

Zygmunt Babiński, Michał Habel, Danuta Szumińska

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Instytut Geografii

## **Mechanizmy i przyczyny zamulania koryta Kanału Bydgoskiego**

Mechanisms and reasons of the Bydgoszcz Canal silting-up

**Słowa kluczowe:** Kanał Bydgoski, rumowisko wleczone i unoszone, akumulacja, droga wodna.

**Key words:** the Bydgoszcz Canal, bed load and suspended, accumulation, waterway.

**ZARYS TREŚCI.** Kanał Bydgoski wybudowany został w XVIII wieku w celu umożliwienia żeglugi pomiędzy dorzeczami Odry i Wisły. W okresie ostatnich dwudziestu lat żegluga uległa jednak ograniczeniu, a Kanał stał się odbiornikiem wód deszczowych oraz wód z oczyszczalni ścieków miasta Bydgoszczy. W wyniku zaniechania prac konserwacyjnych nastąpiło znaczne spłylenie jego głębokości. W pracy przeanalizowano źródła dostawy rumowiska oraz mechanizmy jego depozycji i redepozycji w korycie Kanału Bydgoskiego.

**ABSTRACT.** The Bydgoszcz Canal was built in XVIII century to allow navigation from the Oder River catchment area to the Vistula River catchment area. During the last 20 years the navigation traffic decreased and the Canal became a collector of rain water and water from sewage treatment plant. Because of the Canal's function has changed and recultivation has been suspended – the channel became shallower. This manuscript presents mechanisms of sediments deposition and redeposition in the Bydgoszcz Canal.

### **Wprowadzenie**

Dwie największe rzeki Polski – Wisła i Odra – już od średniowiecza odgrywały ogromną rolę w transporcie śródlądowym kraju, pomimo że nie było pomiędzy nimi połączenia umożliwiającego transport na linii wschód – zachód. W 1774 roku wybudowano Kanał Bydgoski o długości 26,77 km, który stworzył możliwość żeglugi między rzekami Brdą a Notecią, a tym samym między systemami rzecznyymi Wisły i Odry. W ten sposób powstała droga wodna o długości 294,3 km, umożliwiającą swobodną żeglugę między Morzem Północnym, Bałtykiem i Morzem Czarnym.

Przez przeszło dwieście lat pełniła ona rolę transeuropejskiego szlaku żeglugi towarowej, przyczyniając się przy tym do rozwoju zlokalizowanych na jej brzegach miejscowości. W drugiej połowie XX wieku, w związku z rozwojem transportu kołowego, zmalało znaczenie dróg wodnych w gospodarce Polski. Sytuacja ta, wraz z drastycznym ograniczeniem dotacji dla instytucji rządowych, związanym z transformacją społeczno-polityczną w latach 90., przyczyniła się do silnego zaniedbania stanu technicznego dróg wodnych. Niszcząca zabudowa hydrotechniczna oraz niedrożne na niektórych odcinkach koryta rzek zniechęciły armatorów żeglugi śródlądowej do prowadzenia dalszej działalności. Taka sytuacja nie ominęła Kanału Bydgoskiego. Jest on obecnie przede wszystkim odbiornikiem ścieków oraz wód z kanalizacji deszczowej. W związku ze zmianą funkcji, zaprzestaniem projektowanej eksploatacji i ograniczeniem do minimum prowadzonych prac konserwatorskich, doszło w ostatnich 20 latach do istotnych przekształceń w morfologii jego koryta.

Celem niniejszej pracy jest wskazanie procesów i mechanizmów prowadzących do nadmiernego wypełnienia koryta Kanału Bydgoskiego osadami, czego konsekwencją jest ograniczenie możliwości żeglugowych. Za cel postawiono sobie również wskazanie miejsc, w których proces ten zachodzi najintensywniej oraz identyfikację głównych źródeł dostawy rumowiska. Analiza ta jest istotna w kontekście zauważalnego w ostatnich latach zainteresowania drogą wodną Wisła-Odra jako obiektem turystycznym, zwłaszcza w środowiskach żeglarskich. Ponad dwustuletni Kanał Bydgoski stanowi niewralgiczny odcinek tego szlaku żeglugowego.

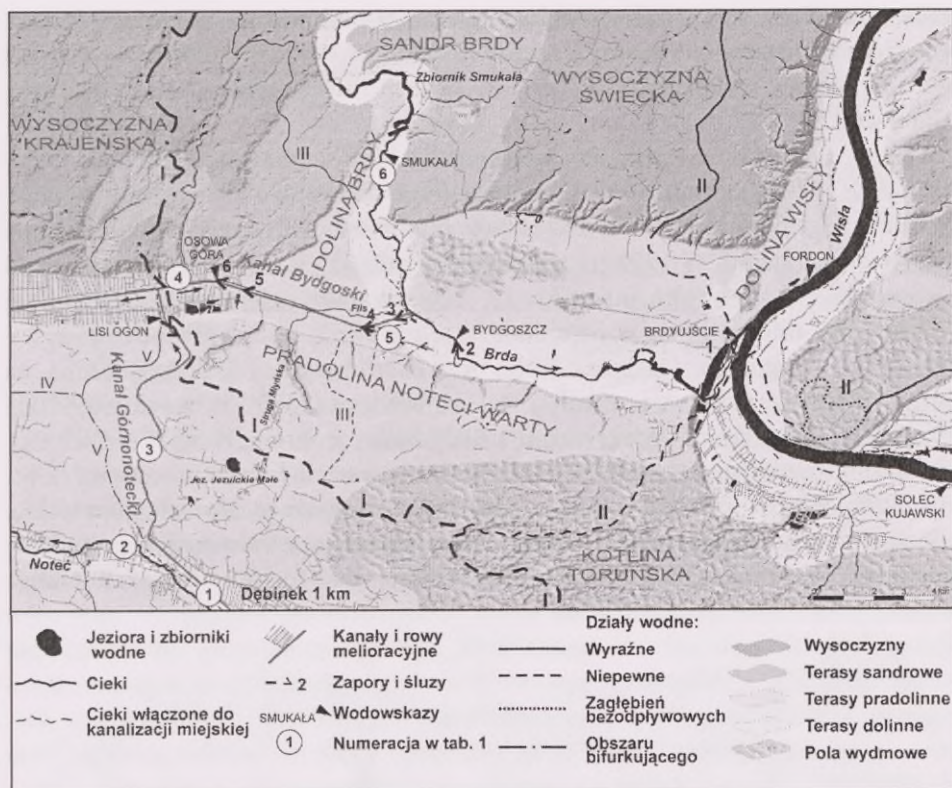
## Obszar i metody badań

Badania przeprowadzono w obrębie 8,8-kilometrowego, wschodniego odcinka Kanału Bydgoskiego, od jego ujścia do Brdy (14,4 km) do stanowiska szczytowego (23,2 km), gdzie łączy się on z Kanałem Górnonoteckim (ryc. 1).

