

dr inż. Robert Banasiak  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
Państwowy Instytut Badawczy  
Oddział we Wrocławiu

## AUTOREFERAT

### 1. Imię i nazwisko

**Robert Banasiak**

### 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy , miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej:

#### **- dr inż. nauk rolniczych w dyscyplinie kształtowania środowiska**

Grudzień 1999, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, obecnie Uniwersytet Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji.

Temat pracy: *'Badanie transportu rumowiska unoszonego w korytach otwartych.'* Promotor prof. Włodzimierz Parzonka.

#### **- mgr inż. melioracji wodnych**

Wrzesień 1994, Akademia Rolnicza we Wrocławiu - obecnie Uniwersytet Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji/Uniwersytet w Hanowerze (w trakcie 6-miesięcznego stypendium w ramach programu TEMPUS).

Temat pracy: *„Hydraulische Problemen der naturnahen Regelung von Fließgewässern”* (Hydrauliczne problemy bliskiej naturze regulacji rzek), praca w jęz. niemieckim. Promotor prof. Włodzimierz Parzonka, prof. Klaus Rickert.

### 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu:

od 07.2010–obecnie – IMGW-PIB o. Wrocław, Centrum Modelowania Powodzi i Suszy (CMPiS), specjalista, od 06.2012 z-ca kierownika.

12.2008–09.2009 – Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, specjalista ds. projektów finansowanych ze środków unijnych (0.5 etatu).

2008–06.2010 – okres pracy w budownictwie wodno-instalacyjnym i konsultingu: Studiebureau Verhoeven c.b.v.a., NAVIGA-STAL sp. z o.o., SETEC Engineering GmbH (Austria).

05.2000–12.2007 – Laboratorium Hydrauliczne Uniwersytetu Gandawskiego, Belgia, pracownik naukowy ‘post-doc’.

12.1994–04.2000 – Uniwersytet Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, doktorant, asystent.

### 4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego: **cykl publikacji nt.:**

*Hydraulika i procesy sedymentacyjne w kanałach ze swobodnym zwierciadłem wody*

b) Autor/autorzy, tytuł publikacji rok wydania, nazwa wydawnictwa:

**b1.** Banasiak, R., Verhoeven, R. (2004). *ADV measurements of turbulence over an eroded sediment bed in a semicircular flume*. 12th International Conference on Transport & Sedimentation of Solid Particles, 20-24 September 2004, Prague, Czech Republic. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 481, 113-124.

*Udział habilitanta – 80%*

**b2.** Banasiak, R., Verhoeven, R., De Sutter, R., Tait, S. (2005). *The erosion behavior of biologically active sewer sediment deposits: Observations from a laboratory study*. Water Research 39, 5221-5231.

*Udział habilitanta – 70%*

**b3** Banasiak, R., Verhoeven, R. (2006). *Influence of bed structure on the erosion of a cohesive sediment bed*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, XV, Nr 536, 9-18.

*Udział habilitanta – 80%*

**b4.** Banasiak R., Verhoeven R. (2006). *Quantification of the erosion resistance of undisturbed and remoulded cohesive sediment beds*. Water, Air and Soil Pollution: Focus 6, 381-391.

*Udział habilitanta – 80%*

**b5.** Banasiak, R., Verhoeven, R. (2008). *Transport of sand and partly cohesive sediments in a circular pipe run partially full*. Journal of Hydraulic Engineering (ASCE), Vol. 134, No. 2, 216-224.

*Udział habilitanta – 80%*

**b6.** Banasiak, R., Verhoeven, R. (2006). *Flow resistance in pipes with noncohesive and partly cohesive sediment deposits*. 13th International Conference on Transport & Sedimentation of Solid Particles, September 2006, Tbilisi, Georgia, Eds. Gochitashvili & Sobota, ISBN 83-60574-00-6, 29-38.

*Udział habilitanta – 80%*

**b7.** Banasiak R. (2008). *Hydraulic performance of sewer pipes with deposited sediments*. Water, Science and Technology, WST 57:11, 1743-1748.

*Udział habilitanta – 100%*

**b8.** Banasiak R, Tait S. (2008). *The reliability of sediment transport predictions in sewers – the influence of hydraulic and morphological uncertainties*. Water, Science and Technology, WST 57:9, 1317-1327.

*Udział habilitanta – 80%*

**b9.** Banasiak R., Krzyżanowski M., Gierczak J., Wdowikowski M. (2014). *Bathymetric changes, roughness and conveyance of a compound, regulated by groynes river channel during low and high water conditions*. RiverFlow2014 – Shleiss et al. (Eds) Taylor&Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02674-2, 369-374.

*Udział habilitanta – 60%*

**b10.** Banasiak R, Krzyżanowski M. (2015). *Ocena reżimu morfologicznego i oporów ruchu podczas wezbrań w Odrze Środkowej*. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 14(2), 25-38.

*Udział habilitanta – 70%*

- c) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z ich ewentualnym wykorzystaniem

W badaniach nad transportem rumowiska ocena reakcji osadu dennego na oddziaływanie strumienia wody jest szczególnie istotnym aspektem. Mobilność dna i jego formowanie się topograficzne, lub rozwój form dennych, wpływa na opory przepływu i przepustowość koryt i kanałów (relację stan-przepływ), jak również na efektywną siłę oddziaływania strumienia na dno, która jest odpowiedzialna za transport rumowiska dennego i zmiany morfologiczne koryta. Transport rumowiska wiąże się ponadto z aspektami ekologicznymi mając wpływ na jakość wód i na florę i faunę ekosystemów wodnych i zależnych. Szczególnie poprzez kumulację (podczas sedymentacji) i mobilizację (podczas erozji) związanych z rumowiskiem zanieczyszczeń.

Dynamiczna reakcja dna na zmienne warunki przepływu jest zależna od rodzaju osadów. Rumowisko może być sklasyfikowane ze względu na wielkość ziaren, skład ziarnowy i stopień spoistości. Cząstki drobne, o średnicy ziaren mniejszej niż 0,063 mm (lub 0,05 mm) określa się jako spoiste. Osady zbudowane z tego materiału spotyka się zwykle w jeziorach, estuariach, zbiornikach wodnych a także w rzekach nizinnych, gdzie ze względu na relatywnie niskie prędkości przepływu dochodzi do sedymentacji drobnych cząstek unoszonych przez strumień wody. Cząstki większe, tj. frakcje piaszczyste, żwirowe i kamieniste, tworzą aluwialne dno koryt o większym spadku podłużnym. Trzecim rodzajem osadów dennych jest rumowisko przejawiające właściwości pośrednie pomiędzy rumowiskiem spoistym i niespoistym, zawierające zróżnicowany skład granulometryczny, będący mieszaniną cząstek grubszych i domieszki drobnych, ewentualnie części organicznych. Osady takie także można spotkać w licznych środowiskach: w niektórych rzekach, estuariach, rurociągach kanalizacyjnych. Stwierdzono, że nawet niewielka zawartość drobnych cząstek spoistych może znacząco zmienić zachowanie się osadu. Osady takie przyjęto określać jako częściowo spoiste (ang. 'cohesive-like', 'partly cohesive'), które przejawiają wyższą odporność erozyjną od tej, jaką można prognozować wg kryteriów tylko dla frakcji ziarnowych.

