INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND EKOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 4/1/2007, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 39–48
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Włodzimierz Parzonka, Władysław Buchholz, Ryszard Coufal, Andrzej Kreft, Zygmunt Meyer

WSTĘPNA OCENA WARUNKÓW ZAMULANIA JEZIORA DĄBIE

PRELIMINARY ESTIMATION OF SILTING CONDITIONS OF LAKE DĄBIE

Streszczenie

Jezioro Dąbie jest jednym z naturalnych zbiorników wodnych położonych w obrębie Estuarium Dolnej Odry. Podczas powodzi zatorowych stanowi ono odbiornik kry lodowej z tej rzeki. Jezioro to jest intensywnie zamulane przez rumowisko piaszczyste, pylaste i ilaste, dostarczane głównie przez Regalicę (wschodnie ramię Odry) oraz Inę i Płonię. Objętość jeziora zmniejszyła się w ciągu 34 lat (1962–1996) o 12,1 mln m^3. Średni roczny przyrost objętości osadów wynosi 356 000 m^3. Procesy sedymentacji namułów i ich erozji są komplikowane przez falowanie zwierciadła wody oraz przez prądy powierzchniowe i przydenne. Prądy te są generowane zarówno przez dopływy rzeczne, jak i przez wiatr powodujący zmiany poziomu morza podczas sztormów.

Przez to jezioro przechodzi główny tor wodny pomiędzy portem Schwedt a Zatoką Pomorską. W latach 2007–2011 przewiduje się jego pogłębienie, poprzez usunięcie 810 000 m^3 osadów dennych. Tor wodny ma długość 14,5 km, szerokość 150 m i głębokość 10 m. Pomiary geotechniczne *in situ* wykazały, że miąższość namułów waha się od 3 do 5 m. Osady spoiste zawierają od 22 do 30% części organicznych i mają konsystencję płynną. Pod namułami organicznymi zalegają piaski drobne. Namuły są zanieczyszczone głównie przez metale ciężkie, w tym Al, Zn, Cu, Cd i Hg oraz przez związki ropopochodne. Składowanie wydobytego urobku w dolinie jest problemem technicznym, ze względu na możliwość skażenia gleby i wody gruntowej.

Słowa kluczowe: zamulanie jezior, rumowisko rzeczne

Summary

The Lake Dąbie is one of the natural water reservoirs located in the lower Odra Estuary. During the winter inundations, this lake constitutes the receiver of ice jam from the river. This lake is intensively silted by river sediments type sand, silt and clay, delivered mainly by Regalica (the eastern branch of Odra) and by the rivers Ina and Płonia. The water volume of the lake decreased during 34 years (1962–1996) by 12,1 mln m^3. The mean increase of sediments volume is equal 356 000 $m^3 * year^{-1}$. The processes of sedimentation and erosion of muds are complicated by the waving of water level and by superficial and bottom currents. These currents are generated so by river inflow as by wind, causing changes of sea level during storms.

Through this lake goes the main navigation way between Schwedt and the Pomeranian Bay. Its deepening is planned in the period 2007–2011, by dredging of 810000 m^3 of bed sediments. This fairway has following parameters: length 14,5 km, width 150 m and depth 10m. The geotechnic measurements have shown that the thickness of muds is equal 3-5 m. The cohesive sediments contain 10-30% of organic matter and have a liquid consistency.

Below the organic sediments, mainly fine sands occur. The muds are polluted, mainly by heavy metals as Al, Zn, Cu, Cd and Hg, and by oil compounds. The storage of the excavated material in the valley is a technical problem, because of the possibility of the contamination of the soil and of the ground water.

Key words: *silting of lakes, river sediments*

WSTĘP

Jezioro Dąbie położone jest w granicach miasta Szczecina. Wchodzi ono w skład Estuarium Odry o dużych walorach przyrodniczych. Najważniejszymi akwenami Estuarium są: Zalew Szczeciński, cieśniny Świna i Dziwna i część Zatoki Pomorskiej.