Koryto Kanału Bydgoskiego o szerokości około 30 metrów, poprowadzone jest od stanowiska szczytowego, wznoszącego się około cztery metry ponad dnem pradoliny Noteci-Warty, na wschód – w kierunku Bydgoszczy i na zachód – w kierunku Nakła. Analizowany w pracy odcinek wschodni przebiega w otoczeniu użytków zielonych strefy podmiejskiej Bydgoszczy oraz terenów przemysłowych i mieszkaniowych bydgoskich osiedli: Osowa Góra, Prądy, Miedzyń, Czyżkówko i Okole.

W celu realizacji tematu przeanalizowano liczne materiały zawierające informacje o morfologii koryta Kanału, w tym profile podłużne z okresu 1988-2004 (17 profili) oraz przekroje poprzeczne z sierpnia 2002 roku, wykonane przez pracowników Zarządu Zlewni Noteci w Bydgoszczy (placówka Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Poznaniu). Według informacji uzyskanych od wykonawców, profile poprzeczne, które były podstawą do określenia zmian w położeniu dna Kanału, były wyznaczane za każdym razem tą samą metodą, na podstawie sondowania dna przy użyciu tyczki. W archiwum Zarządu Zlewni Noteci zebrano też informacje zawarte w pozwoleniach wodno-prawnych, dotyczące obecnego sposobu użytkowania Kanału oraz pozyskano dane o jakości osadów wypełniających koryto.





Ryc. 1. Wschodni odcinek Kanału Bydgoskiego na tle jednostek morfologicznych, budowy geologicznej i układu sieci wodnej (opracowano na podstawie Kondracki 2002, Czarnecka, red. 1980, Jankowski 1975)

W latach 2005-2007 przeprowadzono własne pomiary: wykonano trzy profile podłużne i około piętnastu poprzecznych koryta na odcinku pomiędzy śluzą Prądy (nr 5) i Czyżkówko (nr 4), określając między innymi miąższość osadów. Do sondowania wykorzystano sondę z ciężarkiem, zabezpieczoną przed zagłębianiem się w drobne osady krążkiem o średnicy 10 cm. Przeprowadzono ponadto obserwacje zarastania koryta i brzegów oraz wpływu śluzowania i przemieszczania się jednostek pływających na procesy sedymentacyjne.

## Żegluga

Kanał Bydgoski jest fragmentem międzynarodowej drogi wodnej E-70 (Wisła-Odra), zaopatrzonej w 22 śluzy umożliwiające żeglugę, porty i nadbrzeża przeladunkowe w Bydgoszczy, Nakle, Ujściu, Czarnkowie, Krzyżu, Gorzowie i Kostrzynie oraz przystanie pasażerskie m.in. w Bydgoszczy, Santoku, Gorzowie i Kostrzynie. W warunkach prawie całkowitego ograniczenia ruchu towarowego znaczna część nadbrzeży i portów jest nieużytkowana i zniszczona. Nadal czynne są jednak



zabytkowe śluzy, stanowiące, podobnie jak sam Kanał, własność Skarbu Państwa, a zarządzane przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Poznaniu. Istnieje więc możliwość wykorzystania śluz do realizacji ruchu turystycznego (Babiński, Habel 2007).

Kanał Bydgoski jest szlakiem wodnym II klasy (wymagane głębokości tranzytowe 2,2 metra), przystosowanym do żeglugi jednostek o nośności do 400 ton. Po drugiej wojnie światowej okres jego najintensywniejszego wykorzystania przypadł na lata 50. W 1959 roku śluzy pokonało 530 statków, w 1980 roku 360 jednostek, a w 1990 roku już tylko 12. Żegluga pasażerska na drodze wodnej Wisła-Odra odbywała się w ostatnich latach głównie na odcinku Bydgoszcz – Nakło lub Bydgoszcz – jezioro Gopło, przy czym były to rejsy okazjonalne, na indywidualne zamówienia. Według R. Gotowskiego (2005), w latach 1997-2003 przewieziono statkami pasażerskimi z Bydgoszczy w stronę Nakła i jeziora Gopło około osiem tysięcy osób. Na rzece Noteć w sezonie letnim przepływa obecnie około dziesięć łodzi miesięcznie, przy czym jednostki te, głównie niemieckie, nie docierają do Bydgoszczy ze względu na problemy z pokonaniem Kanału Bydgoskiego. Zbyt małe głębokości i bujnie rozwijająca się roślinność wodna (Habel, Makarewicz 2006) utrudniają lub wręcz uniemożliwiają żeglugę. W 2006 roku Kanał Bydgoski pokonał tylko jeden jacht, pod duńską banderą. Jak sygnalizują osoby związane z bydgoskim środowiskiem żeglarskim, wśród żeglarzy spoza naszego kraju istnieje duże zainteresowanie możliwością przepłynięcia z Niemiec, przez Odrę, Noteć, Kanał Bydgoski, Brdę i Wisłę do Bałtyku, a także Wisłą do Krakowa. Obecnie jednak, ze względu na znaczne wypełnienie koryta osadami, żegluga jest znikoma, a śluzy na Kanale Bydgoskim pokonuje średnio jeden obiekt w miesiącu.

## Gospodarka wodna

Stosunki wodne na omawianym obszarze podporządkowane są w głównej mierze zapewnieniu przepływu nienaruszalnego oraz potrzebom związanym ze śluzowaniem. Głównym źródłem wody dla Kanału Bydgoskiego jest Noteć. Woda dostarczana jest za pośrednictwem Kanału Górnonoteckiego, z którego odpływ w kierunku dorzecza Brdy wynosi średnio w roku  $0,486 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (tab. 1). Źródło wody stanowią także dopływy (ryc. 2):

- z oczyszczalni ścieków Osowa Góra, w ilości około  $0,145 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- Struga Młyńska, w ilości około  $0,044 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- z 10 wylotów kanalizacji deszczowej osiedli Osowa Góra, Miedzyń i Czyżkówko, łącznie maksymalnie  $2,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Różnica poziomu lustra wody w Kanale od stanowiska szczytowego do połączenia z Brdą wynosi około 22 metry i jest niwelowana przez cztery śluzy: Osowa Góra (nr 6), Prądy (nr 5), Czyżkówko (nr 4), Okole (nr 3) (ryc. 2). Bliski zeru spadek zwierciadła wody pomiędzy urządzeniami piętrzącymi ulega niewielkiemu wzrostowi jedynie w czasie pracy śluz.

