

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OSADÓW DENNYCH POCHODZĄCYCH Z RZEKI SAN

Katarzyna Maj¹, Piotr Koszelnik¹

¹ Zakład Inżynierii i Chemii Środowiska, Wydział Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, e-mail: d308@stud.prz.edu.pl, pkoszel@prz.edu.pl

STRESZCZENIE

Osady denne są wydobywane z dna rzek, jezior, kanałów, zbiorników retencyjnych oraz stawów w celu zwiększenia ich pojemności retencyjnej oraz poprawy walorów użytkowych. Wydobyty urobek, który nie zawiera substancji szkodliwych może być odpowiednio wykorzystany. Kierunek zagospodarowania osadów dennych jest uzależniony od ich właściwości chemicznych i fizycznych. W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania osadów dennych w rolnictwie, leśnictwie i budownictwie. Omówiono kryteria decydujące o technologii zagospodarowania osadów dennych. Ponadto zaproponowano własny schemat postępowania z wybagrowanymi osadami dennymi oparty na polskim prawodawstwie. Opierając się na wyżej wymienionym schemacie zaprezentowano potencjalne sposoby wykorzystania osadów dennych pochodzących z rzeki San. Charakterystyka chemiczna tych osadów wskazuje na ich umiarkowane zanieczyszczenie substancjami organicznymi i metalami ciężkimi, dlatego też mogą być zastosowane do użyźniania gruntów ujętych w Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 Nr 165 poz. 1359).

Słowa kluczowe: osady denne, jakość osadów, metale ciężkie, PCB, WWA

POSSIBILITY OF USE OF BOTTOM SEDIMENTS DERIVED FROM THE SAN RIVER

ABSTRACT

Bottom sediments are extracted from the bottom of river, lakes, canals, reservoirs, and ponds in order to enhance their capacity and to improve the retention values. Excavated spoils, that does not contain harmful substances may be used. The direction of the management of bottom sediments depends on their chemical and physical properties. At work are examples of the use of bottom sediments in agriculture, forestry and construction. Discusses the criteria for sediment management technology. Proposed their own scheme to use dredging sediments in compliance with the Polish legislation. Based on the above diagram shows the potential ways to use bottom sediment from river San. Physico-chemical characteristics of the sediments indicates on their moderate pollution of organic substances and heavy metals, be used to fertilize the land included in the Regulation of Minister of the Environment of 9 September 2002 on the quality of soil and earth quality standards (2002 No 165 pos. 1359).

Keywords: bottom sediments, quality of bottom sediments, heavy metals, PCB-s, WWA

WPROWADZENIE

Istotny element każdego systemu wodnego stanowią osady denne, powstałe na skutek sedymentacji materiału zawieszonoego. Jest to naturalny element ekosystemu biorący udział w obiegu pierwiastków i materii organicznej. Osady denne zawierają zanieczyszczenia nieorganiczne, w tym pierwiastki śladowe i trwałe zanieczyszczenia organiczne. Nagromadzenie osadów dennych

w zbiornikach i rzekach powoduje zmniejszenie ich pojemności i głębokości [Michalec i in. 2013, Jancewicz i in. 2014]. Z uwagi na negatywne skutki nadmiernego akumulowania osadów dennych na dnie konieczne bywa regularne ich usuwanie bagrowaniem. Wydobyte osady muszą być odpowiednio zagospodarowane lub unieszkodliwiane, tak aby nie stwarzały zagrożenia dla organizmów lądowych. Analiza zanieczyszczeń osadów może być cennym źródłem informacji

przy wyborze kierunku zagospodarowania oraz do oceny źródeł pochodzenia danych zanieczyszczeń [Siebielec i in. 2015].

