KOMUNIKATY RYBACKIE
Nr 2 (157)/2017, 7 – 13

Andrzej Eymontt[1], Krzysztof Wierzbicki[1], Zygmunt Brogowski[2], Irena Burzyńska[1], Ludmiła Rossa[1]

[1]Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Oddział w Warszawie
[2]Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Nowa technologia wydobywania osadów dennych z rowów na stawach rybnych i ich zastosowanie w rolnictwie

Wstęp

W wielu gospodarstwach rybackich pojawia się problem usuwania zanieczyszczeń poprodukcyjnych, zwanych osadami dennymi, gromadzącymi się zazwyczaj w rowach i łowiskach w okresie jesiennym podczas odwodnienia stawów w celu dokonania odłowu ryb.

Te zanieczyszczenia poprodukcyjne stanowią liczne zagrożenia dla hodowli ryb powodując: toksykacje środowiska stawowego, zmianę reżimu przepływowego w obiektach stawowych, trudności w odławianiu ryb, a także zanieczyszczenia środowiska wodnego w obiektach usytuowanych poniżej stawów hodowlanych (rzeki, jeziora). W końcowym rezultacie może to skutkować koniecznością zapłacenia kary za zanieczyszczenia środowiska.

Najczęściej w okresie jesiennym stosowane są technologie usuwania z rowów i łowisk nagromadzonych osadów przy użyciu koparek. Koparki te przemieszczają urobek na niewielkie odległości w obrębie stawu, co upraszcza proces odławiania ryb oraz umożliwia odwodnienie stawu na okres zimy. Niestety podczas powtórnego napełniania stawu wodą znaczna część wydobytego urobku powraca na poprzednie miejsce.

Analizując i oceniając dotychczasową technologię postanowiono w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym w Falentach opracować kompleksową technologię, polegającą na wydobyciu osadów dennych o wysokiej koncentracji składnika stałego, usunięciu ich z obszaru stawu, a następnie przetworzeniu na wysokowartościowy nawóz organiczny. Realizacja tej technologii umożliwia rozwiązanie wymienionych problemów będących wynikiem nagromadzonych osadów dennych, a ponadto pozwoli zwiększyć dochodowość gospodarstw rybackich w rezultacie sprzedaży nawozów organicznych. Cena rynkowa wysokowartościowych nawozów organicznych jest bardzo wysoka i wynosi od 1,5 do 2 zł dm^{-3}. Notowany od wielu lat w Europie spadek zawartości humusu w glebie powinien sprzyjać tego rodzaju transakcjom handlowym.

Realizację ww. kompleksowej technologii rozpoczęto od zbudowania prototypu odmularki i przeprowadzenia prób z wydobyciem osadów z rowu na wybranym stawie, a jednocześnie wstępnego rozeznania pozwalającego określić wartości nawozowe osadów ze stawów w Falentach. Po udanych wstępnych próbach i zachęcających wynikach badań w zakresie wydobywania osadów, jak i otrzymywania ww. nawozów, dalsze prace będą kontynuowane, a o ich intensywności zadecyduje zainteresowanie środowiska rybackiego.

Realizacja kompleksowej technologii wydobywania osadów dennych

Przegląd stanu wiedzy dotyczącej wydobywania osadów dennych

Najwięcej publikacji na temat nowych technologii wydobywania osadów dennych dotyczyło jezior (m.in. Eymontt i Wierzbicki (2013), Eymontt i Wierzbicki (2015)). W publikacjach tych zwrócono uwagę na niską skuteczność wydobywania osadów różnego rodzaju pływającymi pogłębiarkami oraz zaproponowano innowacyjną konstrukcję pogłębiarek poruszających się po dnie jezior lub innych zbiorników wodnych, w celu uzyskania wysokoskoncentrowanego urobku, który łatwiej zagospodarować po wydobyciu.

W zakresie wydobywania osadów dennych ze stawów rybnych wyróżniają się kolejne publikacje Madeyskiego (2003a, 2003b), odnoszącego się krytycznie do stosowanej technologii wydobywania urobku z rowów na stawach rybnych przy zastosowaniu koparki. Ale jednocześnie Madeyski (2003a, 2003c) zwraca uwagę na wartości nawozowe wydobytych osadów i budowlane do odbudowy grobli.

