

AUTOREFERAT
z opisem osiągnięcia naukowego

Agnieszka Operacz

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej

Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

Kraków, luty 2019

Spis treści

1. ŻYCIORYS.....	3
2. OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE.....	6
2.1. CYKL PUBLIKACJI POTWIERDZAJĄCYCH OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE.....	7
2.2. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA, CEL ORAZ ROZWÓJ PROBLEMU BADAWCZEGO	9
2.3. ZWIĘZŁY OPIS CYKLU PUBLIKACJI.....	12
2.4. GŁÓWNE CELE CYKLU PUBLIKACJI.....	13
2.5. SZCZEGÓŁOWY ROZWÓJ PROBLEMU BADAWCZEGO	14
ORAZ WSKAZANIE NAJWAŻNIEJSZYCH OSIĄGNIĘĆ CYKLU PUBLIKACJI	14
2.6. MOŻLIWOŚCI APLIKACYJNE OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW	43
3. POZOSTAŁA DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWA.....	44
3.1. GŁÓWNE NURTY BADAWCZE.....	45
4. PODSUMOWANIE DOROBKU na dzień 13.02.2019	55

1. ŻYCIORYS

DANE OSOBOWE

Data i miejsce urodzenia: 1 listopad 1977, Kraków

Stan cywilny: zamężna, 2 dzieci

WYKSZTAŁCENIE

doktor nauk o Ziemi w dyscyplinie: geologia	marzec 2010 Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Promotor : dr hab. inż. Stanisław Witczak, prof. AGH
magister inżynier	lipiec 2001 Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Kierunek: Inżynieria Środowiska Specjalność: Hydrogeologia, Geologia Inżynierska i Ochrona Wód Promotor : dr hab. inż. Stanisław Witczak, prof. AGH

ZATRUDNIENIE AKTUALNE

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej

Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

adiunkt

PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ

Okres (od – do)	Miejsce	Nazwa organizacji	Zajmowane stanowisko
2016-II nadal	Kraków	Uniwersytet Rolniczy	adiunkt
2012-X 2016-II	Kielce	Politechnika Świętokrzyska	adiunkt
2012-VI nadal	Kraków	Agnieszka Operacz VENA	jednoosobowa działalność gospodarcza
2009-III 2012-V	Nawojowa Góra, Krzeszowice	CEDI Sp. z o.o. (Norway Center)	specjalista ds. hydrologii i ochrony środowiska
2008-II 2009-II	Nawojowa Góra, Krzeszowice	PaNHydro Sp. z o.o. (Norway Center)	hydrolog
2006-X 2007-VI	Kraków	Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy - Oddział Karpacki	specjalista ds. hydrogeologii
2006-IX 2006-X	Kraków	Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A.	geolog inżynierski
2005-VI 2006-VII	Kraków	Przedsiębiorstwo Badań Geologicznych „Geoprofil” Sp. z o.o.	specjalista ds. hydrogeologii

TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

„Ocena potencjału hydroenergetycznego rzek w świetle zrównoważonego rozwoju”

Urodziłam się 1 listopada 1977 roku w Krakowie. W latach 1992–1996 uczęszczałam do XV Liceum Ogólnokształcącego w Krakowie do klasy o profilu biologiczno-chemicznym. Po uzyskaniu świadectwa maturalnego, w latach 1996–2001 studiowałam na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W trakcie studiów wybrałam specjalizację z zakresu hydrogeologii, geologii inżynierskiej i ochrony wód. W roku 1999 zostałam odznaczona Brązową Odznaką Stanisława Staszica za wyniki w nauce.

Pracę magisterską pt. „Zasoby odnawialne wód podziemnych wybranego obszaru zlewni Czarnego Potoku w Krynicy” napisałam pod kierunkiem dr hab. inż. Stanisława Witczaka prof. AGH. Praca została oceniona jako bardzo dobra. Dyplom magistra inżyniera uzyskałam w roku 2001 i w tym samym roku rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH. Pod merytoryczną opieką dr hab. inż. Stanisława Witczaka prof. AGH prowadziłam badania w zakresie szeroko rozumianej problematyki migracji zanieczyszczeń w profilu pionowym gleby i środowiska gruntowego strefy aeracji w aspekcie ochrony strefy saturacji tj. środowiska wód podziemnych. Skupiłam się głównie na emisji zanieczyszczeń z atmosfery oraz ich migracji ze składowisk odpadów. Jako poligon badawczy wybrałam obszar położony na wschód od Krakowa - Nowej Huty będący pod silnym wpływem emisji zanieczyszczeń ze strony kombinatu metalurgicznego Arcelor Mittal. W trakcie studiów doktoranckich odbyłam 3-tygodniowy staż naukowy w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Wykonane w trakcie studiów szerokie badania (m.in. oznaczenia fizykochemiczne infiltrujących wód, podstawowych parametrów gleb, zawartości izotopów stabilnych i trytu) stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej pt. „Rola gleby i strefy aeracji w procesach samooczyszczania się wód podziemnych zdegradowanych przez emisje przemysłowe w rejonie Huty Arcelor Mittal” obronionej w 2010 roku na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH. Promotorem pracy był dr hab. inż. Stanisław Witczak prof. AGH, a recenzentami: prof. dr hab. inż. Edeltrauda Helios-Rybicka (Akademia Górniczo-Hutnicza) oraz prof. dr hab. inż. Józef Górski (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu). W pracy przedstawiono przestrzenno-czasowe rozkłady zawartości metali ciężkich w glebach, podstawowe parametry gleb, zmiany jakości wód podziemnych i wód infiltrujących poprzez glebę i strefę aeracji, ze szczególnym uwzględnieniem zidentyfikowanych środowiskowych znaczników prędkości infiltracji, takich jak jony siarczanowe i bromkowe.

Pod koniec studiów doktoranckich, od czerwca 2005 roku, rozpoczęłam pracę zawodową. Pierwsza praca w Przedsiębiorstwie Badań Geologicznych „Geoprofil” Sp. z o.o. pozwoliła mi wzbogacić moją działalność naukowo-dydaktyczną związaną ze studiami doktorskimi na Akademii Górniczo-Hutniczej o doświadczenia praktycznego wykorzystania wiedzy i umiejętności. Zdobyłam doświadczenie w szerokim zakresie opracowywania projektów prac geologicznych, dokumentacji hydrogeologicznych, operatów wodnoprawnych etc. Kolejna praca na stanowisku specjalisty ds. hydrogeologii w Państwowym Instytucie Geologicznym – PIB Oddziale Karpackim stanowiła ważny wkład w moje doświadczenie związane zarówno z działalnością naukową, jak i zawodową. W trakcie zatrudnienia w PIG-PIB otrzymałam nagrodę specjalną roku 2006 Dyrektora Państwowego Instytutu Geologicznego za przygotowanie bazy danych geologiczno-inżynierskich dla potrzeb Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji krakowskiej. Kolejna praca w Norway Center w ramach spółek PaNHydro oraz CEDI, a także współpraca z Hydroergia Sp. z o.o. pozwoliła mi nabyć szeroką wiedzę popartą doświadczeniem w zakresie realizacji przedsięwzięć hydroenergetycznych mających wpływ na środowisko, w tym głównie na wody powierzchniowe i podziemne. Poznałam procedury prawne w przeprowadzaniu procesów realizacji inwestycji w szerokim aspekcie, zarówno lokalizacyjnym, środowiskowym, prawnym, jak i ekonomicznym. Obszar zainteresowania w/w spółek wykraczał poza granice Polski i obejmował głównie kraje europejskie oraz Stany Zjednoczone Ameryki Północnej. Jestem autorką i współautorką analiz wykonalności inwestycji hydroenergetycznych, koncepcji wstępnych inwestycji dla m.in. Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej,

operatów wodnoprawnych oraz raportów o oddziaływaniu na środowisko, a także ekspertyz wpływu inwestycji na warunki wodno-gruntowe. Szczególnie cenne było uzyskanie tzw. Preliminary License dla inwestycji hydroenergetycznych w Stanach Zjednoczonych.