Najczęściej osady denne wykorzystuje się do celów przyrodniczych, w budownictwie i coraz częściej do pozyskania energii cieplnej [Maj i Koszelnik 2016]. Wykorzystanie przyrodnicze polega na stosowaniu osadów do nawożenia i rekultywacji terenów zdegradowanych [Fonseca i in. 1998]. Osady denne można stosować jako nawozy, z uwagi na bogatą zawartość materii organicznej i łatwo przyswajalnych związków organicznych [Fonseca i in. 1993]. Przeszkodą przed ich wykorzystaniem może być duże zanieczyszczenie metalami ciężkimi i związkami organicznymi [Ciesielczuk i in. 2011, Jancewicz i in. 2014]. Wydobyte osady denne mogą posłużyć jako materiał budowlany, zastępując naturalne grunty mineralne stosowane w budownictwie m.in.: do budowy nasypów hydrotechnicznych (w tym wałów przeciwpowodziowych), nasypów drogowych, do wykonywania przesłon mineralnych na składowiskach odpadów oraz budowy plaż i nabrzeży [Gwóźdź 2007, Gwóźdź 2008, Kozielska-Sroka i Chęć 2009, Staniszevska i in. 2014].

Celem pracy jest weryfikacja możliwości wykorzystania osadów dennych na podstawie oceny właściwości chemicznych wybranych parametrów, którego efektem jest propozycja algorytmu postępowania z wydobytymi osadami w zależności od ich zanieczyszczenia. W ocenie wykorzystano dane WIOŚ dla osadów dennych rzeki San.

MATERIAŁY I METODYKA BADAWCZA

Rzeka San jest prawobrzeżnym dopływem Wisły. Całkowita długość rzeki wynosi około 443,4 km, a powierzchnia zlewni prawie 17 000 km². Źródło Sanu znajduje się na terytorium Ukrainy, rzeka przepływa przez Bieszczady Zachodnie, Pogórze Dynowskie i Przemyskie oraz Kotlinę Sandomierską w województwie pod-

karpackim. W obrębie zlewni położone są dwa zbiorniki zaporowe Solina i Myczkowce. Rzeka San zaopatruje w wodę miasta: Ustrzyki Dolne, Sanok, Przemyśl i Jarosław. Miejsca poboru próbek do badania były zlokalizowane w miastach Przemyślu i Radymnie. Między tymi dwoma miastami San przepływa przez tereny leśno-rolnicze. Przed Radymnem do Sanu dopływa rzeka Wisznia, mająca swoje źródło na terenie Ukrainy [Satora i in. 2009].

W pracy wykorzystano dane Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). Próbki do oznaczeń pobrano we wrześniu 2013 roku. Oceniono wyniki analiz chemicznych metali ciężkich (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg), WWA (benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)perpylen, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-c,d)ipiren) oraz ΣPCB (tab. 3). Oznaczenia rtęci wykonano za pomocą CV-AAS, zaś pozostałych pierwiastków ICP-AES i ICP-OES. WWA oznaczono za pomocą GC-MS, a PCB metodą GC-ECD.