Jezioro Dąbie ma powierzchnię 54 km^2, długość 15 km i maksymalną szerokość 7,5 km. Wg Krefta stanowi ono naturalny odbiornik kry lodowej z całego odcinka Dolnej Odry. Ma to istotne znaczenie dla ochrony rejonu Szczecina przed powodziami zatorowymi. Jezioro to jest systematycznie zamulane przez cząstki drobnoziarniste, głównie przez pyły i iły oraz drobne piaski. W okresie 1962–1996 objętość jeziora zmniejszyła się o 12,1 mln m^3, a średnia głębokość wody zmalała z 2,84 do 2,61 m, por. Wiśniewski i Wolski [2006].

Spłycenie jeziora jest niekorzystne, tak dla ochrony przeciwpowodziowej aglomeracji szczecińskiej, jak i dla toru wodnego Schwedt – Zatoka Pomorska, przechodzącego przez to jezioro. Zamulenie jeziora ogranicza pracę lodołamaczy i zmniejsza pojemność jeziora dla przyjmowania połamanej kry.

Namuły osadzone w jeziorze Dąbie są silnie zanieczyszczone przez ścieki komunalne i przemysłowe z aglomeracji szczecińskiej. Koncentracja zanieczyszczeń w wodzie i osadach maleje z biegiem rzeki Odry, lecz często przekracza dopuszczalne normy. Proces sedymentacji zawiesiny rzecznej i erozji

osadzonych namułów w jeziorze Dąbie są skomplikowane. Jest to związane, tak ze złożoną topografią jeziora i batymetrią jego dna, jak również z istotnym wpływem zjawisk odmorskich. Silne i zmienne co do kierunku wiatry, powodują istotne wahania poziomu wody w jeziorze i częstą zmianę kierunku prądów lokalnych.

OCENA ILOŚCIOWA RUMOWISKA DOPŁYWAJĄCEGO DO JEZIORA DĄBIE

Jezioro Dąbie jest zasilane w rumowisko przez wiele cieków uchodzących do niego. Najważniejszymi z nich są Regalica (wschodnie ramię Odry), o średnim przepływie wody $Q = 296\ m^3 * s^{-1}$ oraz Orli Przesmyk.

Wg Mikulskiego [1970] udział Regalicy w ogólnym przychodzie wód jeziora Dąbie wynosi ponad 97%. Późniejsze prace wykazały jednak, że udział Regalicy jest znacznie mniejszy, równy 65% wg Krefta [1989] i 73,5% wg Buchholza [1991]. Orlim Przesmykiem dopływa około 24% wody, a reszta pochodzi ze zlewni własnej jeziora.

Odpływ z jeziora do Zalewu Szczecińskiego odbywa się głównie przez Iński Nurt (udział około 84%) i Babinę (około 15,6%).

Wg Wolskiego [2004] tylko 33% zawiesiny doprowadzanej przez Regalicę i Orli Przesmyk zostaje zatrzymane w jeziorze Dąbie, a 67% odpływa dalej do Zalewu Szczecińskiego. Autor ten określił współczynnik spadku stężenia zawiesiny w wodach Regalicy po jej przepływie przez jezioro Dąbie. Średnia wartość tego współczynnika z uwzględnieniem wpływu wiatru wynosi 32,8%. Autorzy wcześniejszych prac oceniali jednak, że jezioro Dąbie zatrzymuje znacznie więcej zawiesiny, rzędu 70%. Wolski [2004] określił ilość zawiesiny doprowadzanej do jeziora Dąbie na podstawie analizy wyników pomiarów stężenia zawiesiny w dwóch głównych dopływach do jeziora. Pomiary te wykonuje w ramach monitoringu czystości wód Wojewódzki Instytut Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Szczecinie. Przy ujściu Regalicy i Ińskiego Nurtu mierzone okresowo dobowe stężenia zawiesiny kształtowały się w latach 1963–1966 i 1976 r. w następujący sposób: Regalica od 4 mg $* l^{-1}$ (13 X 1964 r.) do 81 mg $* l^{-1}$ (22 XI 1976 r.), Inski Nurt od 0 mg $* l^{-1}$ (13 X 1964 r.) do 38 mg $* l^{-1}$ (22 XI 1976 r.). Stężenia w Regalicy są najwyższe przy wiatrach wschodnich i północno-wschodnich. Wolski [2004] określił również roczne ilości rumowiska doprowadzanego do jeziora Dąbie przez Regalicę, wykorzystując wyniki pomiarów WIOŚ w Szczecinie w przekroju Most Cłowy. Dotyczyły one średnich rocznych stężeń zawiesiny. Na podstawie danych WIOŚ i uwzględniając własny współczynnik spadku stężenia zawiesiny, Wolski [2004] określił następujące wartości dla transportu tego rumowiska w latach 1962–1996:

- średnia roczna ilość zawiesiny dopływającej: 105,0 tys. ton,
- średnia ilość zawiesiny zatrzymywanej w jeziorze: 35,0 tys. ton,

– łączna ilość zatrzymanej zawiesiny w okresie 1962–1996: 1204,9 tys. ton.