Od roku 2005 jestem związana z przedsiębiorstwami, samorządami i szeroko rozumianym „przemysłem”, wykonując ekspertyzy, służąc doradztwem, opracowując dokumentacje oraz pozyskując pozwolenia dla przedsiębiorstw, niezbędne dla realizacji inwestycji związanych z wykorzystaniem zasobów wód powierzchniowych oraz podziemnych. Zajmuję się kompleksową obsługą hydrologiczną, hydrogeologiczną oraz w zakresie ochrony środowiska i hydroenergetyki. Jestem autorką i współautorką szeregu m.in. projektów robót geologicznych i dokumentacji hydrogeologicznych ustalających zasoby eksploatacyjne ujęć zwykłych wód podziemnych oraz wód leczniczych (dla potrzeb rozlewniczych) i termalnych (w tym głębokich otworów geotermalnych). Posiadam gruntowną znajomość Prawa Wodnego; Prawa Geologicznego; Prawa Ochrony Środowiska; Ramowej Dyrektywy Wodnej oraz dokumentów powiązanych.

We wrześniu 2012 roku wygrałam konkurs na stanowisko adiunkta Politechniki Świętokrzyskiej, gdzie pracowałam do lutego 2016 roku. Ze względu na miejsce stałego zamieszkania (Kraków) szukałam możliwości zatrudnienia w rodzinnym mieście. W listopadzie 2015 roku, wygrałam konkurs na stanowisko adiunkta Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie i od lutego 2016 roku rozpoczęłam pracę na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji w Katedrze Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej. We wrześniu 2018 r. otrzymałam umowę o pracę, na wspomnianym stanowisku, na czas nieokreślony. Od października 2016 jestem sekretarzem i członkiem Komisji ds. Dydaktycznych i Studenckich na kierunku Inżynierii Środowiska. Za rok 2016 otrzymałam Nagrodę Indywidualną III stopnia Rektora Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie za wybitne osiągnięcia naukowe.

Dotychczas byłam autorem i/lub współautorem 44 prac naukowych (34 prace po uzyskaniu stopnia naukowego doktora), z czego 7 prac stanowi opracowanie samodzielne, w kolejnych 14 pracach jestem pierwszym i głównym autorem. W 22 pracach byłam autorem korespondencyjnym. W wykazie dorobku naukowego 24 prace opublikowane zostały w języku angielskim. Sumaryczny Impact Factor opublikowanych prac wynosi 18,696 (przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora "0"). Sumaryczna punktacja przyznana przez MNiSW lub KBN za publikacje, których jestem autorem i/lub współautorem wynosi 388, w tym 27 punktów przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora.

2. OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE

Główne osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 16, ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595 z 2003 r., poz. 595, z późniejszymi zmianami), po uzyskaniu stopnia doktora, stanowiące mój znaczny wkład w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie "Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka", zawarte jest w 6 przedłożonych publikacjach stanowiących cykl powiązany tematycznie i stanowiący konsekwentną ciągłość prac badawczych pod wspólnym tytułem: **Ocena potencjału hydroenergetycznego rzek w świetle zrównoważonego rozwoju**. Przedstawiony cykl publikacji stanowi całościowe opracowanie w zakresie identyfikacji uwarunkowań i wynikającej z tego rozpoznania, propozycji oceny możliwości energetycznego korzystania z wód powierzchniowych. Zaproponowana przeze mnie ocena uzupełnia dotychczasową metodykę poszerzając ją o uwzględnienie warunków maksymalnego poszanowania środowiska, znajomości skutków środowiskowych związanych z wprowadzaniem zmian w ekosystemach wodnych i od wody zależnych oraz realnych warunków formalno-prawnych warunkujących realizację tego typu inwestycji. W wyniku przeprowadzonych prac badawczych wskazałam konieczność poszerzenia aktualnej wiedzy i metodyki. Zaproponowałam metodę udoskonalenia kwantyfikacji potencjału hydroenergetycznego. Przedstawiłam nowe podejście do oceny możliwości produkcji energii elektrycznej z wód powierzchniowych, jako jednego z rodzajów odnawialnych źródeł energii.

Prace badawcze opublikowane po osiągnięciu stopnia naukowego doktora, stanowiące zdecydowaną większość mojego dorobku publikacyjnego, potwierdzają działalność naukową zmierzającą do gruntownego rozpoznania wskazanych problemów badawczych.

Liczba przedłożonych publikacji: 6

Publikacje naukowe indeksowane w bazach Web of Science lub Scopus: 5

Publikacje naukowe z listy A wg MNiSW: 3

Publikacje naukowe z listy B wg MNiSW: 2

Prace samodzielne: 2

Sumaryczny Impact Factor publikacji (zgodnie z rokiem opublikowania): 14,835

Sumaryczna punktacja publikacji wg MNiSW (zgodnie z rokiem opublikowania): 142

Sumaryczna liczba punktów dla Agnieszki Operacz (uwzgl. udział %): 116 tj. 83%

Podsumowanie prac stanowiących osiągnięcie naukowe:

nr publikacji	rok publikacji	Impact factor	punktacja wg MNiSW	udział własny [%]	punkty własne habilitantki
1	2015	-	12	100	12
2	2016	-	30	60	18
3	2017	9,184	45	100	45
4	2018	-	10	90	9
5	2018	5,651	40	70	28
6	2018	-	5	80	4
sumarycznie		14,835	142		116

2.1. CYKL PUBLIKACJI POTWIERDZAJĄCYCH OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE

1. Operacz A. 2015 - *Wyznaczenie wartości przepływu nienaruszalnego w inwestycjach związanych z wodami powierzchniowymi wg metody Kostrzewy*. *Ekonomia i Środowisko* 1(52) (2015): 100-109

Przygotowałam całość treści publikacji, tabele i rysunki. Przedstawiłam krytyczną ocenę powszechnie stosowanego wzoru Kostrzewy do obliczania wartości przepływu nienaruszalnego. Mój udział w przygotowaniu publikacji, zgodnie z załączonym oświadczeniem wynosi 100%. Byłam autorem korespondencyjnym.

Punktacja (2015): 12

2. Operacz A., Tomaszewska B. 2016 - *The review of Polish formal and legal aspects related to hydropower plants* *Environmental Science and Pollution Research* 23(19): 18953–18959 (*in English*) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7466-7>

Byłam odpowiedzialna za rozpoznanie krajowych regulacji prawnych oraz ograniczeń środowiskowych w realizacji małych elektrowni wodnych. Sporządziłam ich interpretację, redagowałam tekst oraz tabele i rysunki, sformułowałam wnioski. Mój udział w przygotowaniu publikacji wynosi 60%. Byłam autorem korespondencyjnym.

Punktacja (2016): 30; Impact Factor (2016): 2,741; Q2

Własny udział punktowy: 18

Cytowania obce: 2 Web of Science/2 Scopus/2 Google Scholar/2 Researchgate:

1. Piotr Kunecki, Rafał Panek, Magdalena Wdowin, Wojciech Franus, 2017, Synthesis of faujasite (FAU) and tschernichite (LTA) type zeolites as a potential direction of the development of lime Class C fly ash, *International journal of mineral processing* 166, pp. 69-78.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2017.07.007>

2. Karpiński M, Kmieciak E. 2017. Stability assessment of the chemical composition of the treated mining water used to replenish the cooling circuit in Jaworzno III Power Plant – Power Plant II. *E3S Web of Conferences* 22, 00077 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172200077>

3. Operacz A., 2017 - *The term "effective hydropower potential" based on sustainable development – an initial case study of the Raba river in Poland*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 75 (2017): 1453-1463 (*in English*) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.141>

Mój udział polegał na samodzielnym opracowaniu publikacji, wskazaniu konieczności udoskonalenia metody oceny liczbowej potencjału hydroenergetycznego, jej opracowaniu oraz sprecyzowaniu koncepcji nowego terminu "effective potential" wraz z podaniem szczegółowej procedury i metodyki jego kwantyfikacji. Praca stanowi najwyżej punktowaną pozycję w moim dorobku, w pełni autorską. Jako jedyny autor byłam jednocześnie autorem korespondencyjnym. W okresie roku od czasu opublikowania pracy (pomimo, że praca nie jest w opcji Open Access) uzyskała ona 5 cytowań innych badaczy (poza autocytoowaniami).

Punktacja (2017): 45; Impact Factor (2017): 9,184

Własny udział punktowy: 45

Cytowania obce: 2 Web of Science/2 Scopus/4 Google Scholar/5 Researchgate:

1. Tomaszewska, B.; Tyszer, M.; Bodzek, M.; et al. 2018. The concept of multivariant use of geothermal water concentrates. *DESALINATION AND WATER TREATMENT* Volume: 128. 179-186.

