

Piotr Gierszewski, Michał Habel, Cechy litologiczne osadów dennych Kanału Bydgoskiego. Lithological properties of bottom deposits of the Bydgoszcz Canal. *Journal of Health Sciences*. 2013;3(14):56-65. ISSN 1429-9623 / 2300-665X.

The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1107. (17.12.2013).  
© The Author (s) 2013;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Radom University in Radom, Poland  
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.  
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

**Conflict of interest: None declared. Received: 16.10.2013. Revised: 14.11.2013. Accepted: 20.12.2013.**

*Oryginalny tekst stanowi rozdział w monografii „Rewitalizacja drogi wodnej Wisła-Odra szansą dla gospodarki regionu” pod red. Zygmunta Babińskiego, wyd. BDW Margrafsen: na zlec. Urzędu Marszałkowskiego Województwa Kujawsko-Pomorskiego, 2009, s. 118-131.*

## **CECHY LITOLOGICZNE OSADÓW DENNYCH KANAŁU BYDGOSKIEGO** Lithological properties of bottom deposits of the Bydgoszcz Canal

**Piotr Gierszewski, Michał Habel**

Institut Geografii, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

### **Streszczenie**

W opracowaniu przedstawiono teksturalne cechy osadów dennych Kanału Bydgoskiego. Określono źródła dostawy materiału osadowego do koryta kanału. Na podstawie cech uziarnienia osadów przeprowadzono litodynamiczną ocenę środowiska sedymentacyjnego kanału. Wykazano, że osady denne Kanału Bydgoskiego formują się z mało zróżnicowanego grubomułkowego materiału w warunkach niewielkiej dynamiki środowiska prądowego, charakterystycznej dla wód stojących. Okresowy wzrost dynamiki, spowodowany pracą śluz, ruchem jednostek pływających oraz wiatrową cyrkulacją prądową powoduje resuspensję osadów. Osady są wówczas transportowane na niewielkie odległości w postaci przydennej zawiesiny frakcjonalnej i zawiesiny jednorodnej. Efektem wielokrotnej redepozycji osadów jest ich dobre wymieszanie.

**Słowa kluczowe:** kanał żeglugowy, osady denne, uziarnienie, materia organiczna, warunki litodynamiczne.

### **Wprowadzenie**

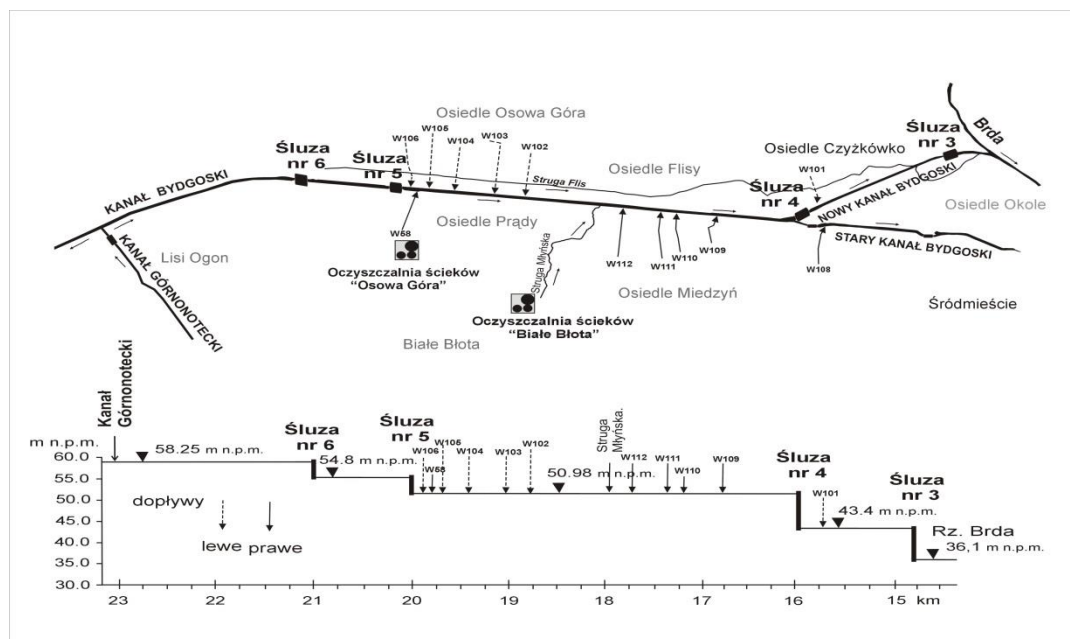
Kanały żeglugowe stanowią specyficzny, nie spotykany w warunkach naturalnych, typ środowiska sedymentacyjnego. Charakteryzuje się ono swoistym, w dużym stopniu kontrolowanym przez człowieka, mechanizmem dostawy materiału osadowego oraz przebiegiem zjawisk hydrodynamicznych. Regulacja przepływu wody w kanałach w czasie śluzowań oraz intensywny ruch jednostek pływających jest przyczyną dużej zmienności warunków hydrodynamicznych, od których zależy zarówno przebieg procesów depozycyjnych jak i charakter litologicznego wykształcenia osadów akumulowanych w kanałach. Zmieniające się okresowo, w zależności od intensywności eksploatacji drogi wodnej, prędkości przepływu powodują, że środowisko sedymentacyjne kanału może przyjmować w pewnych okresach cechy środowiska wód płynących w innych stojących.