Wartość ta jest zapewne zaniżona, co wynika z pomiarów batymetrycznych dla jeziora Dąbie w latach 1966-1996. Inni autorzy cytowani przez Wolskiego [2004] podają np. że w jeziorze Dąbie deponowane jest około 200 tys. ton rocznie i że stanowi to aż 78% materiału doprowadzanego przez Regalicę [Wolski 2004].

Autorzy niniejszej pracy sądzą, że zaniżenie ilości zawiesiny transportowanej przez Odrę i Regalicę może być wynikiem błędów przy pomiarach intensywności transportu rumowiska zawieszonego. W szczególności chodzi o pobór próbki tylko w jednym punkcie przekroju poprzecznego (np. w nurcie lub przy brzegu) zamiast z wielu punktów. Dodatkowo należy uwzględnić transport rumowiska wleczonego, który może być istotny. Zagadnienie to wymaga dalszych badań, z zastosowaniem pomiarów wielopunktowych.

Warto przypomnieć, że w dużych rzekach nizinnych udział transportu rumowiska wleczonego w całkowitym transporcie rumowiska jest znacznie większy niż w górnym biegu. Dotyczy to zwłaszcza Odry i Wisły. Pluta [2003] przeanalizowała wyniki pomiarów IMGW z 1968 r. dla Odry w przekroju Słubice. Średnio w każdym 1 m^3 wody transportowanych było 11,5 cm^3 materiału unoszonego oraz 17,6 cm^3 materiału wleczonego. Daje to prawie 60% udział rumowiska wleczonego w łącznej masie rumowiska. Analogiczne rezultaty dla Odry w przekroju Słubice uzyskał Pasławski [Pluta 2003].

W latach 1957–1969 udział rumowiska wleczonego wyniósł średnio 57% całkowitego transportu. Z powyższego wynika, że całkowity transport rumowiska w Dolnej Odrze i tym samym w Regalicy może być wyższy niż przyjęty przez Wolskiego [2004] transport zawiesiny dostarczanej do jeziora Dąbie.

OCENA ILOŚCIOWA RUMOWISKA OSADZONEGO W JEZIORZE DĄBIE

Bardzo staranną ocenę ilości osadów zdeponowanych w latach 1962–1996 w jeziorze Dąbie oraz erodowanych z tego jeziora przeprowadził Wolski [2004]. Zinterpretował on wyniki pomiarów batymetrycznych (sondaży) przeprowadzonych przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie na podstawie danych pomiarowych z lat 1962, 1980 i 1996. Opracował modele batymetryczne jeziora i określił zmiany batymetryczne dla 5 poziomów batymetrycznych (co 1 m). Pozwoliło to na zobrazowanie postępującego procesu spłycania jeziora, szczególnie wyraźnego w południowo-zachodniej części jeziora Dąbie oraz zatoki Małe Dąbie, do których uchodzi Regalica i inne dopływy. Sumarycznie w okresie 1962–1996 pojemność jeziora zmalała o 12,1 mln m^3, tj. średnio o 356 tys. m^3 rocznie. Akumulacja rumowiska wyniosła 12,6 mln m^3 i wystąpiła w 93% akwenu, a erozja wyniosła 0,5 mln m^3 (7% akwenu).

Parzonka [1986] przeprowadził ocenę procesu zamulania zbiorników algierskich Fergoug i Bou Hanifia. Wykazał, że jednopunktowe pomiary intensywności transportu zawiesiny wykonywane przez Państwową Służbę Hydrolo-

giczną w Algierze zaniżały ilości rumowiska doprowadzanego do tych zbiorników, odpowiednio 2,5 razy [Fergoug] i 3,3 razy [Bou Hanifia].

