

Badania osadów dennych w rejonie granicznych meandrów Górnej Odry

Robert Kasperek

Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław

Czesława Rosik-Dulewska

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze

Mirosław Wiatkowski

Uniwersytet Opolski

1. Wstęp

Większość docierających do wód powierzchniowych zanieczyszczeń nieorganicznych, w tym metali ciężkich oraz toksycznych związków organicznych o małej rozpuszczalności i trudno ulegających degradacji, w końcowym etapie migracji zatrzymywana jest w osadach dennych. Szczególnie wysokie zawartości zanieczyszczeń wykrywane są w pobliżu antropogenicznych źródeł zanieczyszczenia. Wzrost zawartości zanieczyszczeń w osadach dennych powodowany jest również depozycją z atmosfery (ołów, arsen, kadm i rtęć) oraz przez spływ powierzchniowy z terenów zurbanizowanych (metale ciężkie, WWA) i rolniczych (arsen, rtęć, pestycydy). Osady o wysokiej zawartości szkodliwych składników mogą być źródłem zanieczyszczenia. Na wskutek wezbrań lub działalności człowieka (transport, odmulanie, wydobywanie kruszywa) następuje przemieszczanie się osadów dennych do wyższych warstw wody, a tym samym narażenie organizmów wodnych na ich działanie. W wyniku zachodzących w wodzie procesów chemicznych i biochemicznych część szkodliwych składników zawartych w osadach może ulegać ponownemu „uruchomieniu” do wody i być pobierana przez organizmy żywe. Podczas powodzi zanieczyszczone osady są transportowane w dół rzeki i odkładane w innych miejscach, gdzie wcześniej nie stwierdzono zanieczyszczeń. Rumowisko denne nie tylko magazynuje toksyczne zanieczyszczenia, ale także stanowi integralną część środowiska wodnego oraz jest miejscem bytowania, odżywiania i rozm-

nażania organizmów żywych. Ujemne oddziaływanie zanieczyszczonych osadów na organizmy żyjące w nich lub w pobliżu dna, może występować nawet wówczas, kiedy poziom zanieczyszczeń w wodzie ponad osadami odpowiada kryteriom jakości. Badania bentosu wykazały, że zanieczyszczone osady mogą powodować ostre i chroniczne zatrucia organizmów wodnych, a w szczególności ryb. Zanieczyszczone osady wpływają na redukcję wielu gatunków fauny wodnej mających znaczenie użytkowe i ekologiczne (ślimaki, kraby, ryby). Mogą również wpływać na zaburzenie naturalnej konkurencyjności.

Rumowisko denne jest ważnym elementem ekosystemów wodnych, bardzo przydatnym do kontrolowania jakości środowiska wód powierzchniowych poprzez badania zanieczyszczeń m.in. metalami ciężkimi, jak i szkodliwymi związkami organicznymi.

W Polsce badania geochemiczne osadów dennych są prowadzone od początku lat 90-tych ubiegłego stulecia na zlecenie Inspekcji Ochrony Środowiska. Osady rzeczne są badane w ramach sieci monitoringu w 300 punktach pomiarowych, m.in. na Górnym Odrze w Chałupkach. Próbkę osadów do badań pobierane są w okresie letnim ze strefy brzegowej w miejscach, gdzie następuje osadzanie się drobnoziarnistego rumowiska (zawieszonoego i unoszonego).