Osady będące pod wpływem sił kohezji przejawiają nie tylko podwyższoną odporność erozyjną, ale również inną odpowiedź morfologiczną na skutek działania strumienia wody. Rumowisko niespoiste tworzy formy denne, które były szeroko badane w rzekach i laboratoriach i zostały opisane; natomiast mniej informacji jest dostępnych na temat formowania się dna przejawiającego pewien stopień spoistości. W dotychczasowych

badaniach zwykle koncentrowano się ustaleniu warunków początków erozji dla tego typu osadów i na określeniu relacji pomiędzy intensywnością transportu lub erozji a wybranymi parametrami hydraulicznymi strumienia. Badania prowadzono zwykle na sztucznych mieszankach spoistych ze względu na to, iż pozwalają one uzyskać bardziej spójne i powtarzalne wyniki eksperymentalne. Mieszanki uzyskiwano z połączenia piasku i frakcji spoistej w różnej proporcji. Zaobserwowano, że mieszanka przejawia właściwości spoiste po przekroczeniu pewnej granicznej koncentracji frakcji spoistej. Właściwości te zależą w większym stopniu od rodzaju frakcji nadającej własności spoiste niż od wielkości i kompozycji ziaren frakcji piaszczystej. Przed uzyskaniem tej granicznej koncentracji zauważono także, że mieszanka zachowuje się podobnie jak rumowisko niespoiste, po wypłukaniu drobnych frakcji z powierzchni osadu. Powstaje zatem faza przejściowa pomiędzy zachowaniem się rumowiska niespoistego i spoistego. Niestety w literaturze nie podano bliższych informacji o kształtowaniu się tych warunków, poza nie dość jednoznacznie określonymi relacjami pomiędzy siłą strumienia i intensywnością ruchu osadu (w formie wleczonej). Stanowi to o niepełnej wiedzy o tym procesie, co może prowadzić do niewłaściwych odpowiedzi na szczególne pytania/problemy.

Badania moje skupiły się zatem na określeniu warunków transportu zarówno rumowiska niespoistego, spoistego i rumowiska posiadającego cechy przejściowe. Uwagę poświęcono kształtowaniu się oporów przepływu mobilnego dna oraz sparametryzowaniu intensywności transportu/erozji rumowiska (predykcji). W przypadku osadów o charakterze spoistym badania wzięły także pod uwagę wpływ takiej cechy osadu jak struktura, będąca rezultatem procesów poprzedzających erozję, a wynikiem procesów fizycznych (konsolidacja) i biologicznych (stabilizacja i destabilizacja). Badania dotyczyły warunków przepływu w korycie o przekroju kołowym ze swobodnym zwierciadłem wody – w nawiązaniu do procesów sedymentacyjnych w rurociągach kanalizacyjnych – ale także dotyczą koryt otwartych.

Praca [b1] przedstawia metodyczny aspekt badań. Ich podstawą były eksperymenty przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych w korycie o przekroju kołowym (dokładniej półkołowym, będącym wycinkiem rury o średnicy wewnętrznej 0.39 m) imitującym warunki przepływu w rurociągu kanalizacyjnym (z szorstkimi ścianami), będącym na wyposażeniu Laboratorium Hydraulicznego Uniwersytetu Gandawskiego. W pracy przeanalizowano dokładność pomiarów i wyznaczania naprężeń ścinających działających na ściany i dno koryta w przypadku sztucznej poziomej powierzchni imitującej osad sedymentacyjny, jak również ponad osadem naturalnym. W pracy tej zastosowano nową wówczas

technikę/instrument – sondę ADV (Acoustic Doppler Velocitymer) rejestrującą trzy składowe prędkości przepływu z częstotliwością do 25 Hz. Zaletą tego instrumentu jest to, że pozwala na bezkontaktowe i lokalne określanie charakterystyk strumienia. Dokonano oceny jakości tych pomiarów (w tym wpływu szumu) z wykorzystaniem analizy spektralnej. Pomiar sondą ADV pozwalał dalej na wyznaczenie lokalnych charakterystyk turbulentnych, w tym naprężeń, i ich zmienności w zależności od położenia względem dna i ścian koryta półokrągłego oraz podczas rozmywania dna z rumowiskiem. Naprężenia pomierzone bezpośrednio nad dnem/powierzchnią osadu służyły do wyznaczenia naprężenia ścinającego działające na dno/osad. Warto tu zaznaczyć, że w badaniach z użyciem materiału niespoistego obserwowano ok. 20% niższe wartości naprężeń krytycznych (początku ruchu rumowiska) w porównaniu do wartości tradycyjnych (wg Shieldsa). Można to przypisać pomierzonej znacznie większej (od teoretycznej wg Nezu i Nakagawy, 1993) poziomej składowej naprężeń turbulentnych, będących skutkiem szorstkich ścian hydraulicznie wąskiego koryta. Zastosowanie metody Klijwegta (1992) do wyznaczania naprężeń ścinających działających na dno z eliminacją wpływu ścian pozwoliło na stwierdzenie istotnych rozbieżności w wynikach, co spowodowało konieczność weryfikacji założeń tej metody (i rejestracji położenia zwierciadła wody) w dalszych eksperymentach w tym korycie.

Praca [b2] opisuje badania erozyjnego zachowania się drobnoziarnistych osadów, począwszy od sztucznych mieszanek składających się z piasku, materiału spoistego i/lub materiału organicznego (tutaj mączki oliwnej), a kończąc na naturalnym osadzie kanalizacyjnym, charakteryzującym się znaczącą zawartością materiału organicznego oraz aktywnością biologiczną. Cechą szczególną badań było poddanie osadów testom nie tylko bezpośrednio po przygotowaniu i ułożeniu w korycie, ale też po okresie 'inkubacji', tj. od jednego do trzynastu dni przebywania osadu w korycie w warunkach zaopatrzenia wody ponad osadem w tlen, w celu ustalenia wpływu tego czynnika na własności erozyjne. Równoległe przeprowadzono badania sedymentacji w kolumnach sedymentacyjnych celem dokładniejszego określenia zmienności cech fizycznych osadu (gęstość objętościowa, zawartość wody). Doświadczenia wykazały redukcję odporności erozyjnej osadów naturalnych wskutek procesów biologicznych, szczególnie poprzez fluidyzację i wydzielanie się produktów gazowych podczas początkowych procesów tlenowych a następnie beztlenowych. Procesy te skutkowały: 1) zwiększeniem miąższości a zmniejszeniem koncentracji wagowej i zmianą struktury osadu; 2) redukcją naprężeń ścinających krytycznych (początku transportu); 3) intensywnym efektem tzw. 'first foul flush', czyli początkowo wysokiej koncentracji erodowanych cząstek w strumieniu przy wzroście siły jego

oddziaływania na dno oraz 4) zwiększoną intensywnością erozji i transportu przy określonej wartości naprężeń ścinających. Wykazano istotny wpływ historii i rozwoju struktury osadu na jego właściwości erozyjne. Jednocześnie pokazano, iż sztuczne mieszanki (podobne stosowane przez innych badaczy) nie oddają w pełni właściwości rzeczywistych organicznych i biologicznie czynnych osadów. W testach zauważono także, że osad naturalny pod działaniem strumienia wody zachowywał się w sposób charakterystyczny, przejawiający cechy erozji i transportu rumowiska częściowo spoistego. Wyniki te wskazały dalszy kierunek badań autora, tj. nad wpływem struktury osadu na własności erozyjne i ku bardziej szczegółowemu, zarówno jakościowemu jak i ilościowemu opisowi zachowania się osadów przejawiających pewien stopień spoistości. Artykuł [b2] zawiera ponadto szerszy opis procesów biologicznych (tlenowych i beztlenowych), jakim może podlegać osad sedymentacyjny.

