

## Oddziaływanie miast na zamulanie dróg wodnych – na przykładzie ujściowego odcinka Brdy w Bydgoszczy

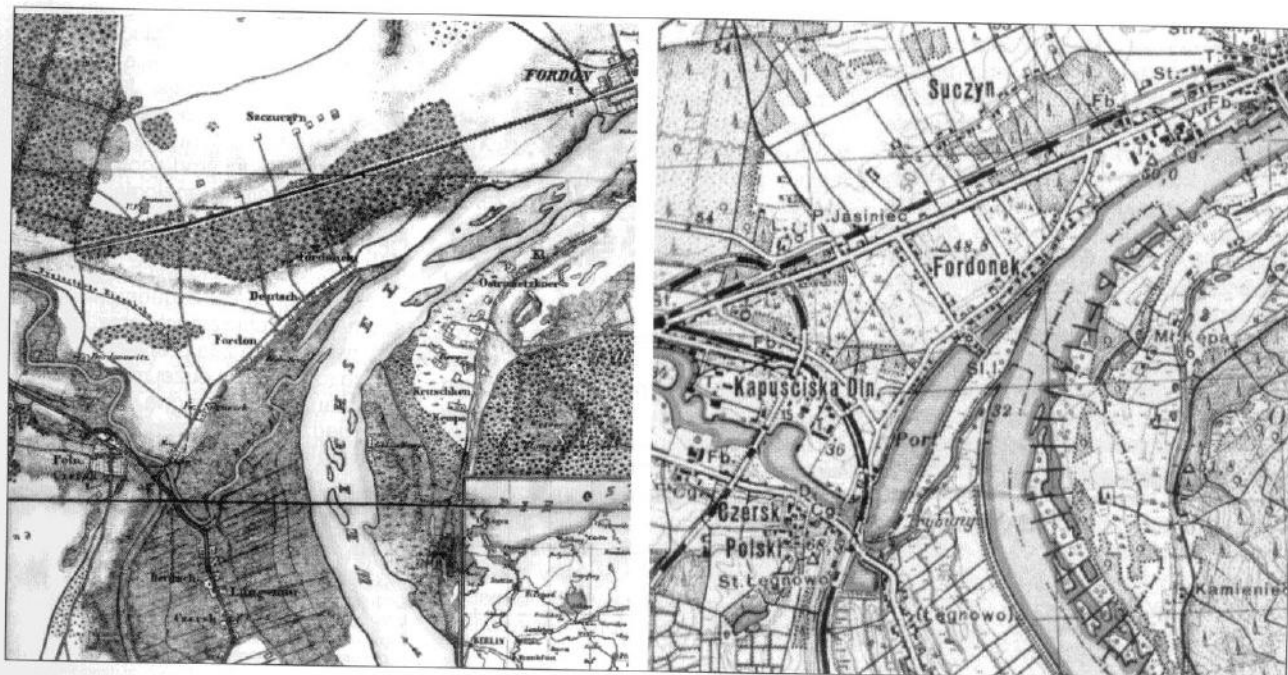
Ujściowy odcinek Brdy stanowi kluczowy fragment międzynarodowej drogi wodnej E 70. Na parametry tego odcinka szlaku wodnego negatywnie oddziałuje jednak sąsiedztwo samego miasta. Artykuł prezentuje wyniki ostatnich badań hydromorfologicznych ujściowego odcinka Brdy. Praca jest kontynuacją rozpoczętych w 2005 r. badań pracowników Zakładu Hydrologii i Ochrony Wód IG UKW w Bydgoszczy, obecnie Katedry Rewitalizacji Dróg Wodnych, mających na celu rewitalizację funkcji żeglugowych Bydgoskiego Węzła Wodnego. Pierwszym etapem badań było wskazanie głównych źródeł zanieczyszczeń wód i osadów Kanału Bydgoskiego [Habel, Makarewicz 2006]. W kolejnych latach, na podstawie materiałów archiwalnych i własnych pomiarów terenowych określono mechanizmy, przyczyny i tempo zamulania miejskiego odcinka koryta kanału [Babiński, Habel, Szumińska 2008]. Kolejny etap to ocena jakości zdeponowanych tam osadów dennych, w tym przestrzennego zróżnicowania ich cech litologicznych i sedimentologicznych [Gierszewski, Habel 2011]. W latach 2011–2012 prowadzono badania Brdy w odcinku od ul. Marcinkowskiego do ujścia rzeki do Wisły omówione w tym artykule.