Osady wypełniające koryta kanałów żeglugowych nie były do tej pory w Polsce przedmiotem szczegółowych badań sedymentologicznych. W opracowaniach dotyczących

technicznych warunków eksploatacji kanałów, wykonywanych głównie przez RZGW, znajdują się najczęściej informacje na temat wielkości wypełnienia kanałów osadami. Rzadziej pojawiają się dane o składzie i zanieczyszczeniu osadów. Wstępne badania w tym zakresie przeprowadzono ostatnio na Kanale Bydgoskim w związku z planami jego rekultywacji (Projekt..., 2004). Rekultywacja kanału jest częścią większego projektu dotyczącego rewitalizacji Bydgoskiego Węzła Wodnego, a szerzej polskiego odcinka europejskiej drogi wodnej E-70. W realizację tego projektu od 2005 roku zaangażowali się również pracownicy Instytutu Geografii UKW w Bydgoszczy podejmując między innymi badania hydrologiczne, geomorfologiczne i sedimentologiczne na Kanale Bydgoskim i w jego bezpośrednim otoczeniu (Habel, Makarewicz 2006, Babiński i in. 2008). Prezentowana praca stanowi ich kontynuację. Skoncentrowano się w niej na charakterystyce uziarnienia osadów i ocenie zróżnicowania zawartej w nich materii organicznej, co posłużyło do przedstawienia litodynamicznej charakterystyki środowiska sedimentacyjnego Kanału Bydgoskiego. Należy podkreślić, że przedstawiona w pracy charakterystyka przebiegu procesów sedimentacyjnych odnosi się do okresu, w którym żeglugowe funkcje Kanału Bydgoskiego wykorzystywane były w niewielkim stopniu. Badania przebiegu procesów sedimentacyjnych w kanałach żeglugowych oprócz aspektów poznawczych mają również duże znaczenie praktyczne. Nadmierna akumulacja osadów dennych jest bowiem najważniejszą przyczyną ograniczającą efektywne użytkowanie dróg wodnych. Zrozumienie mechanizmów procesów depozycyjnych jest więc niezbędne do podejmowania właściwych decyzji na etapie projektowania i eksploatacji kanałów żeglugowych.

### Zakres i metody badań

Badania cech litologicznych osadów dennych Kanału Bydgoskiego przeprowadzono na wschodnim odcinku kanału o długości 8,6 km, tj. od ujścia do Brdy (14,4 km biegu rzeki) w dzielnicy Czyżkówko do stanowiska szczytowego w Lisim Ogonie (do połączenia z Kanałem Górnonoteckim w 23 km) (ryc. 1).



Ryc. 1. Profil podłużny badanego odcinka Kanału Bydgoskiego z lokalizacją zrzutów ścieków i wylotami kanalizacji burzowej (wg Babiński i in. 2008).

Badania terenowe polegające na poborze próbek osadów dennych realizowano w maju 2008 roku. Próbkę pobrano z środkowej części koryta kanału na odcinkach położonych między słuzami. Osadów nie pobrano między słuzą nr 4 (Czyżkówko) i nr 3 (Okole), gdzie ze względu na przeprowadzone prace bagrownicze ich miąższość była znikoma. Osady denne w formie krótkich rdzeni o miąższości 30 cm pobierano rurowym próbnikiem grawitacyjnym typu „Kajak”. Z każdego rdzenia osadów wyseparowano dwie próbki o miąższości 5 cm z górnej i dolnej części rdzenia. Łącznie z 13 stanowisk, których lokalizacja przedstawiona jest na rycinie 2 pobrano 26 próbek osadów. Określono w nich zawartość materii organicznej metodą prażenia w temperaturze 550°C. Oznaczony w ten sposób ubytek masy (stratę po prażeniu) utożsamiono z zawartą w osadzie substancją organiczną (Januskiewicz 1978). Uziarnienie osadów zbadano na laserowym mierniku cząstek LPS „Analysette 22” w wersji Economy. Badania laboratoryjne wykonano w laboratoriach Instytutu Geografii UKW w Bydgoszczy i Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Toruniu. Wartości uziarnienia osadów przedstawiono w jednostkach phi, które są powszechnie stosowane w badaniach sedymentologicznych. Wartości średnic ziarna (d) w milimetrach przeliczone zostały na jednostki phi według wzoru:  $\phi = -3,32 \cdot \log_{10} d$ .