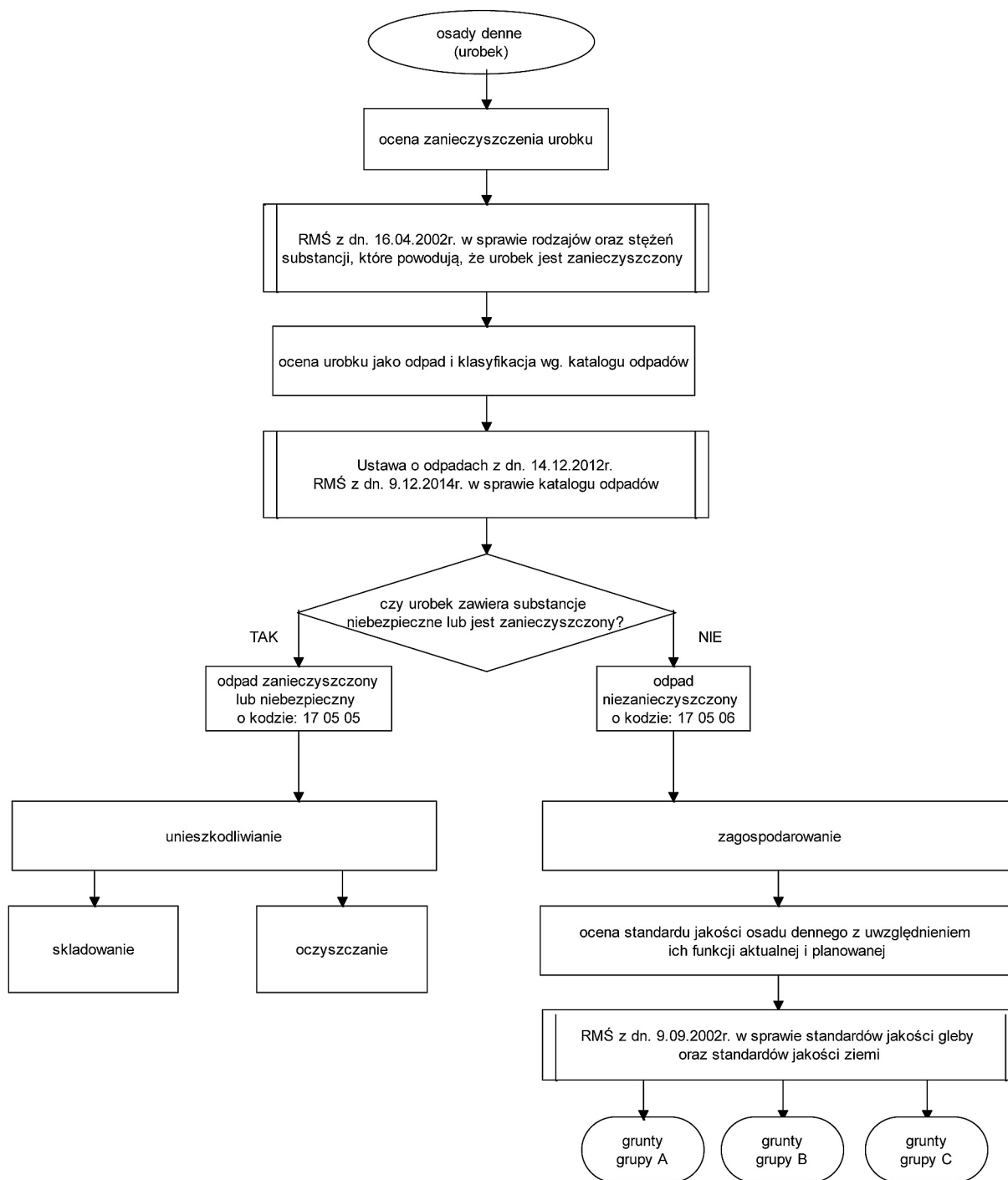
KRYTERIA OCENY OSADÓW DENNYCH

Przydatność osadów do zagospodarowania zweryfikowano na podstawie Ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach [Ustawa 2012], nieaktualnego Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony [RMŚ 2002A], Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [RMŚ 2002B] oraz RMŚ z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów [RMŚ 2014]. Ustawa o odpadach klasyfikuje osady denne jako odpad. Załączniki nr 3 i 4 do tej Ustawy [Ustawa 2012] zawierają spis właściwości i składników, które określają czy odpad jest niebezpieczny. Katalog odpadów załączony

Tabela 1. Grupy rodzajów gruntów zgodnie z RMŚ z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [23]

Table 1. A group of types of land in accordance with RMŚ of 9 September 2002 on the quality of soil and earth quality standards [23]

Grupa A	obszary wodne poddane przepisom ustawy Prawo wodne i przepisom o ochronie przyrody;
Grupa B	użytki rolne z wyłączeniem gruntów pod stawami i rowami, grunty leśne, zakrzewione i zadrzewione, nieużytki, grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych i terenów komunikacyjnych;
Grupa C	tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne.



Rys. 1. Schemat postępowania z osadami dennymi [opracowanie własne na podstawie: Maj i Koszelnik 2016, RMŚ 2002A, RMŚ 2002B, RMŚ 2014, Ustawa 2012]

Fig. 1. The diagram use sediments [Own elaboration based on: Maj and Koszelnik 2016, RMŚ 2002A, RMŚ 2002B, RMŚ 2014, Ustawa 2012]

do RMŚ z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów przyporządkowuje osady dennie do odpadów o kodzie 17 05 05 (urobek z pogłębiania zawierający lub zanieczyszczony substancjami niebezpiecznymi) z adnotacją, że są to odpady niebezpieczne lub 17 05 06 (urobek z pogłębiania inny niż wymieniony w 17 05 05). Do odpadów

o kodzie 17 05 05 może mieć zastosowanie art. 7 Ustawy o odpadach [Ustawa 2012], który po wykazaniu, że dany odpad nie posiada właściwości odpadów niebezpiecznych określonych w załączniku nr 3 do tej Ustawy zmienia jego systematyzację z odpadu niebezpiecznego na odpad inny niż niebezpieczny [Ustawa 2012].

