



UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Inżynierii Środowiska
Zakład Inżynierii Wodnej i Hydrotransportu

Załącznik 2

Dr inż. Robert Głowski

Autoreferat

„Transport, sedymentacja i erozja drobnoziarnistego rumowiska unoszonego i zmiany morfologiczne w korycie Środkowej i Górnej Odry”.

Wrocław, kwiecień 2019

Spis treści

1. Życiorys naukowy i przebieg pracy zawodowej	3
2. Opis osiągnięcia naukowego	3
2.1. Zestawienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego	3
2.2. Wprowadzenie	5
2.3. Cele naukowe i wyniki badań własnych.....	7
2.4. Wnioski	16
3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	17
3.1. Wykaz wybranych publikacji (poza cyklem)	17
3.2. Przepustowość koryt rzecznych i budowli hydrotechnicznych, ochrona od powodzi.....	18
3.3. Właściwości i przepływ mieszanin w rurociągach.....	19
3.4. Zamulanie zbiorników wodnych	21
4. Zestawienie dorobku naukowo-badawczego.....	22
5. Dorobek dydaktyczno-organizacyjny i popularyzatorski	22
6. Bibliografia.....	23

1. Życiorys naukowy i przebieg pracy zawodowej

Dr inż. Robert Głowski, Zakład Inżynierii Wodnej i Hydrotransportu, Instytut Inżynierii

Środowiska, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Plac Grunwaldzki 24, 50-365 Wrocław.

Wykształcenie

- Uzyskałem tytuł magistra inżyniera Inżynierii Środowiska, 13.10.1992r., w ramach jednolitych 5-letnich wyższych studiów magisterskich na kierunku Inżynieria Środowiska w zakresie Melioracji Wodnych, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, tytuł pracy magisterskiej „Zamulanie zbiornika wodnego górnego stanowiska stopnia wodnego w Brzegu Dolnym”. Promotorem pracy był prof. dr hab. Inż. Włodzimierz Parzonka a recenzentem dr inż. Jan Kempieński,
- Stopień naukowy doktora nauk rolniczych w dyscyplinie Kształtowanie Środowiska uzyskałem 22.02.2000r., Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, tytuł rozprawy doktorskiej „Hydrauliczna i reologiczna charakterystyka procesu sedymentacji, zagęszczania i erozji osadów drobnoziarnistych”, promotorem w przewodzie doktorskim był prof. dr hab. inż. Włodzimierz Parzonka, recenzentami doktoratu: prof. dr hab. inż. Tadeusz Bednarczyk i prof. dr hab. inż. Leszek Pływaczyk.

Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

- w latach 1992-1999 byłem zatrudniony na stanowisku asystenta,
- od 2000 roku do chwili obecnej pracuję jako adiunkt,
- od 24.02.2005r. pełnię funkcję kierownika Laboratorium Wodnego w Instytucie Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

2. Opis osiągnięcia naukowego

2.1. Zestawienie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

W oparciu o art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017, poz. 1789 tekst ujednolicony) do zestawienia publikacji tworzących osiągnięcie naukowe przyjąłem cykl 8 publikacji, których tematyka odpowiada tytułowi osiągnięcia „**Transport, sedymentacja i erozja drobnoziarnistego rumowiska unoszonego i zmiany morfologiczne w korycie Środkowej i Górnej Odry**”. Zestawione publikacje prezentują wyniki oryginalnych badań, wykonanych po uzyskaniu stopnia doktora.

1. **Głowski R.**, Parzonka W., Huygens M., De Sutter R., Measurement of local concentrations of fine-grained particles by optical sensors, 2000, Scientific Papers of Agricultural University of Wrocław, No 382, strony: 216-226, Publikacja za 6 punktów, IF 0, Mój udział procentowy szacuję na 35%. Mój wkład w powstanie publikacji polegał na*: 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
2. Parzonka W., **Głowski R.**, Estimation of critical velocities and depths of hydraulic erosion for cohesive river muds on the example of barrage Brzeg Dolny on Middle Odra, 2002, Scientific Papers of Agricultural University of Wrocław, No 438, strony: 399-406, Publikacja za 5 punktów, IF 0, Mój udział procentowy szacuję na 80%. Mój wkład w powstanie publikacji polegał na*: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10.
3. **Głowski R.**, Madeyski M., Parzonka W., Tarnawski M., 2005, Ocena warunków sedymentacji, osadzania i erozji namulów w małych zbiornikach wodnych i stawach rybnych, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, nr 420, zeszyt 26, strony: 391-405, Publikacja za 5 punktów, IF 0, Mój udział procentowy szacuję na 30%. Mój wkład w powstanie publikacji polegał na*: 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
4. Parzonka W., **Głowski R.**, Kasperek R., 2006, Ocena przepustowości doliny Górnej Odry między Chałupkami a ujściem Olzy, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN Kraków, nr 4/2, strony: 109-118, Publikacja za 6 punktów, IF 0, Mój udział procentowy szacuję na 20%. Mój wkład w powstanie publikacji polegał na*: 1, 2, 6, 7, 8, 9.
5. Parzonka W., **Głowski R.**, Kreft A., 2007, Wstępna ocena cech dynamicznych namulów z jeziora Dąbie, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN Kraków, nr 4/2, strony 149 – 159, Mój udział procentowy szacuję na 60%. IF0, Mój wkład w powstanie publikacji polegał na*: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
6. **Głowski R.**, Parzonka W., 2008, Erosion regime of semi-cohesive island muds from meander 1 in frontier Upper Odra, Monography of Saint Petersburg Mining Institute, ISBN 978-5-94211-350-6, strony: 287-293, Mój udział procentowy szacuję na 75%. Mój wkład w powstanie publikacji polegał na*: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
7. **Głowski R.**, Kasperek R., Parzonka W., 2010, Wstępna analiza transportu rumowiska unoszonego w przekroju wodowskazowym Chałupki na granicznym odcinku Górnej Odry, Acta Scientarum Polonorum, Seria: Formatio Circumiectus, nr 9/2/2010 Mój udział procentowy szacuję na 60%. Mój wkład w powstanie publikacji polegał na*: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

*Wkład własny habilitanta: 1 – przegląd literatury, 2 – inicjator tematyki, 3 – autor tematyki, 4 – opracowanie metodyki, 5 – nadzór naukowy nad badaniami, 6 – wykonanie badań, 7 – opracowanie i analiza wyników, 8 – opracowanie wniosków, 9 – redakcja tekstu, 10 – opracowanie graficzne.

2.2 Wprowadzenie

Powierzchnia ziemi od momentu powstania, podlega różnym procesom zmieniającym jej kształtowanie. Od wielu stuleci w związku z rozwojem cywilizacyjnym, naturalne procesy formujące powierzchnię ziemi, modyfikowane są działalnością człowieka (wpływ antropogeniczny). Nie sposób ująć i dogłębnie przeanalizować w jednym zwartym opracowaniu, wszystkie wspomniane procesy, wpływające na morfologiczne zmiany powierzchni ziemi. Wynika to ze złożonego ich charakteru i przebiegu oraz z trudności w ich opisie modelowym. Wiele procesów przekształcających powierzchnię ziemi jest ze sobą ściśle skorelowanych i przebiega wzajemnie równolegle, co nastęrcza trudności w ich naukowym i badawczym rozgraniczeniu. Opisem morfologicznego przekształcania powierzchni ziemi zajmuje się wiele kierunków nauk geograficznych i przyrodniczych (Allen 2000, Klimaszewski 2003) jak chociażby Geofizyka, Glacjologia, Pedologia czy Geologia. Hydrologia, Paleohydrologia, Hydraulika, Hydrografia, Klimatologia, Botanika, Paleobotanika, Paleontologia, Sedymentologia, Zoologia i Antropogeografia itp.. Wszystkie one tworzą interdyscyplinarny zespół nauk, których podstawową rolą jest opis czynników wywołujących i wpływających na morfologiczne zmiany ukształtowania terenu (Allen 2000, Klimaszewski 2003).

Ze względu na ciągle zmniejszający się areal terenów poddanych naturalnym procesom morfologicznym, coraz większego znaczenia nabiera znajomość i ocena wielkości lokalnych i globalnych zmian ukształtowania powierzchni terenu (w tym zmian morfologicznych koryt rzecznych i terenów objętych zalewem zbiorników wodnych) w ujęciu ekonomicznym, ekologicznym, bezpieczeństwa terenów przekształcanych i przekształconych antropogenicznie. Ma to duże znaczenie dla wielu dziedzin życia człowieka, jak choćby: dla gospodarki wodnej, zagospodarowania terenu, żeglugi, rekreacji, rolnictwa, jakości wody, ochrony przeciwpowodziowej itd. Staje się to szczególnie ważne przy rozwijającej się obecnie bardzo dynamicznie pod względem liczebności populacji ludzkiej. Z jednej strony obserwujemy rosnące potrzeby ludzkości, związane z jej rozwojem i postępem technologicznym a z drugiej strony świat staje, przed problemem zmniejszania się dyspozycyjności różnego rodzaju zasobów naturalnych w tym zasobów wody pitnej, rosnącego problemu wyżywienia związanego z postępującym zmniejszaniem się obszarów nadających się do prowadzenia gospodarki rolnej (Brown L. R., 2009, Hensler M., 2009). Na te problemy coraz wyraźniej wpływają niepokojące zjawiska związane ze zmianami klimatycznymi (Shermer M., 2006; Sachs J.D., 2006), wygenerowanymi przez naszą cywilizację na przestrzeni wieków. Na obszarze Polski, do tych niepokojących zjawisk można zaliczyć, coraz częstsze pojawianie się „krótkotrwałych” opadów deszczu, o rzadko do tej pory występujących natężeniach, które stają się przyczyną powodzi o różnym zasięgu i gradacji, od małych wezbrań po zdarzenia katastrofalne jak choćby np. powódzie na rzece Odrze w Polsce z roku 1997 (Dubicki i inni., 1999), czy 2010 na Odrze i Wiśle (Maciejewski i inni, 2011). Przytoczone zjawiska coraz częściej nie mają charakteru lokalnego ale obejmują swoim zasięgiem znaczne obszary, obejmując często terytorium sąsiadujących państw. Ich gwałtowny przebieg i dynamika stanowią potężną siłę niszczącą i przekształcającą. W wyniku przejścia powodzi, dochodzi do zniszczeń w