**A**by rozpoznać mechanizmy dostawy i transportu materiału osadowego w korycie Brdy w Bydgoszczy, przeprowadzono badania terenowe: pomiary batymetryczne akwenu, geodezyjne zdjęcie rzędnych zwierciadła wody w profilu podłużnym, pomiary spadków, sondowanie w 10 profilach poprzecznych miąższości nagromadzonych osadów dennych, pomiary głębokości koryta w 50 przekrojach poprzecznych. Przeanalizowano pozyskane dane dotyczące jakości wód pobranych przez WIOŚ w Bydgoszczy w posterunku zlokalizowanym powyżej Bydgoszczy (wodowskaz Smukała) i poniżej Bydgoszczy (Brdujście – tor regatowy). Poddano analizie wyniki dotyczące jakości osadów pobranych z powierzchniowej warstwy sedimentów zgromadzonych w torze regatowym. Zebrano dane dotyczące ilości

zrzuconych ścieków komunalnych do koryta Brdy w Bydgoszczy.

Brda, w dolnym swoim biegu, cechuje się silną presją miasta. Szczególnie istotnym przejawem antropopresji było spiętrzenie rzeki w jej ujściu do Wisły o ponad cztery metry w latach siedemdziesiątych XIX wieku (rys. 1) na potrzeby silnie rozwijającego się przemysłu drzewnego, dla zachowania zdolności żeglugowych Brdy na ujściowym biegu oraz ochrony Bydgoszczy przed wdarciem się wezbranych wód Wisły w górę rzeki. Obecnie budowle piętrzące stanowią urządzenia na tzw. hydrowęzle Czersko Polskie, tj.: jaz walcowy z 1907 r., śluza Czersko Polskie oddana do użytku w 1999 r., nieczynna już śluza Brdujście z XIX w. oraz elektrownia wodna Mewat.

Spiętrzenie ujściowego odcinka Brdy spowodowało zalanie istniejącej doliny



Rys. 1. Zmiany sieci hydrograficznej ujściowego odcinka Brdy (źródło: Plan von Bromberg und Umgegend, 1857 r.; Mapa WIG: Bydgoszcz i okolica, 1935 r.)

na długości nieco ponad 1,5 km i szerokości ok. 300 m. Powstał w ten sposób zbiornik wodny o powierzchni ok. 60 ha. Już w pierwszych latach jego funkcjonowania większy z fragmentów zaadaptowano do celów rekreacyjnych jako tor do sportów wodnych. Przez ten zbiornik przebiega szlak wodny łączący dwa dorzecza Odry i Wisły (MDW E 70), wytyczony w kierunku śluzy Czersko Polskie, wzdłuż wschodniego brzegu toru regatowego (rys. 2).

### ■ Dostawa materiału osadowego a morfologia koryta

Brda była również przez ponad 40 lat odbiornikiem nieoczyszczonych ścieków komunalnych, przemysłowych i deszczowych. Jeszcze w 2001 r. 16,6% odprowadzanych do Brdy ścieków stanowiły ścieki surowe (rys. 3). Odbiornikami zużytych wód na terenie miasta były oczywiście również Wisła i Kanał Bydgoski, lecz do Brdy trafiało 70% wszystkich ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych w ściekach [Bydgoski program... 2001]. Po oddaniu do użytku dwóch dużych oczyszczalni ścieków, po 2004 r. ścieki komunalne nie trafiają już do Brdy. Istotne wyniki badań podaje E. Jutrowska (2001), m.in., że gospodarka komunalna tylko na odcinku rzeki od wodowskazu w Smukała do ujścia do Wisły wprowadza ok. 97% całej ilości ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych dorzecza Brdy. Wraz z tymi ściekami wprowadzana jest zawiesina, której ilość stanowi ok. 99% całości zawiesiny ogólnej odprowadzanej w ściekach do wód powierzchniowych dorzecza Brdy.