RMS w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony [22] precyzuje rodzaje oraz dopuszczalne stężenia substancji, które mogą powodować, że osady denne (urobek) pochodzące z pogłębiania zbiorników wodnych są zanieczyszczone. Urobek uznaje się za zanieczyszczony, jeżeli wartość któregoś wskaźnika osiągnie wartość równą lub większą niż dopuszczalna (tab. 2). Odwołanie się do nieaktualnego od 2013 roku RMS jest spowodowane brakiem innych aktualnych norm prawnych klasyfikujących urobek pod kątem zanieczyszczenia substancjami szkodliwymi [Janiewicz i in. 2014, Tomczuk i in. 2014].

RMS w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi określa wartości dopuszczalne stężeń substancji, których przekroczenie skutkuje uznaniem gleby lub ziemi za zanieczyszczoną. Ujmuje również standardy jakości gleby i ziemi z uwzględnieniem ich aktualnej i planowanej funkcji, dla następujących 3 grup gruntów przedstawionych w tabeli 1. Wartości graniczne stężeń substancji dla przedstawionych w tabeli 1 gruntów zostały zamieszczone w załączniku do tego Rozporządzenia oraz tabeli 2. W sytuacji, gdy co najmniej jeden wskaźnik przekracza wartość dopuszczalną dla gruntów z grupy C przyjmuje się, że osad denny jest odpadem nie nadającym się do zagospodarowania i należy dalej postępować z nim zgodnie z Rozporządzeniem

Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu [Tomczuk i in. 2014].

Na podstawie wyżej wymienionych norm prawnych precyzujących dopuszczalne substancje występujące w osadach dennych oraz ich graniczne stężenia zaproponowano schemat postępowania z pozyskanymi osadami dennymi przedstawiony na rysunku 1.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Zgodnie z zaproponowanym schematem postępowania z osadami dennymi (rys. 1) w pierwszym etapie oceniono ich skład chemiczny. Drugi etap polegał na zaproponowaniu potencjalnych sposobów zagospodarowania osadów dennych.

Na podstawie wyników pomiarów stwierdzono, że zawartość metali ciężkich była w obu próbkach poniżej dopuszczalnego progu. Zaobserwowano wartości Cd na jednakowym poziomie 0,25 mg/kg s.m. w obu punktach pomiarowych. W osadach pobranych w Przemyslu odnotowano wyższą zawartość Hg, stężenia pozostałych metali ciężkich były wyższe w Radymnie. Cu i Ni wykazują najwyższe zawartości w badanych próbkach osadów. W osadach dennych pobranych w Radymnie zaobserwowano przekroczone war-

Tabela 2. Stężenia wybranych metali ciężkich i zanieczyszczeń organicznych w osadach dennych
Table 2. Concentrations of selected heavy metals and the organic compounds in studied sediment

Związek	Wartość dopuszczalna w osadzie [mg/kg s.m.] ¹⁾	Wartość dopuszczalna w glebie [mg/kg s.m.] ²⁾			Pkt. poboru Przemysł	Pkt. poboru Radymno
		gr. A	gr. B ³⁾	gr. C ³⁾		
Kadm	7,5	1	4	15	0,25	0,25
Miedź	150	30	150	600	14,68	19,3
Nikiel	75	35	100	300	14,34	20,0
Ołów	200	50	100	600	8,557	10,27
Rtęć	1,0	0,5	2	30	0,0156	0,0135
Benzo(a)antracen	1,5	0,1	0,1	50	0,027	0,241
Benzo(b)fluoranten	1,5	–	–	–	0,03	0,15
Benzo(k)fluoranten	1,5	–	–	–	0,032	0,168
Benzo(ghi)perpylen	1,0	0,1	0,1	50	0,032	0,121
Benzo(a)piren	1,0	0,02	0,03	50	0,031	0,173
Dibenzo(a,h)antracen	1,0	–	–	–	0,008	0,031
Indeno(1,2,3-c,d)piren	1,0	–	–	–	0,036	0,137
Σ PCB	0,3	0,02	0,02	2	0,0004	0,00035

1) RMS z dn. 16.04.2002 r. w spr. rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony.