Porównanie ilości doprowadzanego przez cieki rumowiska określanego w jednostkach masy i ilości osadzonego w jeziorze materiału, podanych w jednostkach objętości, wymaga znajomości gęstości osadu w caliźnie. Przy braku opublikowanych danych można tę wartość określić w sposób pośredni, na podstawie znajomości innych cech fizycznych namułów.

ANALIZA WARUNKÓW RUCHU RUMOWISKA W REGALICY I W JEZIORZE DĄBIE

W polskich rzekach nizinnych odbywa się ciągły ruch rumowiska zawieszonego (*wash load*) i prawie całoroczny transport rumowiska wleczonego (*bed load*). Dotyczy to zwłaszcza dolnych biegów dużych rzek, takich jak Wisła i Odra, o dnie piaszczystym. W korycie właściwym Dolnej Odry występuje głównie piasek drobny i średni. Normalne uziarnienie d_{50} waha się od 0,2 do 0,9 mm. Np. w przekroju Słubice (km 581,4 Odry) d_{50} = 0,60 mm [Pluta 2003], a w przekroju Widuchowa d_{50} = 0,28 mm [Coufal 1995, 1996]. W przekroju wlotowym do jeziora Dąbie, uziarnienie rumowiska wleczonego będzie jeszcze nieco mniejsze, z wartościami d_{50} rzędu 0,2–0,3 mm.

Uziarnienie rumowiska zawieszonego w Regalicy można wyznaczyć pośrednio na podstawie prób namułów z jeziora Dąbie (tab. 1 i 2).

Wg Wolskiego [2004] wierzchnia kilkucentymetrowa warstwa namułów ma cechy pyłów średnioziarnistych, o średniej średnicy d_m od 0,017 do 0,025 mm. Natomiast wg Geoteko Warszawa [Hydroprojekt Warszawa 2004] próbki pobrane z głębszych warstw osadów z jeziora Dąbie z głębokości od 3,0 do 5,0 m pod dnem jeziora mają nominalne średnice ziarn d_{50} od 0,044 do 0,095 mm dla namułów organicznych i od 0,15 do 0,16 mm dla piasków podścielających te namuły. Z powyższego wynika, że uziarnienie badanych namułów rośnie wyraźnie z głębokością. Na strukturę i skład ziarnowy osadzonych namułów ma także wpływ wnoszone do jeziora rumowisko unoszone i wleczone.

Brak jest dokładnych danych dotyczących uziarnienia rumowiska wleczonego i unoszonego w Regalicy w przekroju wlotowym do jeziora Dąbie. Z powyższej analizy literatury przedmiotowej można z wystarczającą dokładnością przyjąć, że:

– rumowisko zawieszone jest pyłem średnioziarnistym o nominalnej wielkości ziarn d_{50} rzędu 0,015–0,030 mm. Koncentracje na wlocie do jeziora wynoszą około 12 mg $*$ l^{-1}.

– rumowisko wleczone jest piaskiem drobnym o nominalnej wielkości ziarn d_{50} rzędu 0,15–0,2 mm.

Koncentracja wagowa zawiesiny rzędu 12 mg $*$ l^{-1} jest znacznie mniejsza od progowej wartości, przy której powstają flokuły i agregaty, już podczas przepływu w rzece. Cząstki zawiesiny mają wielkość rzędu 0,015–0,030 mm. Przy takich cechach fizycznych zawiesiny należy zakładać, że jej prędkość opadania

będzie zbliżona do prędkości cząstek elementarnych W, a nie do prędkości W^* dla cząstek sflokulowanych.