Osobnym zagadnieniem związanym z wydobywaniem osadów dennych, szczególnie ze stawów rybnych, są ich specyficzne właściwości opisane szczegółowo przez

Parzonkę (1961) oraz w kilku pracach Madeyskiego (1999, 2002, 2003a, b, c). Osady te zakwalifikowano do tzw. cieczy nienewtonowskich najczęściej opisanych wzorem Binghama (Parzonka 1961) w postaci:

$$\tau = \tau_O + \eta_B \cdot G$$

gdzie:

τ – naprężenie ścinające, Pa

τ_O – próg plastyczności, Pa

η_B – lepkość, Pa · s

G – szybkość ścinania, s^{-1}

Ze względu na proces wydobywania osadów dennych szczególnie istotnym parametrem jest próg plastyczności τ_O. W sposób przystępny dla niespecjalistów można go opisać zależnością $\tau_O \geq \tau \rightarrow G$, pozwalającą wzrokowo ocenić, czy farba płynie po pionowej ścianie. Przy spełnieniu ww. zależności farba nie będzie płynąć. Jednocześnie, gdy prędkość ścinania G wzrasta następuje zjawisko, że płyny (np. farba) stają się „rzadsze", a płyny te nazywane są pseudoplastycznymi (Schramm 1998). Tak też zachowują się osady denne. Tę właściwość wykorzystano przy konstrukcji pogłębiarek opisanych przez Eymontta i Wierzbickiego (2015). Manifestuje się ona zasadą pobierania osadów dennych bez możliwie najmniejszego naruszenia struktury osadów o określonej wartości τ_o (Madeyski 1998), następnie zniszczenia tej struktury wirnikiem rozdrabniacza i przetłaczania pompą urobku do wyznaczonego miejsca.

Przegląd stanu wiedzy dotyczącej wartości nawozowych

Stosunkowo mało polskich autorów omawia problemy dotyczące wykorzystania jeziornych osadów dennych w rolnictwie do użyźniania gleb. Wyróżnia się tu publikacja Gałki i Wiatkowskiego (2010), zwracająca uwagę nie tylko na wartości poszczególnych nawozowych składników chemicznych i mineralnych w osadach dennych (np. N_{org} do 11,34 g kg^{-1}, czy do C_{org} 119,5 g kg^{-1}), ale także na korzystny stosunek C:N wynoszący do 16. Generalnie, autorzy ci stwierdzili, że jeziorne osady denne odznaczają się korzystnym uziarnieniem, odczynem i zawartością substancji organicznej, azotu oraz makroelementów, typowymi dla gleb o wysokiej wartości rolniczej, co predysponuje je do zagospodarowania rolniczego lub rekultywacyjnego. Również zawartość pierwiastków śladowych kwalifikuje badane osady do wykorzystania w rolnictwie.

Właściwości nawozowe osadów dennych omawiają m.in. Siwek i Włodarczyk (2013) przytaczając szereg argumentów za ich stosowaniem, nawet do nawożenia plantacji warzyw czy też kukurydzy. Osady denne pochodzące ze stawów rybnych, odznaczając się wysoką zawartością azotu (N/C > 12), stanowiły wartościowy składnik gleb przy produkcji ryżu.

Wśród polskich autorów publikacji dotyczących osadów dennych ze stawów rybnych wyróżniają się opracowania Madeyskiego (1999, 2002, 2003a, 2003c) oraz Bednarczyka (1990, 1992, 2002). Prace te jednak tylko w sposób ogólny podkreślają przydatność ww. osadów na potrzeby nawożenia w rolnictwie. Natomiast w sposób szczegółowy opisują m.in. procesy gromadzenia się osadów na dnie stawów (sedymentacja), a także ich charakterystyki reologiczne, co jest istotną informacją do oceny możliwości transportu hydraulicznego.

Budowa urządzenia spełniającego wymagania dotyczące wydobywania osadów

Realizacja ta stała się możliwa dzięki zainteresowaniu i podjętym staraniom firmy Łukomet – Krzysztof Łuszczyk, która uzyskała na ten cel wsparcie finansowe z Funduszu Europejskiego, Programy Regionalne UE – Fundusze Strukturalne i Innowacyjne, za pośrednictwem Mazowieckiej Jednostki Wdrażania Programów Unijnych w temacie pt. „Innowacyjna technologia wydobywania osadów dennych z zastosowaniem do nawożenia" (RPMA 01.02.0014-4539/16)

Prototyp odmularki zbudowano wg wzoru użytkowego PL 66292 „ Odmularka przeciągana liną". Do opuszczania odmularki na dno stawu skonstruowano zawieszany na ciągniku rolniczym wysięgnik o długości 6 m, z wciągarką linową napędzaną z układu hydraulicznego ciągnika (fot. 1).

Zespół roboczy odmularki w postaci szufli, wyposażonej w 4 zatapiane agregaty pompowe umożliwia realizację opisanego uprzednio założenia, a mianowicie, przesuwający się za pośrednictwem wciągarki linowej zespół po dnie rowu (fot. 2) nagarnia osady denne do wydzielonej komory przy możliwie znikomym naruszeniu granicy plastyczności τ_o, następnie umieszczone przed wlotem do pomp tarczowe rozdrabniacze (fot. 3) „upraszczają strukturę", zaś pompy wyporowe tłoczą tak spreparowane osady do rurociągu.

Fot. 1. Odmularka z masztem i wysięgnikiem umożliwiającym opuszczenie na dno stawu.

Fot. 2. Przemieszczanie odmularki po dnie rowu.