Następnie podjąłem się dalszego badania wpływu struktury na właściwości erozyjne osadu. W tym celu wykorzystałem naturalne osady rzeczne (namuły), pochodzące z rzeki Skelda. Namuły posiadały typowo spoiste własności. Dokonana ocena struktury namułu rozwijającej się w procesie sedymentacji i rozkładu materii organicznej i jej wpływu na właściwości erozyjne została zaprezentowana zarówno w kraju [b3] jak i za granicą [b4]. Cechą szczególną i oryginalną tych badań było połączenie techniki pomiaru lokalnych naprężeń ścinających (sondą ADV) oraz opracowanej przeze mnie metodyki na pozyskanie i użycie w testach próbek o nienaruszonej strukturze. Do poboru próbek użyte były metalowe pojemniki (o wymiarach 15x20x5 cm<sup>3</sup>), które po oczyszczeniu i ważeniu umiejscawiane były w dnie koryta doświadczalnego. Po dokonanych testach pojemnik z pozostałym namulem był ważony, co pozwalało na dokładne wyznaczenie masy wyerodowanego materiału. Jednocześnie badaniu poddano próbki o umyślnie zniszczonej strukturze (namuł dokładnie wymieszany). Badano osady mniej i bardziej skonsolidowane, pobrane z mniejszej (0-10 cm) i większej głębokości (30-40 cm) odkładu rumowiska. Cechy fizyczne były odpowiednio następujące: koncentracja wagowa – 468 g/l i 555 g/l; zawartość materii organicznej – 10.11% i 8.94%; zawartość wody – 163% i 126% oraz zawartość pustych przestrzeni (porów gazowych) – 3.1% i 8.4%. Przeprowadzone testy w różnych warunkach hydraulicznych pozwoliły na jakościową i ilościową charakterystykę właściwości erozyjnych tego typu osadów. Okazało się, że odporność erozyjna uzależniona jest od dojrzałości (skonsolidowania i rozkładu materii organicznej) i struktury osadu. Naturalna struktura starszych osadów zawierających pory (pęcherze i kapilary) redukuje odporność erozyjną bardzo znacząco, nawet o rząd wielkości. Natomiast odwrotny wpływ struktury (zwiększanie odporności

erozyjnej) stwierdzono dla słabiej skonsolidowanych (relatywnie świeżych) osadów, w których występują jeszcze nie w pełni rozłożone cząstki organiczne (np. fragmenty liści, gałązek, trawy). Badania te podkreśliły jednocześnie znaczenie stosowania odpowiedniej metodyki badań nad tego typu osadami. Niewłaściwy pobór próbek oraz użycie w badaniach laboratoryjnych materiału o zniszczonej naturalnej strukturze może skutkować zaniżoną oceną zdolności erozyjnej osadów dojrzałych, a zawyżoną dla osadów świeżych. Ponadto odporności erozyjnej naturalnych namulów nie można uzależniać tylko np. od koncentracji wagowej lub parametrów reologicznych. W badaniu tym uzyskane charakterystyczne parametry erozji powiązano z danymi w literaturze, co pozwoliło na nakreślenie bardziej ogólnego charakteru uzyskanych wyników.

W testach z naturalnym osadem kanalizacyjnym ([b2]) zauważono szczególne zachowanie się osadu pod wpływem strumienia wody. Materiał denny, z którego wypłukane zostały drobne i organiczne frakcje, był transportowany po dnie w ten sposób, iż nie występowały typowe formy, w postaci zmarszczek lub wydym, a niewielkich rozmiarów, izolowane od siebie piaszczyste zmarszczki wędrujące po zalegającym niżej nienaruszonym materiale (substracie). W dalszych badaniach [b5] dokonałem bardziej szczegółowego i pełniejszego opisu wpływu domieszki materiału spoistego na zachowanie się mieszaniny, tj. zbliżenia na warunki przejścia cech od materiału niespoistego do spoistego. Jako odniesienie przyjąłem zachowanie się materiału niespoistego, tj. piasku drobnego o niewielkim zróżnicowaniu ziarnowym, ze średnicą charakterystyczną  $d_{50}=0.19$  mm. Następnie do piasku dodawany był materiał spoisty, tj. mączka kaolinitowa, do uzyskania koncentracji wagowej w mieszaninie 3, 6 i 10%. Badanie było przeprowadzone w znacznym zakresie parametrów hydraulicznych (w zakresie liczby Froude'a do 0.6), co pozwoliło na osiągnięcie warunków rozwoju form dennych w zakresie od zmarszczek do rozmywanych wydym (dla piasku). Mieszanki zaczęły wykazywać cechy materiału częściowo spoistego dla koncentracji wagowej kaolinitu 6%. Cechą charakterystyczną dla tych osadów było, obok wyraźnego wzrostu krytycznych naprężeń ścinających wraz ze wzrostem zawartości mączki, zdecydowanie inne formowanie się dna wraz ze zmieniającym się przepływem w porównaniu do czystego piasku. Zaobserwowano zredukowane rozmiary form dennych – zmarszczek – zbudowanych z piasku (materiał drobny uniesiony przez strumień), regularnie migrujące (quasi-dwuwymiarowe) ponad niżej nienaruszonym osadem. Wysokość tych form była dziesięciokrotnie niższa od form – wydym – dla piasku (przy tych samych przepływach). Głębokość penetracji strumienia w głąb osadu (ang. 'disturbance depth'), albo miąższość warstwy mobilnej, uległa tym samym znaczącej redukcji. Można zatem stwierdzić, iż cechą



szczególną osadów częściowo spoistych jest zdolność wytwarzania relatywnie cienkiej, mobilnej warstwy piaszczystej na powierzchni. Warstwa piaszczysta zanika wraz ze wzrostem spoistości osadu (z którego cząstki są odrywane i unoszone przez strumień). Takie rozwój wynika z bilansu (wraz z większą spoistością coraz trudniejszej) erozji i intensywniejszego transportu cząstek stałych wraz ze wzrostem przepływu. Ponadto, przy zachowaniu ciągłości transportu rumowiska, tj. przy odpowiednim zasilaniu z góry, warstwa piaszczysta spełnia istotną funkcję 'ochronną' dla warstwy niżej leżącej i hamuje jej erozję.

W badaniach tych wyznaczyłem parametry form dennych (wysokość, długość) i powiązałem je z oporami przepływu. Dla osadu piaszczystego ustaliłem relację pomiędzy szorstkością zastępczą a nachyleniem form dennych o następującej postaci:  $k_s/d_{50}=e^{30HL}$ , gdzie  $k_s$  – szorstkość zastępcza,  $H$  i  $L$  – wysokość i długość form dennych. Dla osadu częściowo spoistego rozmiary zmarszczek były praktycznie niezmiennie i ich wysokość wynosiła kilka milimetrów. Zrozumiałym skutkiem zredukowania form dennych dla mieszanki spoistej była redukcja szorstkości dna w pewnym zakresie przepływów. Na przykład współczynnik szorstkości wg Darcy Weissbacha spadł od wartości 0.045 dla piasku do 0.02 dla mieszanki zawierającej 6-10% kaolinitu. Dokonałem także analizy naprężeń ścinających wg koncepcji Einsteina (1950), w której naprężenia działające na dno stanowią sumę naprężeń tzw. 'ziarnowych' (efektywnych) i naprężeń związanych z formami dennymi. Wyznaczone naprężenia 'ziarnowe' powiązano z intensywnością transportu wyerodowanych frakcji. Intensywność transportu, tak w formie wleczonej i unoszonej, ulega redukcji wraz ze wzrostem spoistości.