2. Zhu, L., Li, Z., Hiltunen, E. 2018. Microalgae *Chlorella vulgaris* biomass harvesting by natural flocculant: Effects on biomass sedimentation, spent medium recycling and lipid extraction. *Biotechnology for Biofuels* 11(1),183

3. H Feili, M Qomi, M Tarhsaz, H Koliayi Hashemi K. 2017. Locating athletic spaces using fuzzy AHP for the sustainable development goals. 2nd International Conference on Innovation in Engineering, Sciences and Technology Development, Amsterdam, Netherlands.

4. Feili HR, Qomi M, Lashgari H, Rakhshan M. 2018. Analysis of methods for preventing wood decay disease using fuzzy AHP for sustainable development goals. International Conference on Applied Research in Science, Technology and Knowledge, January 11, 2018, Helsinki, Finland; 2018

5. Barbara Tomaszewska, Aleksandra Kasztelewicz, Marta Dendys, Wiesław Bujakowski, Susanne Rahner, Michael Hartmann and Jürgen Weinreich. 2018. European educational concept in environmental nature- and climate protection to safeguard a cross border sustainable development. E3S Web of Conferences 66, 03005 (2018)

4. Operacz A., Grahl-Madsen M. 2018 - *Program of hydropower potential assessment as an effective possibilities in Upper Vistula water region in Poland.* Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus zeszyt 17(4) (in English). DOI: 10.15576/ASP.FC/2018.17.4.157

Byłam autorem koncepcji pracy. Opracowałam jej całość, którą przedstawiłam do krytycznej oceny i uwag współautorowi. Mój udział w powstaniu publikacji wynosi 90%. Byłam autorem korespondencyjnym.

Punktacja (2018): 10

Własny udział punktowy: 9

5. Operacz A., Wałęga A., Cupak A., Tomaszewska B. 2018 - *The comparison of environmental flow assessment - the barrier for investment in Poland or river protection?* Journal of Cleaner Production 193 (2018) 575-592 (in English) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.098>

Byłam głównym inicjatorem powstania pracy oraz głównym autorem jej koncepcji. Byłam odpowiedzialna za przygotowanie bazy danych, ich opracowanie, interpretację wyników, konstruktywne wnioski, tabele i rysunki. Wybrałam przykładowe rzeki o odmiennej charakterystyce przepływów oraz przeprowadziłam konstruktywne porównanie wartości przepływów środowiskowych w odniesieniu do przepływów dyspozycyjnych dla korzystania z wód. Mój udział w przygotowaniu publikacji, zgodnie z załączonym oświadczeniem wynosi 70%. Byłam autorem korespondencyjnym.

W okresie pół roku od czasu opublikowania pracy (pomimo, że praca nie jest w opcji Open Access) uzyskała ona 3 cytowania innych badaczy (poza autocytowaniami).

Punktacja (2018): 40; Impact Factor (2017) : 5,651 (brak informacji za rok 2018)

Własny udział punktowy: 28

Cytowania obce: 0 Web of Science/2 Scopus/1 Google Scholar/1 Researchgate:

1. Y. Karakoyun, A. Donmez, Z. Yumurtaci. 2018. Comparison of environmental flow assessment methods with a case study on a runoff river-type hydropower plant using hydrological methods. Environmental Monitoring and Assessment 190:722.

2. Zhang, H., Chang, J., Gao, C., et al. 2018. Cascade hydropower plants operation considering comprehensive ecological water demands. Energy Conversion and Management 180, pp. 119-133

3. Kanclerz, J., Murat-Błażejewska, S., Janicka, E., Adamska, A. 2018. Environmental flows of lowland rivers with disturbed hydrological regime on the example of Mała Wełna River. Rocznik Ochrona Środowiska 20, pp. 873-886

6. Operacz A., Kotowski T., Bugajski P. 2018 - *Hydropower potential of the Mszanka river in the south Poland - the course of estimation.* Environmental Problems vol. 3 no. 3 (2018).

Byłam autorem koncepcji pracy. Przygotowałam większość publikacji, wykonałam obliczenia oraz zinterpretowałam wyniki. Mój udział w przygotowaniu pracy wynosi 80%. Byłam autorem korespondencyjnym.

Punktacja (2019): 5

Własny udział punktowy: 4

2.2. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA, CEL ORAZ ROZWÓJ PROBLEMU BADAWCZEGO

Moje zainteresowania naukowe, a co za tym idzie mój dorobek publikacyjny, obejmuje szeroki zakres tematyki związanej z wodami, ich ochroną oraz warunkami korzystania z ich zasobów. Zarówno przed, jak i po osiągnięciu stopnia naukowego doktora, zajmuję się głównie zagadnieniami związanymi z korzystaniem i ochroną wód powierzchniowych i podziemnych. Szczególne zainteresowanie moich działań naukowych stanowi wykorzystanie wód płynących dla celów energetycznych, jako jedno ze źródeł energii odnawialnej. Podstawę zrealizowanych analiz naukowych tego zagadnienia stanowiło zarówno moje doświadczenie badawcze, jak również przede wszystkim moje doświadczenie praktyczne uzyskane w ramach zatrudnienia w hydroenergetycznym sektorze przemysłowym. Doświadczenie zawodowe stanowiło ważny atut w pracy badawczej ukierunkowanej również na wykorzystanie praktyczne uzyskanych wyników badań i popularyzację wniosków.

Na bazie zebranych doświadczeń praktycznych i zrealizowanych prac badawczych zauważyłam braki i nieścisłości w powszechnie funkcjonujących opracowaniach, zarówno metodycznych, jak i publikacjach naukowych. Szczególnie charakterystyczne dla opracowań z zakresu hydroenergetyki jest całkowite pominięcie rzeczywistych możliwości realizacji elektrowni wodnych z uwzględnieniem aspektów poszanowania środowiska tj. zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju. Obecnie każda ingerencja w środowisko naturalne związana z rozwojem gospodarczym, realizowana musi być w poszanowaniu komponentów środowiska i poszukiwaniu rozwiązań kompromisowych.

Analiza dostępnych artykułów naukowych i opracowań pozwoliła mi na stwierdzenie, że przeważnie funkcjonuje jeden rodzaj tj. opracowania teoretyczno-techniczno-mechaniczne. Artykuły te najczęściej skupiają się na możliwości poprawy sprawności turbozespołów w elektrowniach wodnych tak, aby możliwie najefektywniej wykorzystać przepływ rzeki. W zdecydowanej większości brak jest w nich nawet określenia przepływu dyspozycyjnego dla elektrowni tj. uwzględniającego konieczność zachowania przepływu nienaruszalnego/środowiskowego.

W wyniku przeprowadzonych i opublikowanych prac badawczych udoskoniłam zatem metodę liczbowej oceny potencjału hydroenergetycznego w oparciu o rzeczywiste możliwości realizacji małych elektrowni wodnych (MEW) na podstawie moich doświadczeń zawodowych. Poszerzyłam wiedzę w zakresie tej tematyki oraz zaproponowałam kompleksową ocenę z uwzględnieniem zrównoważonego rozwoju ekosystemów wodnych wprowadzając nowy aspekt oceny związany z kwantyfikacją potencjału efektywnego.

W trakcie prac nad publikacją nr 1, dotyczącą przepływów nienaruszalnych w inwestycjach korzystających z wód powierzchniowych, stwierdziłam, że pomimo bardzo wysokiej liczby artykułów prezentujących metody kwantyfikacji przepływów nienaruszalnych, brak jest ich uwzględnienia w obszarze hydroenergetyki. Przepływy nienaruszalne/środowiskowe są szeroko poruszane w badaniach i czasopismach hydrologicznych, hydrobiologicznych, natomiast w aspekcie odnawialnych źródeł energii są często pomijane. Dotyczy to szczególnie prac badawczych i opracowań z zakresu obliczeń potencjału hydroenergetycznego cieków. Analiza opublikowanych prac badawczych (artykułów i opracowań naukowych) dotyczących oszacowania potencjału hydroenergetycznego rzek pozwoliła mi zauważyć, że zarówno przepływ środowiskowy, jak też szerszy aspekt realizacji proponowanego zagospodarowania cieków w myśl zrównoważonego rozwoju, jest prawie całkowicie nieobecny w rozważaniach naukowych z zakresu hydroenergetyki. Tym samym prezentowane powszechnie wyniki obliczeń potencjału teoretycznego i technicznego, a także często podawanego potencjału

ekonomicznego, są silnie przeszacowywane i nie uwzględniają barier i ograniczeń środowiskowych. W publikacji nr 5 rozwinęłam zatem zagadnienie przepływów środowiskowych poszerzając wiedzę w zakresie konieczności ich uwzględniania w realizacji inwestycji korzystających z wód powierzchniowych (w tym hydroenergetycznych) zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju.