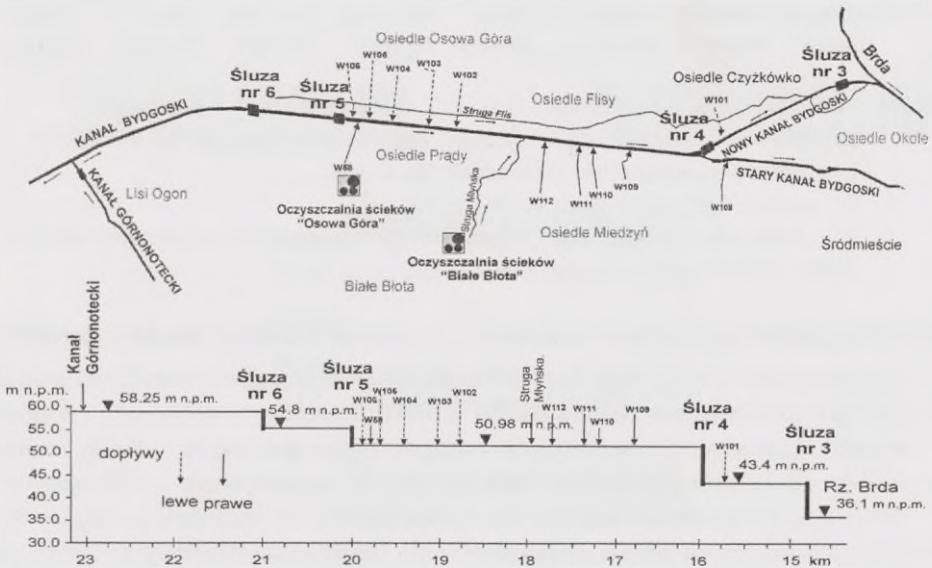
Tab. 1. Przepływy w ciekach Bydgoskiego Węzła Wodnego (lokalizacja stanowisk na rycinie 1)

|   | Posterunek / ciek                            | WWQ  | SSQ  | NNQ   |
|---|--|--|--|---|
| 1 | Jaz Dębinek <sup>1</sup>                     | 41,04 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>  | 7,68 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>               | 1,17 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>  |
| 2 | Stara Noteć <sup>1</sup>                     | pozostała część po doprowadzeniu 8,8 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> do Kan. Górnonoteckiego | -  | 1,41 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> (XI-II)<br>1,66-4,73 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> (III-X) |
| 3 | Kan. Górnonotecki <sup>1</sup>               | 8,8 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>  | -  | 1,35-2,75 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>   |
| 4 | Kan. Bydgoski do dorzeczca Brdy <sup>1</sup> | -  | 0,486 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> | -   |
| 5 | Stary Kan. Bydgoski <sup>1</sup>             | 3,8 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>  | -  | 0,35 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>  |
| 6 | Brda w Smukale <sup>2</sup>                  | 89,8 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>   | 27,8 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>               | 10,8 m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>  |

<sup>1</sup> Operaty wodno-prawne stopień piętrzący Dębinek VI i Osowa Góra 1999

<sup>2</sup> Roczniki hydrologiczne wód powierzchniowych z lat 1969-1983

<sup>3</sup> W tym na potrzeby żeglugowe 0,136 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>

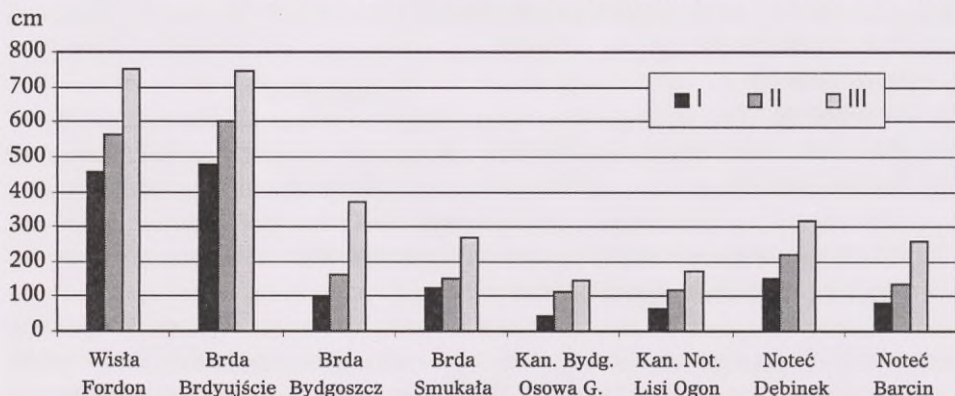


Ryc. 2. Schemat rozmieszczenia urządzeń hydrotechnicznych oraz ujść dopływów wzdłuż wschodniego odcinka Kanału Bydgoskiego (Opracowano na podstawie Projekt... 2004)

Średnie charakterystyczne stany wody w Kanale Bydgoskim kształtowały się przez ostatnie trzydzieści lat na podobnym poziomie (Jankowski 1975, Dane z sondowań... 1988-2004). W latach 1956-1964 i 1988-2004 wysokie stany obserwowano w miesiącach: styczniu, lutym i marcu, zaś niskie: w lipcu i sierpniu. Najwyższe amplitudy poziomów lustra wody, dochodzące do 60 cm, zarejestrowano na odcinkach



pomiędzy śluzami nr 4 i nr 3. Ze względu na sztucznie regulowany reżim, wahania stanów wód w kanałach są wielokrotnie niższe niż w naturalnych rzekach okolic Bydgoszczy (ryc. 3). Amplitudy roczne, w przypadku Brdy w Smukale, są dwukrotnie wyższe, a w przypadku Wisły i znajdującej się pod jej wpływem ujściowej Brdy aż dziewięciokrotnie wyższe niż w kanałach Bydgoskim i Górnonoteckim. Tak małe wahania stanów wody mają niewątpliwie wpływ na mniejsze niż w naturalnych ciekach zdolności do erozji i transportu osadów oraz sprzyjają procesowi akumulacji.



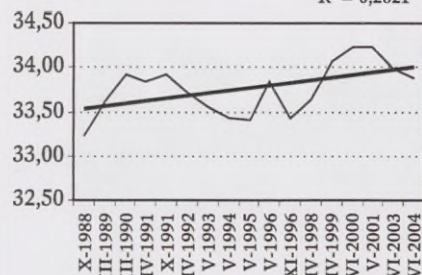
Ryc. 3. Wahania stanów wód w rzekach i kanałach okolic Bydgoszczy (opracowano na podstawie *Roczników Hydrologicznych Wód Powierzchniowych* z lat 1965-1979)  
 I – średnia z wielolecia 1965-1979 amplituda roczna,  
 II – maks. amplituda roczna z lat 1965-1979,  
 III – różnica pomiędzy stanami ekstremalnymi zanotowanymi od początku obserwacji (koniec XIX wieku) do roku 1980

### Morfologia koryta i uwarunkowania procesu akumulacji osadów dennych

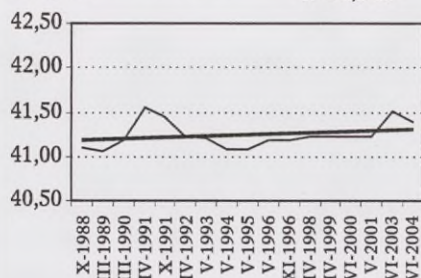
Analiza zmian w morfologii koryta Kanału Bydgoskiego przeprowadzona została w oparciu o sondowania wykonywane raz w roku, najczęściej w miesiącach kwiecień – czerwiec, sporadycznie dwa razy do roku, z drugim pomiarem jesienią, zwykle w październiku. Pomiar głębokości wykonywany był na odcinkach co 100 metrów.