### **Charakterystyka źródeł dostawy materiału osadowego**

Mechanizm i źródła dostawy sedymentów do koryt kanałów żeglugowych są odmienne niż w naturalnych korytach rzecznych czy w jeziorach. Różnica ta polega przede wszystkim na znacznym ograniczeniu dostawy materiału ze zlewni bezpośredniej kanału oraz materiału tranzytowego. Zasadnicze znaczenie w dostawie materiału do kanałów mają źródła wewnętrzne – autochtoniczne. W przypadku badanego kanału jest to materiał mineralny pochodzący z rozmywania jego brzegów i dna. Mimo umocnień brzegów oraz odpowiednio przygotowanego koryta dostawie materiału z tego źródła sprzyja falowanie i energia wody wyzwalana przez napędy przepływających jednostek. Znaczenie tego źródła dostawy wzrasta szczególnie w przypadku niewłaściwego stanu umocnień i zabezpieczeń brzegu, nawet przy niewielkim ruchu jednostek pływających. Z taką sytuacją mamy do czynienia na znacznej długości brzegów Kanału Bydgoskiego. Ważnym źródłem materiału autochtonicznego jest materia organiczna będąca efektem wyjątkowo dużej produkcji pierwotnej roślinności wodnej Kanału Bydgoskiego, czemu sprzyja niewątpliwie żyzność jego wód. Krytyczne obciążenie wód kanału pierwiastkami biogennymi sygnalizowano wielokrotnie w opracowaniach i raportach WIOŚ (Raport... 2006). Z przeprowadzonych przez autorów obserwacji wynika, że proces zarastania koryta Kanału Bydgoskiego przebiega niezwykle intensywnie. W sezonie wegetacyjnym zinwentaryzowano kilkanaście pospolitych gatunków roślinności podwodnej, pływającej i powietrzno-wodnej. Ta ostatnia porasta około 80% długości brzegów kanału, stanowiąc często szeroki (2-3 m) pas wkraczający w obręb koryta. Roślinność powietrzno-wodna charakteryzuje się szczególnie dużą produktywnością. Wielkość produkcji fitomasy tych roślin wynosi 30-90 ton z hektara na rok, co jest wartością porównywalną z produktywnością tropikalnych lasów deszczowych, która wynosi 40-60 ton (Dąbkowski, Pachuta 1996). Roślinność zanurzoną i pływającą po powierzchni wody reprezentują pospolite gatunki z rodzin: rdestnic, strzałek, moczarek i grążeli. Roślinność pływająca reprezentowana jest szczególnie przez rzęsę drobną, która pojawia się od połowy lipca do końca września. Jej masowe występowanie zaobserwowano po raz pierwszy około 2000 roku. W szczycie sezonu wegetacyjnego pokrywa ona prawie w 100% powierzchnię lustra wody Kanału Bydgoskiego. Największe jej ilości gromadzą się przy górnych stanowiskach słuz, gdzie mogą tworzyć warstwy o miąższości nawet jednego metra. We wrześniu i w październiku wraz z obniżeniem się temperatury powietrza następuje masowe opadanie tych roślin na dno. Według Dorochova (za Dąbkowski, Pachuta 1996) rzęsowate (*Lemnaceae*)

zaliczają się do najbardziej produktywnych roślin wodnych. Wytwarzają one od 7 do 23 ton suchej masy z hektara rocznie (Landolt, za Dąbkowski, Pachuta 1996). Zakładając, że produktywność rzęsy wodnej kształtuje się na poziomie 15 ton/ha/rok, a powierzchnia analizowanego odcinka kanału wynosi około 27 ha, to szacunkowa wielkość wyprodukowanej suchej biomasy wynosi około 400 ton rocznie. W zależności od warunków klimatycznych i biologicznych substancja organiczna może podlegać całkowitemu rozkładowi - mineralizacji lub humifikacji. Według E. Myślińskiej (2001) mineralizacji podlega około 3/4 - 4/5 substancji organicznej. Pozostała część w wyniku procesów humifikacji przekształca się w próchnicę. Uwzględniając powyższą proporcję można przyjąć, że w badanym odcinku Kanału Bydgoskiego odkłada się rocznie od 80 do 100 ton zhumifikowanej materii organicznej. Oprócz roślinności wodnej znaczną część biomasy akumulowanej w korycie stanowią również liście i gałęzie drzew rosnących wzdłuż kanału.

