standardowo przeznaczony do podgrzewania wody basenowej we współpracy zarówno z konwencjonalnymi źródłami ciepła, gdzie czynnikiem roboczym jest woda grzewcza, jak również z odnawialnymi źródłami ciepła, gdzie czynnikiem roboczym jest glikol. Płaszczowo-rurowa konstrukcja wymiennika zapewnia wysoką skuteczność przekazywania ciepła z czynnika roboczego (przepływ w rurach) przy niskich oporach przepływu po stronie zwiększonego natężenia przepływu wody (przepływ w tzw. płaszczu). Wykonanie wymiennika ze stali nierdzewnej zapewnia jego odporność na oddziaływanie chemiczne wody (tab. 3).

Tabela 3

Podstawowe parametry charakteryzujące podgrzewacz pojemnościowy – typ OKC500NTRR/SOL firmy Hewalex (<https://www.hewalex.pl>)

Parametry	Wartość
Nominalna moc grzewcza	88 kW
Powierzchnia wymiany ciepła	0,64 m ²
Zakres temperatury roboczej	-8 do 208°C
Dopuszczalne ciśnienie robocze	13 bar
Nominalne natężenie przepływu czynnika grzewczego	42 l min ⁻¹
Nominalne natężenie przepływu po stronie wody basenowej (obiegowej)	325 l min ⁻¹
Długość x średnica	780 x 76 mm
Średnica przyłączy czynnika grzewczego	6/4"
Średnica przyłączy wody basenowej	2"

Zespół pompy instalacji solarnej

W zestawie solarnym zastosowany jest tzw. dwudrogowy zespół pompy Hewalex – typ ZP2-12 ECO, który przeznaczony jest dla małych instalacji solarnych, o wymaganym przepływie nośnika ciepła do 12 l min⁻¹. W zespole zastosowana jest wysokoefektywna pompa obiegowa WILO PARA15/7 iPWM2 o niskim zużyciu energii elektrycznej (tab. 4). Zastosowany zespół pompy może współpracować z szeroką gamą sterowników instalacji solarnej. W niniejszym przypadku zamontowano sterownik Hewalex – model GH-26 o rozszerzonym zakresie funkcji (opis w dalszej części opracowania).

Sterownik instalacji solarnej

Do sterowania pracą systemu solarnego zastosowano sterownik dostarczony przez firmę Hewalex – model GH26-P09. Zapewnia on pełną obsługę instalacji solarnej w więk-

Tabela 4

Podstawowe parametry charakteryzujące dwudrogowy zespół pompowy – typ ZP2-12 ECO firmy Hewalex (<https://www.hewalex.pl>)

Parametry	Wartość
Wysokość	440 mm
Szerokość	315 mm
Głębokość	170 mm
Przepływ nominalny	12 l min. ⁻¹
Maks. wysokość podnoszenia w punkcie zerowym (0 l min. ⁻¹)	7,0 m H ₂ O
Maks. wysokość podnoszenia dla przepływu nominalnego	ok. 6,0 m H ₂ O
Maksymalna temperatura pracy	110°C
Maksymalne ciśnienie pracy	6 bar
Króciec	3/4"

szości spotykanych konfiguracji. Typ GH26 sterownika jest przeznaczony do montażu naściennego, wobec czego możliwe jest jego zastosowanie do instalacji solarnych nie zawierających standardowych zespołów ZPS. W połączeniu z przepływomierzem elektronicznym, sterownik GH26 dokonuje na bieżąco pomiarów wydajności cieplnej instalacji solarnej, bilansowania uzysków ciepła w czasie, a także sygnalizuje ewentualne nieprawidłowości w pracy – brak przepływu w układzie. Sterownik wyposażony jest w 4 czujniki temperatury: 1 czujnik o długości 3 mb. w osłonie teflonowej oraz 3 czujniki o długości 3 mb. w osłonie z PCV. W razie potrzeby możliwe jest podłączenie 2 dodatkowych czujników temperatury (<https://www.hewalex.pl/>).