infrastrukturze hydrotechnicznej i regulacyjnej rzek, infrastrukturze drogowej, dewastacji wskutek zalania dużych powierzchni objętych uprawami rolnymi, strat w majątku komunalnym i prywatnym a wreszcie zagrożenia życia ludzi i zwierząt (Dubicki i inni., 1999). Podczas tych ekstremalnych zjawisk, wskutek znacznego transportu rumowiska, dochodzi również do powstawania znaczących zmian morfologicznych koryt rzecznych. Niepokojące fakty i tendencje związane ze zmianami klimatycznymi (położenia stref opadów) opisali Sachs i Myhrvold (Sachs, Myhrvold 2011). Przeprowadzone przez nich badania dotyczyły zmian położenia pasa deszczów tropikalnych w rejonie równika, spowodowanych zmianami klimatycznymi w przeszłości i teraźniejszości. Na podstawie swoich obserwacji przedstawili oni scenariusz tendencji tych zmian do końca XXI wieku i ich ewentualnych skutków w przyszłości. Konkluzją przeprowadzonych przez Sachs'a i Myhrvold'a badań jest stwierdzenie, że systematycznie pas opadów tropikalnych przesuwa się w kierunku północnym od równika, co może w przyszłości skutkować wzrostem opadów w krajach położonych na większych szerokościach geograficznych północnych oraz stopniowym zmniejszaniem się wielkości opadów na południe od równika. Jeśli taka tendencja się utrzyma, kraje położone na północ od równika (w tym kraje europejskie), narażone będą na wyższe i bardziej intensywne opady deszczu niż notowane obecnie, natomiast na południu, wskutek systematycznego zmniejszania się wysokości opadów lub ich zaniku, postępował będzie proces pustynnienia. W efekcie tych procesów zagrożone jest przede wszystkim rolnictwo (Sachs i Myhrvold 2011). Badania Sachsa i Myhrvold'a dotyczą pasa równikowego, ale stwierdzone przez nich zmiany, mogą również wpływać na warunki atmosferyczne na kontynencie europejskim, ze względu na ich globalne powiązania, podobnie jak nagłaśniane i opisywane globalny wpływ zjawiska El Niño. Jednym z elementów Geomorfologii (Klimaszewski, 2003) jest poznanie przebiegu i natężenia procesów powodujących zmiany ukształtowania powierzchni terenu, praw rządzących tymi procesami oraz powstających widocznych form będących efektem tych zmian. Wiedza ta może być racjonalnie wykorzystana przez człowieka w zagadnieniach obserwacji i przewidywania zmian, jest ważna w zagadnieniach projektowania inżynierskiego i bezpieczeństwa tak z punktu widzenia poznawczego jak i praktycznego. Efektem procesów odpowiedzialnych za zmiany morfologiczne w rzekach jest zanikanie i powstawanie różnorodnych przestrzennych form terenowych. Badanie procesów kształtujących morfologię terenu musi odbywać się z uwzględnieniem różnych czynników. W moich badaniach, których odzwierciedleniem jest poniższy zestaw publikacji będący ich efektem. Ze względu na profil mojego rozwoju naukowego, zająłem się zagadnieniami analizy i opisu morfologicznego przekształcania ukształtowania koryta rzecznego, spowodowane procesami erozji, transportu, sedymentacji i konsolidacji drobnoziarnistych osadów o cechach spoistych. Stanowi połączenie zagadnień erozji, transportu i sedymentacji rumowiska z powstawaniem, rozwojem i stabilizacją geomorfologicznych form w obrębie koryt rzecznych oraz ujściowych obszarów rzek do naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych. W swoich badaniach zająłem się istniejącymi i nowo powstającymi formami morfologicznymi, wyspami osadów drobnoziarnistego rumowiska unoszonego powstałymi, w wyniku jego osadzania w rejonach korytowych zbiorników wodnych (skanalizowany odcinek Odry Środkowej) i naturalnego koryta

rzecznego (meandrujący odcinek Górnej Odry). Wycinanie lasów, intensyfikacja i zmiany sposobu użytkowania i zagospodarowania terenu na obszarze zlewni, niewłaściwie zaprojektowane i zrealizowane prace regulacyjne cieków i konstrukcje obiektów hydrotechnicznych (Jaeggi M. 2008), rejestrowane zmiany klimatyczne, obejmujące coraz większe obszary, istotnie wpływają na warunki i ilość transportowanego rumowiska w zlewniach, dolinach i korytach rzek na całym świecie (Walling D.E. 2008, Jaeggi M. 2008). Wielu badaczy stwierdziło, że dominującą formą transportu rumowiska w rzekach jest transport drobnofrakcyjnego rumowiska unoszonego (Walling D.E. 2008; Jaeggi M. 2008; Czajka A. 2007; Łajczak A. 1999).

2.3 Cele naukowe i wyniki badań własnych.

Po uzyskaniu stopnia doktora, moje zainteresowania naukowe skierowałem na zagadnienia dotyczące erozji, transportu i sedymentacji drobnodziarnistych osadów rzecznych oraz zmian morfologicznych wywołanych przebiegiem tych procesów w korytach rzecznych i rzecznych zbiornikach wodnych. Celami naukowymi badań były:

- ocena ilości rumowiska drobnodziarnistego, transportowanego jako rumowisko unoszone,
- charakterystyka podstawowych parametrów fizycznych opisujących właściwości rzecznych osadów o cechach spoistych,
- ocena parametrów opisujących odporność erozyjną rzecznych osadów drobnodziarnistych o cechach spoistych, w oparciu o zastosowanie reologii,
- ocena warunków sedymentacji i erozji osadów o cechach spoistych,
- wyznaczenie zależności pomiędzy parametrami erozji osadów o cechach spoistych a erozyjnymi parametrami hydraulicznymi strumienia rzeczego,
- ocena przebiegu i tempa zmian morfologicznych koryta rzeczego wywołanych transportem i sedymentacją drobnodziarnistego rumowiska unoszonego.

W pracy 1, z przytoczonego cyklu, zająłem się zastosowaniem metody pomiaru koncentracji rumowiska unoszonego w warunkach transportu, z wykorzystaniem sensorów optycznych. Badania zostały wykonane w ramach międzynarodowej współpracy pomiędzy Laboratorium Hydrauliki Uniwersytetu w Gandawie (Belgia) a Instytutem Inżynierii Środowiska (wówczas Akademii Rolniczej we Wrocławiu) obecnie Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Założenia zastosowanej metody pomiarowej opracowano w Laboratorium Hydrauliki w Gandawie (Huygens M., i inni, 1994) do zastosowań laboratoryjnych. Moim pomysłem było zastosowanie tej metody do pomiarów koncentracji transportowanego rumowiska unoszonego w ciekach naturalnych, w warunkach belgijskich i polskich. Wykorzystanie sensorów optycznych w pomiarach koncentracji rumowiska unoszonego, wymagało dostosowania ich charakterystyki pomiarowej (kalibracji) w warunkach laboratoryjnych. Etap ten zrealizowałem samodzielnie w Laboratorium Hydrauliki Uniwersytetu w Gandawie Belgia. Celem kalibracji było przygotowanie sensorów do pomiarów terenowych oraz dostosowanie ich charakterystyk pomiarowych tak

aby zależność funkcyjna pomiędzy wartością sygnału wyjściowego sensora a mierzoną wartością koncentracji rumowiska unoszonego $C = A (mA) \pm B$ była liniowa. Kalibrację, dwóch typów sensorów IR40C i IR100C firmy Partech Electronics Ltd., różniących się zakresem mierzonych koncentracji, przeprowadziłem dla 3 różnych rodzajów materiałów tj. szarej gliny (traktowanej jako materiał sztuczny) oraz dwóch rodzajów drobnoziarnistych osadów pochodzenia naturalnego, jednego pobranego z rzeki Schelde (Belgia) oraz drugiego z rzeki Odry (Polska). Zakres mierzonych koncentracji unosiny dla sensora IR40C wynosił od 0 do 1500mg/l a dla sensora IR100C od 0 do 200mg/l. W wyniku przeprowadzonej kalibracji dla obu naturalnych materiałów, uzyskano za każdym razem liniową charakterystykę pracy sensorów. Po przygotowaniu sensorów optycznych do wykonywania pomiarów w terenie, wraz ze współpracownikami, wykonałem pomiary koncentracji rumowiska unoszonego w dwóch przekrojach rzeki Odry. Pomiary zostały zrealizowane w przekrojach położonych odpowiednio w kilometrach 324,25 i 332,2. Jako metodę kontroli poprawności wykonanych pomiarów za pomocą sensorów, zastosowano równoległy pomiar transportu rumowiska unoszonego, z wykorzystaniem metody pompowej. Analiza uzyskanych wyników badań wykazała dużą zgodność pomiarów wykonanych zastosowanymi metodami, przy czym dokładniejsze wyniki uzyskano dla sensora IR o dokładniejszym zakresie pomiarowym (bardziej czułego). Na podstawie badań stwierdzono, że na wartości koncentracji transportowanego rumowiska unoszonego ma wpływ szereg różnych czynników (m. inn. sezonowe występowanie roślinności, lokalne zagospodarowanie terenu zlewni, wartości splywu powierzchniowego). Na podstawie pomiarów przeprowadzonych na rzekach belgijskich stwierdzono, że przy występujących w rzece, identycznych wartościach przepływów, mogą one podczas porównywalnych zjawisk powodziowych, generować 6-8 krotnie wyższe wartości koncentracji transportowej rumowiska unoszonego (Huygens M. i inni, 2000). Analizując całkowite absolutne objętości transportowanego rumowiska stwierdzono, że transport frakcji unoszonych odgrywa znacznie ważniejszą rolę podczas powodzi niż transport rumowiska wleczonego. Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zastosowania sensorów optycznych do pomiarów intensywności transportu rumowiska unoszonego w ciekach naturalnych. Na tym etapie mojej pracy zawodowej, swoje zainteresowania skierowałem na problematykę zmian morfologicznego układu dolin i koryt rzecznych oraz czasz zbiorników wodnych których przyczyną są procesy erozji, transportu i sedymentacji drobnoziarnistego rumowiska unoszonego. W obrębie czaszy, utworzonego w 1958r. przepływowego zbiornika wodnego (2 publikacja z cyklu) przy stopniu piętrzącym Brzeg Dolny (ostatni stopień piętrzący na skanalizowanym odcinku rzeki Odry), powstała wyspa z osadzonego, drobnoziarnistego rumowiska, które posiada cechy spoiste. Analiza uzyskanych z prowadzonych przeze mnie systematycznie badań, wyników zmian batymetrii dna zbiornika w Brzegu Dolnym w latach 1992 - 2002, w jego przy jazowej strefie, wykazała systematyczny wzrost miąższości osadzonych namulów do roku 1997. W trakcie badań stwierdziłem, że sedymentacji drobnoziarnistego rumowiska o cechach częściowo spoistych na górnym stanowisku tego stopnia, sprzyja niekorzystna jego lokalizacja w dolinie rzeki oraz problemy eksploatacyjne i awarie zamknięć. Ta powstała zmian morfologiczna, wpływa