2. Charakterystyka badanego odcinka rzeki Odry

Na odcinku Odry między Chałupkami-Bohuminem (km 20,0) a ujściem Olzy (km 27,7) występuje 7 meandrów. Po powodzi w 1967 r. nastąpiło przebranie meandra nr IV, który obecnie tworzy starorzecze i jest odcięty od dopływu wody. Sytuacja z lat 60-tych powtórzyła się po powodzi w 1997 r. w obrębie meandra nr I (rysunek 1). Prawy brzeg Odry został przerwany i utworzyła się nowa odnoga rzeki. Obecnie pierwotne koryto rzeki, w obrębie tego meandra, staje się starorzeczem i w niedługim czasie zostanie praktycznie odcięte od dopływu wody. W starorzeczu mają miejsce intensywne procesy erozyjno-sedymentacyjne związane z intensywnym przemieszczaniem się materiału dennego. Wynikiem tych procesów jest wymywanie dużych ilości materiału dennego, a w efekcie intensywne i niekorzystne obniżanie się dna rzeki, poniżej granicznych mostów w Chałupkach-Bohuminie, powstawanie wysp i odsypisk, wyrw na brzegach oraz tworzenie obrukowania dna. W efekcie koryto rzeki Odry ciągle zmienia swój kształt i geometrię, długość i przebieg trasy, a to z kolei wpływa na zmianę oporów ruchu i hydraulikę koryta poniżej mostów oraz w obrębie meandrów. Z badań wynika, że dno Odry na tym odcinku zbudowane jest z materiału wielofrakcyjnego, który wywołuje znaczną zmienność oporów ruchu. Przyjęcie jednej uśrednionej wartości średnicy materiału dennego unieumożliwia poprawne określenie warunków przepływu wody i rumowiska oraz ich interakcję. Obecnie obszar ten jest prawnie chroniony na mocy Rozporządzenia Wojewody Śląskiego z 2004 r. [3].

Inny ważny problem jaki powstał na odcinku Odry między Chałupkami a ujściem Olzy dotyczy granicy między Polską i Republiką Czeską. Przerwanie dwóch unikalnych granicznych meandrów i zmiana linii środkowej oraz trasy koryta rzeki spowodowało problemy dotyczące linii granicznej i własności terenów między starą a nową linią graniczną. Należy również pamiętać, że odcinek ten znajduje się na bardzo ważnym węźle komunikacji drogowej i wodnej. Od wielu lat rozważane jest połączenie Odry z Dunajem w dwóch wariantach: doliną górnej Odry przez Bohumin i Ostrawę lub doliną prawobrzeżnej Olzy.

Badany odcinek Odry położony jest poniżej granicznych mostów w Chałupkach (rysunek 1). Odznacza się on dużym wahaniem przepływów oraz nagle pojawiającymi się wezbraniami, wywołującymi intensywne procesy rzeczne. W środkowej jego części występują unikalne meandry o dużym znaczeniu ekologicznym. Powyżej i poniżej odcinka meandrującego Odra jest obwałowana i charakteryzuje się silną zabudową. Znajdują się tu dwa mosty deformujące warunki przepływu:

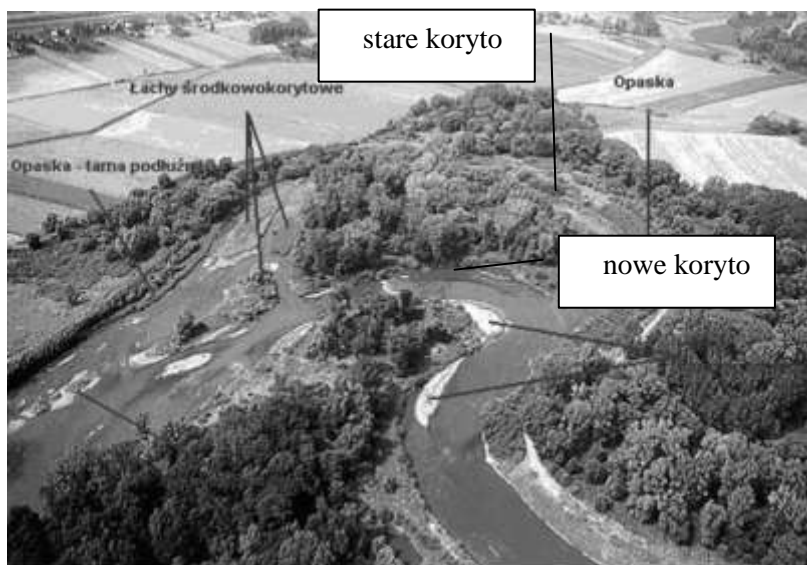
- most drogowy w Chałupkach-Bohuminie (km 20,533), który podczas powodzi w 1997 r. pracował pod ciśnieniem (rzędna spodu konstrukcji 199,70 m npm Kr),
- most kolejowy w Chałupkach-Bohuminie (km 20,020), który w 1997 r. został zniszczony przez powódź (rzędna spodu konstrukcji 201,00 m npm Kr).