2) RMS z dn. 9.09. 2002 r. w spr. standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.

3) Wartości dopuszczalne w pierwszej podgrupie w danej grupie gruntów.

tości benzo(a)pirenu, benzo(ghi)perpyleny oraz benzo(a)antracenu dla gruntów z grupy A oraz gruntów grupy B położonych na głębokości od 0 do 0,3 m ppt. Podwyższoną wartość benzo(a)pirenu - 0,031 mg/kg s.m. odnotowano również w Przemyślu, przy dopuszczalnej wartości 0,03 mg/kg s.m. dla gruntów grupy B. Pozostałe zawartości poszczególnych WWA były na poziomach niższych niż wartości dopuszczalne, przy czym wyższe odnotowano dla osadów pobranych w Radymnie. W przypadku ΣPCB w obu próbkach zaobserwowano wartości dużo niższe od wartości progowych.

Ocena porównawcza wykazała, że żaden ze zbadanych związków nie osiągnął wartości równej, bądź wyższej niż poziom maksymalny określony w RMS w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony [RMS 2002A]. Charakterystyka osadów wykazała brak właściwości niebezpiecznych wymienionych w załącznikach Ustawy o odpadach [Ustawa 2012]. Osad denny zaklasyfikowano jako odpad inny niż niebezpieczny o kodzie 17 05 06. Jakość osadu dennego sklasyfikowano pod kątem jego funkcji aktualnej i planowanej w oparciu o RMS w sprawie standardów jakości gleby i standardów jakości ziemi [RMS 2002B]. Stwierdzono, że osady denne wydobyte z rzeki San w Radymnie spełniają wymagania dla gruntów wymienionych w RMS z grupy B z wyjątkiem osadów leżących na głębokości 0-0,3 m ppt oraz grupy C. Natomiast osady pochodzące z Przemyśla spełniają dopuszczalne wartości dla wszystkich gruntów grupy B i C.

Zawartość PCB w osadach dennych w obu punktach poboru była bardzo niska, nie przekraczając dopuszczalnych norm. Wykorzystanie osadów dennych pobranych w Przemyślu jest możliwe w kierunku przyrodniczym oraz budowlanym. Osady te odpowiadając standardom grupy B można zagospodarowywać na gruntach nierolniczych oraz o przeznaczeniu leśnym, podobnie jak postąpili Gałka [2010], Bartoszek i in. [2015]. Osady denne pobrane w Radymnie ze względu na podwyższone wartości pojedynczych WWA nie mogą być stosowane na gruntach rolnych oraz warstwach do głębokości 0,3 m, mogą jednak znaleźć zastosowanie w głębszych warstwach, np. do utwardzania terenu. W obu przypadkach badane osady przez podwyższone stężenie benzo(a)pirenu nie mogą być wykorzystane jako nawóz, ale mogą być użyte na terenach przemysłowych, komunikacyjnych oraz nieużytkach kopalnych.

WNIOSKI

1. Wyniki zawartości metali ciężkich w badanych osadach dennych wykazują wartości na poziomie niższym niż dopuszczalne oraz brak skażenia związkami PCB, wg właściwych RMS.
2. Zawartość WWA w osadach dennych pobranych w Przemyślu była poniżej dopuszczalnych wartości, z wyjątkiem benzo(a)pirenu, który osiągnął wartość równą progowej. W osadach obranych w Radymnie obserwowano podwyższone zawartości benzo(a)pirenu, benzo(ghi)perpyleny oraz benzo(a)antracenu.
3. Badane osady denne ze względu na podwyższone zawartości benzo(a)pirenu zostały wyeliminowane do stosowania jako nawozy na gruntach rolniczych, ale mogą być stosowane na terenach przemysłowych do rekultywacji i w budownictwie drogowym.
4. Każda partia osadu dennego powinna przed zagospodarowaniem zostać poddana analizie składu chemicznego, gdyż istnieje ryzyko zanieczyszczenia metalami ciężkimi i trwałymi związkami organicznymi.