niekorzystnie na hydraulikę i prowadzoną gospodarkę wodną stopnia w Brzegu Dolnym, utrudniając prawidłową realizację instrukcji sterowania zamknięciami stopnia i zrzutem wód powodziowych. Przeprowadzona analiza danych archiwalnych z okresu od 1977 do 1997r. wykazała, że występujące w tym okresie maksymalne przepływy powodziowe o wartościach $628\text{m}^3 \leq Q_{\text{max}} < 1547\text{m}^3$ nie spowodowały znacznej erozji osadów tworzących wyspę. Dopiero przepływy powodziowe, zarejestrowane podczas powodzi 1997r. o maksymalnym natężeniu $Q_{\text{max}} = 2882\text{m}^3/\text{s}$ spowodowały wyerodowanie znacznej części wyspy. Na podstawie badań składu ziarnowego namulów z wyspy, stwierdzono, że reprezentatywne wielkości średnic cząstek tego namułu d_{50} dla analizowanych prób wynosiły odpowiednio 0.015 i 0.022mm. Na podstawie badań cech reologicznych tych osadów, zrealizowanych zgodnie z metodyką, opracowaną przez Parzonkę (Parzonka 1992). Osadzone namuły o cechach spoistych lub częściowo spoistych w zależności od koncentracji cząstek stałych mogą posiadać reologiczne cechy ciała newtonowskiego lub nienewtonowskiego, co determinuje ich odporność erozyjną. Odporność na erozję hydrauliczną zależy również od właściwości fizycznych, geotechnicznych i aktualnej koncentracji osadzonych warstw namulów. Dla badanych osadów określono charakterystyczne właściwości fizyczne, geotechniczne, oraz cechy reologiczne niezbędne dla określenia parametrów erozji wodnej. Cechy reologiczne zostały określone w oparciu o pomierzone przeze mnie, z wykorzystaniem nowoczesnego reometru VT550 firmy HAAKE, pseudokrzywe płynięcia $\tau = f(G_p)$. Analiza uzyskanych z pomiarów pseudokrzywych płynięcia wykazała, że badane osady posiadają cechy ciał nienewtonowskich a ich charakterystyki najlepiej opisuje reologiczny model Binghamu $\tau = \tau_0 + \eta_p G_p$. Model ten charakteryzują dwa parametry, reologiczny próg płynięcia τ_0 i lepkość plastyczna η_p . Dla oceny parametrów erozji hydraulicznej bardzo istotna jest znajomość reologicznego progu płynięcia τ_0 , jest to wartość naprężeń granicznych które musi pokonać płynąca woda aby wywołać proces erozji osadów o cechach częściowo spoistych lub spoistych. Zgodnie z metodyką Parzonki, określono, dla badanych osadów z wyspy w Brzegu Dolnym, wartości reologicznego progu płynięcia τ_0 (Pa) które, wyniosły odpowiednio 89 i 80Pa. Do określenia krytycznych naprężeń erozyjnych dla badanych osadów, wykorzystano kryterium Mignota (Migniot 1968). Kryterium to, w zależności od wartości reologicznego progu płynięcia τ_0 (Pa) wyznacza dwa reżimy erozji osadów rzecznych i jest ważne dla osadów posiadających cechy mieszaniny newtonowskiej lub nienewtonowskiej o cechach lepkoplastycznych. Wartość reologicznego progu płynięcia, rozgraniczającego oba reżimy erozji została określona przez Migniota i wynosi $\tau_0 = 1.5$ Pa. W przypadku gdy pomierzone dla osadów wartości progu płynięcia τ_0 (Pa) spełniają zależność $\tau_0 \leq 1.5\text{Pa}$, badany osad znajduje się w reżimie tzw. erozji łatwej i wartość krytycznych naprężeń erozyjnych dla tego reżimu może być określona z zależności $\tau_{cr} = 0.317\tau_0^{0.5}$ (Pa). Reżim erozji trudnej osadów występuje gdy wartość reologicznego progu płynięcia $\tau_0 > 1.5\text{Pa}$, wówczas, wartość krytycznych naprężeń erozyjnych określa się z zależności $\tau_{cr} = 0.256\tau_0$ (Pa). Badane osady z Brzegu Dolnego charakteryzowały się znacznymi wartościami naprężeń reologicznego progu płynięcia τ_0 (Pa), znacznie przekraczającymi wartość graniczną 1.5Pa. Osady te znajdują się w strefie erozji trudnej. Wyliczone wartości krytycznych naprężeń erozyjnych wyniosły odpowiednio 20.5 i 22.8Pa.

Na podstawie wyznaczonych wartości krytycznych naprężeń erozyjnych, określono odpowiadające im wartości prędkości dynamicznych $v_{*cr} = \sqrt{\frac{\tau_{cr}}{\rho_w}}$ (m/s) a następnie wyliczono wartości średnich prędkości erozyjnych strumienia $v_{\dot{s}r,er,cr} = \frac{c}{\sqrt{g}} \cdot v_{*cr}$. Średnie prędkości erozyjne wyniosły odpowiednio 3.15 i 3.32m/s. Określono, również wartości głębokości krytycznych strumienia erozyjnego, których wartości wyniosły odpowiednio 5.80 i 6.45m. Stwierdzono, że uzyskane na podstawie badań osadów, wartości głębokości krytycznych, są porównywalne z zarejestrowanymi głębokościami wody w tym rejonie podczas powodzi w 1997r. Również uzyskane z badań wartości prędkości erozyjnych, odpowiadały wartościom prędkości przepływu podczas powodzi 1997r., maksymalna prędkość jaka wystąpiła podczas tej powodzi wynosiła 3.35m/s. Stwierdzono, że podczas powodzi 1997r. wyerodowaniu uległa znaczna część osadzonych osadów. Osadzanie droбноziarnistego rumowiska w czaszy zbiornika wodnego lub ciek, możliwe jest w określonych warunkach hydrauliczno - hydrologicznych. Ze względu na warunki transportu rumowiska przy danym przepływie oraz biorąc pod uwagę czas przebywania jego cząstek w stanie unoszenia, rumowisko droбноziarniste złożone jest z dość szerokiego spektrum wielkości cząstek, o średnicach $0,0063\text{mm} \leq d \leq 2.0\text{mm}$ (od cząstek ilów, pyłów, glin po cząstki piasków drobnych). Wymienionych wielkości cząstki, przy stosunkowo małych wartościach siły transportowej strumienia, utrzymują się przez długi czas w stanie unoszenia i zawieszenia. Podczas wysokich przepływów (duże i wielkie powodzie), w stan unoszenia mogą być wprowadzane również duże cząstki rumowiska ($d > 2.0\text{mm}$), ale czas ich przebywania w strumieniu jest stosunkowo krótki i przy spadku wartości siły transportowej strumienia poniżej pewnej wartości granicznej, cząstki te szybko opadają na dno. Proces opadania cząstek droбноziarnistego rumowiska może zachodzić przy odpowiednio małych wartościach przepływów i odpowiadających im niewielkich prędkości przepływu. Warunki takie pojawiają się w zbiornikach wodnych, estuariach, strefach zastoiskowych i na terenach zalewowych cieków. W przypadku cząstek rumowiska unoszonego o małych średnicach ($0.0063\text{mm} \leq d \leq 0.05\text{mm}$) może dochodzić do wystąpienia wzajemnych oddziaływań na poziomie molekularnym pomiędzy nimi, co przy odpowiednio wysokiej koncentracji wagowej cząstek ($c_s \geq 10\text{g/dm}^3$) może prowadzić do powstawania zjawiska flokulacji, przyspieszającego proces sedymentacji. W warunkach naturalnych rumowisko unoszone i zawieszone tworzy mieszaninę bardzo drobnych i drobnych cząstek, które po osadzeniu na dnie tworzą namuły, posiadające właściwości spoiste lub częściowo spoiste. Cechy spoiste posiadają osady powstałe w wyniku sedymentacji rumowiska unoszonego i zawieszzonego, zawierającego tylko najdrobniejsze cząstki ilów, pyłów, glin czy materii organicznej, po osadzeniu tworzą one mieszaninę quasi jednorodną (Parzonka 1992). Taki typ osadów można spotkać w bezpośredniej strefie przyzaporowej (strefa martwa) wszystkich typów zbiorników wodnych. Ich ilość i strefy przestrzennego rozkładu w obrębie czaszy zbiornika, są zmienne i zależą od typu zbiornika i morfologii jego czaszy, hydrauliki przepływu przez zbiornik, gospodarki wodnej na zbiorniku (np. od typu i sterowania zamknięciami ruchomymi urządzeń zrzutowych zbiornika) i wielu innych elementów (Dąbkowski, Skibiński, Żbikowski, 1982). Cechy częściowo spoiste