Za małe tzw. światło mostów oraz ograniczona ich przepustowość hydrauliczna (szczególnie mostu drogowego) wywołują niekorzystne procesy i skutki podczas powodzi na odcinkach rzeki znajdujących się poniżej tych budowli. Podczas trwania przepływów niskich i średnich mieszczących się w korycie właściwym Odry zmiany nie są istotne, a ich dynamika jest niewielka.

Aktualnie został wybudowany nowy most drogowy w Chałupkach-Bohuminie (km 20,065) o większym świetle (232,2 m) i przepustowości ($Q_{1\%}=1390 \text{ m}^3/\text{s}$ i $Q_{0,5\%}=1569 \text{ m}^3/\text{s}$).

Podczas przejścia wód powodziowych na odcinku Górnej Odry następuje koncentracja strumienia, jego intensywne dławienie oraz lokalne zwiększenie prędkości poniżej mostów. W efekcie tego ma miejsce erodowanie dna i wymywanie znacznych ilości rumowiska przemieszczającego się w dół rzeki, które tworząc naturalne przeszkody w postaci odsypisk piaszczysto-żwirowych pogarsza warunki hydrauliczne i utrudnia odpływ wód. Oprócz „wąskiego gardła” na Odrze Górskiej w postaci mostu, który komplikuje przepływ wody należy tu również odnotować brak obwałowania na całej długości meandrującego odcinka rzeki. Poniżej obwałowanego odcinka Odry następuje nagle rozlanie się wody na tereny zalewowe i znaczne zmniejszenie prędkości wody w przekroju poprzecznym. Skutkiem tego jest wzmożona sedymentacja cząstek stałych na wlocie do odcinka meandrującego oraz tworzenie się wysp i ich intensywne nadbudowywanie w górę rzeki ku mostom granicznym w Chałupkach.

W tej sytuacji dynamika procesów morfologicznych rzeki (sedymen-tacja, obniżanie się dna, abrazja, przerwy i wyrwy na brzegach) jest wysoka, a zmiany w zakresie kształtu, długości i przebiegu trasy są znaczne. Tylko w wyniku przejścia powodzi na Odrze w latach 1966 i 1997 r. nastąpiło 2-krotne przerwanie meandrów, skrócenie biegu rzeki o ponad 1 km, oraz wzrost spadku podłużnego w nowym korycie ponad dwukrotnie, z 0,7 ‰ do 1,6 ‰ (wzrost średniej prędkości przepływu o ok. 1,5 raza). Podczas trwania przepły-wów średnich SSQ prędkość wzrasta z 0,8 m/s do 1,2 m/s, a przy przepływach większych powyżej 150 m³/s prędkość wzrasta z 1,5 m/s do 2,25 m/s. Prędkości dopuszczalne nierozmywające dla gruntów niespoistych wynoszą: piaski 0,55 – 0,65 m/s, żwiry 0,65 – 1,2 m/s, otoczaki 1,2 – 2,4 m/s, kamienie 2,4 – 3,9 m/s, głazy ponad 3,9 m/s. Z porównania prędkości średnich i prędkości nierozmywa-jących wynika, że przy przepływach $Q=44$ m³/s są poruszane piaski i żwiry, a przy $Q \geq 150$ m³/s zaczynają przemieszczać się także otoczaki i kamienie.



Rys. 1. Rzeka Odra, meander nr I

Fig. 1. Odra river, meander No. I

3. Materiał denny Odry

Budowa geologiczna doliny Odry jest względnie jednorodna [4]. Obecnie koryto rzeki jest wcięte w osady rozległej terasy, która rozciąga się kilkukilometrowym pasem. Pod powierzchnią terasy występuje 2÷3-metrowy pokład mady ilastej, trudno erodowalnego osadu o barwie ciemnobrunatnej. Ten ilasty

utwór powstał w efekcie holocenijskich wylewów wód powodziowych Odry na terasę. W nowym korycie rzeki mada ilasta została obecnie wyerodowana, a istniejący tam próg (poniżej którego powstaje bardzo wyraźny odskok hydrauliczny) tworzą piaski mułowe z dodatkiem części organicznych. Przy korycie Odry znajdują się aluwia korytowe, bardziej gruboziarniste od ilastych mad pozakorytowych. Są to: piaski mułowe, piaski, niekiedy mady piaszczyste barwy szarej. Pod madą występuje pokład piasku o grubości od 1 m do 2 m. Najniższe ogniwo osadów rzecznych w dolinie Odry górskiej stanowią żwirry piaszczyste wieku plejstocenijskiego o grubości 5÷10 m.