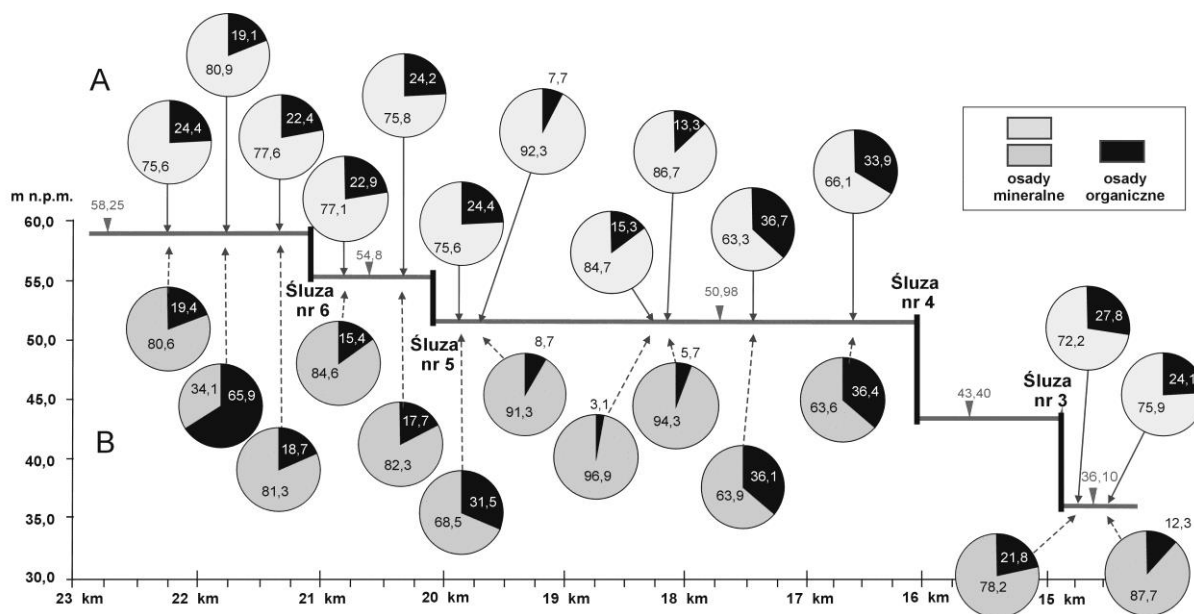
Na dostawę materiału ze źródeł zewnętrznych - allochtonicznych składa się przede wszystkim rumowisko dostarczane dopływami. W przypadku badanego odcinka kanału są to dwa niewielkie cieki, kolektory kanalizacji burzowej oraz rowy melioracyjne. Cieki naturalne uchodzą do kanału między śluzą 4 i 5. Pierwszy położony tuż poniżej śluzy nr 5 przyjmuje oczyszczone ścieki z oczyszczalni „Osowa Góra”. Badania ich składu chemicznego wykonywane przez WIOŚ w latach 1995-2005 wykazały wielokrotnie przekroczenia norm czystości, szczególnie w odniesieniu do substancji biogennych oraz zawiesiny ogólnej (Habel, Makarewicz 2006). Ciek ten dostarcza również rumowisko klastyczne, pochodzące z erozji jego brzegów. Widoczny wzrost intensywności erozji miał miejsce w kwietniu i maju 2008 roku. Zwiększony przepływ wód związany z likwidacją oczyszczalni doprowadził do znacznego poszerzenia koryta cieku w pobliżu jego ujścia do kanału i uformowania się w jego obrębie rozległego stożka deltowego. Drugi ciek to Struga Młyńska, która również zasila kanał wodami pościekowymi (oczyszczalnie: „Białe Błota” i Nadleśnictwo Bydgoszcz) bogatymi w substancje biogenne. Substancjami biogennymi, warunkującymi dużą produkcję pierwotną roślinności w kanale, obciążone są także wody ze stawów hodowlanych Gospodarstwa Rybackiego w Ślesinie, które są kierowane do kanału systemem rowów melioracyjnych (Raport... 2006). Istotne znaczenie ma również okresowa dostawa materiału systemem kanalizacji burzowej. Między śluzami nr 4 (Czyżkówko) i nr 5 (Prądy) zlokalizowanych jest aż dziesięć jej ujść. Odprowadzane nimi wody opadowe i roztopowe oprócz dużej ilości utworów drobnoziarnistych zawierają również toksyczne związki chemiczne, w tym metale ciężkie. Potwierdzają to wyniki analiz przeprowadzone przez MWiK w Bydgoszczy. W próbkach osadów pobranych między śluzą nr 4 i 5 oznaczono ponadnormatywne zanieczyszczenie chromem ogólnym, niklem, cynkiem, kadmem (Projekt..., 2004).

### **Udział materii organicznej w osadach**

Zawartości materii organicznej w stropowej warstwie osadów Kanału Bydgoskiego wynosi od 7,7 do 36,7%, średnio 22,8%. W większości próbek (69%) jej udział jest jednak większy od 20% (rys. 2). Podobną zawartość materii organicznej stwierdzono w spągowej części pobranych rdzeni osadów (22,5%). Jej zmienność jest jednak tutaj większa niż w części stropowej i wynosi od 3,1 do 65,9%. Zasadniczo składowa organiczna w osadach kanału nie wykazuje dużego zróżnicowania, a większy lub mniejszy jej udział może występować tak w górnej jak i dolnej części rdzenia. Świadczy to o dużej aktywności procesów redepozycyjnych, skutkiem których jest dobre wymieszanie osadów.