Wybrane elementy bilansu energetycznego i ich omówienie

W okresie od maja 2021 do kwietnia 2022 r., w uprzednio zaprojektowanych i wykonanych kontenerowych modułach wylęgarniczo-podchowowych, podczas rutynowych prac hodowlanych związanych z rozrodem (sum europejski (*Silurus glanis*), rak błotny (*Astacus leptodactylus*); fot. 3 a-b), inkubacją ikry (szczupak (*Esox lucius*), sum europejski, pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss*); fot. 3 c-e) i podchowem (sum europejski, pstrąg tęczowy, jesiotr syberyjski (*Acipenser baerii*), rak błotny; fot. 3 f-i) (Ulikowski 2003, 2008, 2010, Szczepkowski i Szczepkowska 2008, Goryczko i Grudniewska 2020, Zakęś i in. 2020), zebrano dane na temat zużycia energii elektrycznej i produkcji ciepła oraz wybranych abiotycznych warunków środowiskowych (nasłonecznienie, temperatura powietrza, wody w obiegach oraz w układzie systemu solarnego. Dane te rejestrowano w godzinnych odstępach między 08.00 a 14.00, codziennie lub co 3-4 dni, w zależności



Fot. 3. Dokumentacja fotograficzna z prac hodowlanych w kontenerowych modułach wylęgarniczo-podchowowych w latach 2021 – 2022: a – rozród sumy; b – rozród raka błotnego; c – inkubacja ikry szczupaka; d – napełnianie stojów ikłą sumy; e – ikra i wylęg pstrąga tęczowego w aparatach długostrumieniowych.



Fot. 3. Ciąg dalszy: f – podchów kroczka suma; g – podchów jesiotra syberyjskiego; h – podchów narybku pstrąga tęczowego; i – podchów raka błotnego (fot. D. Ulikowski i M. Szukdlarek).

od intensywności prac hodowlanych, które przeprowadzono w dwóch lokalizacjach: w Zakładzie Rybactwa Jeziorowego IRS w Olsztynie (ZRJ IRS w Olsztynie) i w Zakładzie Hodowli Ryb Jesiotrowatych IRS w Olsztynie (ZHRJ IRS w Olsztynie). Ze względu na dużą ilość danych jednostkowych do końcowego zestawienia wybrano dane z okresów miesięcznych. W niniejszym opracowaniu wykorzystano dane zebrane w ZRJ IRS w Olsztynie w dwóch zestawach kontenerowych: modelowym (M), składającym się z 2 kontenerów – technicznego i wylęgarniczego (dalej OB.M1) oraz docelowego (D), składającego się z 3 kontenerów – technicznego, pochwowego (dalej OB.D1) i wylęgarniczego (dalej OB.D2).

Zużycie energii elektrycznej

Z pomiarów zarejestrowanych przez liczniki energii elektrycznej wynika, że średnie zużycie prądu wahało się od 159,3 kWh miesiąc⁻¹ (OB.M1) do 505,5 kWh miesiąc⁻¹ (OB.D1), przy czym łączne zużycie energii elektrycznej w całym zestawie docelowym (razem OB.D1 i OB.D2), średnio w miesiącu wyniosło 719,6 kWh (tab. 5).

Tabela 5

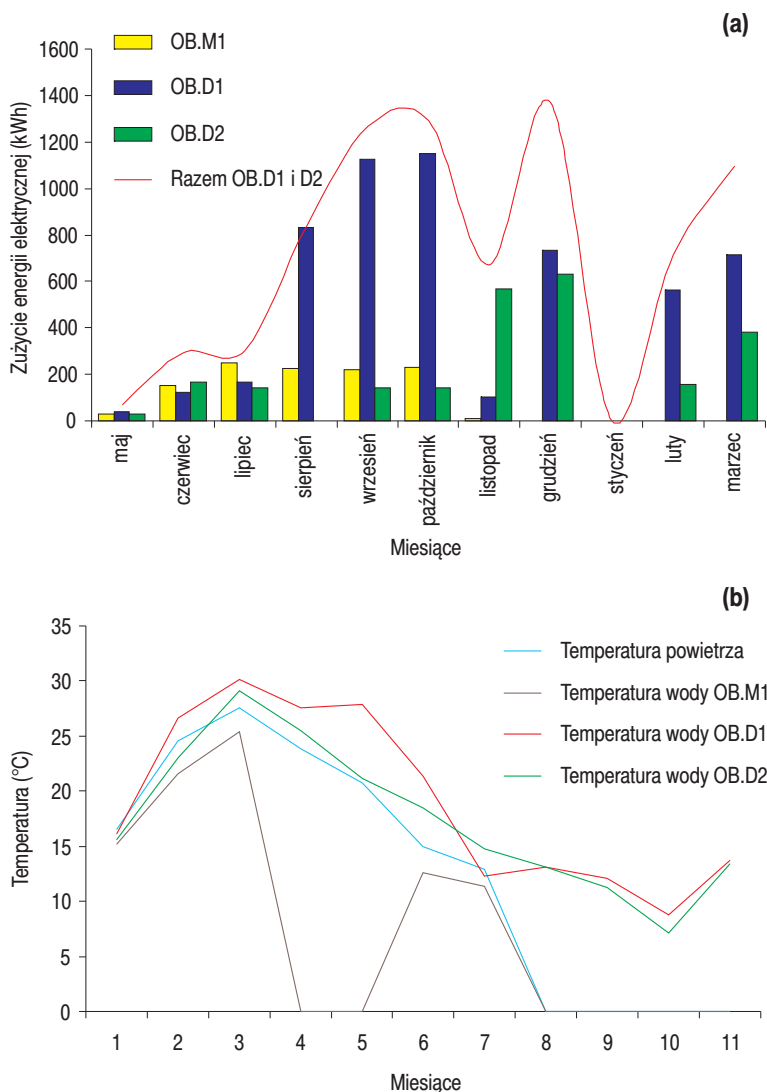
Zestawienie poziomu wskaźników energetycznych uzyskanych w okresie od maja 2021 r. do kwietnia 2022 r. w kontenerowych modułach wylęgarniczo-podchowowych wspomaganych energią odnawialną (objaśnienia w tekście)