Publikowane opracowania środowiskowe w tematyce hydroenergetyki najczęściej związane są wyłącznie z analizą negatywnych skutków realizacji elektrowni wodnych w trakcie ich funkcjonowania. Brak jest natomiast opracowań, gdzie analiza potencjalnych przyszłych możliwości hydroenergetycznego zagospodarowania cieków wykonana byłaby równocześnie z uwzględnieniem szeregu aspektów towarzyszących ujmowaniu wód naturalnych (procedury prawne, energetyczne zagospodarowanie wód technologicznych, tzw. "dobra praktyka", wpływ na środowisko, ochrona przed degradacją, bariery i ograniczenia realizacji etc.). Przeglądowa praca z zakresu obowiązujących procedur prawnych przy realizacji inwestycji hydroenergetycznych (publikacja nr 2) pozwoliła mi na szczegółowe rozpoznanie terminologii, definicji, statusu inwestycji jako odnawialnych źródeł energii etc. w warunkach krajowych. Wykonany przegląd aspektów formalno-prawnych ugruntował mój pogląd o braku realizowanych prac badawczych przedstawiających kompleksową ocenę możliwości zagospodarowania hydroenergetycznego cieków.

Ważnym aspektem poruszonym w publikacji nr 2 jest analiza pracy oraz statusu energetycznego zagospodarowania wód technologicznych, dostarczanych lub odprowadzanych z zakładów przemysłowych. Elektrownie wodne pracujące na takich wodach w przewodzie nie otrzymują statusu odnawialnych źródeł energii. Doświadczenia krajowe pokazują jednak, że pracują one znacznie stabilniej, niż elektrownie na ciekach naturalnych. Przeprowadziłam szczegółową analizę obowiązujących przepisów prawnych i jako ważny wniosek podałam, że wydaje się zasadnym, aby o rozstrzygnięciu wątpliwości, czy pozyskiwana energia w elektrowni wodnej pochodzi „ze źródła odnawialnego”, nie powinna decydować definicja prawna, lecz fizyka procesów energetycznych. Prace badawcze wykonane w ramach publikacji nr 2 pozwoliły na przedstawienie propozycji kwalifikacji inwestycji jako źródeł odnawialnych w dotychczas nie stosowany sposób.

W trakcie pracy naukowej dostrzegłam szereg braków w zakresie stosowanej nomenklatury, definicji oraz metodycznych, z których najważniejsze to:

- metodyka kwantyfikacji liczbowych wartości potencjału hydroenergetycznego rzek nie uwzględnia realnych możliwości powstania nowych małych elektrowni wodnych wynikających z ograniczeń środowiskowych. Powszechnie stosowane metody prowadzą do znacznie przeszacowanych i nadmiernie optymistycznych wyników;
- stosowane w badaniach naukowych (głównie z zakresu hydrologii) metody kwantyfikacji wartości przepływu nienaruszalnego nie są wykorzystywane w pracach badawczych z tematyki hydroenergetycznej. Konieczność pozostawienia w cieku przepływu nienaruszalnego jest zbyt często pomijana w rozważaniach naukowych, co zawyża wyniki obliczeń;
- w badaniach naukowych z zakresu korzystania z wód powierzchniowych dla celów produkcji energii odnawialnej, pomijane są aspekty ochrony środowiska oraz realizacji inwestycji w świetle zrównoważonego rozwoju.

Na podstawie wymienionych powyżej prac badawczych, doświadczeń i analiz podjęłam decyzję o konieczności naukowej analizy problemu. Jako cel postawiłam sobie poszerzenie stanu wiedzy z zakresu hydroenergetyki, udoskonalenie metod kwantyfikacji potencjału hydroenergetycznego oraz podanie szczegółowej procedury pozwalającej na obliczenie jego wartości w świetle zrównoważonego rozwoju ekosystemów wodnych. Uznałam, że istotne jest ujęcie w metodyce obliczeniowej zarówno przepływu środowiskowego, jak również szeregu barier wynikających m.in. z celów ochrony odcinka cieku stojących w kolizji z zagospodarowaniem

hydroenergetycznym. W publikacji nr 3 przedstawiłam zatem nowe podejście do oceny możliwości produkcji energii elektrycznej z wód płynących. zaproponowałam poszerzenie oceny potencjału hydroenergetycznego o ocenę "effective potential = potencjału efektywnego" wraz ze szczegółowym opisem jego definicji i sposobu kwantyfikacji. Jest to ocena nowa, dotychczas nie stosowana i w pełni autorska. Propozycję poparłam analizą stosowanych powszechnie terminów potencjału teoretycznego, technicznego i ekonomicznego. Uzasadniłam swoje przekonanie o wysokim zindywidualizowaniu stosowania terminu potencjału ekonomicznego. Wykonałam gruntowny przegląd stosowanych terminów „potencjałów hydroenergetycznych” proponowanych przez innych badaczy w literaturze naukowej i skomentowałam je.

Uważam, że moja propozycja nowego podejścia do oceny potencjału hydroenergetycznego rzek, obejmująca ocenę kompleksową z uwzględnieniem zrównoważonego rozwoju, oparta dodatkowo na doświadczeniach zawodowych i wieloletniej praktyce, stanowi mój istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej „Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka”. Jako metodę doskonalenia dotychczasowej metodyki zaproponowałam wprowadzenie terminu „potencjału efektywnego = effective potential”. Jest to termin dotychczas nie funkcjonujący, a którego brak wyraźnie jest widoczny w badaniach i będących ich efektem publikowanych opracowaniach naukowych. W publikacji nr 3 wyraziłam nadzieję, że termin zostanie wprowadzony do stosowania powszechnego. Proponowany tok obliczeń przedstawiłam na przykładzie badań rzeki Raby. Wyrażam opinię, że termin ten spotkał się z dobrym odbiorem w świecie naukowym, gdyż w okresie roku od czasu opublikowania pracy (pomimo, że publikacja nie jest w opcji Open Access) uzyskała ona 5 cytowań innych badaczy (w tym 3 z zagranicy).

W celu popularyzacji proponowanego terminu i rozszerzenia zasięgu osiągnięcia naukowego, w publikacji nr 4 przedstawiłam modyfikację proponowanej oceny oraz metody obliczeniowej dla wytypowanego regionu wodnego Górnej Wisły. Jest to region wodny, dla którego dysponowałam wysokim stopniem rozpoznania, zarówno uwarunkowań środowiskowych, jak i uregulowań formalno-prawnych. Jest to obszar stanowiący podstawę zdecydowanej większości moich publikacji oraz zainteresowań naukowych (wody lecznicze, zwykłe wody podziemne, wody termalne etc.). W publikacji nr 4 badania i obliczenia wykonałam dla rzeki Szreniawy, natomiast w publikacji nr 6 potencjał efektywny zgodnie z zaproponowanym tokiem postępowania, obliczyłam na przykładzie badań wykonanych dla rzeki Mszanki.

Analiza uzyskanych wyników dla 3 analizowanych rzek (Raba - publikacja nr 3, Szreniawa - publikacja nr 4, Mszanka - publikacja nr 6) pozwoliła mi na sformułowanie wniosku, że ocena liczbowa potencjału efektywnego tj. rzeczywistych możliwości energetycznych cieków popartych moim doświadczeniem praktycznym, daje wyniki znacząco niższe, niż powszechnie podawane wartości potencjału teoretycznego i technicznego. Potwierdziłam zatem swój wstępny wniosek o funkcjonującym powszechnie przeszacowywaniu możliwości produkcji energii elektrycznej z hydroenergetycznego źródła odnawialnego. Tym samym udowodniłam konieczność i zasadność stosowania zaproponowanej przeze mnie oceny odpowiadającej hydroenergetycznemu rzeczywistemu (efektywnemu) potencjałowi rzeczemu opartemu na praktycznej możliwości realizacji MEW.