Na rycinie 4 zestawiono średnie rzędne położenia dna dla odcinków pomiędzy śluzami w poszczególnych terminach pomiarowych. Najsilniejszą tendencję podnoszenia się dna można zauważyć poniżej śluzy Okole (nr 3), pomiędzy śluzami Czyżkówko (nr 4) i Prądy (nr 5) i powyżej śluzy Osowa Góra (nr 6). W pierwszym przypadku tendencji dodatniej towarzyszą znaczne wahania rzędnych dna, natomiast w pozostałych wzrost rzędnych jest równomierny. Analiza tendencji położenia rzędnych dla poszczególnych sondowanych punktów pozwala bardziej precyzyjnie zlokalizować miejsca najintensywniejszego podnoszenia się dna (ryc. 5C). Proces ten zachodzi najsilniej w pobliżu śluzy nr 3, w kilometrze 14,5 do 14,8; powyżej śluzy nr 4, w kilometrze 16,3 do 16,7; poniżej śluzy nr 5, w kilometrze 19,1 do 19,5 oraz powyżej śluzy nr 6, w kilometrze 21,7 do 22,1 i na stanowisku szczytowym w kilometrze 23,2 do 23,3.

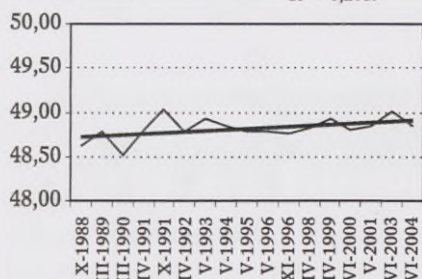
m n.p.m. **Poniżej śluzy 3**  $y = 0,0299x + 33,491$   
 $R^2 = 0,2621$



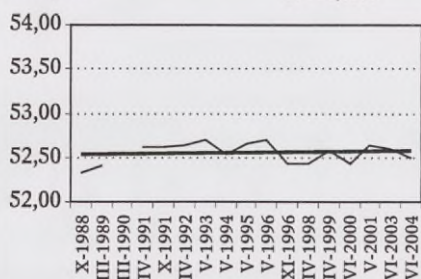
m n.p.m. **Śluza 3 do 4**  $y = 0,0078x + 41,167$   
 $R^2 = 0,0703$



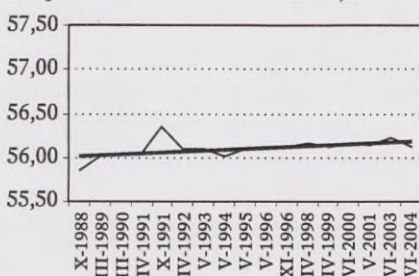
m n.p.m. **Śluza 4 do 5**  $y = 0,0115x + 48,714$   
 $R^2 = 0,2089$



m n.p.m. **Śluza 5 do 6**  $y = 0,0027x + 52,526$   
 $R^2 = 0,0133$



m n.p.m. **Powyżej śluzy 6**  $y = 0,0107x + 56,009$   
 $R^2 = 0,2583$

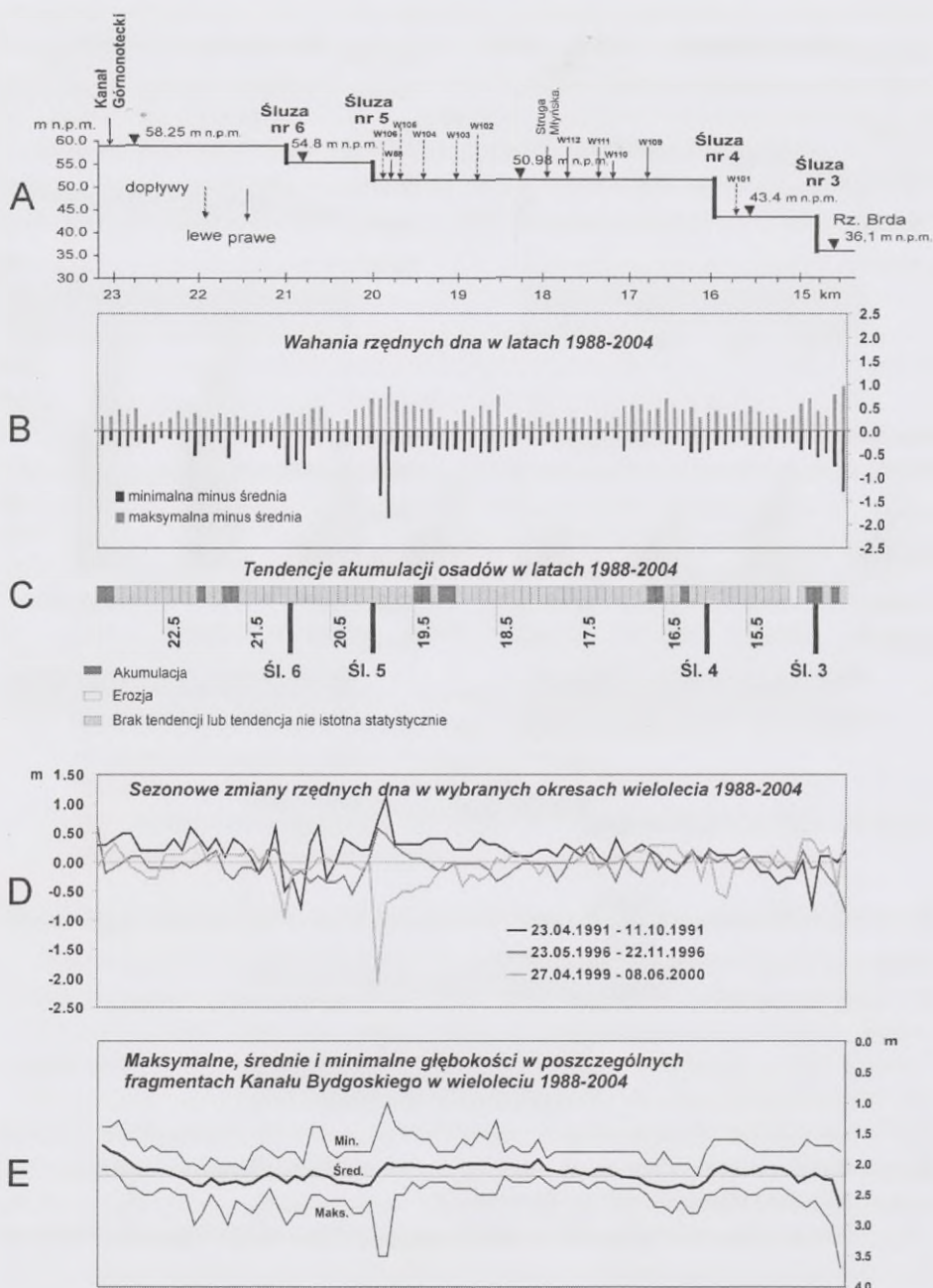


Ryc. 4. Przebieg i tendencje średnich rzędnych dna Kanału Bydgoskiego na odcinkach pomiędzy śluzami w latach 1988-2004