Fot. 4. Wydobyty odmularką osad denny ze stawu dolnego w Falentach.

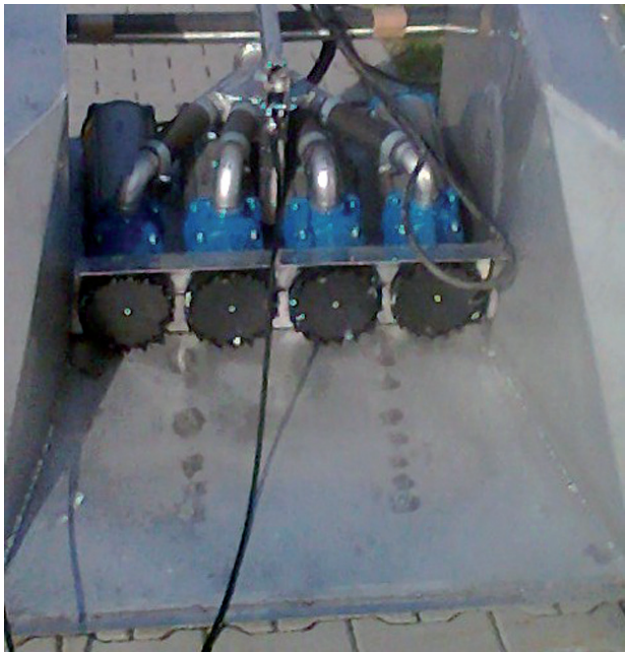
Przy sumarycznej wydajności pomp w granicach od 4,32 $m^3 h^{-1}$ do 11,52 $m^3 h^{-1}$w zależności od wytwarzanego ciśnienia i prędkości przemieszczania się, która powinna być nieco większa od wynikającej z sumarycznej wydajności pomp, uzyskujemy prędkość roboczą od 11,36 do 30,3 m h^{-1}, zbierając warstwę osadu ok. 38 cm.

Wydobyty osad denny ze stawu o zawartości suchej masy 31% widoczny jest na fot. 4.

Materiały i metodyka badań osadów dennych

Do badań osadów pobrano sondą (konstrukcji ITP) próby z warstwy o miąższości ok. 10 cm, ze stawów w Falentach k. Raszyna pod Warszawą. Miejsca poboru prób wybrano w pobliżu łowisk. Ocenę uziarnienia, jak i pozostałych parametrów wykonano metodami opisywanymi przez Brogowskiego i Czerwińskiego (1986), a mianowicie areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Pruszyńskiego, stosując do peptyzacji pirofosforan sodu i mieszając mieszadłem wirnikowym zamiast gotowania. Skład chemiczny oznaczono metodą AAS po uprzedniej ekstrakcji próbek osadu stężonym kwasem nadchlorowym. Materię organiczną oznaczono metodą Tiurina.

W celu oceny struktury badanych próbek osadów, w Ogólnouczelnianym Centrum Analitycznym SGGW wykonano zdjęcia skaningowym mikroskopem elektronowym, przy powiększeniu od 400 do 20000 razy.



Fot. 3. Widok wlotu osadów do 4 pomp zainstalowanych na dnie szufli zbierającej.