Tabela 1. Wyniki badań laboratoryjnych osadów z jeziora Dąbie
Table 1. Results of laboratory tests for deposits from Lake Dąbie

Numer otworu Number of forage	Głębokość poboru prób pod dnem jeziora [m] Depth of soil sample	Rodzaj gruntu kind of soil	Zawartość frakcji [%] Fraction content [%]			d_{50} [mm]	Wn [%]	Iom [%]
			iłowa clay	pylasta silt	piaskowa sand			
OW-1	5,0	Nm (Pg)	9	27	64	0,095	279	21,7
OW-2	3,0	Nm (Gp)	10,9	26,1	63			
OW-3	5,0	Nm (G0	12	38	50	0,050	388,3	24,0
OW-4	5,0	Pd	0	0	100	0,15	27,2	0,1
OW-5	4,0	Pd	0	0	100	0,15		
OW-6	5,0	Nm (G)	12	38	50	0,050		
OW-7	4,0	Nm (G)	14,2	3,1	52,7	0,055		
OW-8	4,0	Nm (G)	12	40	48	0,044	438	30,4
OW-9	5,0	Pd	0	1	99	0,16		

Tabela 2. Podstawowe cechy prób z wierzchniej warstwy osadów z jeziora Dąbie wg T. Wolskiego [2004]
Table 2. Main features of samples from superficial mud layer in Lake Dąbie after Wolski [2004]

Nazwa próby Sample number	Lokalizacja próby Sample localization	Wagowa zawartość suchej masy [%] Content of dry sedyment matter	Wagowa zawartość wody [%] Weight water content [%]	Wilgotność [%] Water content [%]	pH
P2	północna część jeziora	18	82	454	6,5
P3	północna część jeziora	20,7	7,9	381	6
P4	środkowa część jeziora	19,3	80,7	419	5,5
P5	południowo-wschodnia część jeziora	16,8	83,2	495	6
P6	południowa część jeziora	23,6	76,4	325	5,5
P8	poniżej ujścia Regalicy	18,4	81,6	443	6
P9	Małe Dąbie	24,9	75,1	301	6

P11B	południowo-zachodnia część jeziora	19,4	80,6	408	6
	Średnio:	20,0	80	400	

OKREŚLENIE ŚREDNIEJ ROCZNEJ MASY RUMOWISKA OSADZANEGO W JEZIORZE DĄBIE

Obliczenie tej ilości wymaga znajomości cech geotechnicznych osadzonej warstwy namułu. Znane w przybliżeniu są następujące cechy:

– wilgotność namułu, która zarówno w wierzchniej, jak i przydennej warstwie ma zbliżoną wartość rzędu 350–450%,

– gęstość właściwą cząstek stałych ρ_s można określić pośrednio, m.in. na podstawie badań Parzonki i Kempińskiego [1991] dla osadów jeziornych,

– zawartość części organicznych I_{om} rzędu 20–30%.

Dla takich namułów ρ_s waha się w przedziale od 2300 do 2500 kg $*$ m^{-3}.

Przykład obliczeń

Zakładając, że wilgotność średnia w warstwie osadu W = 400%, otrzymamy następujące wartości parametrów warstwy osadowej:

– gęstość właściwa osadu ρ_s = 2500 kg $*$ m^{-3}; gęstość wody ρ_w = 1000 kg $*$ m^{-3},

1. koncentracja wagowa C_s = 0,20
2. koncentracja objętościowa c_v = 0,091
3. gęstość suchego osadu (w caliźnie) $T_s = cv \cdot \rho_s$ = 227,5 kg $*$ m^{-3}
4. średnia roczna masa osadu $Gs = V_s \cdot T_s$ = 356000 m^3 $*$ 227,5 kg $*$ m^{-3} = 81,0 tys. ton

– gęstość właściwa osadu ρ_s = 2500 kg $*$ m^{-3}; gęstość wody ρ_w = 1000 kg $*$ m^{-3},

1. koncentracja wagowa C_s = 0,20
2. koncentracja objętościowa c_v = 0,098
3. gęstość suchego osadu (w caliźnie) $T_s = cv \cdot \rho_s$ = 225,6 kg $*$ m^{-3}
4. średnia roczna masa osadu $Gs = V_s \cdot T_s$ = 356 000 m^3·225,6 kg $*$ m^{-3} = 80,3 tys. ton

Z powyższego wynika, że masa zatrzymywanego w jeziorze Dąbie osadu wynosi około 80-81 tys. ton (przy powyższych założeniach).

PODSUMOWANIE OCENY I PROGRAM DALSZYCH BADAŃ

– Warunki sedymentacji i erozji namułów w jeziorze Dąbie są bardzo skomplikowane. Wiąże się to głównie ze zmiennością topografii jeziora, małą

średnią głębokością jeziora równą 2,6 m, istnieniem wielu dopływów i odpływów oraz znacznym wpływem zjawisk odmorskich, powodujących występowanie silnych prądów o różnych kierunkach.