(opracowano na podstawie *Dane z sondowań koryta Kanału Bydgoskiego z lat 1988-2004*)

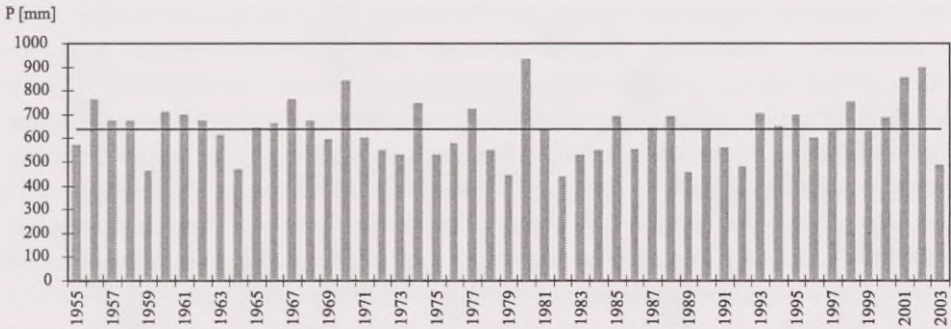
Jak już wspomniano wcześniej, proces wypełniania dna nie był w badanym wielecieu jednostajny i wyodrębnić w nim można zarówno okresy podnoszenia, jak też obniżania dna. Na wszystkich odcinkach znacznym spłyleniem koryta charakteryzuje się rok 1991 (lub lata 1990-1992) (ryc. 4). Początek lat 90. odznaczał się bardzo niskimi w skali wielecia sumami opadów atmosferycznych (ryc. 6).





Ryc. 5. Wahania rzędnych dna i głębokości w poszczególnych fragmentach Kanału Bydgoskiego wzdłuż linii sondowania na odcinku od 14,4 do 23,2 kilometra w latach 1988-2004 (opracowano na podstawie Dane z sondowań koryta Kanału Bydgoskiego z lat 1988-2004)



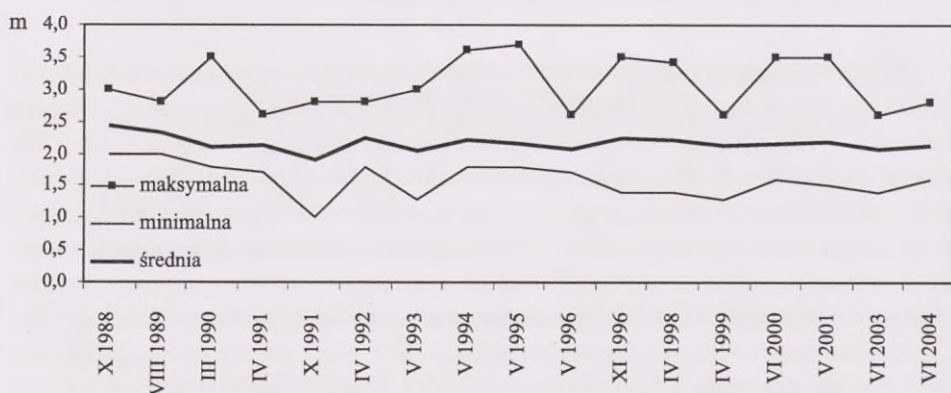


Ryc. 6. Sumy roczne opadów atmosferycznych na stacji Chojnice z lat 1955-2003 na tle wartości średniej wieloletniej – linia (opracowano na podstawie *Roczników opadów atmosferycznych* z lat 1955-1981 oraz niepublikowanych danych IMGW z lat 1982-2003, wartości skorygowano wg poprawki Kowalczyk i Ujdy 1987)

Możliwe, że zmniejszenie zasobów wodnych stanowiło jedną z przyczyn ograniczenia żeglugi na Kanale Bydgoskim, notowanego właśnie od tego okresu. Obydwa czynniki – klimatyczny (zmniejszenie zasobów wodnych) i gospodarczy (zmniejszenie częstotliwości śluzowań), spowodowały ograniczenie objętości przepływu w Kanale, a w konsekwencji mogły wpłynąć na wzrost intensywności sedymentacji w stosunku do transportu osadów. Interesujące jest przy tym, że największe sezonowe wahania rzędnych wystąpiły właśnie na początku lat 90. w sąsiedztwie śluzy Prądy (nr 5) (ryc. 5D). W 19,8 kilometrze, w czterech terminach pomiarowych pomiędzy marcem 1989 roku a październikiem 1991 roku, rzędne dna wynosiły kolejno: 48,98, 47,1, 48,8, 49,9 m n.p.m., a odpowiadające im głębokości: 2,1, 3,5, 2,2, 1,0 m. W późniejszym okresie dno w tym miejscu uległo ponownemu pogłębieniu, nadal jednak podlegało wahaniom dochodzącym do kilkudziesięciu centymetrów. Znaczne (przewyższające 1 metr) i częste wahania głębokości pomiędzy poszczególnymi terminami sondowań występowały też w kilometrze 19,9 oraz poniżej śluzy Okole (nr 3), przy ujściu Kanału do Brdy (kilometr 14,4) i poniżej śluzy Osowa Góra (nr, 6; kilometr 20,8). W miejscach tych zanotowano największą rozpiętość skrajnych wysokości położenia dna (ryc. 5B). Na pozostałych odcinkach tak duże wahania pomiędzy poszczególnymi pomiarami występowały sporadycznie. Położenie analizowanych punktów w obrębie dolnych stanowisk śluz wskazuje, że znaczącym czynnikiem w przemieszczaniu osadów mogą być zrzuty wody związane ze śluzowaniem jednostek pływających. Największe wahania mogłyby zachodzić w tej sytuacji właśnie w trakcie lat suchych, kiedy ze względu na braki wody ruch jednostek jest ograniczony i długim okresem akumulacji osadów towarzyszą sporadycznie wykonywane śluzowania. Problem ten zostanie szerzej rozpoznany w trakcie dalszych badań.