Z wcześniejszych badań wynika, że dno koryta Odry prowadzącego główny przepływ na odcinku od Chałupek do ujścia Olzy zbudowane było z materiału wielofrakcyjnego tj. piasków, żwirów i otoczków o przeciętnej średnicy $d_{50} = 12 \div 15$ mm, przy czym dominującą frakcją był żwir (40 % - 70 %). Frakcja piaszczysta wprawiana jest w ruch już przy przepływach niższych od średnich, frakcja żwirowa przy wystąpieniu powodzi, a otoczki podczas przepływów katastrofalnych.

Na podstawie aktualnie przeprowadzonych badań terenowych stwierdzono, że:

- odcinek rzeki tuż powyżej meandrów charakteryzuje się silnym obrukowaniem dna o przeciętnej średnicy rumowiska dochodzącej do 20 mm i maksymalnej rzędu kilkudziesięciu mm,
- przed wlotem do meandrów oraz w starym korycie istnieją wyspy zbudowane z namulów rzecznych. Wstępne oceny wykazują, że dynamika ich tworzenia jest bardzo wysoka.

Autorzy pobrali również grunty spoiste i częściowo spoiste zalegające w starorzeczu meandra nr I (rysunek 2). Cechy fizyczne badanych namulów określono metodami stosowanymi w mechanice gruntów. Podstawowymi parametrami opisującymi cechy fizyczne badanych materiałów, ważnymi również z reologicznego punktu widzenia są:

- gęstość szkieletu gruntowego ρ_s (g/cm^3),
- skład ziarnowy,
- wilgotność naturalna W_{nat} (%),
- stężenie objętościowe c_v (%).

Do badań pobrane zostały cztery próbki gruntu w rejonie linii brzegowej rzeki. Próbki nr 1 i 2 pochodzą z namulów znajdujących się pod zwierciadłem wody z głębokości około 20 cm poniżej dna. Próbki nr 3 i 4 pobrano z warstw gruntu zalegających powyżej linii brzegowej z głębokości około 30 cm. Wybrane podstawowe parametry fizyczne badanych osadów podano w tabeli 1 [1].



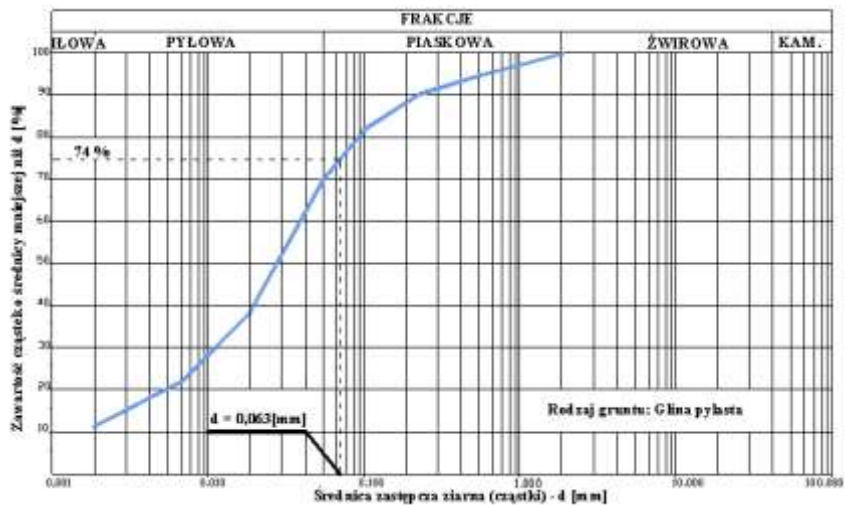
Rys. 2. Osady denne ze starorzecza Odry, meander nr I

Fig. 2. Bottom sediments from old Odra river bed, meander No. I

Tabela 1. Podstawowe parametry fizyczne badanych namulów

Table 1. Basic physical parameters of studied muds

Próbka Sample	Wilgotność naturalna Natural water content	Stężenie objętościowe Volume concentration	Gęstość cząstek stałych Solid density
	W [%]	C _v [%]	ρ _s [g/cm ³]
1	55,00	24,78	2,48
2	52,08	26,94	2,49
3	38,66	38,53	2,53
4	40,77	36,39	2,54