– Z badań Wolskiego wynika, że w jeziorze Dąbie wody wymieniają się kilkadziesiąt razy w roku. Cyrkulacja wody w jeziorze ulega zasadniczej modyfikacji pod wpływem prądów związanych z wymianą oraz zmiennymi poziomami zwierciadła wody w Zalewie Szczecińskim. Wg Wolskiego prądy powierzchniowe mają prędkości od 4,6 cm $*$ s^{-1} do 11 cm $*$ s^{-1}, a prądy przydenne od 5,5 cm $*$ s^{-1} do 13,7 cm $*$ s^{-1}. Wyższe prędkości prądów przy dnie rzędu 30 cm $*$ s^{-1} występują wyjątkowo, przy wiatrach rzędu 7–10 m $*$ s^{-1}.

– Ocena objętości zdeponowanego w jeziorze materiału w latach 1962–
–1996 jest jednoznaczna. Średni roczny przyrost objętości osadów wyniósł w latach 1962–1996 356 tys. m^3.

– Sprawdzenia wymaga natomiast ocena ilości rumowiska doprowadzanego do jeziora. Wg Wolskiego wynosiła ona w okresie 1962–1996 105 tys. ton na rok. W dotychczasowych badaniach pominięto jednak dopływ rumowiska wleczonego, którego udział może być istotny. Warto również ulepszyć metodę pomiaru ilości zawiesiny dopływającej do jeziora.

– Nie określono jednak ilości osadzonego materiału w jednostkach masowych. Autorzy przeprowadzili taką wstępną ocenę, przyjmując, że gęstość osadzonej zawiesiny waha się od 2300 do 2500 kg $*$ m^{-3} oraz, że wilgotność średnia w osadzonej warstwie równa się 400%. Masa Gs osadu wyniesie przy tych założeniach:

  – dla ρ_s = 2500 kg $*$ m^{-3} G_s = 81 tys. ton
  – dla ρ_s = 2300 kg $*$ m^{-3} G_s = 80,3 tys. ton

– Wartości te są znacznie wyższe od podanych przez Wolskiego, wg którego tylko 35 tys. ton zawiesiny rocznie zostało zatrzymane w jeziorze w okresie 1962–1996.

– Niejednoznaczne są również oceny ilości rumowiska zatrzymywanego
w jeziorze, od 33% wg Wolskiego do 78% wg Nowaka.

– Namuł organiczny osadzony w jeziorze ma konsystencję płynną i to praktycznie na całej głębokości. Wilgotności namułu są wysokie, rzędu 300–500%.

– Koncentracja zawiesiny w wodzie głównego cieku zasilającego jezioro, tj. Regalicy jest mała, rzędu 10–15 g * l_{-1}. Przy takiej koncentracji nie występują prądy gęstościowe w zbiornikach wodnych, a proces sedymentacji jest funkcją wielkości ziarna w stanie elementarnym. Flokuły i agregaty tworzą się prawdopodobnie dopiero w strefie przydennej oraz w osadzonej warstwie. Długość drogi sedymentacji jest mała, rzędu 10–50 m.

– Procesy sedymentacji zawiesiny w jeziorze, zagęszczania osadzonej warstwy i erozji namułów organicznych w jeziorze Dąbie są słabo rozpoznane. Pełniejsza ocena wymaga przeprowadzenia dalszych badań, tak w zakresie cech fizycznych i geotechnicznych osadzonych namułów, jak również ich cech reologicznych. W szczególności potrzebna jest znajomość:

- gęstości cząstek stałych,
- gęstości osadzonej warstwy,
- zawartości części organicznych,
- porowatości osadu,
- granicy płynności i granicy plastyczności,
- parametrów modeli reologicznych, a zwłaszcza progu płynięcia τ_0,
- charakterystyk procesu sedymentacji i zagęszczania osadów organicznych w funkcji czasu, umożliwiających określenie reżimów łatwej i trudnej erozji.

BIBLIOGRAFIA

Buchholz W. *Monografia Dolnej Odry*. Hydrologia i hydrodynamika. Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk 1991.