BIBLIOGRAFIA

1. Bartoszek L., Koszelnik P., Gruca-Rokosz R., Kida M.: Assessment of agricultural use of the bottom sediments from eutrophic Rzeszów reservoir, *Rocznik Ochrony Środowiska*, 2015, 17, 396–409.
2. Ciesielczuk T., Kusza G., Karwaczyńska U.: Przyrodnicze wykorzystanie osadów dennych w świetle obowiązujących przepisów, *Rocznik Ochrony Środowiska*, 2011, tom 13, 1327–1338.
3. Fonseca R., Barriga F.J.A.S., Fyfe W.S.: Reversing desertification by using dam reservoir sediments as agriculture soils, *Episodes*, 1998, 21(4), 218–224 http://home.dgeo.uevora.pt/~rfonseca/fct_2009/Fonseca%20et%20a1%201998.pdf [dostęp 20.08.2015 r.]
4. Fonseca R., Barriga F.J.A.S., Fyfe W.S.: Suitability for agricultural use of sediments from the Maranhão reservoir, *Optimization of Plant Nutrition*, 1993, 665–671 http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-2496-8_103 [dostęp 20.08.2015 r.]
5. Gałka B.: Ocena stopnia zanieczyszczenia i możliwości zagospodarowania osadów dennych z małych obiektów wodnych w parku we Wrocławiu-Pawłowicach. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2010, 42, 233–239.

6. Gwóźdź R.: Właściwości geotechniczne osadów zdeponowanych w jeziorze rożnowskim oraz możliwości ich wykorzystania do budowy przesłon mineralnych w składowiskach odpadów komunalnych, *Czasopismo Techniczne – Środowisko*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, z. 1-Ś, 2008, 13–23.
7. Gwóźdź R.: Właściwości osadów spoistych Jeziora Rożnowskiego w aspekcie ich geotechnicznego wykorzystania. Kraków 2007 (praca doktorska).
8. Jancewicz A., Dmitruk U., Tomczuk U.: Potencjalne możliwości zagospodarowania osadów dennych na podstawie polskich przepisów prawnych, *Gospodarka Wodna*, 2014, 3, 111–113.
9. Kozielska-Sroka E., Chęć M.: Właściwości osadów dennych Jeziora Czorsztyńskiego w aspekcie ich wykorzystania w budownictwie ziemnym. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 2009, 33(1), 369–376.
10. Maj K., Koszelnik P.: Metody zagospodarowania osadów dennych. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*, 2016, 63(1) [praca w druku].
11. Michalec B., Tarnawski M., Koniarz T.: Zamulenie jako czynnik ograniczający zasoby wodne zbiorników małej retencji, *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*, 2013, 60 (3), 129–142
12. Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. 2013, poz. 38)
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz. U. 2002 nr 55 poz. 498) (uchylone z dniem 1 stycznia 2014 r.).
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 Nr 165 poz. 1359).
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. 2014 poz. 1923).
16. Satora S., Chmielowski K., Milijanović E.: Wykorzystanie wód rzeki San do zaopatrzenia w wodę do celów komunalnych wybranych aglomeracji miejskich, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2009, 6, 15–26.
17. Siebielec S., Siebielec G., Smreczak B.: Zanieczyszczenia osadów dennych rzek i zbiorników wodnych, *Studia i raporty IUNG-PIG*, 2015, 46 (20), 163–181.
18. Staniszevska M., Boniecka H., Gajda A.: Prace pogłębiarskie w polskiej strefie przybrzeżnej – aktualne problemy, *Inżynieria Ekologiczna*, 2014, 40, 157–172.
19. Tomczuk U., Dmitruk U., Jacewicz A.: Metodyka badań i oceny jakości osadów dennych zbiorników wodnych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 9, 2014, 350–355.
20. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. 2007 nr 147 poz. 1033 z późn. zm.).
21. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2013 nr 0 poz. 21).