W analizie przeprowadzonej w [b6], wraz z badaniem zachowania się kolejnej mieszanki (zawierającej piasek, mączkę kaolinitową i frakcję organiczną), skupiono się na analizie naprężeń ścinających ziarnowych i ich udziału w naprężeniach całkowitych w funkcji przepływu; innymi słowy określenie wpływu form dennych na tę zależność. Wielokrotnie wykazano w literaturze, że całkowite naprężenia ścinające mogą się niewiele zmieniać wraz z natężeniem przepływu (co też miało miejsce w omawianych badaniach) i mogą być mało przydatne z praktycznego punktu widzenia. Transport rumowiska nie jest związany tak z całkowitymi naprężeniami działającymi na dno, jak z naprężeniami działającymi na ziarna rumowiska. Dla rurociągów ze swobodnym zwierciadłem wody istniała jedynie formuła zaproponowana przez Otę i Nalluriego (2003), w postaci zależności liniowej obydwu naprężeń, która w zakresie warunków rozmywanych form dennych nie mogła zachować ważności (a takie warunki są zwykle osiągnięte w kanalizacjach w warunkach burzowych). Przyjąłem więc sformułowanie wg wzoru z hydrauliki koryt otwartych (Brownlie, 1983), z

modyfikacją uwzględniającą specyfikę przekroju kołowego. Zależność dennych naprężeń ziarnowych i całkowitych uzyskało postać:

$$\theta_b = 0.184 \ln \theta_b' + 0.65,$$

(z korektą do druku w publikacji, gdzie prim oznacza komponent ziarnowy). W pracy zwrócono również uwagę na tzw. efekt skalowy, tzn. rozbieżności w udziale poszczególnych naprężeń ścinających (ziarnowych i od form dennych), pomiędzy warunkami laboratoryjnymi a rzekami o głębokości kilku lub kilkunastu metrów. Warunki rozmywania form dennych w warunkach laboratoryjnych występują przy znacznie niższych wartościach naprężeń ścinających (odniesionych od naprężeń krytycznych rumowiska) niż w rzekach. Rozbieżności te (również zaobserwowane przez innych badaczy) zademonstrowano na przykładzie metod wg van Rijna (1984) i Rameza (1996).

Kolejne prace [b7, b8] są pewnego rodzaju podsumowaniem powyższych badań i współpracy z ośrodkiem naukowym w Sheffield, a jednocześnie próbą nadania badaniom kontekstu praktycznego. W [b7] oceniono potencjalny wpływ osadów niespoistych i spoistych o różnej miąższości na sprawność (przepustowość) hydrauliczną przewodów kanalizacyjnych podczas pracy w warunkach przepływów maksymalnych (projektowych). W różnych publikacjach podnoszono, że formy denne powstające z osadów w przewodach kanalizacyjnych mogą zwiększać opory przepływu i redukować ich przepustowość. Na podstawie badań własnych pokazałem zmienność współczynnika szorstkości wg Manninga dla osadu dennego w funkcji liczby Froude'a, F. Dla niskiej liczby F i płaskiego dna współczynnik Manninga n dla piasku drobnego uzyskuje wartość 0,01 ale wzrasta wyraźnie do wartości 0.017 przy występowaniu wydm (spadek zwierciadła wody zwiększa się wówczas o blisko 100%). Jednakże w warunkach burzowych, przy niemal pełnym wypełnieniu przekroju wodą panujące warunki (liczba F=0.6) powodują rozmywanie form dennych i spadek szorstkości do wartości bliskim dla dna płaskiego. Szorstkość dna wskutek form dennych może być wtedy pomijalna, a szorstkość dna dla drobnoziarnistych osadów może być nawet niższa od szorstkości ścian kanału. Niewielka miąższość osadu nie wpłynie istotnie na obniżenie przepustowości rurociągu. Posługując się analizą bezwymiarową pokazano, że przy miąższości osadu równej 0.1 średnicy rurociągu, spodziewana redukcja przepustowości wyniesie 5-10%. Daje to podstawę do postulowania bardziej ekonomicznej, wymagających mniejszych spadków, koncepcji projektowania rurociągów (co bardzo istotne dla terenów płaskich) z dopuszczalnym osadzaniem się materiału na dnie (ang. 'allowable deposition').

W przeglądowej pracy [b8] starano się określić ‘prognozowalność’ transportu rumowiska. Inżynierowie-praktycy mają do wyboru liczne formuły obliczeniowe rekomendowane prognozy transportu rumowiska w systemach kanalizacyjnych. Formuły na transport zarówno rumowiska wlezonego jaki i unoszonego różnią się zarówno co do podstaw i formy, jak i wartością wyników. Problemem jest także to, że przy cytowaniu pomija się podstawy ich uzyskania i zakres stosowalności, co ostatecznie może prowadzić do niewłaściwego zastosowania. Dokonano więc przeglądu i zestawienia najważniejszych formuł obliczeniowych (Ota&Nalluri, 2003, May, 1993, Ackers, 1984, Nalluri&Alvarez, 1992, Perrusquia&Nalluri, 1995, Arthur et. Al., 1996). Wykazano, że formuły te dają wyniki różne nawet o rząd wielkości, a możliwe tego przyczyny to: 1) błędy w wyznaczaniu naprężeń ścinających oddziaływających na dno i na cząstki rumowiska (ziarnowe); 2) błędy w określeniu warunków początku rumowiska; 3) liczba parametrów kalibracji i dokładność danych użytych do kalibracji. Dla osadów niespoistych, na podstawie własnych pomiarów, pozytywnie zweryfikowano formułę wg Oty i Naluriego (2003), która opiera się na klasycznej postaci wg Meyera-Petera&Muellera (1948), z koncepcją podziału naprężeń ścinających wg Einsteina i Barbarossy (1952), ze współczynnikami dostosowanymi do warunków przewodów zamkniętych:

$$\Phi = 16.5(\theta_b' - 0.036)^{1.67}.$$

W pracy dokonano także oceny prognozowania transportu osadów wykazujących cechy (częściowo) spoiste. W przypadku osadów spoistych formuły wiążą intensywność erozji z naprężeniem krytycznym (początku erozji), naprężeniem ścinającym, i ze współczynnikami ustalonymi zwykle empirycznie, uzależnionymi od specyficznego charakteru/cech osadów. Brak bowiem obecnie analitycznych możliwości uwzględnienia połączonego wpływu różnych czynników decydujących o zdolności erozyjnej tego typu osadów kanalizacyjnych. Dla osadów częściowo spoistych nie jest także wciąż jasne, które z powyższych podejść jest poprawne i wiążące formuły wciąż brak.

Pewnym uznaniem mojego wkładu w ten obszar badawczy jest niedawne zaproszenie mnie przez ośrodek w Sheffield do udziału w przygotowaniu monografii pn. ‘Second edition of Solids in Sewers – IWA Scientific and Technical Report’. Przekazałem własny wkład w tę pracę, która pozostaje w toku.