Rys. 3. Krzywa ziarnowa osadów z meandra nr I, Górna Odra (km 21,3)

Fig. 3. Sieve curve of deposits from meander No. I, Upper Odra river (km 21,3)

Analiza składu ziarnowego namułu wykazała, że dominującą frakcją jest frakcja pyłowa ($0,002 < d < 0,05$ mm) której zawartość sięga 59%. Frakcja łąwa $d < 0,002$ mm stanowi 11% zawartości, co daje łączną zawartość cząstek o średnicy $d < 0,05$ mm równą 70%. Zawartość cząstek o średnicy $d > 0,05$ mm (piaski) wynosi 30%. Łączna zawartość cząstek o średnicach $d \leq 0,063$ mm sięga 74%. Średnica d_{50} badanego namułu wynosi $d_{50} = 0,029$ mm. Wg klasyfikacji gruntoznawczej jest to glina pyłasta (rysunek 3).

4. Badania i ocena geochemiczna osadów Odry

O składzie chemicznym osadów decyduje wiele czynników: budowa geomorfologiczna zlewni, warunki klimatyczne oraz naturalne procesy zachodzące w wodzie, które prowadzą do sedymentacji zawieszin i adsorpcji zanieczyszczeń, oraz powodują akumulację pierwiastków i związków chemicznych o małej rozpuszczalności. W osadach nie zanieczyszczonych zawartość metali ciężkich nie przekracza na ogół kilkunastu ppm. Próbkę osadów dennych pobierane są do badań raz w roku ze strefy koryta rzecznego, gdzie następuje deponowanie materiału zawieszzonego i unoszonego. Ze względu na ich duże zróżnicowanie w zakresie składu granulometrycznego do oznaczeń chemicznych wykorzystywana jest frakcja ziarnowa $d < 0,2$ mm, która najlepiej odzwierciedla koncentrację pierwiastków śladowych (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sr, V, Zn) i pierwiastków wchodzących w skład faz zatrzymujących zanieczyszczenia w osadach wodnych (Ca, Mg, Fe, P, S i ogólny węgiel organiczny). Ze względu na brak prawnie obowiązujących kryteriów jakości osadów dennych w Polsce, na potrzeby ich monitoringu stosuje się kryteria geochemiczne. Umożliwiają one ocenę stężenia zanieczyszczeń metalami w odniesieniu do wartości tła geochemicznego, czyli naturalnej zawartości pierwiastków spotykanych w osadach niezanieczyszczonych.

Badania geochemiczne osadów dennych w Górnej Odry w rejonie granicznych polsko-czeskich meandrów, były wykonywane w Chałupkach (km 20) w ramach „Programu Państwowego Monitoringu Środowiska dla województwa śląskiego na lata 1991-1999, 2002-2005” [2]. Badania w sieci krajowej wykonywał Państwowy Instytut Geologiczny. Program pomiarowy obejmował oznaczenia we frakcjach mniejszych od 0,2 mm stężeń w/w pierwiastków śladowych oraz zawartość piętnastu WWA.

Okres 1991-1998

W latach 1991-1998 w osadach pobranych z Odry w Chałupkach stwierdzono podwyższone zawartości baru i cynku, przekraczające 200 ppm [2].

Okres 2002-2005

Osady rzeczne rzeki Odry w przekroju Chałupki w 2002 roku wykazywały wysokie stężenia metali ciężkich: ołów 50 ppm, bar 300 ppm. Niskie stę-

żenia zanotowano w przypadku kadmu (poniżej 0,5 ppm). Stężenia wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) wyniosły: suma A (suma 3-pierścieniowych WWA: acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen) 0,5 ppm, suma B (suma 4-pierścieniowych WWA: fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen) 1,8 ppm, suma C (suma 5-pierścieniowych WWA: benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(e)Epirem, benzo(a)piren, terylen, dibenzo(ah)antracen) 1,1 ppm i suma EPA (suma A, B, C i D) 3,6 ppm.

W roku 2003 osady Odry w miejscowości Chałupki charakteryzowały się następującymi wartościami metali: arsen 7 ppm, kadm poniżej 0,5 ppm, chrom 19 ppm, cynk 162 ppm. Stężenia WWA obliczonych jako suma A, B, C, D (suma 6-pierścieniowych WWA: indenol ((1,2,3-c,d)piren, benzo(ghi)perylene) oraz EPA w tych osadach w 2003 r. nie przekroczyły 2 ppm.