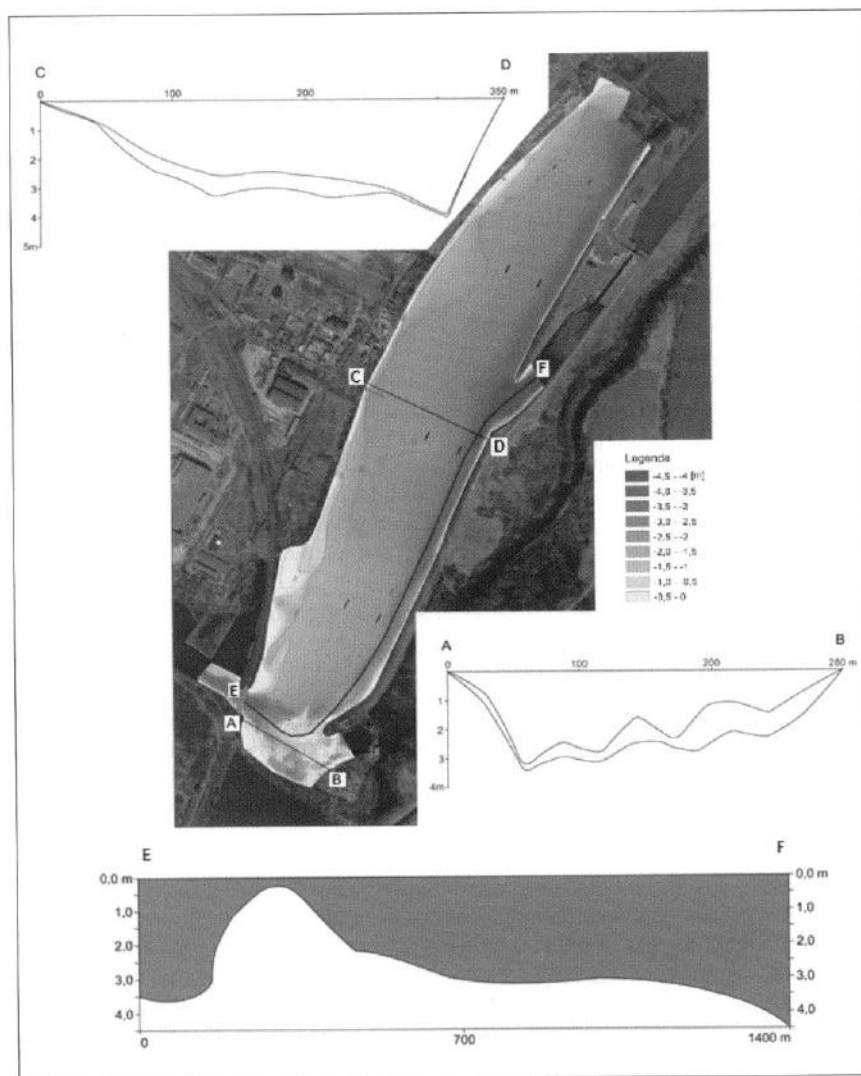
Osady powstają w wyniku działania procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, łącznie składających się na procesy sedymentacyjne. Duży wpływ na transport fluwialny odgrywa rumowisko klastyczne, a w szczególności zawiesina. Zawiesina, stanowiąca bardzo drobny materiał pochodzący z denudacji i erozji powierzchni zlewni, często jest pokryta warstwą substancji toksycznych i już przy niewielkich prędkościach ulega transportowi. Jednak w „cieniu” nurtu, w miejscach przeszkód w korycie, następuje jej akumulacja. Może to być akumulacja stała, w wyniku której tworzą się „pokłady” osadów ilasto-mułkowych, lub może być to sedymentacja chwilowa, po której następuje jej ponowne włączenie do transportu rzeczno-geologicznego w wyniku tzw. procesu resuspensji.

Odcinek ujściowy Brdy, jak wykazały przeprowadzone pomiary spadków zwierciadła wody w profilu podłużnym, umożliwia wzmożoną sedymentację materiału osadowego. Analiza jednego z podstawowych wskaźników uwzględnianych przy ocenie stanu wód – zawiesiny ogólnej, wskazuje, iż wody na ujściowym odcinku Brdy (stanowisko jaz Czersko Polskie) cechują się zdecydowanie wyższym obciążeniem w materiał unoszony, aniżeli wody powyżej miasta (stanowisko Smukała) (rys. 4).