pojawiają się w tych osadach gdzie w warunkach sedymentacji dominowały najdrobniejsze cząstki ale równolegle z nimi opadały na dno cząstki o większych średnicach (np. drobnych piasków), tworząc mieszaninę o niejednorodnej strukturze. Osady częściowo spoiste niejednorodne, często spotyka się w rzecznych zbiornikach przepływowych o niedużych (do kilkunastu metrów) wysokościach piętrzenia oraz w zbiornikach zaporowych o dużych wahaniami zwierciadła wody. Początkowe moje badania dotyczyły namulów osadzonych na górnym stanowisku stopnia wodnego Brzeg Dolny zlokalizowanego w km 281.7 rzeki Odry. Efektem dalszych badań było przeniesienie metody określania erozyjności osadów o cechach spoistych na osady z innych zbiorników wodnych. 3 publikacja z cyklu została opracowana wspólnie z ośrodkiem krakowskim, który całkowicie niezależnie, od moich badań, prowadził badania związane z zamulaniem, sedymentacją i konsolidacją osadów w zbiornikach wodnych i stawach rybnych. Osady dla których wykonano badania cech fizycznych, określono wartości reologicznego progu płynięcia i parametry erozji, pochodziły ze zbiorników, zlokalizowanych w różnych jednostkach fizjograficznych o odmiennej budowie geologicznej, sposobie zagospodarowania i użytkowania oraz zróżnicowanych warunkach hydrologicznych. Zbiorniki te różniły się też sposobem zasilania wodą. Badano osady ze zbiorników zasilanych bezpośrednio jak i ze stawów rybnych gdzie sposób zasilania realizowany jest w sposób pośredni np. z doprowadzalnika. Przy zasilaniu pośrednim, droga sedymentacji, transportowanego strumieniem wody rumowiska, jest dłuższa i część jego frakcji podlega osadzeniu w kanałach doprowadzających jeszcze przed osiągnięciem zbiornika. Taki przebieg procesu transportu rumowiska powoduje, że w zbiornikach zasilanych pośrednio, skład granulometryczny rumowiska jest mniej zróżnicowany. Badaniu poddano osady pochodzące z 6 zbiorników korytowych (zasilanie bezpośrednie) i 3 stawów rybnych. Osady ze zbiorników korytowych różniły się pod względem zawartości części organicznych I_{om} i gęstości rumowiska. Pod względem zawartości części organicznych minimalna ich zawartość wyniosła 1.03% a najwyższa 15.3%. Gęstości badanych osadów zmieniały się w granicach $2430 \leq \rho_s \leq 2640 \text{ kg/m}^3$. Średnice d_{50} dla badanych namulów ze wszystkich 6 zbiorników zmieniały się w zakresie $0.0074 \leq d_{50} \leq 0.11 \text{ mm}$, mieszcząc się w zakresie średnic charakterystycznych dla rumowiska drobnoziarnistego, unoszonego. Dla stawów, zróżnicowanie w zawartościach części organicznych I_{om} , gęstości rumowiska i średnic charakterystycznych d_{50} było mniejsze. Zawartość części organicznych zmieniała się w przedziale $12.1\% \leq I_{om} \leq 17.8\%$, gęstość osadów zawierała się w przedziale wartości $2310 \leq \rho_s \leq 2450 \text{ kg/m}^3$. Wielkości cząstek d_{50} , zawarte były w przedziale $0.019 \leq d_{50} \leq 0.088 \text{ mm}$. Porównanie zmienności zakresu średnic d_{50} dla zbiorników zasilanych bezpośrednio i dla stawów rybnych, pokazuje, że w tych ostatnich osad tworzą cząstki drobniejsze. Dla badanego osadu z Brzegu Dolnego, przeprowadzono badania sedymentacyjne w warunkach laboratoryjnych, w specjalnie przeze mnie, zaprojektowanych i skonstruowanych wielkogabarytowych kolumnach sedymentacyjnych [24] o różnych średnicach, w celu wyeliminowania wpływu efektu skalowego na przebieg procesu sedymentacji. Konstrukcja kolumn pozwala na dokonanie podziału osadzonego masywu osadu na warstwy i określenie parametrów fizycznych, reologicznych i erozyjnych dla każdej z warstw. Przeprowadzone badania sedymentacyjne

pozwoły na uzyskanie graficznej zależności, wzrostu koncentracji wagowej sedymentującego a następnie konsolidującego osadu w funkcji czasu $T_s = f(t)$. Zależność ta posłużyła do określenia charakterystycznych czasów możliwej erozji hydraulicznej badanych namułów. W strefie erozji łatwej, wg kryterium Migniota, możliwe jest hydrauliczne usunięcie osadzonych namułów, poprzez dynamiczne oddziaływanie płynącego strumienia wody, oddziałującego na powierzchnię osadu. Zabieg taki jest możliwy do zrealizowania gdy osady mają cechy ciała newtonowskiego i może być przeprowadzony np. poprzez odpowiednie manewrowanie zamknięciami urządzeń zrzutowych jazu. Usuwanie osadu, musi być zrealizowane w odpowiednim czasie tj., zanim koncentracja osiadającego namułu, przekroczy koncentrację graniczną przejścia z reżimu newtonowskiego do nienewtonowskiego zachowania się mieszaniny. Ciało nienewtonowskie modelu Bingham odznacza się lepkością plastyczną. Wszystkie badane próby posiadały wartości reologicznego progu płynięcia wyższe od 1.5Pa, co pozwoliło na zakwalifikowanie ich do reżimu trudnej erozji. Na podstawie zależności reologicznego progu płynięcia w funkcji zmian koncentracji $\tau_0 = f(T_s)$, zgodnie z metodyką Parzonki, określono wartości koncentracji granicznych $T_{s,lim}$, przejścia badanych osadów z reżimu newtonowskiego do nienewtonowskiego zachowania się mieszaniny. W zależności od warstwy namułu, wartości tych koncentracji zmieniały się od $25 \leq T_{s,lim} \leq 240 \text{ g dm}^{-3}$. Na podstawie opracowanych zależności $\tau_0 = f(T_s)$, dla osadów z poszczególnych warstw i zbiorników, określono, koncentracje graniczne dla reżimy erozji łatwej tj. koncentracje odpowiadające osiągnięciu przez namuły wartości reologicznego progu płynięcia $\tau_0 = 1.5\text{Pa}$. Dla badanych namułów z różnych zbiorników wodnych zasilanych bezpośrednio, wartości czasów granicznych dla erozji łatwej osiągnęły następujące wartości: dla zbiornika „Zesławice” $T_{er} < 30\text{min}$, dla zbiornika Bagna Rzeszowskie, dla próby namułów, pobranych w strefie wlotowej zbiornika czas $T_{er} = 90\text{min}$ a dla strefy środkowej $T_{er} = 2500\text{min}$. W przypadku zbiornika Brzeg Dolny próba osadów została podzielona na dwie warstwy, dla warstwy górnej czas T_{er} zmieniał się w zakresie od 125 do 200min a dla głębiej położonej warstwy dolnej, wynosił od 1584 do 39811min. W przypadku stawów rybnych wartości czasów T_{er} osiągnęły znacznie mniejsze wartości i zawierały się w przedziale 16-24min. Dla wszystkich badanych osadów, pomierzone wartości reologicznego progu płynięcia τ_0 znacznie przekraczały wartość naprężenia granicznego 1.5Pa pomiędzy reżimem erozji łatwej i trudnej. Na tej podstawie stwierdzono, że wszystkie badane namuły posiadają wysoką odporność na dynamiczne działanie strumienia płynącej wody. Osadów o takich cechach nie można usunąć ze zbiornika w procesie sterowanej erozji hydraulicznej. Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono, że sedymentacja i zagęszczanie osadów powoduje szybkie (po upływie czasu od kilkunastu do kilkudziesięciu godzin, osiągnięcie przez namuły, wartości koncentracji, odpowiadających reżimowi erozji trudnej wg kryterium Migniota. Najszybciej koncentrację odpowiadającą reżimowi erozji trudnej, osiąga wierzchnia warstwa osadu, zatem jej właściwości będą decydowały o odporności erozyjnej tego materiału. Podobną analizę przeprowadzono dla osadów pochodzących z rzeki Warnow w Niemczech (4 publikacja z cyklu). W lipcu 1997r. na Odrze wystąpiła katastrofalna powódź która, oprócz wielu szkód materialnych i gospodarczych, wywołała w niektórych jej rejonach, znaczne zmiany układu

morfologicznego koryta i doliny w wyniku erozji, transportu i sedymentacji rumowiska, w tym rumowiska unoszonego. Efektem rozpoczęcia przeze mnie badań w tym rejonie jest powstanie 4 publikacji z cyklu. Rejonem o znacznej dynamice zmian morfologicznych koryta jest odcinek Górnej Odry, położony pomiędzy miejscowością Chałupki a ujściem Olzy. Ze względu na naturalny układ (brak regulacji) badanego odcinka Górnej Odry, charakteryzuje się on, intensywną erozją denną, brzegową i sedymentacją. Dynamika procesów morfologicznych Odry jest tu wysoka, a zmiany kształtu, długości i przebiegu trasy rzeki są bardzo wyraźne. Skomplikowany charakter Odry na tym odcinku i występowanie intensywnych procesów fluwialnych powodują rozwój form korytowych oraz powstawanie nowych wysp. Zmienność morfologiczna rzeki na tym odcinku, powoduje zmiany w warunkach hydraulicznych i przepustowości koryta rzeki. Szczególnie dotyczy to odcinka meandrującego, położonego między km 21.5 a km 26.5. Podczas powodzi 1997r., w skutek transportu znacznych ilości rumowiska (w tym rumowiska unoszonego) zamuleni uległ wlot do meandra nr 1 a rzeka Odra zmieniła swój bieg tworząc nowe koryto. Odcięta odnoga starego koryta Odry (starorzecze meandra nr 1) podlega procesowi intensywnego zamulania i zarastania roślinnością. Swoje systematyczne badania nad przebiegiem zmian morfologicznych koryta Górnej Odry, spowodowane erozją, transportem i sedymentacją drobnoziarnistego rumowiska unoszonego, rozpocząłem w roku 2003 (tj. 6 lat po powodzi 1997r.) i prowadzę je do chwili obecnej. Początkowo (stan na rok 2003) wlot do meandra 1 został zamknięty przez powstałą na jego wlocie, wyspę osadów, której wierzchnią warstwę pokrywało rumowisko unoszone o cechach spoistych. W obrębie wyspy występował incydentalny porost roślinnością. Należy nadmienić, że habilitant dysponuje dokumentacją fotograficzną rejonu wlotu do meandra nr 1 z całego okresu badawczego. Wyspy osadzonego rumowiska wleczonego, pokryte namułami, występują głównie w rejonach wlotów meandrów nr 1 i 4. Wskutek zachodzących na tym odcinku badawczym procesów fluwialnych, zaobserwowano, że powstałe wyspy, blikujące wloty do odciętych starorzeczy, rozbudowują swoją wielkość w tych rejonach, przyrastając gabarytowo w górę rzeki. Rozwój wysp deformuje warunki przepływu co powoduje znaczna dynamikę zmian geometrii koryta Odry w tym rejonie. Powstałe formy korytowe i pokrywająca je roślinność mają decydujący wpływ na opory przepływu we wszystkich strefach stanów. Na przebieg i dynamikę procesów fluwialnych w bezpośrednim sąsiedztwie wlotu meandra nr 1, wpływa istniejąca powyżej tego odcinka infrastruktura komunikacyjna i hydrotechniczna. Infrastrukturę komunikacyjną stanowią 3 mosty graniczne (1 most kolejowy i 2 mosty drogowe), położone stosunkowo blisko siebie. Stary graniczny most drogowy położony w km 20.530, ma znacznie mniejsze sumaryczne światło od pozostałych mostów, dodatkowo posiada niższą rzędną co ma istotne znaczenie podczas przechodzenia przez jego przekrój, przepływów powodziowych. Analizując przepustowość tego mostu stwierdzono, że podczas przejścia fali powodziowej w 1997 roku rzędna zwierciadła wody okresowo przewyższała rzędna spodu jego konstrukcji co powodowało, że okresowo pracował on w warunkach tzw. przepływu ciśnieniowego. Przekrój tego mostu znacznie koncentruje przepływ, który po pokonaniu przekroju mostowego, oddziałuje na odcinek badawczy zlokalizowany poniżej. Analizując przepustowość w rejonie wlotu meandra nr 1, stwierdziłem, że geometria koryta w tym