Najuboższe w materię organiczną, zarówno w stropowej jak i spągowej części rdzeni, są próbki pobrane w pobliżu dopływów uchodzących do kanału. Poniżej ujścia cieku odprowadzającego wody pościekowe z oczyszczalni „Osowa Góra” (19,8 km) jej udział wynosi 7,7% w stropie i 8,7% w spągu rdzenia, a poniżej ujścia Strugi Młyńskiej (18,2 km)

13,3% w stropie i 3,1% w spągu rdzenia. Największą zawartość materiału organicznego stwierdzono w rdzeniach pobranych powyżej śluzy nr 4. Wynosiła ona od 33,9 do 36,7% w stropie rdzeni i od 36,1% do 36,4% w ich spągu. Zawartość materii organicznej stwierdzona w spągowej części rdzenia pobranego w jednym z punktów zlokalizowanych na szczytowym stanowisku kanału znacznie odbiega od wartości stwierdzonych w innych próbkach i wynosi aż 65%. Ogólnie można przyjąć, że lokalizacja próbek z małą zawartością materii organicznej związana była z ujściami cieków zasilających kanał (ciek odprowadzający ścieki z oczyszczalni „Osowa Góra” i Struga Młyńska). Są one istotnym źródłem dostawy materiału klastycznego w postaci transportowanego rumowiska wleczonego i zawiesiny. Największe nagromadzenie materiału organicznego w osadach dennych stwierdzono w rozszerzeniach kanału, szczególnie w górnych awanportach śluz. Dotyczy to zwłaszcza fragmentu kanału o długości około 1,5 km powyżej śluzy nr 4. Fragment kanału rozciągający się między śluzą 4 i 5 ze względu na zlokalizowane tutaj ujścia cieków odprowadzających wody z oczyszczalni ścieków otrzymuje największe ładunki substancji biogenicznych, co sprzyja intensywnemu rozwojowi roślinności wodnej, w tym zwłaszcza rzęsy wodnej. Ukierunkowanie kanału na linii NW-SE, zgodnej z kierunkiem dominujących wiatrów, powoduje, że rozwijająca się rzęsa jest spychana w kierunku śluzy 4. Taka sytuacja w połączeniu z rzadko prowadzonym śluzowaniem, prowadzi do znacznego nagromadzenia roślin tuż powyżej śluzy. Należy sądzić, że produkty rozkładu roślinności wodnej, nie tylko w tej części kanału, są głównym źródłem materii organicznej zawartej w osadach dennych.



Ryc. 2. Procentowy udział materii organicznej i mineralnej w osadach dennych Kanału Bydgoskiego. A – skład osadów pobranych z powierzchni dna, B – skład osadów pobranych 30 cm pod powierzchnią dna.

### Uziarnienie osadów

Osady dennie Kanału Bydgoskiego składają się przede wszystkim z frakcji mułkowej. Jej przeciętny udział w badanych próbkach wynosi aż 92,1%. Średni udział pozostałych frakcji głównych piaszczystej i ilastej jest zbliżony i wynosi odpowiednio 3,9% i 4%. Osady warstwy przypowierzchniowej zawierają nieco więcej frakcji piaszczystej w porównaniu z osadami spągowej części rdzenia. W stropie rdzenia udział frakcji piaszczystej wynosi 4,5%, a w spągu zaledwie 0,2%. Zgodnie z podziałem Uddena-Wentwortha osady dennie Kanału Bydgoskiego można zaklasyfikować do czterech typów. Dominują wśród nich mułki bardzo

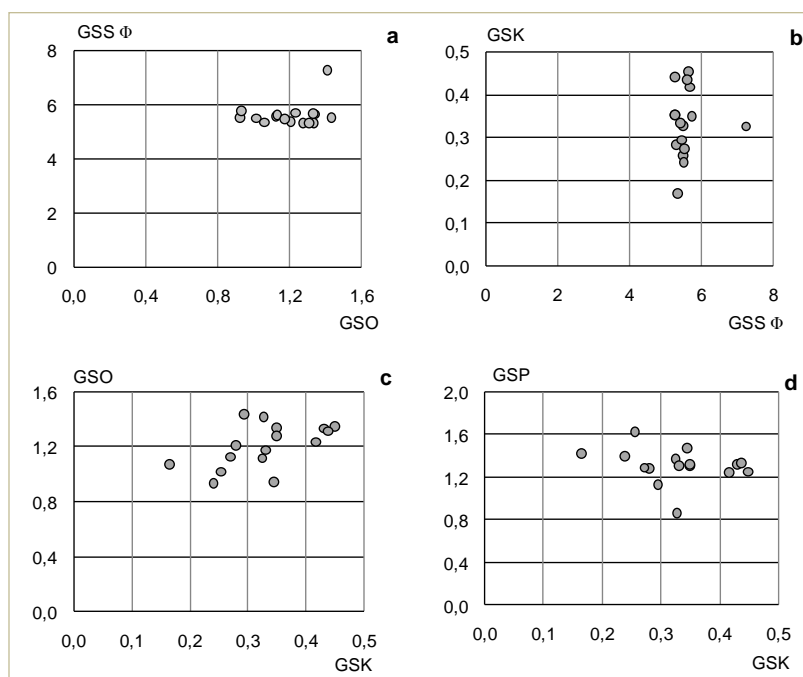
gruboziarniste i gruboziarniste, których udział wynosi po 44%. Mniejsze znaczenie (6%) mają mułki średnioziarniste i piaski bardzo drobnoziarniste.