Parametr	OB. M1	OB. D1	OB. D2	Razem OB.D1 i OB.D2
Całkowite zużycie energii elektrycznej (kWh rok ⁻¹)	1115,2	5560,1	2355,5	7915,6
Średnie zużycie energii elektrycznej (kWh rok ⁻¹)	159,3	505,5	214,1	719,6
Całkowity uzysk ciepła (kWh rok ⁻¹)	1821,6	-	-	2724,3
Średni uzysk ciepła (kWh miesiąc ⁻¹)	195,6	-	-	216,8

Najwyższe zużycie energii elektrycznej (ponad 1100 kWh miesiąc⁻¹) zanotowano w kontenerze hodowlanym – OB.D1, w miesiącach jesiennych (wrzesień, październik, rys. 3a). Było to związane z jednej strony ze spadkiem temperatury powietrza, a z drugiej z 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, w przypadku zestawu D (razem OB. D1 i D2), czyli nieco ponad 7000 kWh rok⁻¹ (tab. 5), przy rozkładzie miesięcznym zbliżonym do tego na rys. 3a. Zapotrzebowanie to będzie docelowo bilansowane energią z paneli fotowoltaicznych, w jakim stopniu, zobaczymy w kolejnym roku badań.

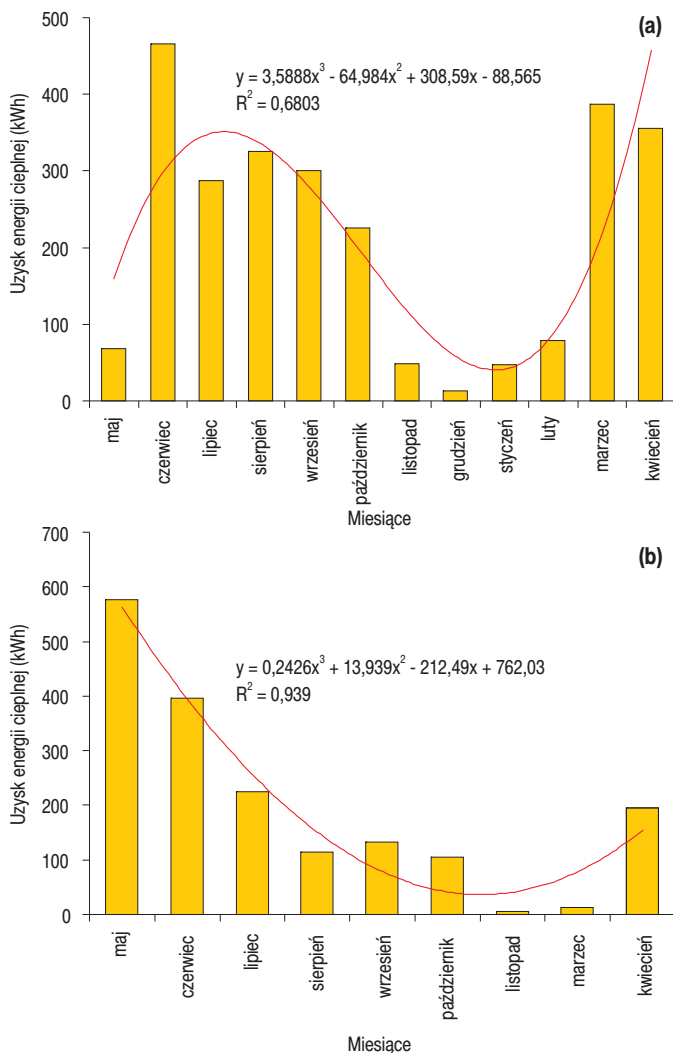
Produkcja (uzysk) ciepła z kolektorów solarnych

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⁻¹ (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



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 Olsztynie w latach 2021-2022 (objaśnienia w tekście).