rejonie uległa bardzo wyraźnej zmianie. Dno w nurcie podniosło się średnio o 40cm. Lewa część koryta w przekroju wlotu została zaniekana rumowiskiem złożonym z piasków i drobnoziarnistych namułów o cechach spoistych. Czynna powierzchnia koryta wlotu meandra 1 tylko wskutek agradacji, zmniejszyła się o około 20% z 340m² do 282m². Przeprowadzone przez mnie numeryczne obliczenia symulacyjne, przepustowości starej odnogi meandra nr 1 dla 3 różnych wariantów wykazały istotne zmniejszenie jego aktualnej przepustowości. W pierwszym wariantcie, zamodelowano układ koryta z przed powodzi w 1997r., tj. bez jego zamulenia i rozwiniętego porostu roślinnego. Z obliczeń wynika, że w tym pierwszym wariantcie koryto starorzecza meandra 1 mogło przeprowadzić przepływy rzędu 525m³/s. Drugi wariant obejmował zmianę geometrii odcinka wskutek powstałego w 1997r. zamulenia (jeszcze bez wpływu porostu roślinnego na opory przepływu – w tym czasie występował porost incydentalny). Obliczenia numeryczne wykazały, że wskutek samego zamulenia, przepustowość starorzecza meandra nr 1 zmalała do 435m³/s. Obliczenia numeryczne trzeciego wariantu, dotyczyły wpływu zamulenia i rozwiniętego już porostu roślinnego na osadzonych wyspach namułów. Uzyskane wyniki pokazały, że w warunkach rozwiniętego porostu roślinnego, przepustowość starorzecza spada do wartości przepływu $Q = 250\text{m}^3/\text{s}$. Taka redukcja spowoduje wzrost przepływu w nowo utworzonym korycie Górnej Odry po powodzi 1997r. Stwierdzono również, że w strefie niskich przepływów (Q do 10m³/s) starorzecze w ogóle nie jest zasilane wodą z Odry. Przy przepływach strefy średniej (Q do 50m³/s), lokalnie starorzeczem może odbywać się przepływ rzędu $Q = 5\text{m}^3/\text{s}$. Równoległe do badań w Górnej Odry, zrealizowałem badania odporności erozyjnej osadów pochodzących z jeziora Dąbie koło Szczecina. Jezioro Dąbie stanowi ważny element 4 szlaków wodnych tj. Zatoki Pomorskiej, Ujścia Świny, Zatoki Szczecińskiej i Dolnej Odry. Przez jezioro przechodzi ważny tor wodny 14.5km, szerokości 150m i głębokości gwarantowanej 3.2m. Zbiornik ten pełni ważną rolę odbiornika kry lodowej z dolnego odcinka Odry granicznej oraz ochrony przeciwpowodziowej miasta Szczecina przed powodziami zatorowymi. Akwen ten podlega procesowi intensywnego zamulenia rumowiskiem drobnoziarnistym którego właściwości są modyfikowane poprzez znaczną zawartość materii organicznej oraz zanieczyszczenie ściekami komunalnymi i przemysłowymi. Ze względu na stosunkowo wysoką zawartość zanieczyszczeń w osadach, istnienie toru wodnego i konieczne jego okresowe odmulanie, istotne było określenie parametrów ich erozji hydrodynamicznej. W przypadku tych osadów tylko 1 próbka namułów miała cechy spoiste. Reprezentatywna średnica cząstek dla tej próby wynosiła $d_{50} = 0.015\text{mm}$. Uzyskana wartość reologicznego progu płynięcia $\tau_0 = 29,5\text{ Pa}$ klasyfikuje badany namuł wg kryterium Migniota jako trudno erodowalny. Pozostałe próbki zawierały grubsze frakcje cząstek i nie posiadały cechy spoistości. W 2008 r. w wyniku stwierdzenia (inwentaryzacja terenowa) powstania nowych wysp osadów na wlotach do meandra 1, wykonałem kolejne badania odporności wierzchniej warstwy osadów budujących wyspy. Wykonałem również testy erozyjne w małym korycie hydraulicznym w Laboratorium Wodnym Instytutu Inżynierii Środowiska. Wyniki uzyskane z badań reologicznych wykazały, że osadzone namuły mają wysokie wartości pomierzonych progów płynięcia kwalifikując je do reżimu erozji trudnej. Ich wartości zmieniały się w granicach $16.6 \leq \tau_0 \leq 64.15\text{ Pa}$. Dla badanych prób

wyznaczono wartości krytycznych naprężeń, erozyjnych, krytycznych głębokości wody i średnich wartości krytycznych prędkości erozyjnych. Wartości tych parametrów zmieniały się w następujący sposób: naprężenia krytyczne $4.2 \leq \tau_{kr} \leq 16.4$ Pa, krytyczne głębokości wody przy których materiał ten mógłby podlegać erozji $1.2 \leq h_{kr} \leq 4.8$ m i średnie krytyczne prędkości erozyjne $0.6 \leq v_{kr} \leq 1.3$ m/s. Prowadząc badania erozyjności tych namulów w małym kanale laboratoryjnym, zaobserwowano, że przy prędkościach strumienia płynącej wody $v = 0.4$ m/s, powierzchnia osadu była stabilna i nie podlegała procesowi erozji. Przy prędkości około 0.5 m/s, zaobserwowano odrywanie pojedynczych grudek namułu z erodowanej powierzchni, co można uznać za początek erozji. Przy prędkościach powyżej 0.65 m/s zaobserwowano erozję masową osadu. Porównanie prędkości erozyjnych, uzyskanych z badań fizycznych w małym korycie laboratoryjnym i wyznaczonych na podstawie cech reologicznych dają dużą zgodność. Pozwala to na stwierdzenie, że namuły osadzone w rejonie wlotu meandra 1 mające koncentrację objętościową w granicach $35.1 \leq c_v \leq 36.6\%$ podlegają procesowi erozji wodnej przy prędkościach przepływu rzędu 0.65-0.7 m/s. Badane namuły posiadały średnia 74% zawartości cząstek drobnych o średnicach $d < 0,063$ mm. Tak duża zawartość drobnych cząstek powoduje powstawanie zjawiska skurczu w procesie wysychania osadów i powstawanie głębokich (20-30 cm) spękań masywu, osadzonej warstwy rumowiska. Przeprowadziłem badania sedymentacyjne dla prób rumowiska drobnoziarnistego osadzonego w rejonie wysp blokujących wlot do stopniowo odcinanego od przepływu starorzecza. Na podstawie tych badań stwierdziłem, że sedymentacja cząstek tworzących badane rumowisko przebiega stosunkowo szybko co wpływa na systematyczny wzrost koncentracji cząstek osadzonych warstw namulów. Rosnąca wartość koncentracji osadów powoduje wzrost ich odporności erozyjnej (Migniot 1968.). Oceeniłem również zmiany sumarycznego rocznego transportu rumowiska unoszonego w przekroju wodowskazowym Chałupki którego efektem jest m. innymi rozwój wysp namulów na wlocie meandra nr 1. Na podstawie dostępnych danych stwierdziłem, że w roku 1996 transport ten osiągnął wartość około $U = 700000$ Mg a w roku 1997 około $U = 560000$ Mg. Obliczona wartość średniego transportu rumowiska unoszonego w latach 1994 – 2008, osiągnęła wartość $U = 184800$ Mg. Wg IMGW wartości transportu rumowiska unoszonego w analizowanym przekroju Chałupki, zmienia się w granicach od około 83000 Mg do 300000 Mg. Z analizowanych danych wynika, że w latach 1996 i 1997 transport rumowiska unoszonego osiągał ekstremalne wartości co przyczyniło się w znacznej mierze do powstania tak znaczących zmian morfologicznych na badanym odcinku. Systematycznie prowadzone przeze mnie obserwacje, dokumentacja fotograficzna zmian morfologicznych układu koryta rzeki Odry na wlocie meandra nr I, wykazała szybki przyrost gabarytów nowo powstałych na wlocie wysp spowodowany intensywnym procesem sedymentacji drobnoziarnistego rumowiska unoszonego. Postępującym zmianom morfologicznym towarzyszy intensywny proces zarastania wysp roślinnością i wzrost gęstości porostu. Pojawiają się również nowe gatunki roślin (roślinność wysoka, krzewiasta) porastające wyspy (na początku badań występowały jedynie trawy higrofilne). Występowanie tej roślinności pionierskiej powoduje dodatkowo wzrost oporów przepływu, znaczne spowolnienie prędkości przepływu i intensyfikację procesu

sedymencji rumowiska unoszonego. Systematyczny przyrost miąższości warstw osadzanego drobnoziarnistego namułu powoduje podnoszenie dna i powolne zamykanie odciętego ramienia meandra nr I od przepływu. Przeprowadzona analiza wielkości transportu rumowiska unoszonego wykazała, że średni przyrost miąższości odkładów rumowiska unoszonego i zawieszzonego w latach 1997-2009 w rejonie wlotu do meandra nr I wyniósł około 8.3cm/rok.

2.4 Wnioski

1. Sensory optyczne mogą być wykorzystane do pomiarów koncentracji rumowiska unoszonego w ciekach naturalnych. Dokładność pomiarów zależy od czułości (zakresu pomiarowego) zastosowanego sensora. Pomiarzy wykonane na rzece Odrze dla średnich stanów wody, w dwóch oddalonych od siebie o 8km przekrojach, wykazały dużą zgodność z zastosowaną pompową metodą kontrolną. Pomierzone wartości koncentracji rumowiska unoszonego, w obu przekrojach były do siebie zbliżone i zmieniały się w zakresie od 36 do 47 mg/dm³.
2. Podczas powodzi w 1997 roku, znaczna część osadzonej powyżej jazu w Brzegu Dolnym, wyspy drobnoziarnistych osadów o cechach spoistych, została wymyta wskutek hydrodynamicznego działania strumienia płynącej wody. Stwierdzono, że średnie prędkości przepływu i głębokości strumienia były wyższe od odpowiednich wartości krytycznych tych parametrów, uzyskanych na podstawie reologicznego kryterium Migniota i Mircchulawy. Stwierdzono, że ustalenie krytycznych prędkości erozji w oparciu o kryterium Migniota, daje dokładniejsze rezultaty gdyż oparte jest o badania cech reologicznych osadów w stanie naturalnym.
3. Analiza składu ziarnowego dla drobnoziarnistych osadów, pochodzących z różnych zbiorników wodnych, o odmiennej lokalizacji i sposobie zasilania, wykazała zmienność średnic charakterystycznych d_{50} cząstek drobnoziarnistego rumowiska unoszonego, osadzanego w ich czasach. Stwierdzono, że w przypadku wszystkich analizowanych zbiorników, wielkość tych cząstek odpowiadała średnicom mniejszym od $d_{50} = 0.05\text{mm}$, co kwalifikuje je jako rumowisko unoszone i zawieszone.
4. Badane drobnoziarniste osady o cechach spoistych, tworzące się w wyniku sedymencji rumowiska unoszonego i zawieszzonego, mają cechy ciała lepko-plastycznego Binghama. Uzyskane wartości reologicznego progu płynięcia dla badanych osadów, znacznie przewyższały wartość 1.5Pa, ustaloną przez Migniota (1968) jako graniczną, pomiędzy reżimem łatwej i trudnej erozji tego typu osadów.
5. Sedymentacja i zagęszczanie osadów powoduje szybkie (w czasie od kilku minut do kilkunastu godzin) osiągnięcie wartości koncentracji, odpowiadających reżimowi erozji trudnej wg kryterium Migniota.