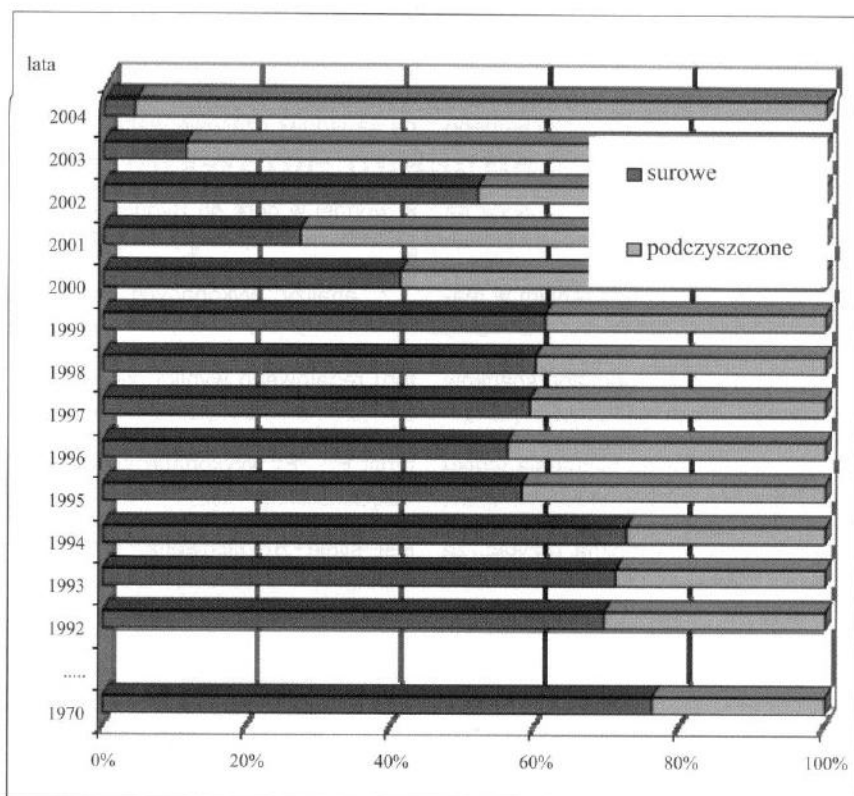
Przeprowadzone pomiary spadków zwierciadła wody w profilu podłużnym 12-kilometrowego odcinka rzeki pozwoliło ustalić zasięg piętrzenia (cofki) zbiornika (rys. 5). Na podstawie analizy profilu podłużnego zwierciadła wody i dna koryta rzeki można przyjąć, że główny basen sedymentacyjny osadów miejskiego odcinka Brdy stanowi akwen toru regatowego wraz ze strefą zmiennej cofki sięgającej aż do ok. 5 km w górę rzeki (rys. 5). Zauważalne są jednak czasowe wahania zasięgu oddziaływania piętrzenia w zależności od hydroenergetycznej gospodarki wodnej w górę od Bydgoszczy (trzy stopnie wodne poniżej zbiornika koronowskiego).

Z analizy wykonanych pomiarów morfometrycznych w przekrojach poprzecznych i podłużnych rzeki oraz toru regatowego wynika, że w szczególności tor regatowy cechuje się dużym nagromadzeniem osadów (rys. 2, profil E – F). Wykonane sondowania miąższości osadów dennych toru regatowego wskazują, iż pokrywa osadowa jest silnie zróżnicowana. Miąższości akumulowanego materiału, w zależno-

ści od hydroenergetycznej gospodarki wodnej w górę od Bydgoszczy (trzy stopnie wodne poniżej zbiornika koronowskiego).



Rys. 2. Batymetria toru regatowego wraz z wybranymi profilami miąższości osadów dennych A – B i C – D oraz profilem podłużnym dna w szlaku nawigacyjnym E – F (pomiar z 28.10.2011 r. i opracowanie: Z. Babiński, M. Habel, D. Szumińska, P. Twaróg)



Rys. 3. Stopień oczyszczania ścieków miejskich w Bydgoszczy odprowadzanych do koryta Brdy (opracowano na podstawie niepublikowanych danych MWiK w Bydgoszczy)

ści od miejsca, oscylują w zakresie od 0,1 m do 1,6 m (rys. 2, profile A – B, C – D). Na podstawie miąższości osadów na torze regatowym wyróżniono dwie strefy:

- południowy fragment toru, pomiędzy mostem kolejowym a jazem walcowym;
- środkowa i północna część toru regatowego.