średnie roczne nasłonecznienie jest największe w części wschodniej, centralnej oraz południowej. Natomiast z innego źródła wiadomo, że całkowita energia słoneczna docierająca do Ziemi wynosi w Polsce średnio ok. 1000 kWh m⁻² powierzchni w ciągu roku. Jej dopływ 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 m⁻²). Tyle teorii, a jak to wyglądało w naszym przypadku? Zestawy solarne pracowały od maja 2021 do



Rys. 4. Produkcja energii cieplnej (uzysk) w poszczególnych miesiącach testowania kontenerowych modułów wylęgarniczo-podchowowych w ZRJ IRS w Olsztynie w latach 2021-2022 (a – wersja docelowa, b – wersja modelowa; objaśnienia w tekście).

kwietnia 2022 r. (niepełne 12 miesięcy). W tym okresie całkowita energia cieplna, zarejestrowana przez urządzenia pomiarowe wyniosła 2724,3 kWh w przypadku zestawu kontenerowego D oraz 1821,6 kWh w przypadku zestawu kontenerowego M (tab. 5). Potwierdziła się również teoria odnośnie rozkładu miesięcznego uzysku ciepła, przypadająca na miesiące letnie (rys. 4a). W przypadku zestawu kontenerowego D największy uzysk ciepła zanotowano w czerwcu 2021 r. (466,2 kWh) oraz istotny spadek począwszy od października do stycznia (zaledwie 12,5 kWh). Następnie wzrost aż do końca okresu pomiarowego w kwietniu 2022 r. Można to opisać linią trendu o wysokim współczynniku

determinacji $R^2 = 0,68$. 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). Zastanawiający na pierwszy rzut oka jest również miesięczny rozkład uzysku ciepła w zestawie kontenerowym M. Najwyższą wartość energii uzyskano w maju (575,8 kWh), natomiast w kolejnych miesiącach powinna ona rosnąć, a malała (rys. 4b). Sytuacja wydaje się dziwna, ale wynikała z celowego zabiegu – zastąpienia połowy kolektorów – ze względu na potrzebę utrzymania niższej temperatury w obiegu hodowlanym i jego okresowe wyłączenie (rys. 3a). Oczywiście taka sytuacja w normalnym użytkowaniu kolektorów słonecznych nie powinna mieć miejsca, a nadmiarową energię powinno się zagospodarować, budując rezerwową instalację odbioru ciepła np. do podgrzewania wody użytkowej w innym obiekcie (biurze, magazynie itp.).

Podsumowanie

Przeprowadzone badania mają charakter wstępny. Pełny bilans energetyczny będzie możliwy po zebraniu danych dotyczących produkcji energii elektrycznej, pochodzącej z systemu fotowoltaicznego. W przeprowadzonej 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 ciepła. Bez wątplenia system solarny istotnie wspomaga podgrzewanie wody w urządzeniach hodowlanych, szczególnie w początkowym okresie uruchamiania modułu – dochodzenie do temperatury technologicznej oraz wypracowywanie złoża biologicznego – co wiąże się z potrzebą częstego uzupełniania (dolewka), wody w sytuacji nagłego wzrostu poziomu produktów azotowej przemiany materii (amoniaku i azotynów). 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.

Praca została zrealizowana w ramach 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” (Umowa o dofinansowanie nr 00001-6521.1-OR1400002/17/20).

Literatura

- Anonim 2019 – <https://www.gios.gov.pl/pl/eea/aktualnosci/produkty/600-czysta-inteligentna-i-odnawialna-energia>.
- Goryczko K., Grudniewska J. 2020 – Chów i hodowla pstrąga tęczowego – Wyd. IRS, Olsztyn.
- 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. Szerbowski, M. Szkudlarek. Wyd. IRS, Olsztyn: 135-153.
- Szkudlarek M., Ulikowski D., Łuczyński M.J., Szerbowski 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.
- 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. Szerbowski, 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., 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