6. Najszybciej koncentrację, odpowiadającą reżimowi trudnej erozji, osiąga wierzchnia warstwa osadu, co powoduje, że jej właściwości decydują o odporności erozyjnej osadu na dynamiczne działanie strumienia.
7. Transport i sedymentacja, drobnoziarnistego rumowiska unoszonego i zawieszzonego, odgrywa znaczącą rolę w przeobrażaniu dolin i koryt rzecznych, ograniczając ich przepustowość. Duża odporność erozyjna tego typu osadów, posiadających cechy spoiste, porastająca je roślinność higrofilna, dodatkowo chroniąca powierzchnię osadów przed zjawiskiem erozji wodnej, sprzyja utrwalaniu i stabilizacji powstałych form korytowych i zaistniałych zmian morfologicznych w dolinie lub korycie rzeki.
8. Przyczyną zmian morfologicznych układu koryta Górnej Odry, w obrębie wlotu do odciętego starorzecza meandra I i w dalszej historii tego starorzecza, był intensywny transport rumowiska wleczonego podczas powodzi 1997r.
9. Osadzone rumowisko gruboziarniste (wlezione) stanowi podbudowę dzisiejszych wysp, których wierzchnią warstwę tworzą drobnoziarniste osady o cechach spoistych. Miąższość warstw osadów drobnoziarnistych, pokrywających obecnie wyspy, wynosi od około 0.7 do 1.0m.
10. Powstałe i rozwijające się w czasie formy korytowe, znacząco ograniczają przepustowość koryt rzecznych a w skrajnych przypadkach całkowicie odcinają je od przepływu.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Realizując moją działalność naukową, oprócz zainteresowań związanych z transportem rumowiska unoszonego i jego wpływem na zmiany morfologiczne układu koryt rzecznych, zajmowałem się także zagadnieniami związanymi z przepustowością koryt rzecznych i budowli hydrotechnicznych, ochroną od powodzi, właściwościami i przepływem mieszanin w rurociągach, problemem zamulania zbiorników wodnych.

3.1. Wykaz wybranych publikacji (poza cyklem)

Wybrane publikacje (XXX) zawierają wyniki oryginalnych badań wykonanych po otrzymaniu stopnia doktora, sumaryczny IF wynosi 0.854, łączna liczba punktów 69.

Tabela 1

Nr	Tytuł publikacji	Udział*	IF	pkt
1	Parzonka W., Radczuk L., Banasiak R., Głowski R. , Kasperek R., Krasicki J., 2000, Wstępna ocena przepustowości doliny rzeki Widawy w obrębie międzywala letniego, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Inżynieria Środowiska XI Nr 385, strony: 291-299, Pozycja 158/lista KBN z 25.09.2003r.	20% 1, 6, 7, 8, 9	-	-
2	Głowski R. , Parzonka W., 2003, Określenie aktualnej i wymaganej przepustowości mostów i budowli wodnych na kanale Odra – Widawa i na rzece Widawie, artykuł w Monografii, Praca zbiorowa pod redakcją W. Parzonki pt. "Ocena przepustowości doliny Widawy dla przeprowadzenia części przepływów powodziowych Odry", Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 454, Monografie XXX, strony: 36-50,	80% 1,3,4,6,7,8,9,10		6
3	Parzonka W., Janiak Z., Głowski R. , 2001, Preliminary research results of hydraulic and geotechnical properties of fly ash wastes from „Opole” power station, Zeszyty Naukowe	40%		

	Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 406, Konferencje XXXII, Sympozjum Naukowe „Wykorzystanie odpadów budowlanych i przemysłowych w inżynierii lądowej, wodnej i rekultywacji”, 18-19.10.2001r. Wrocław, strony: 115-125, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu Nr 406, strony: 279-290,	5,6,7,8,9.	-	6
4	Głowski R. , Sobota J., Boczarski St., The influence of salinity of fly ash mixtures on Energy losses during flow in pipelines, 11th International Conference „Transport and Sedimentation of Solid Particles, Scientific Papers of Agricultural University of Wrocław No 438, 09.2002, Ghent Belgium, strony: 269-276,	70%		
		1,4,5,6,7,8,9,10	-	6
5	Malczewska B., Czaban St., Głowski R. , Świerzko R., Kiwacz T., Sobota J., 2013, Badania liniowych strat ciśnienia podczas przepływu mieszaniny dwufazowej w rurociągu na przykładzie mieszaniny popiołowo-wodnej, Ochrona Środowiska, Vol. 35, No 2, strony: 69-72, część B wykazu MNiSW czasopism wyszczególnionych w JCR, pozycja 1498, IF = 0,619, 10 punktów	20%		
		6,7,8,9	0.462	15
6	Głowski R. , Czaban St., Kiwacz T., Malczewska B., Świerzko R., 2014, Badania wpływu preparatu upłynniającego na właściwości reologiczne mieszaniny popiołowo – wodnej, Ochrona Środowiska, Vol. 36, No 3, strony: 65-70, część A wykazu MNiSW czasopism wyszczególnionych w JCR, pozycja 8447, IF = 0,392, 15 punktów	25%		
		5,6,7,8,9	0.392	15
7	Głowski R. , Kasperk R., Parzonka W., 2010, Wstępna analiza warunków zamulania zbiornika Otmuchów zlokalizowanego na obszarze podgórskim, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 8/2/2010, strony: 27-36, część B wykazu MNiSW czasopism wyszczególnionych w JCR, pozycja 599,	65%		
		1,7,8,9,10	-	6
8	Głowski R. (70%), Kasperk R. (30%), 2017, The grain size distribution of settled sediment within storage reservoir Otmuchów, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Land Reclamation, No 49(1), strony: 3-14,	70%		
		1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	-	15

*Udział habilitanta w przygotowaniu publikacji: 1–przegląd literatury, 2-inicjator tematyki, 3-autor tematyki, 4-opracowanie metodyki, 5-nadzór naukowy nad badaniami, 6-wykonanie badań, 7-analiza wyników, 8-opracowanie wniosków, 9-redakcja tekstu, 10-redakcja graficzna.

3.2 Przepustowość koryt rzecznych i budowli hydrotechnicznych, ochrona od powodzi

Występowanie ekstremalnych powodzi w dolinach rzek, weryfikuje sprawność i stan zaprojektowanych systemów ochrony przeciwpowodziowej, urządzeń hydrotechnicznych i regulacyjnych, stan utrzymania drożności koryt rzecznych i kanałów. Interesując się tą problematyką, swoje działania naukowo-badawcze skierowałem na tematykę przepustowości koryt rzecznych ich hydraulikę, przepustowość i hydraulikę obiektów hydrotechnicznych (przelewów awaryjnych, mostów). W publikacjach naukowych przedstawiłem wyniki analiz dotyczących przepustowości koryt rzecznych, terenów zalewowych, obiektów hydrotechnicznych (przelewy, mosty, jazy). Analizy oparte były o badania terenowe, istniejącego stanu koryt rzecznych i budowli hydrotechnicznych z uwzględnieniem elementów morfologicznej budowy koryta lub doliny, występowania roślinności, występowania innych przeszkód mających wpływ na hydraulikę przepływu. W analizach uwzględniano również wpływ form korytowych czy ograniczenia przepustowości spowodowane zamulaniem i rozwojem roślinności. Wprowadzona Dyrektywa Wodna Unii Europejskiej spowodowała zmianę wymagań stawianych utrzymaniu koryt rzecznych, biorąc pod uwagę aspekty przyrodniczo-techniczne. Po ekstremalnej powodzi z lipca 1997r. jaka nawiedziła dolinę Odry powstała „Generalna strategia ochrony przed powodzią dorzecza Górnej i Środkowej Odry” opracowana przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu i Hydroprojekt Wrocław. Strategia ta wyznaczyła nowe priorytety i kierunki działań dotyczących ochrony od powodzi i gospodarki wodnej. W niektórych przypadkach, konieczna stała się zmiana koncepcji systemu przeprowadzania części przepływów powodziowych. Sytuacja taka dotyczyła miasta Wrocławia gdzie opracowano koncepcję przerzutu kanałem, części wód powodziowych z rzeki Odry do doliny rzeki Widawy. Ideą tego rozwiązania było obniżenie zagrożenia powodziowego w samym mieście Wrocław.