Kolejne prace badawcze będące dopełnieniem przedstawionego cyklu, są związane z zatrudnieniem w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowym Instytucie Badawczym i dotyczą oceny warunków hydraulicznych i morfologicznych w korycie otwartym

rzeki Odry. W szczególności celem było, w analogii do poprzednich badań, określenie zachowania się mobilnego dna, jego wpływu na przepływ i prognozowanie relacji przepływ-stan, poprzez ustalenie zakresu reżimu morfologicznego dna Odry, form dennych i parametrów szorstkości. Dodatkowym elementem badań był także wpływ zabudowy ostrogowej i trasy ciek (krzywizny) na warunki przepływu wód i sposobu ich reprezentacji w numerycznym modelowaniu hydraulicznym. Podjęte przeze mnie badania miały kontekst praktyczny i nawiązują do prac Instytutu, mianowicie do tworzenia narzędzi symulacyjnych (modeli hydrodynamicznych) propagacji wezbrań i określenia map zagrożenia powodziowego. W ramach zainicjowanego i kierowanego przeze mnie projektu badawczego „Procesy aluwialne i opory ruchu podczas wezbrań” (2013-2014) zrealizowano badania terenowe na wybranym odcinku Odry Środkowej w okolicy wodowskazu Ścinawa (km 332). Cechą szczególną wybranego obiektu badawczego było to, iż obejmował odcinek prostoliniowy i krzywoliniowy wraz z zabudową ostrogową, co pozwoliło na zidentyfikowanie wpływu tego czynnika na opory przepływu. Opis przeprowadzonych badań znajduje się w [b9 i b10]. Pomiary terenowe zrealizowano podczas wezbrania latem 2013 r. przy zróżnicowanym natężeniu przepływu, w zakresie od 120 do  $756 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , ( $SSQ=180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) i przy głębokościach wody w korycie osiągających 6 m (dla porównania podczas wezbrań ekstremalnych głębokość ta wynosi ok. 8 m). Pomiary hydrometryczne obejmowały pomiar prędkości przepływu, położenia zwierciadła wody i pobór rumowiska dennego w pięciu przekrojach odcinka badawczego oraz podłużne sondowanie dna (w osi rzeki) za pomocą sondy ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Na podstawie pomiarów ustalono, że wysokość form dennych (wydm) w rzece Odrze wzrasta wraz z przepływem od kilkunastu centymetrów do ok. 1 m. Analizując warunki przepływu przyjęto podział na strefy przepływu w korycie brzegowym i poza korytem. Strefę koryta brzegowego uregulowanego ostrogami podzielono następnie na kolejne 3 strefy: prawą i lewą strefę przepływu obejmujące przepływ nad ostrogami i w polach międzyostrogowych oraz strefę koryta w pasie regulacyjnym pomiędzy ostrogami. Pozwoliło to na m.in. wyznaczenie krzywych natężenia przepływu dla poszczególnych stref przepływu. Określono zmienność współczynnika szorstkości wg formuły Manninga dla dna (w regulacyjnym pasie koryta – pomiędzy podstawami ostróg) w zależności od przepływu i z uwzględnieniem rodzaju trasy rzeki. Na odcinku prostoliniowym waha się on w granicach 0,025-0,029, natomiast na odcinku krzywoliniowym wzrasta wraz z przepływem od wartości 0,026 do 0,04. W ocenie tej wykorzystano także pomiar przepływu maksymalnego podczas powodzi w 2010 r. dla przekroju Ścinawa.

W pracy [b9] stwierdzono ponadto, realizując modelowanie hydrauliczne 1D (MIKE11), że przyjęcie powyższych współczynników i reprezentacja koryta uregulowanego ostrogami przekrojami poprzecznymi poprowadzonymi przez ostrogi daje położenie zwierciadła wody zbliżone z obserwacjami w naturze. Natomiast w przypadku modelu z przekrojami nie uwzględniającymi ostrogi poprzeczne uzyskuje się znacznie zawyżoną zdolność przepustową koryta. Daje to ważną wskazówkę jeśli chodzi o sposób realizacji pomiarów geodezyjnych przekrojów poprzecznych na rzekach z tego typu regulacją oraz czynienia założeń w modelowaniu 1D (reprezentacji geometrycznej i opis szorstkości).

W pracy [b10] dokonano analizy i prognozy morfologicznej dla dna Odry do warunków wezbrań ekstremalnych i potencjalnego wpływu na prognozę relacji przepływ-stan. Z przeprowadzonej analizy wynika, że w Odrze Środkowej dla dna zbudowanego z utworów piaszczystych dominują wydmy jako formy denne, a podczas wezbrań ekstremalnych wydmy mogą ulegać (początkowemu) rozmywaniu. Nie osiągnięte zostaną natomiast warunki płaskiego dna górnego reżimu. Oceny tej dokonano na podstawie ekstrapolacji jednoznacznie określonych trendów potęgowych relacji prędkości przepływu od napełnienia w korycie, gdzie liczba Froude'a może osiągnąć lokalnie wartość 0,34. Zastosowano także kryterium Karima (1995) i Van den Berga & Geldera (1993, dla strumieni o głębokości ponad 1 m). Daje to podstawę przyjąć, iż opory przepływu dna nie ulegają istotnej redukcji w trakcie dużych wezbrań, a wyznaczone w pracy maksymalne wartości szorstkości dna zastosowane w praktyce są po stronie 'bezpiecznej', czyli reprezentują najniekorzystniejsze warunki przepływu. Ponadto ustalono udział przepływu pod wpływem mobilnego dna w przepływie całkowitym. Udział ten, a zarazem wpływ mobilnego dna, maleje wraz z przepływem i tak np. dla przepływu całkowitego 2000 m<sup>3</sup>/s przepływ korytowy wynosi ok. 40%. Wskazano jednocześnie na rosnący wpływ zabudowy ostrogowej i roślinności brzegowej i na terenie zalewowym na ogólne warunki przepływu wód powodziowych.

Procesom fluwialnym przejawiających się dynamizmem dna i oporów przepływu przypisuje się znaczący udział w kształtowaniu przepustowości kanałów i rzek. Wpływ ten, szczególnie istotny podczas wezbrań, uzależniony jest jednak od charakterystyki geometrycznej koryta i doliny, relatywnego udziału przepływu pod wpływem ruchu rumowiska oraz zmienności reżimu hydraulicznego. Wyniki przedstawionej pracy przyczyniają się do określenia tych warunków, a przez to redukcji niepewności w wyznaczaniu relacji przepływ-stan wody dla Odry Środkowej, a co za tym idzie wiarygodności wyznaczania stref zagrożenia powodziowego.

**Za oryginalny swój wkład do rozwoju dziedziny inżynieria środowiska autor uważa:**

- wykazanie/potwierdzenie, iż krytyczne naprężenia ścinające dla rumowiska w przewodach kołowych są o ok. 20% niższe w porównaniu do tradycyjnych wartości Shieldsa;
- przedstawienie wpływu struktury i procesów biologicznych (sedymentacji i biodegradacji frakcji organicznej), wraz z oceną jakościową i ilościową, na odporność erozyjną osadów kanalizacyjnych;
- j.w. dla spoistych namulów rzecznych;
- opis zachowania się erozyjnego i transportu częściowo spoistych osadów, w tym formowania się osadów pod wpływem strumienia o zmiennej sile, oporów przepływu, naprężeń ścinających (efektywnych) i intensywności transportu tych osadów;
- wyznaczenie funkcji pomiędzy naprężeniami całkowitymi i ziarnowymi oraz weryfikację formuł na obliczenie transportu osadów niespoistych w przewodach kołowych ze wskazaniem na formułę Oty i Nalluriego (2003);
- potwierdzenie zasadności koncepcji dopuszczalnej sedymentacji w przewodach kanalizacyjnych w odniesieniu do projektowania i utrzymania sieci kanalizacyjnych;
- identyfikacja głównych czynników determinujących relację przepływ-stan dla Odry Środkowej, w szczególności:
  - wyznaczenie współczynników szorstkości (Manninga) dla koryta rzeki z uwzględnieniem wpływu trasy i zabudowy ostrogowej w pełnym zakresie przepływów;
  - ocena morfologii dna rzeki Odry Środkowej, szczególnie dla warunków powodziowych, wraz z ustaleniem potencjalnego wpływu transportu rumowiska dennego na kształtowanie się relacji przepływ-stan.
- ponadto ocena wpływu zabudowy ostrogowej na przepustowość korytową i sposób jej ujęcia w modelowaniu hydraulicznym 1D.