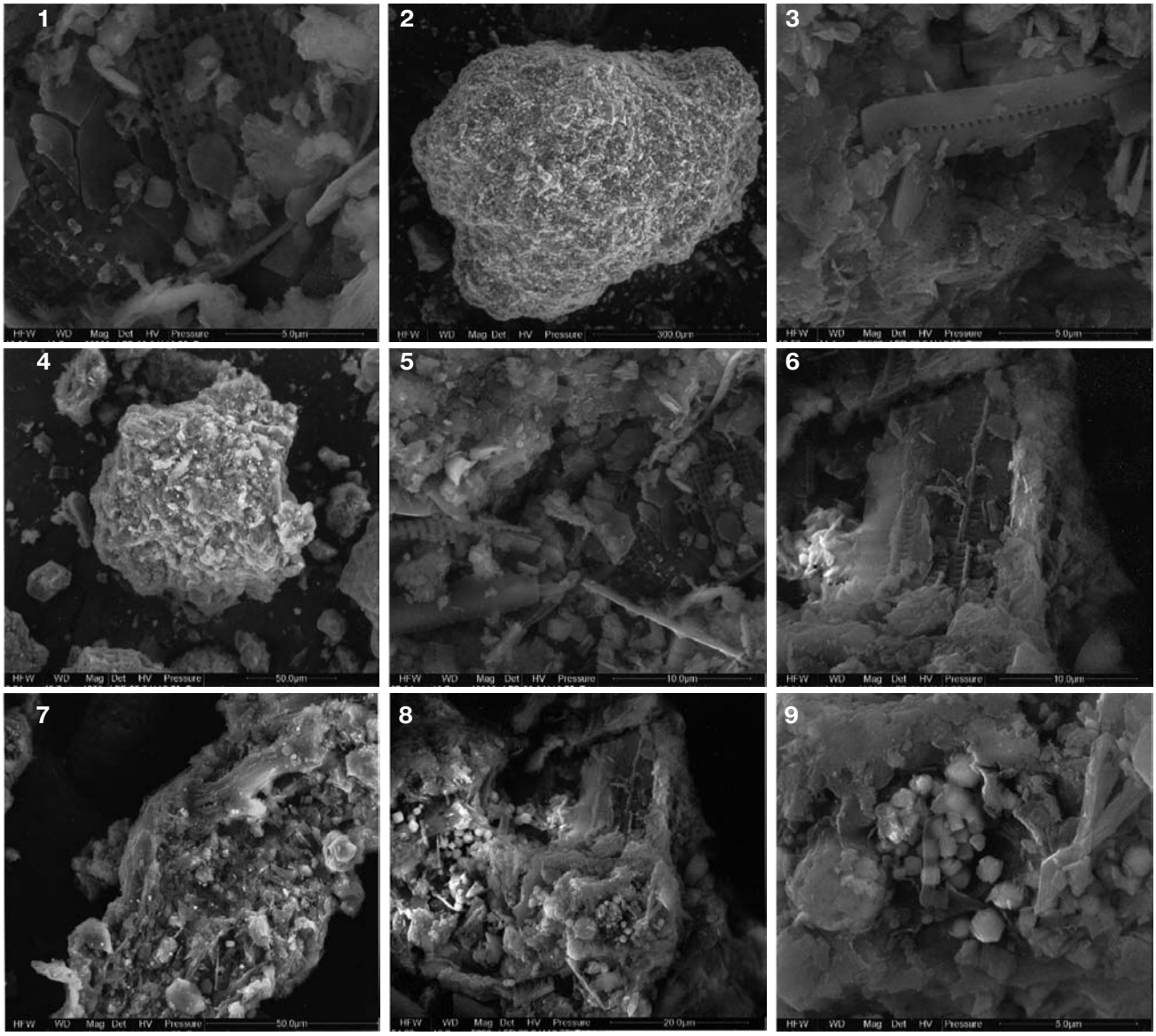
Wyniki badań osadów

Uziarnienie osadów dennych ze stawów wykazuje zawartość piasków luźnych i słabo gliniastych (tab. 1). Zawartość ziarn < 0,02 mm waha się od 4 do 9%. Części ilastych < 0,002 mm w tych osadach brak lub występują w ilościach śladowych. Ziarn o średnicy 0,1-0,02 mm stwierdzono w granicach od 15 do 23%, pozostały udział procentowy stanowią ziarna o średnicy 1,0-0,1 mm. Ich zawartość w poszczególnych próbkach z 4 stawów wahała się od 68 do 81%. Wśród ziarn dominujące są ziarna piasku

TABELA 1

Uziarnienie osadów dennych z badanych stawów

Nazwy stawów	Miąższość warstwy osadu (cm)	Średnica ziarn (mm) i ich udział (%)								Procentowa zawartość ziarn w poszczególnych przedziałach średnic			pH
		1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	< 0,002	1-0,1	0,1-0,02	< 0,02	
Staw Spiski	0-10	7	15	52	13	9	3	śl.	1	74	22	4	6,5
Staw nr 13	0-10	12	25	44	9	6	2	2	śl.	81	15	4	6,8
Staw Parkowy 2	0-10	7,9	22	38	12	11	5	3	śl.	69	23	8	7,1
Staw Puchalskiego	0-10	12	25	42	12	5	3	1	1	78	17	9	6,9



Fot. 5. Badania mikroskopowe osadów dennych pobranych ze stawów w Falentach. 1 – ziarno piasku drobnego 0,25-0,1 mm, pow. 400x, 2 – wnętrze ziarna piasku z widoczną okrzemką, pow. 20000x, 3 – wnętrze piasku drobnego z widoczną okrzemką, pow. 20000x, 4 – ziarno o średnicy 0,05-0,02 mm, pow. 1000x, 5 – wnętrze ziarna o średnicy 0,05-0,02 mm, widoczna budowa ziarnista ze szkieletami okrzemek, pow. 10000x, 6 – wnętrze ziarna o średnicy 0,05-0,02 mm, widoczne są szkieleciki drobnych rybek, pow. 10000x, 7 – ziarno o średnicy < 0,005 mm, pow. 2500x, 8 – fragment ziarna < 0,005 mm, widoczne są szkieleciki drobnych rybek i porowata struktura, pow. 5000x, 9 – fragment ziarna < 0,005 mm, struktura porowata, widoczne są niezidentyfikowane organizmy, pow. 20000x

drobnego (0,25-0,1 mm). Stanowią one średnio w badanych osadach dennych 42% całej masy.