W pracy 1, wraz z zespołem, dokonałem inwentaryzacji terenowej rzeki Widawy dla oceny aktualnego stanu koryta i doliny w obrębie międzywała letniego. Przeprowadzona inwentaryzacja pozwoliła na ustalenie charakterystycznych wartości współczynników szorstkości koryta i doliny, niezbędnych w późniejszych obliczeniach przepustowości. Stwierdzono zły stan koryta i terenów zalewowych w obrębie obwałowania letniego. Przeprowadzone obliczenia wykazały ograniczoną przepustowość koryta właściwego. Ich efektem było zalecenie wykonania niezbędnych prac udrażniających i regulacyjnych. Koncepcja przerzutu części wód Odry do doliny Widawy zakłada zwiększenie jego wartości z maksymalnie $150\text{m}^3/\text{s}$ (maksymalna przepustowość tzw. przewał do Widawy) do około $330\text{m}^3/\text{s}$. Powstanie koncepcji realizacji ponad dwukrotnie większego zrzutu, wymusiło konieczność sprawdzenia przepustowości i warunków funkcjonowania, istniejących obiektów hydrotechnicznych na kanale zrzutowym i w dolinie rzeki Widawy w warunkach zwiększonego zrzutu wód (**praca 2**). Do urządzeń tych należały urządzenia wlotowe i polder Paniowice, szereg mostów drogowych i kolejowych, śluza wałowa – wprowadzająca wody do koryta Starej Widawy. Wykonałem analizę hydraulicznych warunków pracy dla polderu Paniowice oraz mostów. Obliczenia symulacyjne stanów wody jakie wystąpią w rejonie urządzeń wlotowych tego polderu, pokazały, że przy wszystkich symulowanych przepływach zrzutowych w Widawie rzędne zwierciadła wody ułożą się powyżej koron urządzeń wlotowych. Dodatkowo, niekorzystna lokalizacja polderu i jego urządzeń wlotowych w rejonie ujściowym Widawy do Odry, powoduje, że częściej jest on zalewany wodami Odry jak Widawy. Oszacowana przeze mnie pojemność polderu Paniowice wynosiła zaledwie 2.25 mln m^3 co przy braku zamknięć urządzeń wlotowych i wylotowych powoduje, że przy przepływach w Odrze rzędu $1650\text{m}^3/\text{s}$ (objętość fali powodziowej $60\text{-}80\text{ mln m}^3$) jego wpływ byłby minimalny. Na podstawie analizy zalecono jego likwidację w celu zwiększenia przepustowości koryta Odry w tym ujściowym obszarze. Analiza aktualnej przepustowości mostów wykazała, że obiekty te posiadają zróżnicowaną przepustowość i przy własnych przepływach Widawy, miarodajnym $Q_m = Q_{1\%} = 83.7\text{m}^3/\text{s}$ i kontrolnego $Q_k = Q_{0.3\%} = 103.0\text{ m}^3/\text{s}$, rzędne zwierciadła wody mieszczą się poniżej rzędnych spodu konstrukcji mostów. Jednak ze względu na realizację zrzutów wód odrzańskich w planowanej wysokości, przeprowadzona analiza wykazała, że większość mostów nie posiada wystarczającego światła do ich bezpiecznego przeprowadzenia. W związku z tym wytypowano mosty, na głównych drogach komunikacyjnych z północną częścią miasta Wrocław i innymi rejonami Polski, których przepustowość musi zostać zwiększona poprzez powiększenie światła.

3.3 Właściwości i przepływ mieszanin w rurociągach.

Transport cząstek stałych w strumieniu cieczy stosowany jest w różnych procesach technologicznych. Jednym z takich zastosowań jest składowanie drobnoziarnistych produktów spalania paliw. Produktami tymi są popioły lotne, popioły i żużle. Rozwijająca się działalność proekologiczna i rosnąca świadomość konieczności ochrony środowiska naturalnego wymuszają poszukiwania nowych technologii zagospodarowania lub składowania różnego rodzaju odpadów, tematyka ta dotyczy także popiołów z

elektrowni jako odpadów poflotacyjnych. W **pracy 3** badałem cechy fizyczne i geotechniczne, składowania odpadów paleniskowych z Elektrowni Opole. Przyjęta technologia składowania oparta jest o moką technologię tzw. emulgatu. Emulgat (mieszanka suchych popiołów i wody o odpowiednich proporcjach) transportowany jest hydraulicznie na miejsce składowania za pomocą pomp i rurociągów. W ramach badań określono cechy fizyczne i geotechniczne, przeprowadzono badania parametrów procesu sedymentacji i osadzania warstwy emulgatu. Badany emulgat charakteryzował się wielkością cząstek d_{50} od 0.028 do 0.075mm i początkowymi gęstościami mieszaniny ρ_m od 1647 do 1794kg/m³. Przeprowadzone badania miały na celu określenie tempa wydzielania tzw. wody nadosadowej, oceny jej ilości oraz szczelności osadzonej warstwy. Szczelność ma duże znaczenie dla ograniczenia przenikania zanieczyszczonej wody nadosadowej do wód gruntowych. Badania wykazały, że przy wysokich gęstościach, wysokość warstwy wody nadosadowej pod koniec procesu „fizycznego” osadzania a przed rozpoczęciem procesu wiązania (podobnego jakiego zachodzi w betonie) wyniesie około 11-15% namytej warstwy emulgatu i woda ta pojawi się dość szybko tj. w ciągu 13-16 godzin. Sedymentacja i konsolidacja tak składowanego materiału (o analizowanym uziarnieniu) nie daje dostatecznie szczelnej warstwy. Podczas badań, zaobserwowano zjawisko wzrostu objętości („pęcznienia”) próbki osadu pod koniec procesu sedymentacji, proces ten rozpoczynał się już po kilku dniach od zemulgowania popiołów. Proces ten jest wynikiem procesu pęcznienia charakterystycznego dla twardnienia betonów pod wodą. Stwierdzono, że ocena wpływu pęcznienia na późniejszą szczelność masywu wymaga dalszych badań. W **publikacji 4** zająłem się badaniami oceny strat hydraulicznych w hydrotransporte mieszaniny lotnych popiołów z solanką. Mieszanki tego typu wykorzystywane są do podsadzania wyeksploatowanych wyrobisk górniczych. Płynąca w rurociągu mieszanina generuje znacznie większe straty energii niż przepływ czystej cieczy. Dla prawidłowego zaprojektowania instalacji hydrotransportowych, konieczne jest opracowanie charakterystyk zależności jednostkowych strat hydraulicznych mieszaniny w funkcji prędkości przepływu $I_m=f(v)$. Dla wykonania badań, wyliczyłem potrzebne koncentracje mieszanin popiół – solanka, przeprowadziłem badania cech reologicznych, czystej wody i solanki o różnych stężeniach. Wykonałem badania na instalacji rurowej o średnicy $d = 50\text{mm}$ dla oceny jednostkowych strat liniowych przy przepływie mieszanin popiół-solanka o różnych (rosnących) koncentracjach. Na podstawie przeprowadzonych badań, w wyniku obliczeń, uzyskałem zależności jednostkowych strat hydraulicznych przy przepływie mieszaniny popiół-solanka (o różnych koncentracjach). Uzyskane charakterystyki wykazują istotny wzrost strat wraz ze wzrostem koncentracji mieszaniny i prędkości przepływu. Znajomość tych charakterystyk jest konieczna dla prawidłowego zaprojektowania układu hydrotransportowego. W **pracy 5** kontynuowałem badania związane z określeniem parametrów reologicznych mieszanin popiół-woda, ich wpływu na modyfikację właściwości mieszanin i na wielkość generowanych strat energii. W **pracy 6** zająłem się badaniami wpływu dodatku upłynniającego Pantarhit® TB100(FM) na właściwości reologiczne technologicznej mieszaniny popiołowo-wodnej. Badania miały na celu stwierdzenie, czy dodatek środka upłynniającego wpłynie na obniżenie strat hydraulicznych podczas przepływu mieszaniny w rurociągach. Wykonano badania cech

reologicznych dla różnych koncentracji mieszanin popiołowo-wodnych z dodatkiem (w różnych proporcjach) upłynniającym. Badania krzywych płynięcia mieszanin popiołowo-wodnych z upłynniaczem wykazały ich tiksotropowy charakter. Zaobserwowano, że zawartość dodatku upłynniającego powyżej 2% masy popiołu, przyspiesza sedymentację grubszych frakcji popiołu, co jest niekorzystne w przypadku hydraulicznego transportu tego typu mieszanin gdyż powoduje wzrost strat energii.

3.4 Zamulanie zbiorników wodnych

Zamulanie zbiorników wodnych skutkuje stopniowym zmniejszaniem się ich pojemności i może wpływać na pogorszenie jakości wody. Problem realnej oceny pojemności zbiorników wodnych, ważny jest również ze względu na realną ocenę pojemności powodziowej i ochronę przeciwpowodziową. Problem ten jest niezmiernie ważny w momencie kiedy występują ekstremalne zdarzenia powodziowe, jak choćby powódź 1997 czy 2010 w dorzeczu Odry. W **pracy 7** zająłem się analizą zmian pojemności zbiornika Otmuchów. Zbiornik ten pracuje w kaskadzie ze zbiornikiem Nyskim. Oba zbiorniki położone są w południowo-zachodnim, podgórskim rejonie województwa opolskiego, na rzece Nysa Kłodzka. Początkowa pojemność zbiornika Otmuchów wynosiła 142,9 mln m³. W okresie 1933-1975 pojemność tego zbiornika zmalała wskutek postępującego zamulenia i wynosiła 124,5 mln m³. W okresie 1975-1999 (wielkie powodzie 1977, 1997) pojemność zbiornika wzrosła o około 4 mln m³. Tę tendencję zmian pojemności potwierdza również analiza zmian jego pojemności przy pozostałych charakterystycznych rzędnych tj. przy normalnym poziomie piętrzenia NPP = 213.00 oraz w strefie rezerwy powodziowej tj. pomiędzy rzędną maksymalnego poziomu piętrzenia Max PP = 215.00 a rzędną normalnego piętrzenia NPP. Przyczyną wzrostu pojemności, podobnie jak w przypadku zbiornika w Brzegu Dolnym na Odrze, mogła być erozja dna zbiornika, spowodowana przejściem powodzi 1997. Dokładne ustalenie aktualnej pojemności zbiornika Otmuchów jest niezmiernie ważne gdyż po powodzi 1997r., zmieniono system gospodarowania wodą na tym zbiorniku. W 1999 roku wprowadzono znaczne zwiększenie rezerwy powodziowej poprzez obniżenie normalnego poziomu piętrzenia odrębnego dla okresu zimowego i letniego. W oparciu o dostępne dane przeprowadziłem analizę zamulenia dla poszczególnych stref gospodarki wodnej tego zbiornika. Analiza wykazała straty pojemności zbiornika we wszystkich strefach gospodarki wodnej w okresie 1933-1975, całkowity ubytek pojemności wyniósł 10,1 mln m³. W okresie 1975 – 1999 zarejestrowano przyrost pojemności zbiornika o blisko 6 mln m³. Jednak bilansowo w całym okresie 1933-1999 zbiornik stracił ok. 12,5 mln m³ pojemności. Dane te należy jednak traktować jako przybliżone, podyktowane to jest brakami i fragmentarycznością w danych pomiarowych czego skutkiem było przyjęcie do analizy „uśrednione” poziomy graniczne strefy użytkowej. Przejście powodzi spowodowało, czasowe i częściowe usunięcie osadów lub ich przemieszczenie z wyżej położonych stref gospodarki wodnej do niżej położonych. W analizowanym zbiorniku stwierdzono występowanie klasyfikacji ziarnowej rumowiska, przy czym brak było określenia średnic reprezentatywnych rumowiska dla górnej strefy zbiornika. W strefie martwej i użytkowej osadzone są cząstki o wielkościach średnic d od

0.030 do 0.088mm. W pracy 8 przebadalem sklady ziarnowe pobranych prob rumowiska osadzanych w gornej czesci zbiornika Otmuchow. Badania wykazaly, ze w gornej strefie zbiornika odkladane sa grubsze frakcje rumowiska od 1 do 1.1mm lub d_{10} od 0.3 do 0.08mm. Podane sa dwie wartosci srednic, poniewaz dane historyczne dla nizszych partii zbiornika nie podaja czy prezentowano srednice d_{50} czy d_{10} . Zbiornik Otmuchow w skutek obnizenia rzędnych piętrzenia, podlega intensywnemu zamulaniu w gornej czesci. Na odlozonych osadach rozwinela sie juz roslinność dodatkowo stabilizując osady. Stwierdzono również, na podstawie analizy obliczonych parametrów mobilności rumowiska, że drobne cząstki podlegają transportowi praktycznie w każdej strefie przepływów natomiast grubsze mogą być transportowane tylko podczas większych powodzi, co potwierdza badanie składu granulometrycznego rumowiska pobranego w strefie ujściowej Nysy Kłodzkiej do zbiornika Otmuchów.