Rozmieszczenie osadów w korycie Kanału Bydgoskiego nie jest równomierne, a całkowita ich ilość wynosi 65 000 m<sup>3</sup> (Projekt... 2004). Obliczenia miąższości osa-

dów wykonano w oparciu o rzędne projektowanego i aktualnego dna Kanału (*Dane z sondowań... 1988-2004*). Średnia miąższość osadów zdeponowanych w korycie wynosi 0,64 metra, a maksymalna dochodzi do 1,8 metra. Maksymalne głębokości (2,2-1,8 metra) występują w centralnej części koryta, a największe nagromadzenie osadów ma miejsce przy obydwu brzegach, z przewagą lewej strony. Przy prawym brzegu jest to średnio 0,98 metra, przy lewym 1,12 metra, podczas gdy część środkową wypełnia średnio 0,47 metra osadów. Na podstawie danych z wielolecia 1988-2004 można stwierdzić, że w każdym z terminów wykonywanych sondowań przynajmniej fragment badanego odcinka Kanału Bydgoskiego nie spełniał wymaganej głębokości tranzytowej, wynoszącej 2,2 metra (ryciny 5E i 7). Z analizy przekrojów poprzecznych wynika ponadto, że poniżej wylotów kanalizacji deszczowej oraz wylotów z oczyszczalni ścieków Osowa Góra i Strugi Młyńskiej tworzą się wypukłe lokalne formy denne w postaci stożków.



Ryc. 7. Maksymalne, średnie i minimalne głębokości Kanału Bydgoskiego na odcinku od 14,4 do 23,2 kilometra w latach 1988-2004

(opracowano na podstawie *Dane z sondowań koryta Kanału Bydgoskiego z lat 1988-2004*)

W celu wskazania źródeł dostawy materiału do koryta Kanału Bydgoskiego przeanalizowano wyniki badań laboratoryjnych próbek osadów dennych (*Projekt... 2004*). Pięć prób pobrano na odcinku pomiędzy służą Prądy (nr 5) i Czyżkówko (nr 4): w 20,02 i 19,9 km (powyżej i poniżej wylotu z oczyszczalni ścieków Osowa Góra), w 18,01 km (poniżej pięciu wylotów z kanalizacji deszczowej osiedla Osowa Góra), w 17,3 km (poniżej ujścia cieku Struga Młyńska) i w 16,1 km (poniżej czterech wylotów z kanalizacji deszczowej osiedla Miedzyń) (ryc. 8).

W próbie pobranej w 19,9 km, czyli poniżej wylotu z oczyszczalni ścieków Osowa Góra, dominowały części organiczne w stosunku do mineralnych, co świadczy o dostawie z odprowadzanymi ściekami znacznej ilości zawiesiny organicznej. Ścieki z tej oczyszczalni zanieczyszczają wody Kanału od momentu oddania jej do użytku, czyli od 1976 roku, od początku bowiem sprawność technologii oczyszczania nie spełniała pokładanych oczekiwań. Badania ścieków oczyszczonych wykonywane podczas kontroli WIOŚ w okresie 1995-2005 wykazywały wielokrotnie przekroczenia norm





Ryc. 8. Procentowy udział części mineralnych i organicznych w osadach pobranych w rejonie kolektorów ściekowych na Kanale Bydgoskim w odcinku od śluzy nr 6 do śluzy nr 4 (opracowano na podstawie Projekt... 2004)

obciążenia w stosunku do wartości określonych w pozwoleniach wodno-prawnych (Habel, Makarewicz 2006) (tab. 2). Główne przekroczenia dotyczyły substancji biogennych oraz zawiesiny ogólnej. Podobnie negatywny wpływ na jakość wód wywiera wybudowana w 1998 roku oczyszczalnia Białe Błota. Wody z tej oczyszczalni odprowadzane są wraz wodami z Bydgoskich Zakładów Elektromechanicznych „Belma” S.A. oraz z małej oczyszczalni ścieków Nadleśnictwa Bydgoszcz do Strugi Młyńskiej, która stanowi prawobrzeżny dopływ Kanału Bydgoskiego. Z badań WIOŚ wynika, że jakość wód Strugi w 2005 roku mieściła się w najniższej V klasie.

Za bardzo istotny należy uznać fakt, że ścieki oczyszczone odprowadzane z oczyszczalni stanowią znaczny odsetek wód odpływających Kanałem Bydgoskim. W latach 2000-2003 ilość ścieków odprowadzana z oczyszczalni Osowa Góra oraz Strugą Młyńską osiągała łącznie od 3972 do 5913  $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  (tab. 2), co stanowi od 9,5 do 14% średniej objętości odpływu Kanału do Brdy.

Tab. 2. Średni roczny ładunek zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do Kanału Bydgoskiego z oczyszczalni Osowa Góra i do Strugi Młyńskiej z oczyszczalni Białe Błota w latach 2000-2003 (za Habel, Makarewicz 2006)

| Parametr         | Jednostka                        | Rok badań |       |       |      |
|------------------|----------------------------------|-----------|-------|-------|------|
|                  |                                  | 2000      | 2001  | 2002  | 2003 |
|                  | $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ | 3972      | 5913  | 5300  | 5118 |
| Zawiesina ogólna | Mg/rok                           | 29,0      | 50,0  | 53,6  | 39,9 |
| BZT <sub>5</sub> | Mg/rok                           | 22,7      | 31,73 | 49,0  | 23,9 |
| ChZT             | Mg/rok                           | 76,4      | 77,3  | 113,2 | 97,4 |
| Azot ogólny      | Mg/rok                           | 31,0      | 39,4  | 54,2  | 49,6 |
| Fosfor ogólny    | Mg/rok                           | 1,9       | 3,8   | 4,4   | 3,8  |

W próbie pobranej w 18,01 km wyniki badań osadów kształtowały się odmien-  
nie. Udział części mineralnych wyniósł tu prawie 100% (ryc. 8). Na odcinku tym  
(od śluzy 5 do punktu pomiarowego) zlokalizowanych jest pięć wylotów kanaliza-  
cji deszczowej, które odprowadzają wody opadowe i roztopowe z ulic, parkingów  
i terenów przemysłowych o trwałej nawierzchni z bydgoskich osiedli: Osowa Góra,  
Miedzyń i Czyżkówko. Ścieki te zawierają dużą ilość zawiesiny i substancji ropopo-  
chodnych (*Projekt...* 2004).

Podsumowując można ocenić, że najbardziej narażony na wypełnianie osadami  
allochtonicznymi jest odcinek Kanału pomiędzy śluzami 4 i 5, na którym znajduje  
się aż dziewięć wylotów kanalizacji deszczowej oraz wyloty z dwóch oczyszczalni:  
Osowa Góra (nr 58, ryc. 8) i Białe Błota (Struga Młyńska, ryc. 8). Według badań  
WIOŚ duża ilość zanieczyszczeń, w tym zawiesiny, doprowadzana jest do Kanału  
Bydgoskiego z wodami Noteci poprzez Kanał Górnonotecki (informacja ustna).  
Akumulacja dopływającego rumowiska zachodzi w tym przypadku najsilniej na  
górnym stanowisku (powyżej śluzy Osowa Góra – nr 6).