Dużą jednorodność badanych osadów potwierdzają wartości statystycznych wskaźników uziarnienia wyliczone wg metody Folka i Warda (1957). Wartości średniej średnicy ziarna (GSS) wynoszą od 5,29 do 7,24 phi, średnio 5,6 phi, co oznacza, że przeciętne ziarno reprezentuje mułek gruboziarnisty, z wyjątkiem jednej próbki gdzie średnia średnica odpowiada frakcji mułków drobnoziarnistych. Nie stwierdzono istotnej różnicy wielkości GSS w próbkach pobranych ze stropu i spągu badanych rdzeni osadów. W obu przypadkach była to wielkość charakterystyczna dla mułków gruboziarnistych. Uziarnienie osadów w profilu podłużnym wyrażone wskaźnikiem GSS również nie wykazywało istotnego zróżnicowania. Jego wartości oscylowały między 5,3 - 5,7 phi. Jedynie w próbce pobranej kilkadziesiąt metrów poniżej ujścia Strugi Młyńskiej stwierdzono zmniejszenie średniej średnicy ziarna do 7,2 phi. Należy jednak zaznaczyć, że zmniejszenie średniej średnicy ziarna nie wpłynęło w tym przypadku na zmianę typu osadu. Źródłem nieco większej ilości drobniejszego ziarna (mułek drobnoziarnisty) w osadzie jest najprawdopodobniej zawiesina wprowadzana do kanału przez strugę. W warunkach zmniejszających się prędkości przepływu, w miarę oddalania się od ujścia ciekłu, deponowany jest coraz drobniejszy materiał. Badane próbki osadu charakteryzują się bardzo dodatnią i dodatnią skośnością rozkładu, co oznacza, że badany osad jest wzbogacony we frakcje drobniejsze od przeciętnej. Zdecydowana większość próbek osadów charakteryzuje się słabym wysortowaniem (GSO = 1,2). Jedynie w dwóch próbkach wartości wysortowania oscylowały w pobliżu wartości granicznej dla osadów słabo i średnio wysortowanych (GSO = 0,93).

Litodynamikę środowiska sedymentacyjnego kanału scharakteryzowano na podstawie analiz relacji między wyliczonymi statystycznymi wskaźnikami uziarnienia (ryc. 3). Rozkład próbek na wykresie zależności średniej średnicy ziarna i wysortowania (GSS-GSO) wskazuje na małe zróżnicowanie średnicy ziarna przy nieco większym zróżnicowaniu wysortowania osadu (ryc. 3a). Świadczy to o przynajmniej okresowej zmienności dynamiki środowiska sedymentacyjnego, zachodzącej jednak w środowisku charakteryzującym się małą siłą transportacyjną. Zmienność dynamiki środowiska prądowego może być w tym przypadku spowodowana śluzowaniem, ruchem przepływających jednostek oraz prądami tworzącymi się w czasie silnego falowania wiatrowego. W takich warunkach dochodzi do resuspensji osadów, co prowadzi zazwyczaj do pogorszenia wysortowania redeponowanego osadu. Charakter zależności skośności i średniej średnicy ziarna (GSK-GSS) (ryc. 3b) wskazuje na wzbogacenie osadu w drobniejsze ziarno. Stanowi ono jednak w tym przypadku tylko frakcję akcesoryczną i nie wpływa na zmianę typu osadu. Dodania skośność rozkładu może być efektem spokojniejszej sedymentacji zawiesinowej najdrobniejszych frakcji z osadu poddanego resuspensji. Wskazuje to na przewagę okresów charakteryzujących się mniejszą dynamiką środowiska depozycyjnego. Analiza relacji wysortowania osadu do skośności rozkładu uziarnienia (GSO-GSK) (ryc. 3c) wskazuje na tylko nieznaczne pogorszenie się wysortowania osadu w miarę zwiększania się zawartości drobniejszego ziarna. Świadczy to o stosunkowo krótkim transporcie materiału uruchamianego z dna w okresach większej dynamiki środowiska. Rzadziej stosowanym wskaźnikiem uziarnienia jest kurtoza (GSP), która w zestawieniu ze skośnością (GSK) dobrze opisuje dynamikę warunków sedymentacji (Thomas i in. 1972). Wyliczone wartości kurtozy wskazują, że rozkład uziarnienia w zdecydowanej większości próbek ma charakter leptokurtyczny (krzywa rozkładu z ostrym maksimum). Dla rozkładu normalnego kurtoza przyjmuje wartość 1. W analizowanych próbkach kształtuje się ona na poziomie od 0,8 do 1,6 (średnio 1,3). Charakter spłaszczenia rozkładu w połączeniu ze skośnością potwierdza wcześniejsze spostrzeżenia o niewielkich okresowych zmianach energetyki środowiska sedymentacyjnego kanału (ryc. 3d). Przyjmuje się, że w stabilnych warunkach hydrodynamicznych rozkłady uziarnienia są najczęściej

unimodalne (Racinowski i in. 2001). W badanych próbkach przeważają rozkłady bimodalne i polimodalne, co jest odzwierciedleniem zmian energetyki środowiska. Polimodalne rozkłady uziarnienia stwierdzono w próbkach pobranych na najdłuższym odcinku kanału położonym między śluzą 4 i 5 (ryc. 4). Jak już zaznaczono wcześniej odcinek ten charakteryzuje się największym zróżnicowaniem źródeł dostawy materiału klastycznego oraz zmiennością dynamiki wód uwarunkowaną mieszaniem wiatrowym.