Coufal R. *Wpływ wezbrań odmorskich na ruch rumowiska w ujściu rzeki Odry.* Inżynieria Morska i Geotechnika, Gdańsk, nr 6, 1993.

Coufal R. *Zmiany położenia dna w ujściowym odcinku rzeki wywołane ruchem rumowiska.* Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr 525, Szczecin 1995.

Coufal R. *Sezonowe zmiany składu granulometrycznego rumowiska wleczonego w Odrze.* 16 Ogólnopolska Szkoła Hydrauliki, IBW PAN Gdańsk, 1996.

Głowski R., Madeyski M., Parzonka W., Tarnawski M. Ocena warunków sedymentacji, osadzania i erozji w małych zbiornikach wodnych i stawach rybnych. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Krakowie, z. 26, Kraków 2005.

Hydroprojekt Warszawa, *Badania geotechniczne oraz składu chemicznego osadów dennych jeziora Dąbie dla zadania „Udrożnienie toru wodnego w j. Dąbie"*, 2004.

Kreft A. *Wpływ zdolności retencyjnej jeziora Dąbie na rozpływy w sieci rzecznej dolnej Odry.* Rozprawa doktorska, Politechnika Szczecińska, 1989.

Madeyski M., Parzonka W. *Physical and rheological features of bottom sediments from selected fish ponds.* Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCX, 1999.

Meyer Z., Coufal R. *Hydraulic conditions of steady motion in the estuarial river section under wind influence.* 8th German-Polish Seminar, Starbienino 2000.

Mikulski Z. *Kształtowanie się bilansu wodnego jezior w Polsce. Przegląd Geograficzny,* IG PAN, 3, 1970.

Parzonka W. *Ocena zmienności własności fizycznych i reologicznych osadów ze zbiorników Sautet i Lubachów.* Archiwum Hydrotechniki, 4, 1974.

Parzonka W. *Hydrauliczna i reologiczna charakterystyka transportu zawiesiny rzecznej w obrębie kaskady zbiornikowej.* Archiwum Hydrotechniki, 4, 1986.

Parzonka W., Kempiński J. *Reologiczna ocena procesu sedymentacji i osadzania namułów jeziornych.* Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Melioracje, 1991.

Parzonka W. *Deposition and erosion of fine sediments in rivers.* Tempus Course on Erosion, Sediment Transport and Deposition Processes. SGGW Warszawa, 1994.

Pluta M. *Przydatność wzorów empirycznych do obliczania natężenia rumowiska transportowanego w Odrze.* XI Seminarium „Regionalne Problemy Ochrony Środowiska w Ujściu Odry". Szczecin – Ystad – Świnoujście, 2003.
Wiśniewski B., Wolski T. *Zmienność batymetrii jeziora Dąbie w okresie 1962-1996.* XIV Seminarium Naukowe „Regionalne problemy ochrony środowiska", Międzyzdroje 2006.
Wolski T. *Prądy jeziora Dąbie i ich związek z reżimem hydrologicznym obszaru ujściowego Odry*. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Szczeciński 2004.

Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Parzonka
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Środowiska
50-363 Wrocław
Pl. Grunwaldzki 24
e-mail: parzonka@poczta.onet.pl

dr hab. inż. Władysław Buchholz, prof. P.S.
Politechnika Szczecińska
Katedra Budownictwa Wodnego
70-311 Szczecin
Al. Piastów 50

Dr hab. inż. Ryszard Coufal, prof. P.S.
Politechnika Szczecińska
Katedra Geotechniki
70-311 Szczecin
Al. Piastów 50

Dr inż. Andrzej Kreft
Politechnika Szczecińska
Katedra Budownictwa Wodnego
70-311 Szczecin
Al. Piastów 50
e-mail: Andrzej.Kreft@RZGW.Szczecin.pl

Prof. Dr hab. Zygmunt Meyer
Politechnika Szczecińska
Katedra Geotechniki
70-311 Szczecin
Al. Piastów 50
Recenzent: *Prof. dr hab. Wojciech Bartnik*

(ART 1.) Artykuł powstał podczas pobytu prof. Włodzimierza Parzonki na Politechnice Szczecińskiej, jako laureata stypendium NESTOR przyznanego przez Fundację Nauki Polskiej.