Badania mikroskopowe szeregu prób wykazują brak ziarn piaskowych zbudowanych z kwarcu (fot. 5). Są to ziarna powstałe w wyniku zlepów drobnych ziarn, szkieleciков okrzemek i innych organizmów, w tym ryb (fot. 5.6). Fot. 5 (powiększenie 400x) przedstawia ziarno piasku drobnego (0,25-0,1 mm). Zbudowane zostało z drobnych cząstek mineralnych ze znaczną ilością szkieletów okrzemek (fot. 5.2 i 5.3). Wyraźnie widoczne są szkielety różnych gatunków okrzemek. Fot. 5.2 (powiększenie 20000x) przedstawia wydłużony szkielet okrzemki, natomiast fot. 5.3 (powiększenie 20 000x) szkieleciki występujące w formie siateczki. Fot. 5.4 (powiększenie 10000x) przedstawia ziarno o średnicy 0,05-0,02 mm, które również jest zbudowane z tysięcy drobnych fragmentów cząstek i również ukwiecone zróżnicowanymi kształtami skorupek okrzemek (fot. 5.5 i 5.6 powiększenie 10000x). Fot. 5.7 (powiększenie 2500x) przedstawia szkielety drobnych rybek na tle cząsteczek mineralnych. Fot. 5.8 (powiększenie 5000x) przedstawia fragment ziarna < 0,005 mm i podobnie jak ziarna o większej średnicy tworzy ono konglomerat drobnych ziarn spojonych ze sobą (fot. 5.9 powiększenie 20000x), niezależnie od ich średnicy układy porowate. Konglomeraty te są bardzo silnie spojone, tworząc ziarna o zróżnicowanej średnicy niepoddające się rozpadowi podczas peptyzacji. Uziarnienie badanych osadów stanowi sztuczny, wtórny twór uformowany przez wielolecia zalegania na dnie. Materiał ten

może być wykorzystany w rolnictwie jako ulepszacz gleb pod względem fizycznym i fizykochemicznym. W glebie frakcja piaskowa przekształci się bowiem stopniowo we frakcję < 0,02 mm, w tym ilastą < 0,002 mm.

Spora zawartość szkieletów obumarłych okrzemek, składających się z SiO_2, ma ogromne znaczenie nawozowe. Krzemionka jest jednym z ważnych składników roślin, warzywnych i zbożowych. Składnik ten wg autorów publikacji jest mało doceniany w polskim rolnictwie i nie badany przez specjalistów od nawożenia.

Skład chemiczny badanych osadów dennych ze stawów wykazuje wyraźne zróżnicowanie ilościowe składników w poszczególnych stawach, jak i w warstwach pobranych osadów o grubości ok. 0-5 i 5-10 cm (tab. 2).

Wśród badanych składników główne miejsce zajmuje węgiel, którego zawartość w warstwach 0-5 cm waha się w poszczególnych stawach od 22,1 do 81,1 g kg^{-1} suchej masy osadu. Natomiast w warstwie 5-10 cm wartości te wynoszą od 18,3 do 92,3 g kg^{-1}(tab. 2). Materię organiczną w badanych stawach stanowi humus, gdyż stosunk C : N w większości przypadków waha się od 13,1 do 16,4 (tab. 2). W przeliczeniu węgla na humus (C x 1,124) jego zawartość wynosi od 38 do 160 g kg^{-1}. Stosując równoważną zawartość osadu dennego w stosunku do obornika (20 ton/ha), to w zależności od badanych osadów ze stawów dawka materii organicznej (humusu) wynosić może od 0,76 do 3,2 t·ha^{-1}. Z obornika w okresie 4 lat po jego mineralizacji i humifikacji powstanie około 1 tony humusu. Wobec powyższego osady denne ze stawów mogą stanowić bardzo dobre źródło humusu glebowego.

Istotnym składnikiem w osadach dennych jest azot. Jego zawartość w poszczególnych stawach i warstwach waha się od 1,08 do 7,03 g kg^{-1} osadu. Stanowi to przy wniesieniu 20 t ha^{-1} od 22 do 140 kg N ha^{-1}.

Pod względem ilościowym cennym składnikiem nawozowym jest magnez. Jego ilości wahają się od 0,62 do 2,93 g kg^{-1}, co stanowi w dawce 20 t ha^{-1}osadu od 12,4 do 59 kg ha^{-1}. Dawka ta jest wystarczająca na zaopatrzenie uprawianych roślin.

Wartościowym składnikiem badanym w osadach jest potas. Jego stan ilościowy jest zbliżony do zawartości magnezu w tych osadach. Wahania ilościowe w poszczególnych stawach wynoszą od 0,62 do 2,25 g kg^{-1} osadu. Średnia zawartość ze wszystkich stawów i warstw wynosi 1,25 g kg^{-1} (tab. 2). Są to ilości niewystarczające na pokrycie zapotrzebowania roślin.