Dynamikę transportu i warunki akumulacji osadów przeanalizowano na diagramie C-M (wg Passegi 1964). Metoda ta w jednoznaczny sposób klasyfikuje badany materiał do określonego środowiska transportacyjnego. Wartość C przedstawiona na osi pionowej diagramu oznacza wielkość ziarna odpowiadającą pierwszemu percentylowi. Jest to ziarno o największej średnicy, które było transportowane przy największym przepływie charakterystycznym dla badanego środowiska. Wartość M przedstawiona na osi poziomej odpowiada wartości mediany rozkładu uziarnienia. Interpretacja rozrzutu próbek na diagramie C-M wskazuje, że 94% próbek reprezentuje materiał tworzący się z zawiesiny jednorodnej w środowisku charakteryzującym się obniżoną dynamiką. Pozostałe 6% tworzyło się z zawiesiny pelagicznej (ryc. 5). Warunki transportu określone na podstawie interpretacji diagramu C-M uściślono analizą krzywych kumulacyjnych rozkładu uziarnienia (Visher 1969). Krzywe kumulacyjne badanych próbek charakteryzują się dwusegmentowym przebiegiem. Najliczniejszą populację (ok. 70%) stanowiły ziarna transportowane saltacyjnie. Tylko w przypadku jednej próby udział tej formy transportu był mniejszy i wynosił około 55%. Pozostałe ziarna transportowane były w zawieszeniu.



Ryc. 3. Diagramy zależności między wskaźnikami uziarnienia wg Folka i Warda (1957) osadów dennych Kanału Bydgoskiego.

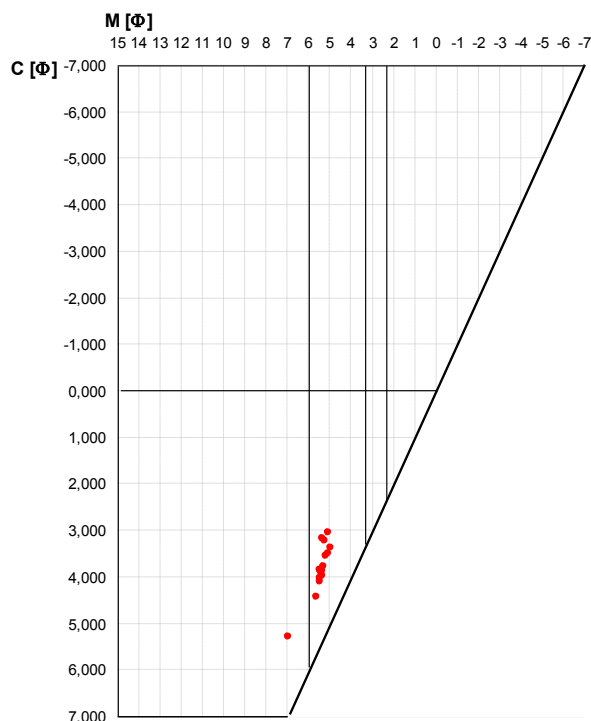
Wyniki analiz uziarnienia i interpretacji litodynamicznych wykazały, że osady denne Kanału Bydgoskiego formują się z mało zróżnicowanego materiału drobnopiaszczysto-mułkowego w warunkach niewielkiej dynamiki środowiska prądowego, charakterystycznej dla wód stojących. Pojawiające się okresowo warunki o większej dynamice, spowodowane

pracą śluz, ruchem jednostek pływających oraz wiatrową cyrkulacją prądową powodują resuspensję osadów. Są one transportowane na niewielkie odległości zarówno w postaci przydennej zawiesiny frakcyjnej jak i zawiesiny jednorodnej. Efektem wielokrotnie powtarzającej się redepozycji osadów jest ich znaczne przemieszanie, co wyraża się ich małym zróżnicowaniem pod względem uziarnienia zarówno w pionie jak i w profilu podłużnym kanału.

### Podsumowanie

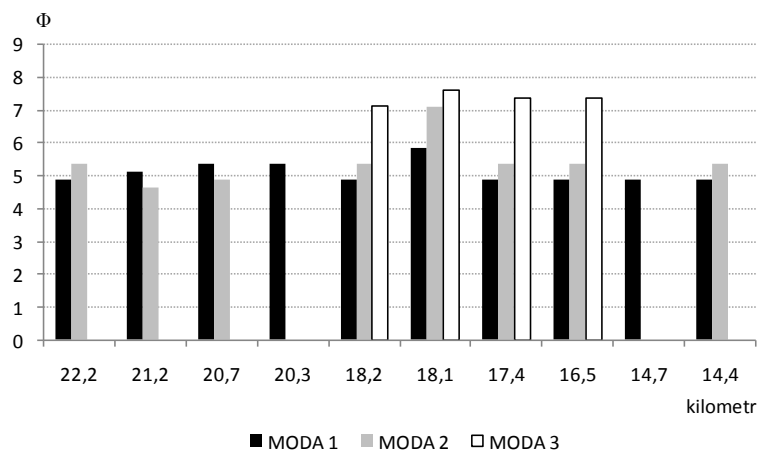
Realizowane od ponad czterech lat badania Kanału Bydgoskiego dowodzą, że zachodzące w nim procesy hydrologiczne i sedymentologiczne wykazują przewagę cech typowych dla płytkowodnych zbiorników wód stojących. Wyrażają się one dominacją wewnętrzną - autochtoniczną dostawą materiału, w której dużą rolę, ze względu na znaczne obciążenie substancjami biogenicznymi, odgrywa materia organiczna, drobnoziarnistym – mułkowym charakterem osadów deponowanych z zawiesiny oraz małą kontrastowością litologiczną osadów. Mniejszy wpływ na zróżnicowanie cech sedymentologicznych osadów kanału ma dostawa materiału ze źródeł zewnętrznych: dopływy ciekami uchodzącymi do kanału i kanalizacją burzową.