Osady Odry w roku 2004 charakteryzowały się wysokimi stężeniami baru (659 ppm). Zawartość pozostałych metali wyniosła: kadm 0,5 ppm, ołów 60 ppm, miedź 40 ppm, rtęć 0,38 ppm. Stężenia WWA kształtowały się następująco: suma A 1,5 ppm, suma B 3,6 ppm, suma C 1,8 ppm, suma D 0,7 ppm i całkowita 7,7 ppm.

W roku 2005, podobnie jak w latach poprzednich, w najwyższych stężeniach wielokrotnie przekraczających średnią geometryczną wystąpił arsen, którego maksymalne stężenie wyniosło 60 ppm. Ponadto wysokie stężenia zanotowano dla pierwiastków: bar, kadm, arsen i rtęć [2]. Suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w 2005 roku, w badanych osadach, wyniosła 53,65 ppm [2].

5. Wnioski

- Powódź w 1967 r. spowodowała przerwanie meandra nr IV w Odrze i powstanie starorzecza. Po 30 latach podczas powodzi w 1997 r. nastąpiło również przerwanie meandra nr I i utworzenie się nowego koryta, starorzecza zamulanego sukcesywnie przez spoiste osady oraz wyspy.
- Niewystarczające światło oraz przepustowość mostu drogowego w Chałupkach wywołały intensywną erozję denną oraz osadzanie się dużych ilości rumowiska na wlocie do starego koryta Odry. Na odcinku Odry poniżej mostów w Chałupkach oraz w meandrze nr I nastąpiła zmiana hydrauliki strumienia. Trasa i geometria koryta rzeki zmieniły się. Dno rzeki po powodzi w 1997 r. obniżyło się o około 3 m.
- Dno rzeki powyżej meandra nr I jest obecnie obrukowane i stabilne. Wskutek intensywnych procesów erozyjno-sedymentacyjnych nastąpił bujny rozwój ekosystemu rzecznoego w dolinie meandrującej Odry.

- Badane namuły są charakterystyczne dla rumowiska unoszonego i zawieszzonego, w którym dominują cząstki o średnicy $d < 0.05$ mm. W przypadku badanych osadów łączna zawartość cząstek o średnicy $d < 0,05$ mm wynosi około 70%.
- Badania gęstości rumowiska wykazały nieznaczne zróżnicowanie wartości tego parametru. Są one charakterystyczne dla osadów rzecznych.
- Drobnziarniste osady charakteryzują się najmniejszą zmiennością w zawartości metali ciężkich.
- W oparciu o wysoką zawartość cząstek pylastych (59%) o średnicach d zawartych w przedziale $0.002 < d < 0.05$ mm oraz cząstek ilastych mających $d < 0.002$ mm (11%) badany osad zakwalifikowano do glin pylastych.
- Wysoka zawartość części ilastych i pylastych powoduje że, pobrany namuł posiada cechy spoiste i podlega procesowi skurczu, w wyniku którego jego powierzchnia ulega spękaniu po wyschnięciu.
- W latach 1991-98 w osadach pobranych z Odry w Chałupkach stwierdzono podwyższone zawartości baru i cynku, przekraczające 200 ppm.
- W latach 2002-2005 zaobserwowano podwyższone stężenia WWA rzędu 53 ppm oraz baru 659 ppm i arsenu 60 ppm.

Literatura

1. **Głowski R., Kasperek R., Parzonka W., Wiatkowski M.:** *Estimation of morphological changes of the Odra river valley in meandering sector between Chałupki and the Olza river mouth after 1997 flood* . Archives of Environmental Protection. Vol. 33/1. Zabrze 2007.
2. **Raporty WIOŚ:** *Wyniki badań osadów wodnych rzek*. Katowice 1991-2005.
3. **Rozporządzenie Nr 72/04** Wojewody Śląskiego z dnia 29.10.2004 r. w sprawie wyznaczenia obszaru chronionego krajobrazu pod nazwą „Meandry rzeki Odry” w gminie Krzyżanowice.
4. **Zieliński T.:** *Prognoza ewolucji koryta Odry między Bohuminem a ujściem Olzy*. Maszynopis. Sosnowiec 2002.