## **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych oraz ich zastosowań w praktyce.**

W mojej działalności naukowej wyróżnić można pięć zasadniczych kierunków badań związanych z hydrauliką rurociągów, koryt rzecznych i procesami sedymentacyjnymi:

- transport wody i rumowiska i procesy morfologiczne w korytach rzek z aspektami ekologicznymi;
- hydrometria (pomiar przepływu i transportu rumowiska w korytach rzecznych i warunkach laboratoryjnych, wydatek urządzeń wodnych, metody akustyczne);
- numeryczne modelowanie (1D i 2D) przepływu w korytach rzecznych, w szczególności wód powodziowych, i określanie stref zalewu;
- modelowanie ruchu ustalonego i nieustalonego w przewodach ciśnieniowych;
- hydrodynamika obiektów pływających pod wpływem falowania i pozyskiwanie energii z fal morskich.

Powyższa działalność przedstawiona zostanie w ujęciu chronologicznym. Przed uzyskaniem stopnia doktora uczestniczyłem w realizacji kierowanego przez prof. Włodzimierza Parzonkę grantu KBN poświęconego transportowi rumowiska i dynamice koryta Odry Środkowej. Moja praca wiązała się z realizacją pomiarów terenowych (opracowanie metodyki, pobór rumowiska dennego, pomiar transportu rumowiska wlezonego i unoszonego) przy współpracy z prof. Marianem Mokwą, obliczeniami transportu rumowiska wlezonego (współpraca z prof. Wojciechem Bartnikiem, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie) i unoszonego. Badanie unoszenia cząstek stałych i bilansu ilościowego transportu tego rumowiska w Odrze Środkowej uformowała ostatecznie treść mojej pracy doktorskiej (początkowo skierowanej na badanie wpływu roślin na warunki przepływu). W tym czasie uczestniczyłem także w projekcie bilateralnym pomiędzy Akademią Rolniczą we Wrocławiu i Uniwersytetami w Gandawie i Leuven (Belgia). Brałem udział w spotkaniach roboczych i wspólnych pomiarach w kraju i za granicą – na rzekach Odra i Widawa oraz w zlewni rzeki Zwalm, czego efektem były publikacje zespołowe. W 2000 r. uczestniczyłem w realizacji koncepcji regulacji przeciwpowodziowej rzeki Widawy na odcinku będącym częścią Wrocławskiego Węzła Wodnego (w tym modelowanie hydrauliczne jednowymiarowe) pod kierunkiem prof. Włodzimierza Parzonki i prof. Laury Radczuk. W okresie maj-lipiec 2000 r. przebywałem na trzymiesięcznym stażu naukowym w Belgii. Zaowocowało to podjęciem dalszej pracy naukowej w Laboratorium Hydraulicznym Uniwersytetu w Gandawie, którym kierował prof. Ronny Verhoeven. Warto dodać, iż Laboratorium założone zostało przez eminentnego naukowca, prof. L.J. Tisona w 1935 r.,

i posiadało szeroki zakres swojej działalności (także badania nad układem ludzkiego krążenia i sztucznym sercem) oraz liczne instalacje umożliwiające badania w różnych specjalnościach hydrauliki rzek i rurociągów oraz dla celów dydaktycznych.

Na początku moja praca w tym laboratorium związana była z realizacją projektu badawczo-rozwojowego dotyczącego pozyskiwania energii z fal morskich w obszarze morskim Belgii, pod kierunkiem prof. M. Vantorre (projekt finansowany był z funduszu badań naukowych Flandrii - FWO). Było to bardzo cenne doświadczenie naukowe poświęcone opisowi hydrodynamicznego zachowania się obiektów pływających o różnej geometrii pod wpływem szerokiego zakresu falowania (regularnego i nieregularnego) i optymalizacji parametrów absorbera dla wód morskich Belgii. Badania obejmowały obliczenia numeryczne (w tym modelowanie hydrodynamiczne 3D), przygotowanie i realizację badań laboratoryjnych na modelu fizycznym w 100 metrowym korycie falowym laboratorium wodnego WL Borgerhout w Antwerpii (Flanders Hydraulics), konfrontację teorii wg liniowego modelu różniczkowego opisującego ruch harmoniczny tłumiony z wynikami modelu fizycznego absorbera energii fal. Efektem tych badań było kilka publikacji, m.in. często cytowana „*Modelling of hydraulic performance and wave energy extraction by a point absorber in heave*”, którą załączam do dokumentacji wśród wybranych prac twórczych. Te osiągnięcia i doświadczenie zaowocowały późniejszym udziałem w pracach międzynarodowego konsorcjum (dużego prywatnego inwestora – lidera i ośrodków naukowych), polegających na przygotowaniach i realizacji (Uniwersytet w Gandawie był koordynatorem projektu) współfinansowanego przez Unię Europejską projektu SEEWEC - akronim od: Sustainable Energy Efficient Wave Energy Converter (raporty niejawne) realizowanego w latach 2006-2008. Mój udział polegał głównie na pracy w zadaniu pn. ‘Workpackage 5: Refining and verification of overall design. Review and verification of parameters to be optimised from the point of view of energy absorption: Geometry of the point absorber and the characteristics of the (re)active control algorithm’.

Przy tym mogę również wspomnieć o epizodzie badawczym z 2002 r. związanym z moim doświadczeniem w symulacjach 3D, dot. zachowania się projektowanych kadłubów dużych statków transportowych w warunkach różnych charakterystyk falowania i prądów w płytkich wodach przybrzeżnych i ujścia rzeki Skeldy do Morza Północnego (łączącej port w Antwerpii) w celu określenia i zachowania minimalnego prześwitu pomiędzy kadłubem i dnem. Działalność tę jednak wkrótce zarzuciłem na rzecz moich właściwych zainteresowań.

Przez wzgląd na powyższe nie zaniechałem jednak pracy związanej z transportem rumowiska. Przed opisanymi w cyklu publikacji, powstała praca prezentująca analizę



wyników badań uzyskanych w pracy doktorskiej (Banasiak i in. 2002) oraz praca dotycząca transportu rumowiska wielofrakcyjnego (wspólnie z dr. Robertem Kasperkiem z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu). Następnie uczestniczyłem w projekcie laboratoriów hydraulicznych Uniwersytetu Leuven i Gandawy i WL Borgerhout poświęconemu transportowi rumowiska pod wpływem falowania morskiego oraz jednoczesnego falowania i strumienia wody (co ma miejsce w estuariach). Przy tym realizowałem pomiary laboratoryjne w WL Borgerhout z wykorzystaniem sondy ADV i laserowych sensorów cząstek unoszonych oraz brałem udział w eksperymentach przeprowadzonych w basenie falowym laboratorium DHI w Danii. Praca obejmowała analizę profili (oscylujących) prędkości wody oraz koncentracji cząstek stałych [Delgado i in., 2005].

Następnie pojawiła się tematyka renaturyzacji rzek, w szczególności badanie charakterystyk meandrów i oceny możliwości przywracania rzekom naturalnego biegu. Badania obejmowały analizę historycznych map i danych dla pięciu rzek we Flandrii oraz badania na modelu fizycznym w laboratorium nad zrozumieniem procesu tworzenia się meandrów rzek i możliwością zastosowania budowli regulacyjnych prowadzących do szybszego i zamierzonego odtworzenia meandrów [Banasiak i in., 2004].