Popularyzację proponowanej nowej oceny „potencjału efektywnego” poparłam prezentacją na XVIII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo - Technicznej "Wentylacja, Klimatyzacja, Ogrzewnictwo - Środowisko", Krynica, Polska (referat "Rzeczywisty potencjał hydroenergetyczny cieków naturalnych i wód technologicznych") oraz na seminarium Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych (referat „Energetyczne korzystanie z wód płynących - teoria, praktyka i potencjał rzeczywisty”).

Reasumując, moje osiągnięcie naukowe stanowi propozycja nowej kompleksowej oceny potencjału hydroenergetycznego zrealizowana poprzez udoskonalenie i poszerzenie funkcjonujących dotychczas metod. Opiera się ona na wzbogaceniu obecnie stosowanej oceny o kwantyfikację "effective potential/potencjału

efektywnego". Ocena ta przeprowadzona powinna być w oparciu o aspekty naukowe, praktyczne i prawne, ze szczególnym uwzględnieniem zrównoważonego rozwoju ekosystemów wodnych (w tym szczególnie zachowania przepływu nienaruszalnego). Ocena ta bazuje na poszukiwaniu rozwiązań optymalnych gospodarczo i pozwalających na rozwój, jednocześnie możliwie najmniej ingerujących w środowisko i zabezpieczających ich szczególne walory objęte ochroną. Ważnym punktem odniesienia dla proponowanej oceny były moje doświadczenia zawodowe i znajomość praktycznych możliwości realizacji MEW.

Celem mojej pracy naukowej oraz poruszonym problemem badawczym było wypełnienie zauważonych braków metodycznych oraz terminologicznych, a także metod obliczeniowych. Wskazałam możliwości rozwiązań przyjaznych środowisku i podałam pełny tok postępowania wraz ze zmodyfikowaną metodą obliczeniową dla kompleksowej oceny potencjału hydroenergetycznego w świetle zrównoważonego rozwoju ekosystemów wodnych.

Spośród dorobku publikacyjnego wybrałam 6 publikacji stanowiących potwierdzenie osiągnięcia naukowego i mojego wkładu w rozwój nauki, które opatrzone zostały wspólnym tytułem **"Ocena potencjału hydroenergetycznego rzek w świetle zrównoważonego rozwoju"**.

2.3. ZWIĘZŁY OPIS CYKLU PUBLIKACJI stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Przedstawiony cykl publikacji stanowi kompleksowe, powiązane tematycznie oraz konsekwentnie realizowane w ponad 4 letnim okresie, całościowe opracowanie w zakresie możliwości korzystania z wód powierzchniowych ze szczególnym uwzględnieniem produkcji energii odnawialnej. Rozważania prowadzone były w oparciu o warunki maksymalnego poszanowania środowiska, znajomości konsekwencji wprowadzania zmian w ekosystemach wodnych i od wody zależnych, warunków bytowania organizmów wodnych oraz w realnych warunkach formalno-prawnych, warunkujących realizację hydroenergetycznej zabudowy cieków powierzchniowych.

Inwestycje w energetykę odnawialną uznawane są w świetle „Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych” za źródła energii przyjazne środowisku. Tym samym korzyści z realizacji takich przedsięwzięć są wysoko cenione zarówno w skali regionalnej, jak i skali globalnej, szczególnie ze względu na zmiany klimatyczne oraz postępujące zanieczyszczenie środowiska. W celu potwierdzenia pierwszeństwa źródeł energii uznanych za odnawialne i przyjazne środowisku, Dyrektywa nakłada obowiązek wytwarzania energii odnawialnej, w tym w szczególności dla Polski wynoszącym 15% końcowego zużycia energii brutto w 2020 roku. Aktualnie świadomość korzyści wynikających z pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych znacznie wzrosła, wprowadzono uregulowania prawne w tym zakresie, a promocja takich instalacji poparta została unijnymi wymogami w zakresie udziału źródeł odnawialnych w produkcji energii elektrycznej w krajach członkowskich. Realizacja m.in. elektrowni wodnych stała się nie tylko inwestycją ekologiczną, ale wręcz koniecznością w świetle zobowiązań krajowych jako członka Unii Europejskiej.

Z drugiej strony jednak wzrost świadomości ekologicznej oraz dbałość o warunki bytowania migrujących organizmów wodnych, skutkują wprowadzeniem wielu ograniczeń przy realizacji budowli hydrotechnicznych koniecznych dla pracy turbin w małych elektrowniach wodnych. Polskie prawo krajowe zawiera szereg warunków określonych dla obszarów objętych ochroną środowiska, których spełnienie może okazać się niewykonalne lub wyjątkowo trudne i tym samym uniemożliwi powstanie elektrowni wodnych.

Moje osiągnięcie naukowe stanowi propozycja połączenia konieczności wypełnienia zobowiązań unijnych w zakresie energetyki wodnej z jednoczesnym maksymalnym poszanowaniem komponentów środowiska. Tym samym oznacza propozycję nowego podejścia i oceny w celu kwantyfikacji potencjału hydroenergetycznego wybranego ciekłu w świetle zrównoważonego rozwoju i praktycznych możliwości realizacji małych elektrowni wodnych.

W publikacji nr 2 przedstawiłam przegląd obowiązującej nomenklatury, wymagań i ograniczeń w zakresie rozwoju hydroenergetyki jako odnawialnego źródła energii w oparciu o uregulowania Unii Europejskiej oraz prawodawstwo krajowe. Wykonałam również analizę i przedstawiłam argumentację o braku uzasadnienia dla wyłączenia wszystkich instalacji pracujących na wodach technologicznych z odnawialnych źródeł energii. W publikacjach nr 1 oraz 5 zaprezentowałam porównanie i krytykę aspektów naukowych oraz praktycznych, związanych z metodyką hydrologiczną wyznaczania wartości przepływu nienaruszalnego w oparciu o realną możliwość korzystania z wód w aspekcie istotnego ograniczenia, jakim jest jałowe pozostawienie przepływu nienaruszalnego w korycie głównym ciekłu. Konieczność pozostawienia przepływu środowiskowego jest niezwykle istotna ze względu na zabezpieczenie optymalnych warunków bytowania organizmów wodnych i od wody zależnych, w tym szczególnie ryb dwuśrodowiskowych. Rozpoznanie uwarunkowań oraz prace o głównym charakterze przeglądowym, pozwoliły mi na postawienie tez badawczych oraz określenie celu naukowego, jakim była konieczność poszerzenia funkcjonującej metodyki i opracowania terminologii w zakresie kompleksowej oceny efektywnego potencjału hydroenergetycznego w zgodzie z zasadą zrównoważonego rozwoju oraz metody jego kwantyfikacji. W pracy naukowej starałam się powiązać kwestie zależności ekosystemów wód powierzchniowych z energetycznym wykorzystaniem ich zasobów oraz wskazać na ich wzajemne relacje i możliwość osiągnięcia rozwiązań kompromisowych w zgodzie ze zrównoważonym rozwojem. W świetle obowiązujących ram administrowania wodami w krajach Unii Europejskiej wyróżniłam jednolite części wód oraz zwróciłam uwagę na konieczność osiągnięcia celów środowiskowych dla tych jednostek, co aktualnie stanowi niepodważalny priorytet w korzystaniu z wód.