4. Zestawienie dorobku naukowo-badawczego

Zestawienie zamieszczono w załączniku 4.

5. Dorobek dydaktyczno-organizacyjny i popularyzatorski

W ramach działalności dydaktycznej na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych prowadzę ćwiczenia i wykłady z następujących przedmiotów:

Nazwa przedmiotu	Wykład	Ćwiczenia
Mechanika płynów	-	tak
Termodynamika techniczna	-	tak
Dynamika koryt rzecznych	tak	tak
Hydrotransport i ruch rumowiska	tak	Tak
Hydraulic Engineering (w j. angielskim, studia ERASMUS)	tak	tak
Hydraulika i Hydrologia	tak	tak
Hydromechanika	tak	tak
Podstawy wykorzystania energii odnawialnych	-	tak
Budownictwo wodne	-	tak
Hydrotechniczne konstrukcje stalowe	-	tak
Mechanika budowli i wytrzymałość materiałów	-	tak
Pompownie	-	tak
Sieci i instalacje	tak	tak
Instalacje budowlane i sanitarne	tak	tak
Instalacje sanitarne	tak	tak

Średnia liczba godzin dydaktycznych w latach 2000-2018 wynosiła 480. Prowadzę projekty i prace inżynierskie oraz prace magisterskie na kierunkach studiów: Inżynieria Środowiska, Inżynieria Bezpieczeństwa, Inżynieria i Gospodarka Wodna, Budownictwo, Architektura Krajobrazu (studia polsko-chińskie w j. angielskim). Byłem promotorem 33 prac magisterskich, 36 prac inżynierskich oraz 4 projektów inżynierskich realizowanych zespołowo. Zrecenzowałem 139 prac dyplomowych.

6. Bibliografia

- [1] Allen Ph. A., 2000, *Procesy kształtujące powierzchnię ziemi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [2] Brown L. R., 2009, *Głód zagraża naszej cywilizacji*, Scientific American 06/2009, Prószyński Media.
- [3] Byczkowski A., 1996, *Hydrologia*, Tom 1 i 2, Wydawnictwo SGGW Warszawa.
- [4] Czajka A., 2007, *Środowisko sedimentacji osadów przykorytowych rzek uregulowanych na przykładzie Górnej Odry i Górnej Wisły*, Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- [5] Czerniawska-Kusza Izabela, Szoszkiewicz Krzysztof, 2007, *Biologiczna i Hydromorfologiczna ocena wód płynących na przykładzie rzeki Mała Panew*, Opole.
- [6] Czernuszenko W., Rowiński P., 1994, *Współczesne modele matematyczne procesu transportu i mieszania zanieczyszczeń w rzekach*, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk, Zeszyt 6, Warszawa.
- [7] Dubicki A., 1988, *Sytuacja hydrologiczno – meteorologiczna, przebieg i rozmiary powodzi w sierpniu 1985 roku*, Materiały i Studia Opolskie, Rok XXX, Zeszyt 65, Opole.
- [8] Dubicki A., Słota H., Zieliński J., 1999, *Dorzecze Odry – monografia powodzi lipiec 1997*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- [9] Grabowska-Olszewska B. i inni. 1980, *Metody badań gruntów spoistych*, Wydanie II, Wydawnictwo Geologiczne Warszawa.
- [10] Harasimiuk St., Kosowski H., Nawrot B., Staniszewski St., Staniszewski T., 1988, *Przebieg wezbrania powodziowego na Odrze od granicy państwa do Wrocławia oraz dopływach na terenie województwa opolskiego*, Materiały i Studia Opolskie, Rok XXX, Zeszyt 65, Opole.
- [11] Henzler M., 2009, *Pragnienie i wojny*, Scientific American 06/2009, Prószyński Media 2009.
- [12] Huygens M., Segars P., Verhoeven R., 1994, *Combination of pump method and integrated turbidity sensor as measuring device for sediment concentrations*, 4th Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Conference INTERCON '94, 11-15 July 1994, Wallingford, England.
- [13] Huygens M., Segars P., Verhoeven R., 1994, *Combination of pump method and integrated turbidity sensor as measuring device for sediment concentrations*, 4th Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Conference INTERCON '94, 11-15 July 1994, Wallingford, England.

- [14] Huygens M., Verhoeven R., De Sutter R., Van Poucke L., Parzonka W., Głowski R., Kasperek R., 2000, Identification of sediment transport in a small river catchment, leading to integral management, *Journal of Water and Land Development*, No 4.
- [15] Klimaszewski M., 2003, *Geomorfologia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [16] Kostecki M., 2003, *Alokacja i przemiany wybranych zanieczyszczeń w zbiornikach zaporowych hydrowęzła rzeki Kłodnicy i Kanale Gliwickim*, Prace i Studia Archiwum Ochrony Środowiska Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, PL ISSN 0208-4112, ISBN 83-913824-2-7, Zabrze.
- [17] Łajczak A., 1995, *Studium nad zamulaniem wybranych zbiorników zaporowych w dorzeczu Wisły*, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk, Zeszyt 8, Warszawa.
- [18] Łajczak A., 1999, Współczesny transport i sedymentacja materiału unoszonego w Wiśle i głównych dopływach, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk, Zeszyt 15, Warszawa.
- [19] Maciejewski M., Ostojski M. S., Tokarczyk T., 2011, Dorzecze Odry – monografia powodzi 2010, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- [20] Madeyski M., Michalec B., Tarnawski M., 2008, *Zamulanie małych zbiorników wodnych i jakość osadów dennych*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 11/2008 (Monografia), PAN Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, Kraków.
- [21] Mańczak H., 1969, Stopień zanieczyszczenia wody rzeki Odry w przekroju pomiarowo-kontrolnym w Chałupkach w roku 1960, Tom 2, Wydanie 2, Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Sanitarnej i Wodnej Politechniki Wrocławskiej: Studia i materiały, ISSN 0370-0925.
- [22] Migniot C., Etude des propriétés physiques de différents sédiments très fins et de leur compartement sous des actions hydrodynamiques, *La Houille Blanche* No 7, 1968.
- [23] Mizerski W., 2004, *Geologia dynamiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [24] Parzonka W., Głowski R., Jelonek L., Kempiański J., 1997, Laboratory studies on sedimentation and settlement of cohesive river mud, *Scientific Papers of Agricultural University*, 9th International Conference on Transport and Sedimentation of Solid Particles, 02-05.09.1997, Cracow, Poland, strony: 193-201,
- [25] Plan Gospodarowania Wodami na obszarze dorzecza Odry, zatwierdzony na posiedzeniu Rady Ministrów w dniu 22 lutego 2011r., Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Monitor Polski nr 40, poz. 451.
- [26] Polski Komitet Wielkich Zapór, 2006, *Przeciwdziałanie zamulaniu zbiorników*, Biuletyn 115 CIGB-ICOLD 1999, Wyd. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- [27] Prochal P., 1987, *Podstawy melioracji rolnych*, Tom 2., Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

- [28] Ratomski J. i inni, 1997, Procesy związane z ruchem rumowiska w ciekach karpackich, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk, Zeszyt 13, Warszawa.
- [29] Przedwojski B., 1998, *Morfologia rzek i prognozowanie procesów rzecznych*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
- [30] Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 28 lutego 1962r. w sprawie norm dopuszczalnych zanieczyszczeń wody oraz warunków jakim powinny odpowiadać ścieki odprowadzane do wody i do ziemi. Dziennik Ustaw nr 17, Poz. 75.
- [31] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 czerwca 1970r. w sprawie norm dopuszczalnych zanieczyszczeń wód i warunków wprowadzania ścieków do wody i do ziemi. Dziennik Ustaw nr 17, Poz. 144.
- [32] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 4 września 2000r. w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze, woda w kąpieliskach oraz zasad sprawowania kontroli jakości wody przez organy inspekcji sanitarnej, Dziennik Ustaw nr 82, Poz. 937.
- [33] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002r., w sprawie wymagań jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, Dziennik Ustaw nr 204, Poz. 1728.
- [34] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2009r., w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych, Dziennik Ustaw nr 81, Poz. 685.
- [35] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011r., w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, Dziennik Ustaw nr 257, Poz. 1545.
- [36] Sachs J. D., 2006, Ekologia a polityka, Świat Nauki (Scientific American) 09/2006, Wyd. Prószyński Media.
- [37] Sachs J. P., Myhrvold C. L., 2011, *Deszcz ucieka od równika*, Świat Nauki (Scientific American) 04/2011, Wyd. Prószyński Media.
- [38] Shermer M., 2006, I sceptyk może się nawrócić, Świat Nauki (Scientific American) 07/2006, Wyd. Prószyński Media.
- [39] Stan Środowiska w województwie Śląskim w 2010r., 2011, Wojewoda Śląski, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice 2011.
- [40] Szczegielniak Cz., 1988, *Analiza hydraulicznych warunków przebiegu wezbrania Odry w 1985 roku na podstawie pomiarów hydrometrycznych*, Materiały i Studia Opolskie, Rok XXX, Zeszyt 65, Opole 1988.

[41] Szoszkiewicz K., Gebler D., 2011, Ocena warunków hydromorfologicznych rzek w Polsce metodą River Habitat Survey, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 47/2011,

[42] Walling D. E., 2008, The changing sediment loads of the world's rivers, Annals of Warsaw University of Life Science – SGGW, Warsaw University of Life Science Press,

[43] Wołoszyn J., Czamara W., Eliasiewicz R., Krężel J., 1994, Regulacja rzek i potoków, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

Wrocław, 30.09.2019

(miejsowość, data)

Robert Góral

(podpis)