Jednym z ważniejszych źródeł osadów wypełniających koryto Kanału Bydgo-  
skiego jest roślinność wodna. Według J. Żelazo (1992), bardzo duży wpływ na roz-  
wój makrofitów ma żyzność wody. Zależy ona w znacznej mierze od gospodarczej  
działalności człowieka: zrzutów ścieków, żeglugi, zagospodarowania rolniczego  
zlewni, w tym wypasu bydła. Przebieg zarastania cieków jest ściśle uzależniony od  
ich morfologii i warunków hydrologicznych, a procesy korytowe zachodzące przy  
udziale roślinności mają charakter okresowy, związany z sezonowością wegetacji.  
Najbardziej charakterystycznym zjawiskiem fluwialnym, do którego przyczynia się  
roślinność wodna, jest depozycja rumowiska w dnie koryta. Makrofity z jednej stro-  
ny stymulują akumulację materiału wlezonego (Rachocki 1978), a z drugiej w ich  
płatach następuje corocznie odkładanie biomasy pochodzącej z obumierania róż-  
nych organizmów bytujących w wodzie (Dąbkowski, Pachuta 1996).

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że proces zarastania Kanału Bydgo-  
skiego przebiega nierównomiernie. W latach 2005-2007 zinventaryzowano kilkana-  
ście gatunków roślinności podwodnej, powietrzno-wodnej i pływającej. Szczególnie  
bujnie porośnięte są brzegi. Około 80% ich długości porastają rośliny powietrzno-  
wodne, które często stanowią szeroki pas wchodzący do koryta na ponad dwa metry.  
Należy przy tym pamiętać, że roślinność powietrzno-wodna produkuje od 30 do  
90 ton fitomasy z hektara w ciągu roku, czyli więcej niż roślinność tropikalnych la-  
sów deszczowych – od 40 do 60 ton z hektara (Dąbkowski, Pachuta 1996). Ze względu  
na dużą żyzność środowiska wodnego, roślinność podwodną reprezentują gatunki  
pospolite (rdestnice, moczarka, rogatek, grążele), obumierające jesienią i stanowiące  
źródło znacznej ilości biomasy. Roślinność pływająca, reprezentowana przez jeden  
z gatunków rzęs, pojawia się od połowy lipca do połowy września. Jej bujne wystę-  
powanie zaobserwowano po raz pierwszy 7-8 lat temu. Ta charakterystyczna dla wód  
stojących roślina szczególnie silnie rozwija się na Kanale Górnonoteckim, powyżej  
obiektów piętrzących oraz w zarośniętych fragmentach strefy brzegowej i podczas



śluzowań przemieszcza się w kierunku Kanału Bydgoskiego. Tutaj również największe jej ilości gromadzą się przy śluzach – obserwowano nagromadzenie warstw do 1 metra miąższości. Brak regularnego przepływu w Kanale powoduje konieczność wykonywania w sezonie letnim dodatkowych śluzowań w celu oczyszczenia górnych awanportów śluz z rzęsy. Jak wykazały obserwacje terenowe, w szczycie sezonu wegetacyjnego rzęsa pokrywa w 100% lustro wody na Kanale Bydgoskim. W połowie września, wraz z obniżeniem się temperatury powietrza, następuje masowe opadanie roślin na dno. Znaczną część biomasy akumulowanej w korycie stanowią także liście drzew rosnących wzdłuż Kanału. Szczególnie liczne toполе towarzyszą brzegom pomiędzy śluzą Prądy (nr 5) a śluzą Okole (nr 3).

### Mechanizmy transportu rumowiska

Rozmieszczenie poszczególnych źródeł dostawy osadów do Kanału Bydgoskiego oraz analiza zmian głębokości jego koryta w badanym wieloleciu na poszczególnych odcinkach pozwala sformułować pewne uwagi dotyczące mechanizmów przemieszczania się rumowiska. Znaczne wahania rzędnych w pobliżu urządzeń piętrzących sugerują, że śluzowanie jednostek pływających jest podstawowym czynnikiem umożliwiającym transport rumowiska pomiędzy górnymi i dolnymi awanportami śluz. Wpływ pracy śluz na proces przemieszczania się osadów potwierdzają informacje zawarte w wytycznych dotyczących użytkowania kanałów żeglugowych, gdzie podaje się, że strefa erozji i depozycji może sięgać nawet do 500 metrów powyżej i poniżej obiektu (Arkuszewski i in. 1971).

W przypadku Kanału Bydgoskiego szczególnie duże wahania położenia dna w pobliżu śluzy Prądy (nr 5) związane są z lokalizacją poniżej tej śluzy wylotu z oczyszczalni Osowa Góra. Stanowi on istotne źródło osadów, przede wszystkim organicznych, ale także mineralnych. Ten drugi typ osadów akumulowany jest u wylotu w postaci stożka. Jednocześnie, jak wynika z rozmów przeprowadzonych z pracownikami Zarządu Zlewni Noteci w Bydgoszczy, na odcinku tym, bliżej brzegu lewego, przeciwnieległego w stosunku do wylotu, występuje trwałe, znaczne obniżenie dna o ograniczonym zasięgu przestrzennym (10-15 metrów). W trakcie wykonywanych sondowań zarejestrowano znaczne wahania położenia dna właśnie w strefie tego obniżenia. Jest ono wypełnione półpłynnym osadem, który jest wzruszany i częściowo redeponowany w trakcie śluzowania i ruchu jednostek pływających, poruszających się na jego linii. Trudno wyjaśnić, dlaczego zagłębienie to utrzymuje się trwale w strefie wylotu z oczyszczalni ścieków. Możliwe, że woda dopływająca z oczyszczalni, po zrzuceniu grubszego osadu w obrębie stożka, powoduje tworzenie dalej przegłębienia, wypełnianego przez drobniejszy, bardziej podatny na rozmywanie materiał. O akumulacji zawiesziny dostarczanej wraz z wodą z oczyszczalni w bliskiej odległości od wylotu świadczy znaczna zawartość materii organicznej w osadach dennych, dużo większa niż w kolejnym punkcie pomiarowym, zlokalizowanym w połowie odległości pomiędzy śluzami nr 4 i 5 (ryc. 8).



Innym czynnikiem powodującym wzruszanie i częściową redepozycję osadów, zwłaszcza zawiesiny, jest ruch jednostek pływających na odcinkach pomiędzy śluzami. W czerwcu 2004 roku obserwowano na Kanale Bydgoskim ruch rumowiska i zmianę warunków termiczno-tlenowych wody po przepłynięciu zestawu pchanego. Koryto na badanym odcinku nie osiągało głębokości tranzytowych 2,2 metra, w centralnej części głębokość wynosiła ona bowiem zaledwie 1,5 metra. Przed przepłynięciem jednostki nasycenie tlenem na głębokości 20 cm wynosiło około 60%. Za rufą holownika dochodziło do gwałtownego mieszania osadów dennych z wodą, która przyjmowała barwę czarną. Całkowite odtlenienie wód następowało w strefie odległej o 200-250 metrów za jednostką. Doprowadziło to do śnięcia ichtiofauny oraz pogorszenia warunków fotycznych (Habel, Makarewicz 2006). W takich warunkach dochodzić może też do uwolnienia znacznych ilości fosforu i w konsekwencji wzmocnienia procesu eutrofizacji (Wiśniewski 1994). Z pewnością proces resuspencji osadów już przy niewielkich prędkościach pływania jednostki jest ściśle związany ze zbyt małą w obecnych warunkach głębokością koryta.