2.4. GŁÓWNE CELE CYKLU PUBLIKACJI

stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Wybrane i przedstawione publikacje stanowią cykl powiązany tematycznie i ukazywały się w sposób cykliczny w latach 2015-2018. Nadrzędnym celem spójnego cyklu publikacji było gruntowne rozpoznanie warunków korzystania z wód powierzchniowych dla celów produkcji energii elektrycznej, jako odnawialnego źródła energii. Cel ten wymagał uwzględnienia m.in. warunków obowiązujących procedur prawnych, wymagań ochrony środowiska, idei zrównoważonego rozwoju. Cel został zrealizowany poprzez krytyczną dyskusję stosowanych w literaturze naukowej metod oceny potencjału hydroenergetycznego i terminologii, a także wytycznych metodycznych opartych na podręcznikach akademickich w odniesieniu do regulacji branżowych oraz tzw. dobrej praktyki. Wykorzystałam również moje doświadczenia zawodowe związane z praktycznymi możliwościami realizacji MEW dla konkretnych inwestorów i określonych lokalizacji. Przeprowadzone analizy poparte wynikami badań i obliczeń wraz ze sformułowaniem wniosków pozwoliły m.in.:

- wskazać braki terminologiczne w odniesieniu do oceny potencjału hydroenergetycznego wód płynących;
- zaproponować nowe podejście do oceny możliwości hydroenergetycznych wód powierzchniowych wraz z wprowadzeniem dotychczas niefunkcjonującego terminu "effective potential - potencjału efektywnego"

wraz z podaniem metody jego kwantyfikacji na podstawie modyfikacji wzorów powszechnie wykorzystywanych (przejście z obliczeń dla odcinków rzek na sumaryczny potencjał konkretnej lokalizacji MEW);

- udowodnić konieczność uwzględnienia przepływu nienaruszalnego w określaniu potencjału hydroenergetycznego rzek w zgodzie z ochroną ekosystemów wodnych (m.in. sposób wyznaczania wartości przepływu nienaruszalnego nie blokującego inwestycji oraz zapewniającego dobrostan ekosystemów wodnych tj. zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju),
- zaproponować kompromis w inwestycjach korzystających z wód do celów energetycznych z minimalizacją negatywnego wpływu na środowisko,
- wskazać zagrożenia i bariery w korzystaniu z wód.

2.5. SZCZEGÓŁOWY ROZWÓJ PROBLEMU BADAWCZEGO ORAZ WSKAZANIE NAJWAŻNIEJSZYCH OSIĄGNIĘĆ CYKLU PUBLIKACJI stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Problematyka związana z pojęciem "przepływu nienaruszalnego/środowiskowego"

W publikacji nr 1 przeprowadziłam analizę opartą na bezspornym fakcie, że korzystanie z zasobów wód powierzchniowych wymaga wyznaczenia ilości wody możliwej do pobrania (tzw. przepływu dyspozycyjnego) w warunkach zachowania równowagi biologicznej w cieku. W trakcie studiów literaturowych stwierdziłam jednak, że obowiązek ten jest nader często pomijany w pracach z zakresu energetycznego korzystania z cieków powierzchniowych. Tym samym brana do dalszych obliczeń (np. potencjału energetycznego) ilość wody jest zbyt wysoka, co prowadziło do znacznego przeszacowywania wyników.

Pojęcie „przepływu nienaruszalnego Q_n ” funkcjonuje od wielu lat w gospodarce wodnej. W świadomości powszechnej oznacza ono intuicyjnie taką ilość wody, którą bezwzględnie należy pozostawić w cieku, aby nie naruszyć równowagi środowiska. Dynamiczny rozwój ekohydrauliki zaowocował opracowaniem ponad 200 metod szacowania przepływów środowiskowych. Metody najczęściej dzielone są na cztery kategorie:

- (1) formuły wskaźników hydrologicznych tzw. „Look-up tables” bazujące na prostych wskaźnikach hydrologicznych podanych w tablicach;
- (2) analizy kameralne tzw. „Desktop analysis” opierające się na analizie istniejących danych, głównie danych hydrologicznych bez skupiania się na określonych gatunkach lub zespołach biologicznych;
- (3) analizy funkcjonalne (holistyczne) polegające na zrozumieniu powiązań funkcyjnych pomiędzy hydrologią, a organizmami wodnymi systemu rzeczno;
- (4) modele siedliskowe (oceny i symulacji siedlisk) biorące pod uwagę to, że to nie sam przepływ stwarza odpowiednie warunki siedliskowe dla różnych gatunków, ale raczej interakcja przepływu z geometrią i roślinnością koryta stwarza właściwą głębokość i prędkość wody potrzebną dla gatunków w różnych grupach wiekowych.

Ze względu na swoją prostotę oraz łatwość w użyciu najczęściej do obliczania przepływu środowiskowego wykorzystywane są metody hydrologiczne, gdzie jego wielkość uzależniona jest od danego przepływu charakterystycznego. Mnogość metod oraz ich systematyczny rozwój stanowi podstawę wielu studiów w pracach publikowanych w czasopiśmie hydrologicznych. W pracach z zakresu odnawialnych źródeł energii jest to jednak zbyt często pomijane. Dlatego też w publikacji nr 1 oraz w późniejszej publikacji nr 5 zajęłam się

problematyką wyznaczenia wartości przepływu nienaruszalnego z punktu widzenia korzystania z wód. Publikacja nr 1 stanowiła krytyczną analizę sytuacji, gdy niepoprawnie użyta została powszechnie wykorzystywana metoda Kostrzewy. Praca nr 5 oparta została o wytyczne metodyczne obliczeń przepływów nienaruszalnych obowiązujących dla regionów wodnych w Polsce. W publikacji nr 5 zawarłam również krótkie porównanie stosowanej terminologii „przepływ biologiczny/ środowiskowy/ nienaruszalny/ akceptowalny etc.”

Obowiązek wyznaczenia wartości przepływu nienaruszalnego narzucony jest prawem krajowym w postępowaniach zmierzających do wydania pozwoleń wodnoprawnych w zakresie korzystania z wód powierzchniowych. Tym samym jest to ilość wody, która zwykle nie może zostać wykorzystana w planowanym przedsięwzięciu, co bezpośrednio wpływa na ekonomię inwestycji. Konieczność pozostawienia przepływu nienaruszalnego, jako niezwykle istotnego środowiskowo, nie podlega kryteriom gospodarczym, ani ekonomicznym. W praktyce zatem inwestycje związane ze środowiskiem wód powierzchniowych, zarówno w zakresie ich poboru zwrotnego (np. do celów energetycznych), jak też bezzwrotnego (zaopatrzenia w wodę do picia lub technologiczną), są ściśle związane z koniecznością uwzględnienia obowiązku pozostawienia w cieku ilości wody odpowiadającej minimum wartości przepływu nienaruszalnego. Wartość ta zatwierdzana jest w pozwoleniu wodnoprawnym.

W publikacji nr 3 oraz nr 5 przeprowadziłam krytyczną ocenę stosowanych metod, wskazując na możliwość błędnych obliczeń oraz braki metodyczne, a także ryzyko zablokowania inwestycji w przypadku wyznaczenia nadmiernej i nieuzasadnionej wartości Q_n . Najważniejszym moim osiągnięciem w tej tematyce była krytyczna analiza stosowanych w praktyce metod obliczenia przepływu nienaruszalnego/środowiskowego, poparta badaniami dla wybranych rzek i porównaniem obliczonych wartości z wynikami obliczeń metodami stosowanymi w hydrologii. Publikacja nr 1 i 5 oraz część publikacji nr 3 są ściśle związane z analizą metod wykorzystywanych do obliczeń przepływów środowiskowych i ich znaczenia w inwestycjach korzystających z wód. Problematyką przepływu nienaruszalnego zajmuję się również w innych moich publikacjach, nie wskazanych jako osiągnięcie habilitacyjne. Przeprowadzona analiza tego problemu pozwoliła mi na stwierdzenie jednoznacznej konieczności wprowadzenia obliczeń przepływu nienaruszalnego do proponowanej kompleksowej oceny potencjału hydroenergetycznego. W zaproponowanym w ramach publikacji nr 3 toku postępowania dla oceny potencjału efektywnego, przepływ nienaruszalny został potraktowany priorytetowo.

W Polsce przez wiele lat nie było jednoznacznej metodyki w zakresie kwantyfikacji wartości przepływów środowiskowych, a obliczenia prowadzono jedną z subiektywnie wybranych funkcjonujących w literaturze metod. Problem opracowania jednolitej metodyki określania wartości przepływu nienaruszalnego był na tyle istotny, że znalazł się wśród priorytetowych działań dla okresu wdrażania Polityki wodnej państwa i sukcesywnie realizowany w ogłaszanych przez Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej warunkach korzystania z wód w regionach wodnych. Od roku 2014 prawem krajowym (na mocy „Warunków korzystania z wód w regionach wodnych”) wprowadzono obowiązujące wzory do obliczeń przepływu nienaruszalnego w odpowiednim podziale na regiony wodne. Ze względu jednak na różnorodność publikowanych metod, a także często ze względu na brak ogólnodostępnych publikowanych danych hydrologicznych (tym samym wysoki koszt ich zakupu od Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego) wybór odpowiedniej metody wyznaczenia wartości przepływu nienaruszalnego stał się trudny.