Prowadziłem także projekty dla gospodarki wodnej Flandrii (na zlecenie ministerstwa i agencji rządowej Aminal) mające na celu monitoring bilansów wodnych i jakości wód w ciekach oraz określenie częstości i ilości zrzutów kanalizacji ogólnospławnej do rzek. Pełniłem nadzór merytoryczny nad siecią pomiarową, oceną jakościową uzyskanych danych i wstępną analizą wraz z raportowaniem. Nierzadko uczestniczyłem (co czyniłem i czynię chętnie) w pomiarach terenowych.

Kolejnym istotnym doświadczeniem naukowych był udział w badaniach w dolinie Biebrzy w ramach trójstronnej współpracy: ze strony SGGW Warszawa z prof. Tomaszem Okruszko i dr Dorotą Świątek (trzecia strona: Uniwersytet w Antwerpii, prof. Patrick. Meire). Poza badaniami o charakterze ekologicznym w tym projekcie, badania obejmowały pomiary hydrometryczne, modelowanie numeryczne, ustalenie bilansu wodnego w ciekach objętych pomiarami [Verhoeven i in., 2004, Świątek i in., 2008]. Ciekawym wątkiem w tych badaniach był również wpływ zarastania na warunki przepływu (zależne od pory roku).

Wartym również wzmianki (kończący pobyt w Belgii) był udział w realizacji projektu 'ekologicznego', w którym oceniano wpływ zarastania koryta rzeczno (obiekt badawczy - rzeka Aa) na warunki przepływu i asymilację substancji biogennych oraz sterowanie dopływu na polder w celu efektywnego przechwytywania ładunków rumowiska unoszonego i substancji biogennych z rzeki Demer (także we współpracy z Uniwersytetem w Antwerpii).

Uczestniczyłem w pomiarach terenowych oraz realizowałem w tym zakresie modelowanie dwuwymiarowe w oprogramowaniu DELFT3D (Deltares) – w sekcji modelowania numerycznego laboratorium WL Borgerhout w Antwerpii (niestety badania te nie były przeze mnie dokończone, a wynikało z to z mojej wcześniejszej decyzji o przyjeździe do kraju).

Wraz z wiodącymi badaniami dot. koryt otwartych istotna była moja wieloletnia działalność w zakresie hydrauliki i modelowania przepływu w rurociągach i sieciach ciśnieniowych, w szczególności ruchu nieustalonego i zjawiska uderzenia hydraulicznego i zapobiegania jemu [Verhoeven i Banasiak, 2005]. Odbywało się to głównie w ramach działalności konsultingowej ze Studiebureau VERHOEVEN c.v.b.a. Rezultatem tej współpracy jest ponad 200 zrealizowanych przeze mnie opracowań dla gospodarki wodnej i komunalnej, m.in. dla sieci zasilającej miasto Antwerpia, Bruksela, rurociągów przesyłowych wody pitnej (z Arden na północ Belgii). Szczególnym przykładem jest studium ponad stukilometrowego, rozgałęzionego rurociągu produktów ropopochodnych dla jednego z czołowych koncernów w branży naftowej [Banasiak i Verhoeven, 2006]. Badałem możliwości ekonomicznego tłoczenia tych produktów z dodatkiem czynnika redukującego opory hydrauliczne ('fluidizer'), w celu uzyskania prędkości przepływu w rurociągu rzędu 3-4 m/s przy minimalnych stratach energii tłoczenia, ale jednocześnie transportu bezpiecznego w sytuacjach awaryjnych, przy szybkim zamykaniu zaworów. W wyniku rozległych wielowariantowych badań numerycznych zaproponowałem (w udziale) zalecenia automatycznej procedury nieliniowego zamykania zasuw na newralgicznych odcinkach rurociągu pozwalającej uniknięcie szkodliwych i potencjalnie niszczących zjawisk uderzenia hydraulicznego i kawitacji.

Na rzecz pracy dla gospodarki mogę zaliczyć także zetknięcie się (w moim przekonaniu cenne) z praktyką w budownictwie hydrotechnicznym i instalacyjnym podczas pracy w firmie Naviga-Stal Sp. z o.o. (lata 2008-2009). Jako inżynier projektu z powodzeniem nadzorowałem przebieg budowy, rozruch i oddanie do użytku wieżowego ujęcia wody (wraz z pompownią) zlokalizowanego w czaszy zbiornika Nysa, na rzece Nysa Kłodzka, dla Zakładów Produkcji Bioetanolu w Goświnowicach (największego tego typu zakładu w Europie). Na podstawie kontraktu z SETEC Engineering GMBH w 2010 r. przebywałem w Iraku, gdzie uczestniczyłem w opracowaniu masterplanu zaopatrzenia w wodę pitną i modernizacji sieci zasilających północny region kraju. Moja praca dotyczyła analiz uwarunkowań hydrologicznych i oceny stanu sieci i zasilania (wysoce nieefektywnych) wody pitnej dla dynamicznie rozwijającej się (wówczas) aglomeracji miejskiej Erbil.

Z pracy w IMGW-PIB, w Centrum Modelowania Powodzi i Szuszu (CMPiS), chciałbym nadmienić następujące prace rozwojowe i badawcze: Po pierwsze prace związane z modelowaniem hydrodynamicznych przepływów powodziowych i nad szerszą implementacją modelowania 2D. Pierwszym znaczącym tego rezultatem było zrealizowanie modelu 2D dla Nysy Łużyckiej od ujścia rzeki Witki do Zgorzelca i odtworzenie propagacji fali wezbraniowej wraz z wypływem ze zniszczonej zapory w Niedowie [Banasiak, 2012]. Symulacje poparte udokumentowanymi obserwacjami (w tym własnymi) w terenie wykazały, iż awaria zapory w Niedowie miała nieznaczny wpływ na maksymalne rzędne zwierciadła wody w obrębie Zgorzelca, inaczej jak początkowo postulowała strona niemiecka, a co miało się przyczynić do zwiększenia strat na jej stronie. Wyniki opracowania przedstawiłem m.in. podczas dwustronnego posiedzenia polsko-niemieckiego przy udziale Prezesa KZGW, co, jak się później okazało, zakończyło dyskusje.

Cały czas zaangażowany byłem w prace przy projektach na zlecenie Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej w zakresie ocen zagrożenia i ryzyka powodziowego, których Instytut, w szczególności CMPiS, był głównym wykonawcą. Projekty te to kolejno: 'Wstępna Ocena Ryzyka powodziowego' (WORP), 'Informatyczny System Osłony Kraju Przed Nadzwyczajnymi Zagroženiami (ISOK) oraz 'Opracowanie Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym dla Obszarów Dorzeczy i Regionów Wodnych' (PZRP). W projektach tych, w latach 2010-2015 zbierałem i przygotowywałem (m.in. wytyczne i lokalizacje pomiarów geodezyjnych) informacje dot. zagrożenia powodziowego, zrealizowałem modele hydrodynamiczne 1D, a na podstawie ich wyników wyznaczyłem strefy zagrożenia powodziowego dla rzeki Odry na odcinku od Chałupek (granica z Czechami) do Słubic oraz dla rzek Oławy, Widawy i Opawy. Zrealizowałem także modele hydrodynamiczne dwuwymiarowe (2D) najpierw dla miast Wrocław, Opole, Kędzierzyn-Koźle, Brzeg, Oława, a następnie w formie kaskady dla całej Górnej Odry. Kaskada modeli 2D aż po Słubice jest w trakcie realizacji (łącznie 22 modele). Modele te dają nowe i lepsze (w porównaniu do modelowania 1D) możliwości wyznaczania stref zagrożenia powodziowego i oceny efektywności inwestycji przeciwpowodziowych, jak również weryfikacji wcześniejszych założeń hydrologicznych i hydraulicznych. Modele te zostały przeze mnie zastosowane m.in. do oceny oddziaływania przeciwpowodziowego budowanego zbiornika Racibórz, modernizacji Wrocławskiego Węzła Wodnego (WWW), czy też oceny skutków tzw. działań nietechnicznych, tj. odsunięć wałów, lub całkowitego usunięcia/zniszczenia wałów (potencjalne strefy zalewu). Wykorzystałem je również do symulacji potencjalnych skutków

zatorów lodowych, czyli powodzi zatorowych dla miast Głogów, Nowa Sól i Ślubice. Także w innych ekspertyzach (wg załącznika).