Równie cennym składnikiem jest fosfor, którego zawartość w osadach dennych poszczególnych stawów waha się od 0,22 do 2,07 g kg^{-1}osadu (tab. 2). Najzasobniejsze w ten składnik są osady stawu 13 i Puchalskiego. Przy zastosowaniu 20 t ha^{-1}osadu dawka fosforu będzie wystarczająca pod dowolne rośliny uprawne lub łąki i pastwiska. Osady pozostałych stawów wykazują niską zawartość fosforu (tab. 2).

Szereg malejącego udziału poszczególnych badanych składników jest następujący:

$$N > Mg > K > P > Na$$

Ten szereg składników mineralnych występuje w badanych próbkach z czterech stawów na obszarze Falent (tab. 2). Osady denne z badanych stawów mogą zatem stanowić jeden z cenniejszych materiałów nawozowych, wzbogacających gleby w mineralne makroelementy o ustabilizowanym stanie związków organicznych, które w glebach uprawnych ubywają w sposób nieprzewidywalny.

Mikroelementy (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb) w badanych osadach dennych były w niewielkim stopniu zróżnicowane pod względem ilościowym (tab. 2). Głównym składnikiem pod względem ilościowym było żelazo, a najmniejszym miedź. Ilościowo metale ciężkie w omawianych osadach można uszeregować według malejącej ich zawartości następująco: Fe > Mn > Zn > Pb > Cu

Przyjmując cały zapas tych metali, ze wszystkich badanych stawów według uśrednionych danych za 100%, to procentowy szereg może być następujący: 83,3 > 13,2 > 2,1 > 0,8 > 0,6%

Należy podkreślić, że zbadane osady denne stawów nie wykazują zawartości metali ciężkich przekraczających normy ilościowe przewidziane w rozporządzeniach Ministra

TABELA 2

Zawartość niektórych składników w osadach dennych stawów w Falentach – Raszyn

Nazwy stawów	Miąższość warstwy osadu (cm)	W (g kg^{-1})								W (mg kg^{-1})				
		Mg	K	Na	P	N	suma	C	C:N	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Staw Spiski	0-5	0,80	0,75	0,06	0,22	1,61	3,44	22,1	13,7	445	50,2	14,4	4,9	16,2
	5-10	0,62	0,62	0,05	0,37	1,08	2,74	26,0	24,0	386	45,4	11,8	4,9	13,2
Staw nr 13	0-5	1,02	0,88	0,07	1,77	2,08	5,82	32,7	15,7	1443	291,9	21,1	8,1	9,4
	5-10	0,70	0,75	0,06	1,75	1,78	5,04	36,5	20,5	1125	229,7	16,7	7,0	8,0
Staw Parkowy 2	0-5	1,07	0,96	0,08	0,50	3,45	6,06	56,7	16,4	809	170,0	36,7	8,5	7,7
	5-10	1,21	1,82	0,10	0,22	1,20	4,55	18,3	15,2	1080	97,3	30,6	7,2	13,4
Staw Puchalskiego	0-5	2,24	1,93	0,14	1,63	6,32	12,26	87,1	13,8	1911	313,5	50,9	13,0	15,8
	5-10	2,93	2,25	0,17	2,07	7,03	14,45	92,3	13,1	2507	341,0	60,5	14,1	11,6

Ochrony Środowiska z dnia 17.04.2001 i 13.04.2007 r. Osady te można wykorzystywać w szeroko pojętym rolnictwie. Pod względem zawartości metali ciężkich stanowią nawóz równorzędnie wartościowy jak obornik bydlęcy. Dawka 20 do 30 t ha^{-1}, w zależności od klasy bonitacyjnej gleb, zaopatrzy uprawiane rośliny w pełny zapas składników biogennych. W glebach o niskiej klasie bonitacyjnej IVa, V i VI byłby wskazany niewielki dodatek fosforu i potasu w dawkach uzależnionych od uprawianej rośliny.

Rozpatrując wyniki badań pilotowych próbek osadów dennych czterech stawów w Falentach pod kątem oceny możliwości ich wykorzystania w rolnictwie należy podkreślić, że składniki biogenne w poszczególnych stawach są silnie zróżnicowane pod względem ilościowym. Najzasobniejsze osady pod względem nawozowym występują w stawie Puchalskiego. Zawierają one dostateczną ilość magnezu, potasu, fosforu i azotu, a poza tym znaczącą zawartość związków humusopodobnych. Dawka 20-30 t ha^{-1} nie będzie wymagała dodatkowego uzupełnienia jakichkolwiek składników nawozowych.

Wobec powyższego urządzenie do wydobywania osadów dennych powinno zapewniać wysoką koncentrację składnika stałego, pochodzenia organicznego i mineralnego, a jednocześnie podczas transportu hydraulicznego nie stwarzać zbyt dużych oporów przepływu.