W publikacji z roku 2015 (publikacja nr 1), tj. sprzed zmiany Ustawy Prawo Wodne, wskazałam, że najczęściej stosowana i praktycznie traktowana jako jedyne słuszne kryterium była tzw. metoda Kostrzewy według poniższego wzoru (Kostrzewa, 1977):

$$Q_n = k \cdot SNQ; \quad \text{założenie: } Q_n \geq NNQ \quad (1)$$

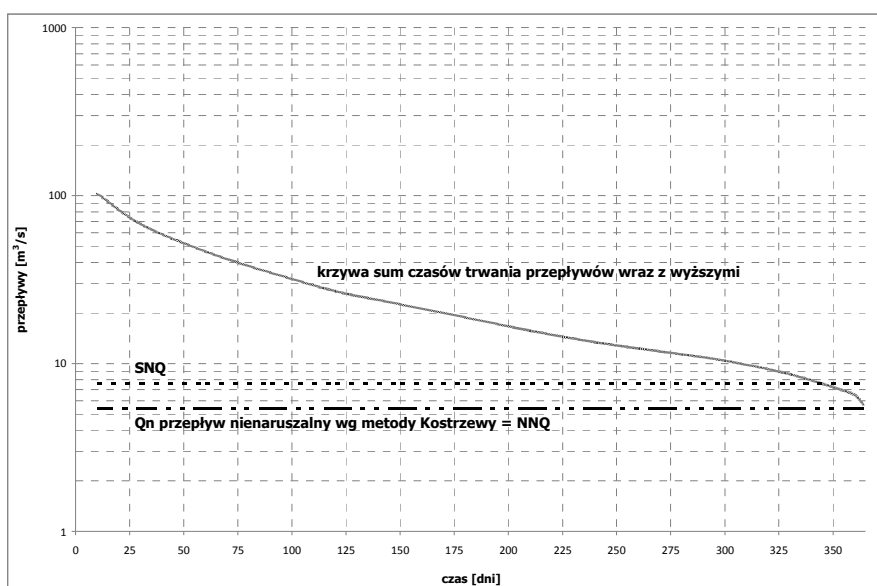
gdzie: Q_n – przepływ nienaruszalny

k – parametr empiryczny dobierany odpowiednio z tabel dla danego typu rzeki oraz wielkości zlewni zamkniętej przekrojem obliczeniowym

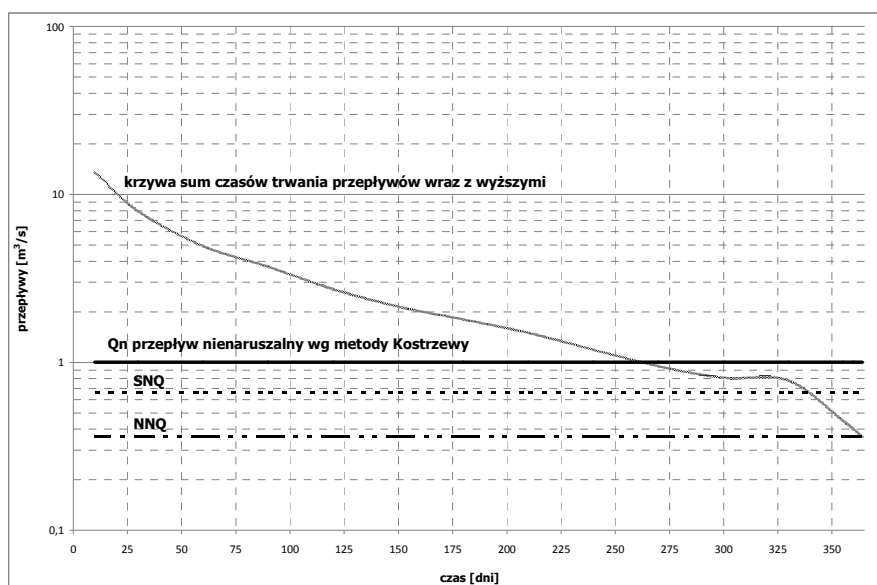
SNQ – wartość średniego niskiego przepływu dla przekroju obliczeniowego

NNQ - wartość najniższego niskiego przepływu dla przekroju obliczeniowego

Nieskomplikowana formuła matematyczna oraz konieczność znajomości tylko dwóch wartości przepływów charakterystycznych z wielolecia (SNQ i NNQ) powodowała, że przy obliczeniach wartości przepływu nienaruszalnego sięgano po nią powszechnie. Pomimo jednak niezwykle prostego wzoru obliczeniowego zdarzały się często pomyłki, wynikające zazwyczaj z niewystarczająco gruntownej wiedzy oraz braku odpowiedzialności za wprowadzane do wzoru wartości. W publikacji nr 1 wskazałam źródła oraz konsekwencje najczęstszych z nich. Analizę wykonałam na podstawie badań, obliczeń i porównania zastosowania metody dla cieków o charakterze nizinnym i dużej powierzchni zlewni (rzeka Narew, ryc. 1) z ciekami górskimi o małej powierzchni zlewni (rzeka Białka Tatrzańska, ryc. 2).



Ryc. 1. Rzeka nizinna Narew – wodowskaz Strękowa Góra (Publikacja nr 1)



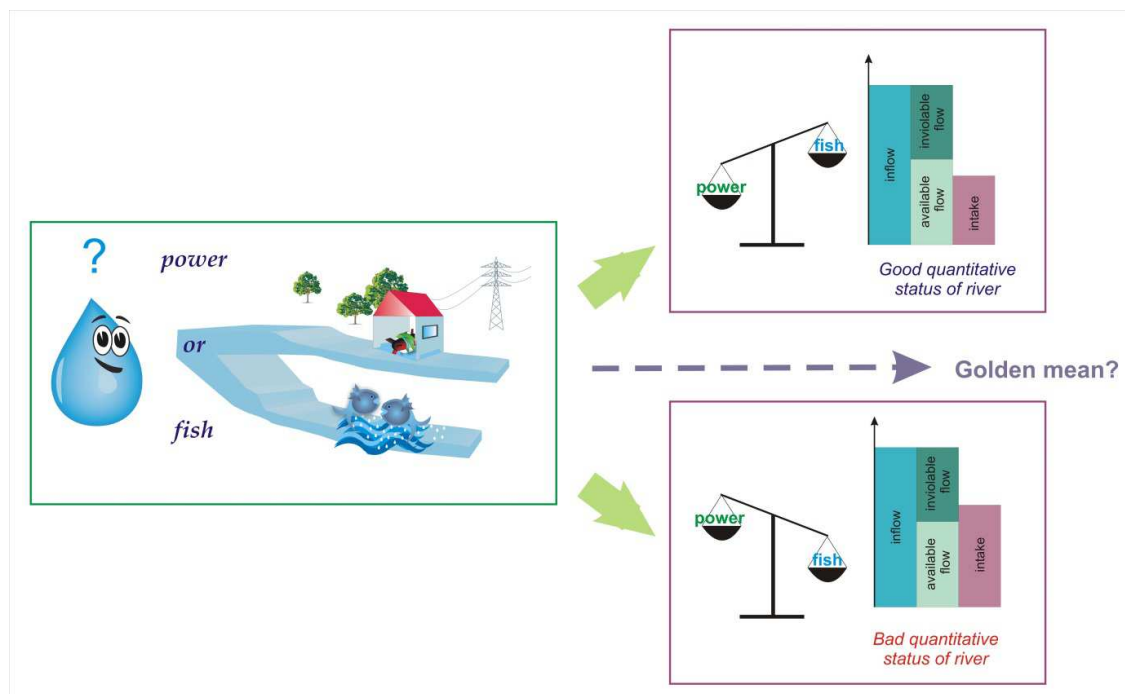
Ryc. 2. Rzeka górská Białka Tatrzańska – wodowskaz Łysa Polana (Publikacja nr 1)

Powszechnie stosowana metoda Kostrzewy do obliczania przepływu nienaruszalnego, dla potoków górskich obliguje do całorocznego prowadzenia przez ciek na pewnym (stosunkowo długim) odcinku, przepływu stałego o wartości równej Q_n . Przyjęcie wartości maksymalnie wysokiego przepływu nienaruszalnego O_n (według metody Kostrzewy) wydaje się zasadne, a nawet konieczne ze względu na dbałość o komponenty środowiska wodnego. Ze względu jednak na zróżnicowany charakter inwestycji i ich zapotrzebowanie na wodę (przepływ dyspozycyjny) wyznaczenie wartości Q_n obligatoryjnie na wysokim poziomie może wiązać się z uniemożliwieniem realizacji części z nich. W przypadku przedsięwzięć ujmujących wodę w celach zaopatrzenia w wodę przeznaczoną do spożycia, dyspozycyjna ilość wody może okazać się niewystarczająca i tym samym konieczne stanie się poszukiwanie alternatywnych źródeł zaspokojenia potrzeb ludności. W przypadku inwestycji korzystających z wód powierzchniowych, jako ze źródeł energii odnawialnej, konieczność zatrzymania elektrowni wodnej przez długi okres czasu (na podstawie obliczeń w przypadku Biały Tatrzańskiej przez ok. 100 dni w roku) stanowi zbyt długi okres braku produkcji energii elektrycznej i nie uzasadni ekonomii przedsięwzięcia. Inwestycja taka z dużym prawdopodobieństwem nie zostałaby zrealizowana.