W publikacji '*Flood flows in the Odra River in 2010...*' [Banasiak i Krzyżanowski, 2015] przedstawiłem analizę wyników pomiarów hydrometrycznych wykonanych podczas wezbrania w maju 2010 roku przez Państwową Służbę Hydrologiczno-Meteorologiczną (PSHM – w ramach IMGW-PIB) dla 15 lokalizacji wodowskazowych rzeki Odry od Koźła do Połęcka. Analiza ta miała za cel: 1) ustalenie lokalnych charakterystyk hydraulicznych przepływów wezbraniowych w Odrze; 2) weryfikację wyznaczonych i opublikowanych wcześniej wartości przepływów pomierzonych i przepływów maksymalnych powodzi oraz 3) ocenę metodyki i jakości pomiarów hydrometrycznych realizowanych nową wówczas w Służbie techniką ADCP. Pomiary w 2010 r. realizowano głównie z łodzi za pomocą sondy ADCP Rio Grande 1200 kHz wyposażonej w moduł GIS. Pomiary z łodzi pozwalają na większe możliwości w wyborze przekroju pomiarowego (wcześniejsze pomiary wezbrań ograniczały się do przekrojów mostowych), a technika ADCP pozwala na skrócenie czasu pomiaru i zwiększenie ilości powtórzeń rejestracji przepływu. Zapis lokalizacji przestrzennej (moduł GIS) pozwoliła na odtworzenie tras pomiarów i powiązanie uzyskanych prędkości przepływu z lokalnymi warunkami topograficznymi koryta i doliny. Pozwoliło to dalej na szczegółową analizę jakościową i ilościową pomiarów i metodyki pomiarów, wraz ze wskazaniem słabych i silnych jej stron, oraz weryfikację/korektę, niekiedy znaczącą, wcześniej publikowanych na podstawie pomiarów natężeń przepływów, jak również ustalenie przepływów maksymalnych dla powodzi w 2010 r. Należy tutaj zaznaczyć, w razie potrzeby, z wykorzystaniem zrealizowanych przez przeze mnie modeli hydrodynamicznych 1D i 2D. Połączenie technik GIS, ADCP i dwuwymiarowego modelowania hydraulicznego prowadzi do podniesienia jakości produktów hydrologicznych wykorzystywanych w gospodarce wodnej. Rezultaty w tym zakresie można rozpatrywać także jako wstęp do dalszych działań naukowych i rozwojowych autora.

Pracuję na stanowisku specjalisty CMPiS, ponadto pełnię funkcję zastępcy kierownika tej jednostki. Uczestniczyłem w licznych seminariach i warsztatach i przedstawiałem prezentacje poświęcone modelowaniu hydraulicznemu i wyznaczaniu stref zagrożenia powodziowego (np. [http://www.isok.gov.pl/dane/web\\_articles\\_files/189/06-1-r-banasiak-modele-hydrodynamiczne-i-tworzenie-map-zagrozenia-powodziowego.pdf](http://www.isok.gov.pl/dane/web_articles_files/189/06-1-r-banasiak-modele-hydrodynamiczne-i-tworzenie-map-zagrozenia-powodziowego.pdf)). Uczestniczę w konsultacjach społecznych Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym.

Łącznie dorobek naukowo-badawczy obejmuje 58 opublikowanych prac, w tym 8 w czasopismach międzynarodowych, 4 publikacje w czasopismach krajowych zagranicznych, 37 prac opublikowanych w materiałach konferencyjnych (w tym 11 przed uzyskaniem stopnia doktora), 9 publikacji w formie 'abstraktów'. Uczestniczyłem w 12 projektach naukowych, będąc wykonawcą (8) głównym wykonawcą (3) i kierownikiem (1). Sporządziłem 8 niepublikowanych raportów naukowych, 16 ważniejszych ekspertyz w zakresie hydrauliki rzecznej oraz ponad dwieście ekspertyz dla rurociągów i sieci ciśnieniowych. Prace naukowe w większości opublikowane zostały w języku angielskim. Prezentowałem prace na 14 naukowych konferencjach zagranicznych i 12 krajowych (w tym z udziałem gości zagranicznych) oraz licznych 'workshopach'.

#### Ilościowe zestawienie dorobku naukowego

Lp.	Wyszczególnienie	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
1.	Monografie		-	-
2.	Artykuły naukowe w tym	11	47	58
	a) w czasopismach z listy filadelfijskiej i wyróżnionych w JCR		6	6
	- samodzielne		1	1
	- współautorskie		5	5
	b) w innych czasopismach recenzowanych		6	6
	c) opublikowane w całości w materiałach zagranicznych i krajowych konferencji naukowych	11	26	37
	d) opublikowane jako abstrakty w materiałach zagranicznych konferencji naukowych		9	9
3.	Ważniejsze prace niepublikowane o charakterze naukowo-technicznym W tym:		231	231
	a) realizowane w ramach projektów badawczych		8	8
	b) opracowania studialno-projektowe		3	3
	c) ekspertyzy		220	220

**Wykaz publikacji habilitanta posiadających współczynnik impact factor (IF) wraz z ilością punktów wg listy MNiSzW z grudnia 2014 r.**

Czasopismo	Impact factor IF	Pozycja na liście A	Ilość publikacji	Punkty
Applied Ocean Research	1,212	900	1	25
Water Research	5,323	10803	1	45
Water Air and Soil Pollution	1,685	10797	1	25
J. of Hydraulic Engineering	1,258	6236	1	30
Water Science and Technology	1,212	10808	2	2x20

Łączny impact factor IF wyżej wymienionych prac wynosi 11.9. Liczba cytowań publikacji (bez autocytowań) według bazy Web of Science (WoS) – 49, indeks Hirscha (WoS) – 3. Całkowita liczba cytowań wg bazy Scholar – 185.

Od 2007 r. figuruję w amerykańskiej publikacji bibliograficznej *Marquis' 'Who's Who in Science and Engineering'*. Wykonałem także dwie recenzje artykułów do czasopism J. of Hydraulic Engineering i Water Research oraz jednego artykułu konferencyjnego w tematyce pozyskiwania energii z fal morskich (2007/2008 r.).

Moje doświadczenie dydaktyczne sięga studiów doktoranckich, podczas których prowadziłem ćwiczenia z przedmiotu 'budownictwo wodne'. W pracy na Uniwersytecie Gandawskim prowadziłem zajęcia praktyczne z hydrauliki – ćwiczenia i egzaminy dla studentów studiów dziennych oraz dla studentów programu IUPWARE ('Master of Water Resources Engineering', University of Leuven et al.), adresowany głównie do studentów krajów Trzeciego Świata i rozwijających się. Języki prowadzenia zajęć – odpowiednio niderlandzki i angielski. Ukończyłem kurs: 'Scientific English'. Ponadto władam j. niemieckim i rosyjskim.

W czasie pracy na Uniwersytecie Gandawskim pełniłem również pieczę naukową nad dwoma pracami magisterskimi i byłem recenzentem kilku prac magisterskich. Jestem opiekunem naukowym doktoranta.

Robert Janesiek