Główne czynniki modyfikujące cechy sedymentologiczne osadów i warunki ich akumulacji związane są z żeglugową eksploatacją kanału (śluzowanie, intensywność ruchu jednostek pływających). Wpływają one na powtarzającą się okresowo redepozycję zakumulowanych osadów i ich wymieszanie. Podkreślić należy, że reaktywacja żeglugowych funkcji kanału zmieni charakter środowiska sedymentacyjnego kanału na bardziej dynamiczne. Wpłynie to nie tylko na zmianę tekstualnych cech osadów, ale również na zmniejszenie tempa wypełniania koryta kanału osadami.



Ryc. 4. Zróżnicowanie wartości modalnych rozkładów uziarnienia osadów dennych w profilu podłużnym Kanału Bydgoskiego.





Ryc. 5. Rozmieszczenie próbek osadów dennych Kanału Bydgoskiego na diagramie C-M.

### Literatura

- Babiński Z., Habel M., Szumińska D., 2008. Mechanizmy i przyczyny zamulania koryta Kanału Bydgoskiego. [w:] Z. Babiński (red.), Rewitalizacja drogi wodnej Wisła-Odra szansą dla gospodarki regionu, tom 1, Wyd. LOGO, Bydgoszcz, s. 65-80.
- Dąbkowski S. L., Pachuta K., 1996. Roślinność i hydraulika koryt zarośniętych. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Biblioteczka Wiadomości IMUZ, 89, Wyd. IMUZ, Falenty, ss.153.
- Folk R. L., Ward W. C., 1957. Brazos River bar, a study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Petr., 27, 1, s. 5-12.
- Habel M., Makarewicz J., 2006. Degradacja bydgoskiego odcinka Kanału Bydgoskiego. [w:] P. Gierszewski, M. Karasiewicz (red.), Idee i praktyczny uniwersalizm geografii - geografia fizyczna. Dok. Geogr., 32, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 99-105.
- Januszkiewicz T., 1978. Studia nad metodą analizy chemicznej składu współczesnych osadów dennych jezior. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczo-Technicznej, Ochrona Wód i Rybactwo Śródlądowe, 8, Olsztyn, s. 3-29.
- Myślińska E., 2001. Laboratoryjne badania gruntów. PWN, Warszawa, ss. 278.
- Passaga R., 1964. Grain-size representation by CM patterns as a geological tool. Jour. Sed. Petr. 34, s. 830-847.
- Projekt Kompleksowego Rozwiązania Problemów Ochrony Środowiska i Zasobów Wodnych dla Bydgoszczy i okolic jako kontynuacja „Bydgoskiego Programu Rozwoju Usług Wodociągowych i Kanalizacyjnych, 2004. Rekultywacja rzeki Brdy i Kanału Bydgoskiego w rejonie miasta i obecnych wylotów kanalizacyjnych, MWiK, Bydgoszcz.
- Racinowski R., Szczypek T., Wach J., 2001. Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych. Wyd. UŚ, Katowice, ss. 146.
- Thomas R. L., Kemp L. W., Lewis C. F. M., 1972. Distribution, composition and characteristics of the surficial sediments of Lake Ontario. Jour. Sed. Petr., 42, 1, s. 66-84.
- Visher G. S., 1969. Grain-size distributions and depositional processes. Jour. Sed. Petr., 39, s. 1074-1106.

### Abstract

In the study textural features of bottom deposits of the Bydgoszcz Canal were described. Diversity of sources of the delivery of sedimentary material to the canal was determined. On the basis of grain-size parameters a lithodynamic evaluation of the canal sedimentary environment was conducted. It was demonstrate that bottom deposits of the Bydgoszcz Canal

were formed from less diversified coarse-silts material in conditions of small dynamic of the current environment characteristic of the stagnant water. The temporary increase of dynamics of water caused by the work of locks, the traffic of ships and the wind circulation of water influences on resuspension of bottom deposits. In such conditions, the sediments are transported to short distances as the graduated suspension and uniform suspension. Repeated redeposition leads to considerable mixing deposits.

**Key words:** canal, bottom deposits, grain-size, organic matter, lithodynamical conditions