Pierwsza strefa obejmuje niewielką powierzchniowo część, jednak cechuje się silnym zróżnicowaniem morfometrii dna oraz miąższości osadów (rys. 2). Średnia głębokość toru regatowego w tym miejscu, oszacowana na podstawie pomiarów terenowych, wynosi 1,78 m, a miąższość osadów – 0,56 m. Druga część toru regatowego cechuje się odmienną morfometrią dna i wielkością nagromadzenia osadów. W rzeźbie dna można wyraźnie odróżnić dwie części: zachodnią – płytszą o większej miąższości osadu dennego, oraz wschodnią – głębszą o zdecydowanie mniejszej ilości akumulowanego materiału (rys. 2). Zachodnia część cechuje się średnią głębokością wynoszącą 1,93 m, natomiast głębokość średnia wschodniej części wynosi 2,94 m. Osady denne

natomiast cechuje zróżnicowanie wynoszące odpowiednio 0,50 m i 0,32 m. Odrębność dwóch części zbiornika można wiązać z funkcjonowaniem po wschodniej części akwenu drogi wodnej E 70 oraz zapewne prowadzonych w latach 2004–2005 prac bagrowniczych, związanych z utrzymaniem ww. szlaku wodnego.

### ■ Jakość wód i osadów dennych

Jakość osadów dennych toru regatowego przedstawia J. Makarewicz (2005), bazując na wynikach uzyskanych w czasie bagrowania osadów dennych w dwóch częściach zbiornika. Na uwagę zasługuje fakt, iż stężenia wybranych metali ciężkich na torze regatowym cechowały się kilkukrotnie wyższymi wartościami niż wartości tych samych metali oznaczane przez Państwowy Instytut Geologiczny w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, na stanowisku poniżej jazu walcowego. Świadczy to o wzmożonej akumulacji osadów dennych w torze regatowym. Najnowsze badania wybranych metali ciężkich toru regatowego Brdyujście, przeprowadzone w 2012 r. przez WIOŚ w Bydgoszczy,

wskazują na spadek stężeń w południowej części toru przy jednoczesnym wzroście wartości wskaźników w jego północnej części. Jest to związane ze wzmożoną akumulacją metali ciężkich w północnej części zbiornika, w wyniku braku przepływu wód. Jaz walcowy, położony w południowej części toru, wymuszając przepływ wody, przyczynia się do zmniejszenia tempa akumulacji metali w osadach dennych.

Wysokie stężenia metali ciężkich w osadach dennych toru regatowego świadczą ponadto o silnej presji antropogenicznej na wody ujściowego odcinka Brdy. Porównanie ocen geochemicznych osadów dennych na podstawie badań Państwowego Instytutu Geologicznego w ramach PMS na dwóch stanowiskach na Brdzie, położonych powyżej oraz poniżej Bydgoszczy, ukazuje niekorzystny wpływ miasta w czasach historycznych oraz potwierdza tezę o akumulacji metali ciężkich w osadach dennych toru regatowego. Na stanowisku Smukała ocena geochemiczna wskazuje, iż osady denne są niezanieczyszczone, natomiast na stanowisku poniżej miasta ocena geochemiczna przyjmuje klasę zanieczyszczonej.