Ważnym ogniwem opisywanej technologii będzie urządzenie do mieszania wydobytych osadów z komponentami zapewniającymi wymagany skład nawozowy, bądź pochłanianie wody celem uzyskania konsystencji nadającej się do aplikacji do gleby typowymi maszynami (rozrzutnik obornika itp.). W związku z tym przeprowadzono doświadczenie polegające na zmieszaniu 3,8 kg osadu dennego o zawartości suchej masy 25% z 0,31 kg mikronizowanej słomy o wielkości cząstek powyżej 100 μm, w celu sorpcji wody i uzyskania gęstości porównywalnej z obornikiem.

Badania podstawowych składników mieszaniny wykonano metodą analizy elementarnej, a wyniki zestawiono w tabeli 3.

TABELA 3

Udział w procentach składników mieszaniny osadu dennego z mikronizowaną słomą

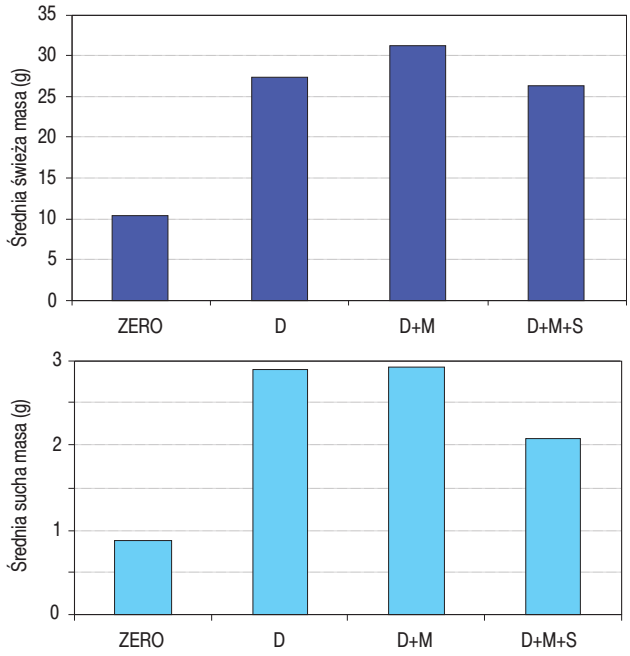
	N	P	C	S	H
Słoma + osad	0,66	0,13	12,02	0,29	1,10

Następnie przeprowadzono wstępne badania wazonowe (w czterech powtórzeniach bez oceny statystycznej), wartości nawozowej mieszanin osadów dennych ze słomą w kilku wariantach, przyjmując dawkę nawozu nieprzekraczającą 170 kg N ha^{-1}. Użyto mieszanki następujących traw gazonowych – kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*), kostrzewa trzcinowata *(Festuca arudinacea),* życica trwała (*Lolium perenne*), życica wielokwiatowa/rajgras włoski (*Lolium multiflorum*), życica westerwoldzka/rajgras holenderski (*Lolium westerwoldicum*).

Zastosowano kombinacje:

1. ZERO – gleba
2. D – gleba i osady denne ze stawów rybnych
3. D+M – gleba, osady denne ze stawów rybnych i słoma mikronizowana (rozdrobniona do wielkości cząstek poniżej 0,01 mm)
4. D+M+S – gleba, osady denne ze stawów rybnych, słoma mikronizowana i sieczka.

Wyniki badania masy traw metodą wagową przedstawiono na rysunku 1, a procentowy udział podstawowych składników pokarmowych w mieszaninach nawozowych



Rys. 1. Średnia masa traw zebranych z czterech wazonów dla kolejnych kombinacji.

TABELA 4

Zawartość (% s.m.) składników pokarmowych w mieszaninach nawozowych przed i po doświadczeniu nawozowym

	przed nasadzeniem traw			po ścięciu traw		
	N	P	K	N	P	K
gleba	0,093	0,047	0,077	0,061	0,039	0,072
gleba+osad denny	0,109	0,05	0,091	0,080	0,044	0,069
gleba+osad denny+mikronizat	0,113	0,055	0,099	0,071	0,043	0,077
gleba+osad denny+mikronizat+słoma cięta	0,099	0,047	0,085	0,065	0,041	0,082

i glebie (określony metodami kolorymetryczną i ASA po mineralizacji) w tabeli 4.

Pomimo iż osady denne zawierają stosunkowo mniej związków węgla i azotu w stosunku do innych organicznych substancji półpłynnych, takich jak np. gnojówka, dodanie ich jako nawozu powoduje znaczny wzrost masy zebranych roślin. Dodatek zmikronizowanej słomy jeszcze zwiększa otrzymany plon, w przeciwieństwie do dodatku sieczki słomy. W wazonach z mieszaniną osadów dennych ze słomą mikronizowaną nastąpiło największe zmniejszenie zawartości składników pokarmowych, co zdaje się potwierdzać pozytywną rolę mikronizatu w ich uwalnianiu.