### Podsumowanie i wnioski

Jedną z ważniejszych przyczyn szybkiego tempa zamulania koryta Kanału Bydgoskiego są niskie wartości wymiany wody, związane ze znacznym ograniczeniem ruchu jednostek pływających. Drugi podstawowy czynnik przyśpieszający ten proces związany jest z faktem, że znaczną część odpływu w Kanale stanowią ścieki. Duża dostawa zanieczyszczeń, w tym zawiesiny i brak ruchu wody, nie sprzyjają transportowi rumowiska. Z drugiej strony powodują stałe pogarszanie jakości wody, co prowadzi do wzrostu tempa eutrofizacji i produkcji pierwotnej w postaci fitoplanktonu oraz roślinności wodnej. Obumieranie organizmów po zakończeniu sezonu wegetacyjnego przyspiesza narastanie osadów dennych. Rozwój rzęsy w formie gęstego kożucha sprawia dodatkowo, że ograniczeniu ulegają warunki fotyczne. W konsekwencji prowadzi to do pogorszenia warunków tlenowych i wzrostu BZT<sub>5</sub>. Ograniczenie możliwości rozkładu materii organicznej zwiększa udział części organicznych w osadach dennych. Podkreślić należy także niekorzystne, z punktu widzenia stabilności dna, skutki lokalizacji wylotu z oczyszczalni Osowa Góra w tak bliskim położeniu w stosunku do śluzy nr 5.

Redepozycja osadów następuje głównie w wyniku pracy obiektów hydrotechnicznych – śluz. Rzadki jednak w ostatnich latach ruch jednostek pływających powoduje, że obecnie procesy zachodzące w korycie są charakterystyczne dla zbiorników wód stojących. Wszystkie te czynniki prowadzą do stałej tendencji wypływania koryta Kanału Bydgoskiego.

Przedstawione wyniki i wnioski mają charakter wstępny i będą uzupełnione dalszymi badaniami. Należy zdać sobie bowiem sprawę, że sondowania dna wykonywane jeden raz w roku, sporadycznie dwa razy, nie dają pełnej odpowiedzi co do przyczyn wahań rzędnych dna i mechanizmów redepozycji osadów. Wymagane jest



przeprowadzenie kilku sondowań w trakcie jednego roku, z uwzględnieniem okresu przed i w trakcie prowadzenia żeglugi.

W celu przywrócenia pierwotnych parametrów eksploatacyjnych Kanału Bydgoskiego przewidziano wykonanie robót bagrowniczych. Na 2008 rok planowane jest ponowne udrożnienie miejskiego odcinka Kanału poprzez częściowe oczyszczenie z osadów dennych. Prace te mają doprowadzić do poprawy warunków hydraulicznych i jakościowych wody. Na podstawie przeprowadzonych badań można jednak stwierdzić, że w celu racjonalnego wykorzystania Kanału Bydgoskiego, po wydobyciu osadów, należałoby ograniczyć dostawę wód zanieczyszczonych oraz ustalić harmonogram pracy śluz, wspomagający proces transportu rumowiska. Pierwszy warunek zostanie spełniony po przeprowadzeniu projektu „Bydgoski System Wodny i Kanalizacyjny II”, w którym zaplanowano zakończenie w przeciągu najbliższych kilku lat eksploatacji oczyszczalni Osowa Góra. Spełnienie drugiego warunku byłoby możliwe w przypadku zwiększenia częstotliwości ruchu jednostek pływających po Kanale Bydgoskim.

## Literatura

- Arkuszewski A., Przyłęcki W., Symonowicz A., Żylicki A., 1971. *Eksploatacja dróg wodnych*, Wyd. Arkady, Warszawa.
- Babiński Z., Habel M., 2007. *Turisticzeskije poctincstwa wodnowo puti Wisła-Odra*, Materiały Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji „Рекреационное природопользование, туризм и устойчивое развитие регионов”, Izdat. Altajskogo Universiteta, Barnaul, Rosja.
- Czarnecka H. (red.), 1980. *Podział hydrograficzny Polski, Część II, Mapa 1:200000*, IMGW, Wyd. Geol., Warszawa.
- Dąbkowski Sz., Pachuta K., 1996. *Roślinność i hydraulika koryt zarośniętych*, IMUZ, Falenty.
- Gotowski R., 2005. *Wykorzystanie bydgoskiego węzła wodnego w ruchu turystycznym w latach 1997-2003*, Promotio Geographica Bydostiensia, Akademia Bydgoska, t. 1.
- 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.
- Jankowski A.T., 1975. *Stosunki hydrograficzne bydgoskiego węzła wodnego i ich zmiany spowodowane gospodarczą działalnością człowieka*, Studia Soc. Scien. Torunensis, supp. VII.
- Kondracki J., 2002. *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kowalczyk S., Ujda K., 1987. *Pomiary porównawcze opadów atmosferycznych*, Mat. Bad. IMGW, Seria Meteorologia, 14, s. 9-12.
- Operaty wodno-prawne stopień piętrzący Dębinek VI i Osowa Góra*, 1999. RZGW Poznań, Zarząd Zlewni Noteci w Bydgoszczy (maszynopis).
- Dane z sondowań koryta Kanału Bydgoskiego z lat 1988-2004*. Niepublikowane materiały RZGW w Poznaniu, Zarząd Zlewni Noteci w Bydgoszczy.

*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 w Bydgoszczy (maszynopis).*

Rachocki A., 1978. *Wpływ roślinności na kształtowanie koryt i brzegów rzek*, Przegl. Geogr., z. 3.

*Roczniki hydrologiczne wód powierzchniowych. Dorzecze Wisły i rzeki Przymorza na wschód od Wisły, lata 1965-1983. IMGW, Warszawa, Wyd. Komunikacji i Łączności.*

*Roczniki hydrologiczne wód powierzchniowych. Dorzecze Odry i rzeki Przymorza na zachód od Wisły, lata 1965-1983. IMGW, Warszawa, Wyd. Komunikacji i Łączności.*

*Roczniki opadów atmosferycznych, lata 1955-1981. IMGW, Warszawa, Wyd. Komunikacji i Łączności.*

Wiśniewski R., 1994. *Rola resuspensji osadów dennych w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych*, Wyd. UMK, Toruń.

Żelazo J., 1992. *Roślinność w inżynierii rzecznej*, Gosp. Wodna, 5.