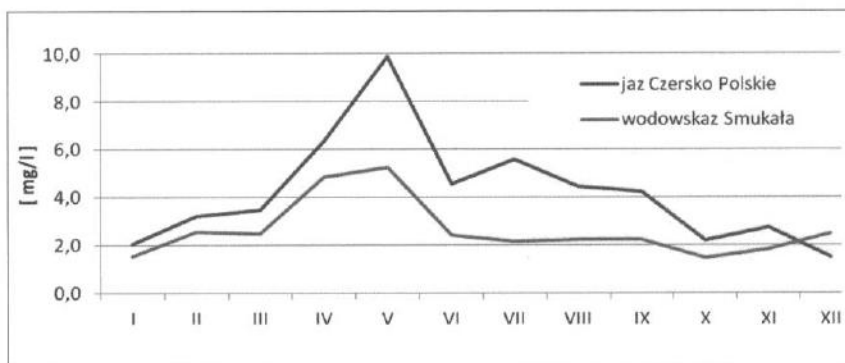
Również pozostałe wskaźniki kwantyfikujące stan wód cechują się wyższymi wartościami na stanowisku położonym na jazu Czersko Polskie niż w części Brdy przed Bydgoszczą. Obciążenie wód Brdy w substancje organiczne na stanowisku położonym w północnej części miasta (wodowskaz Smukała) jest niewielkie. Odnotowywane wartości oscylują w zakresie od 0,9 mgO<sub>2</sub>/l w 2011 r. do 4,5 mgO<sub>2</sub>/l w 1995 r. Na stanowisku zlokalizowanym na jazu w Czersku Polskim wartości BZT<sub>5</sub> oscylują w zakresie od 0,8 mgO<sub>2</sub>/l w 2011 r. do 7,1 mgO<sub>2</sub>/l w 1995 r. Porównując wartości średnioroczne analizowanego wskaźnika, zauważyć można, że stanowisko Smukała cechuje się o wiele niższymi wartościami niż wody badane na stanowisku położonym na jazu Czersko Polskie. Świadczy to o akumulacji substancji organicznej na miejskim odcinku Brdy. W omawianym okresie (1995–2011) na obu analizowanych stanowiskach obciążenie wód w substancje organiczne cechuje się tendencją spadkową. Wartość średnioroczna systematycznie maleje od 2,2 mgO<sub>2</sub>/l (stanowisko Smukała) i 4,7 mgO<sub>2</sub>/l (stanowisko Czersko Polskie) do odpowiednio według stanowisk 1,6 mgO<sub>2</sub>/l i 1,8 mgO<sub>2</sub>/l. ▶



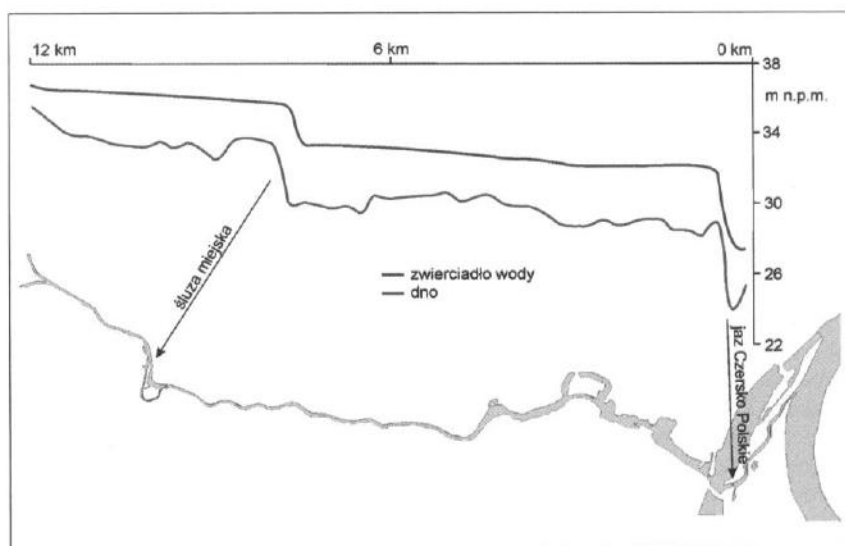
► Obciążenie wód Brdy w substancje biogenne, na przykładzie fosforu ogólnego, na stanowisku Smukała jest dwukrotnie niższe niż na stanowisku jaz Czersko Polskie. Odnotowywane wartości w Smukale oscylują w zakresie od 0,030 mgP/l w 2001 r. do 0,330 mgP/l w 2005 r. Na stanowisku zlokalizowanym na jazu w Czersku Polskim stężenia fosforu ogólnego oscylują w zakresie od 0,046 mgP/l w 2011 r. do 0,490 mgP/l w 1995 r. Zróżnicowanie to świadczy o akumulacji substancji biogennej w ujściowym odcinku Brdy. W analizowanym okresie (1995–2011) obciążenie wód w substancje biogenne cechuje się tendencją spadkową na stanowisku w Czersku Polskim. Średnioroczne stężenie maleje z poziomu 0,270 mgP/l w 1995 r., do poziomu 0,110 mgP/l w 2011 r. Na stanowisku Smukała średnioroczne wartości fosforu ogólnego oscylują w całym okresie na zbliżonym poziomie – 0,100 mgP/l.