Podsumowanie

Przeprowadzone dotychczas badania prototypu odmularki pozwoliły potwierdzić możliwość wydobywania osadów dennych o wysokiej koncentracji składnika stałego przy niskim poziomie wody z rowu. Dalsze prace będą zmierzały do wydobywania osadów przy wysokim poziomie wody i to zarówno rowu, jak i dna stawu. Ponadto należy doskonalić sposób przemieszczania się odmularki, co m.in. opisano w publikacji Eymontta i Wierzbickiego (2013). Równie istotne będą problemy związane w wydobywaniem osadów pod względem zachowania równowagi w środowisku stawów rybnych, które nie mogą przesłaniać wskazywanych korzyści ze sprzedaży osadów dennych w postaci nawozów organicznych.

Stwierdzenia

1. Dalszy rozwój opisanej technologii pozwala rozwiązać kilka istotnych problemów, a mianowicie: racjonalne usuniecie osadów dennych poza obręb stawu, a tym samym poprawa warunków hodowlanych dla ryb, a także zmniejszenie zagrożeń dla środowiska wodnego.
2. Wstępnie udokumentowano wartości nawozowe wydobytych osadów dennych, co stwarza możliwość wprowadzenia ich do obrotu handlowego i tym samym zmniejszenia kosztów wydobywania.

Literatura

Bednarczyk T., Madeyski M. 1990 – Wstępna ocena ilości doprowadzonych namułów do stawów o zróżnicowanym zasilaniu – Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Melioracja (34) : 83-92.

Bednarczyk T., Madeyski M.1992 – Czynniki wpływające na intensywność zamulania stawów rybnych – Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Melioracja (40): 87-100.

Bednarczyk T., Madeyski M. 2002 – Określenie ciężaru objętościowego osadów dennych stawów rybnych – Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Inżynieria Środowiska 23: 301-306.

Brogowski Z., Czerwiński Z. 1986 – Materiały do ćwiczeń z gleboznawstwa cz. 2. Ćwiczenia laboratoryjne – SGGW Warszawa, wyd. 5.

Eymontt A., Wierzbicki K. 2015 – Analiza i ocena możliwości wydobywania antropogenicznych osadów dennych z jezior, zbiorników i cieków wodnych – Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie (3)446: 113-120.

Eymontt A., Wierzbicki K 2013 – Nowa technologia usuwania antropogenicznych osadów – Problemy inżynierii rolniczej 4(82): 129-138

Schramm G. 1998 – Reologia, podstawy i zastosowania – Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań, s. 273

Gałka B., Witkowski M. 2010 – Charakterystyka osadów dennych zbiornika zaporowego Młyny oraz możliwości rolniczego ich wykorzystania – Woda środowisko – Obszary wiejskie, t: 10, z. 4(32): 53-63.

Madeyski M. 1999 – Charakterystyka reologiczna osadów stawowych – Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Inżynieria Środowiska 19: 37-47.

Madeyski M. 2002 – Sedymentacja osadów stawowych – Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Inżynieria Środowiska 23: 267-273.

Madeyski M. 2003a – Możliwości usunięcia osadów z dna stawów i zbiorników – Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Inżynieria Środowiska 24: 89-96.

Madeyski M. 2003b – Ogólnopolska Konferencja Naukowa – Małe zbiorniki wodne i stawy rybne w środowisku przyrodniczym – Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie (1)46: 49-50.

Madeyski M. 2003c – Zamulanie stawów rybnych – Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie (3)46: 121-122.

Parzonka W. 1961 – Ruch rozwodnionego mułu w przewodach zamkniętych – Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Rolniczej, referaty z sesji naukowej Wydziału Melioracji Wodnych. Wrocław: 33-41.

Siwek H., Włodarczyk M. 2013 – Charakterystyka struktury powierzchni osadów dennych w małych polimiktycznych zbiornikach wodnych – Przemysł Chemiczny (7)97: 1272-1275.

Przyjęto po recenzji 17.02.2017 r.

NEW TECHNOLOGY FOR EXTRACTING BOTTOM SEDIMENTS FROM DITCHES IN FISH PONDS AND THEIR APPLICATION IN AGRICULTURE

Andrzej Eymontt, Krzysztof Wierzbicki, Zygmunt Brogowski, Irena Burzyńska, Ludmiła Rossa

ABSTRACT. This paper describes the problems created by bottom sediments in rearing ponds with regard to safeguarding fish health, water management, and environmental threats. In an effort to resolve these problems, a dredger was constructed to remove bottom sediments from fish ponds. Initial investigations of the dredger confirmed that the design principles were good concerning the efficiency of removing sediments with high concentrations of solid mineral and organic origin. The sediments extracted were subjected to preliminary examinations, and the results revealed they had substantial fertilizer properties. This creates an opportunity to produce high quality organic fertilizers that have a market price of 1 to 2 pln per dm^3. Introducing these fertilizers onto the market would decrease significantly the costs of bottom sediment extraction.

Key words: bottom sediments, extraction, dredger, transforming into fertilizer