## Wnioski

Ujściowy odcinek Brdy od wielu wieków ulegał silnej presji antropogenicznej. Począwszy od zabiegów regulacyjnych na końcu XIX wieku, które doprowadziły nie tylko do wzrostu powierzchni zwierciadła wody, w wyniku podpiętrzenia wód Brdy jazem Czersko Polskie, ale również do zmiany charakteru odcinka z fluwialnego – będącego pod silnym wpływem Wisły – na charakter bardziej relimniczny (zbiornikowy). Zmiany te stworzyły na obszarze toru regatowego dogodne warunki do akumulacji materiału dostarczanego ze zlewni (do 1965 r.) oraz z kolektorów ścieków komunalnych i deszczowych. W połączeniu z dalszym rozwojem miasta (przemysłowym i demograficznym), proces ten decydował o kumulacji zanieczyszczeń w osadach dennych, klasyfikowanych według kryterium geochemicznego jako zanieczyszczone. Na ok. 3-kilometrowym odcinku Brdy powyżej jazu Czersko Polskie następowała intensywna akumulacja rumowiska. W latach 2004–2005 bagrowano jedynie fragment toru regatowego. Z ostatnich badań wynika, że – aby zapewnić minimalną głębokości w szlaku nawigacyjnym MDW E 70 konieczne trzeba będzie kolejny raz przeprowadzić prace pogłębiarskie w południowej części toru regatowego.



Rys. 4. Wartości średniomiesięczne zawiesiny ogólnej na wybranych stanowiskach Brdy (źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Państwowego Monitoringu Środowiska – lata 1995, 2001, 2005, 2011)



Rys. 5. Profil podłużny zwierciadła wody i dna w nurcie ujściowego odcinka Brdy w Bydgoszczy na tle sieci hydrograficznej (źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów terenowych i cyfrowej mapy hydrograficznej Polski – 2007)

## LITERATURA

1. Z. BABIŃSKI, M. HABEL, D. SZUMIŃSKA, 2008, Mechanizmy i przyczyny zamulania koryta Kanału Bydgoskiego, w: [red.] Z. Babiński, Rewitalizacja drogi wodnej Wisła-Odra szansą dla gospodarki regionu, Przyroda i Turystyka Regionu Pomorza i Kujaw, Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego i Instytut Geografii UKW, wyd. Logo, Bydgoszcz, s. 65–81.
2. Bydgoski program renowacji i rekultywacji istniejącego systemu wodno-kanalizacyjnego, 2004, MWiK w Bydgoszczy (Ocena oddziaływania na środowisko, Studium wykonalności).
3. Cyfrowa Mapa Podziału Hydrograficznego Polski, 2007, wykonana przez Zakład Hydrografii i Morfologii Koryt Rzecznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska i sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, <http://www.ew.koronowo.pl>.
4. P. GIERSZEWSKI, M. HABEL, 2011, Cechy litologiczne osadów dennych Kanału Bydgoskiego,

5. M. HABEL, J. MAKAREWICZ, 2006, Degradacja bydgoskiego odcinka Kanału Bydgoskiego, [w:] P. Gierszewski, M. Karasiewicz (red.), Idee i praktyczny uniwersalizm geografii – geografia fizyczna, *Dokumentacja Geograficzna* nr 32, Wyd. IGI PAN, s. 99–105.
6. E. JUTROWSKA, 2001, Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych w dorzeczu Brdy w XIX i XX wieku, UMK – praca doktorska (niepublikowana).
7. J. MAKAREWICZ, 2005, Wpływ pogłębiania toru regatowego w Brdyujściu na jakość wód Brdy oraz zmiany koncentracji wybranych metali ciężkich i WWA w powierzchniowej warstwie osadów dennych, Inspekcja Ochrony Środowiska, Bydgoszcz.
8. Mapa WIG: Bydgoszcz i okolica, 1935, Archiwum Map Wojskowego Instytutu Geograficznego (<http://polski.mapywig.org>).
9. Plan von Bromberg und Umgegend, 1857, Wojewódzka i Miejska Biblioteka Publiczna w Bydgoszczy.