We wnioskach w publikacji nr 1 zaproponowałam zatem, że skutecznym rozwiązaniem byłoby zróżnicowanie wartości przepływu nienaruszalnego na okres wegetacyjny (wiosenno-letnio-jesienny) oraz okres zimowy. Metoda Kostrzewy nie przewiduje takiej możliwości podziału, niemniej jednak jego wprowadzenie wydaje się uzasadnione. Wysokie przepływy potoków górskich przypadają głównie na okres wegetacyjny i tym samym z nadmiarem pozwalają na nieograniczony rozwój roślin i zwierząt korzystających z wody w cieku. W okresie zimowym, gdy życie biologiczne w dużym stopniu zamiera (surowe warunki górnych odcinków potoków górskich), przepływ nienaruszalny mógłby pozostać na niższym poziomie bez szkody dla środowiska przyrodniczego. Wskazałam, że wielkość przepływu nienaruszalnego dla okresu poza wegetacyjnego dobrana powinna być według odpowiedniego kryterium na podstawie znajomości hydrologii danego cieku oraz funkcjonujących ekosystemów, tak aby zapewnić optymalne warunki dla bytujących tam gatunków. Obserwacje w warunkach naturalnych dowodzą, że krótkotrwałe prowadzenie przez potoki górskie niskich przepływów nie stanowi ryzyka dla bioróżnorodności cieku. Całoroczne utrzymanie wysokiej wartości przepływu nienaruszalnego wyznaczonej według metody Kostrzewy, wyklucza szereg inwestycji korzystających w sposób ciągły z wód potoku oraz nie znajduje uzasadnienia w odniesieniu do znajomości naturalnych przepływów potoków. Jest również niemożliwa do zabezpieczenia w okresie pełnego roku ze względu na rzeczywiste przepływy znacznie niższe, niż wartość obliczonego Q_n . Zaproponowana przeze mnie modyfikacja metody wprowadzająca podział przedstawianej do zatwierdzenia wartości przepływu nienaruszalnego na okres wegetacyjny oraz poza wegetacyjny (gdy w ciekach górskich życie biologiczne znajduje się w stanie utajenia) wydaje się zasadne. Wprowadzenie takiego podziału pozwoliłoby na realizację wielu inwestycji, które zgodnie z obowiązującymi "Warunkami korzystania z wód w regionie wodnym Górnej Wisły", nie znajdowałyby ekonomicznego uzasadnienia.

W publikacji nr 5 wskazałam, że w inwestycjach korzystających z wód powierzchniowych, termin angielski "inviolable flow" rozumiany jest zazwyczaj wyłącznie jako objętość przepływu pozostawiona w korycie cieku, natomiast pomijane są potrzeby ekosystemów od wód zależnych tj. obszarów wodno-błotnistych, a także specyficznych uwarunkowań w obszarach chronionych, jak np. parki narodowe. Przepływem zapewniającym zaspokojenie potrzeb wodnych, zarówno ekosystemów wodnych, jak i od wód zależnych jest tzw. environmental flow (przepływ środowiskowy). Przeprowadziłam zatem krytyczną dyskusję stosowanej terminologii i metod obliczeniowych przepływu nienaruszalnego/środowiskowego. Niezachowanie przepływu środowiskowego w cieku grozi nieodwracalną dewastacją siedlisk wodnych i wyginięciem gatunków wodnych i od wód zależnych. W aspekcie realizacji inwestycji jest to zazwyczaj ilość wody, która nie może zostać wykorzystana

(np. energetycznie, czy dla potrzeb zaopatrzenia w wodę), co bezpośrednio wpływa na bilans ekonomiczny planowanego przedsięwzięcia. Dlatego też niezwykle istotne jest określenie metodyki wyznaczania przepływu środowiskowego stanowiącej "złoty środek" pomiędzy ochroną środowisk wodnych, a możliwością rozwoju zagospodarowania wód rzecznych (ryc. 3).



Ryc. 3. Graficzny abstrakt: Zmienny status ilościowy rzek (publikacja nr 5)

W publikacji nr 5 przedstawiłam obliczenia wartości przepływu nienaruszalnego dla wybranych 4 rzek o niewielkich powierzchniach zlewni w odniesieniu do regionów wodnych w Polsce, zgodnie z obowiązującymi dla nich wytycznymi Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej. Przeanalizowałam zasadność stosowania tych wytycznych oraz zakres ich wykorzystania. Z moich doświadczeń praktycznych wynikało, że zastosowanie obowiązującej metodyki może czasem prowadzić do całkowitego zablokowania inwestycji ze względu na zbyt wysoką wartość końcową obliczonego przepływu nienaruszalnego. W artykule wskazałam takie przypadki oraz poddałam je analizie. Wytypowałam główne regiony wodne znajdujące się w granicach Polski, dla których ustalenia zawarte w Warunkach korzystania z wód wydanych przez Dyrektorów RZGW, dotyczących obliczenia wartości przepływu nienaruszalnego, były najbardziej istotne. Z praktycznego doświadczenia inwestycyjnego wynikało wyraźnie, że największe kontrowersje wzbudzały realizacje inwestycji w górnych odcinkach rzek, gdzie powierzchnia zamkniętej zlewni jest mała, a w konsekwencji metody obliczenia przepływu nienaruszalnego dają wysokie wartości.

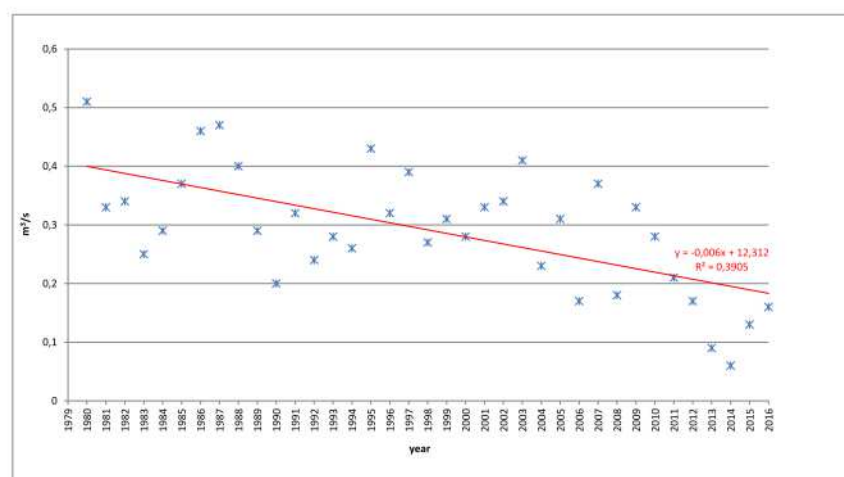
W publikacji nr 5 w celu obliczenia wartości przepływu nienaruszalnego wg obowiązującej dla odpowiedniego regionu wodnego metodyki, jako obszar badań wybrałam zlewnie 4 przykładowych rzek. Dla kilku różnych regionów wodnych zgrupowanych wokół jednolitej metodyki wyznaczenia wartości współczynnika "k" do wzoru (1), wskazałam jedną przykładową rzekę kierując się dostępnością danych hydrologicznych. Dla głównych regionów wodnych wybrałam przekroje wodowskazowe zamykające zlewnie o niewielkich powierzchniach, tak aby umożliwić analizę w warunkach najbardziej restrykcyjnych tj. w aspekcie konieczności pozostawienia przepływu nienaruszalnego w korycie głównym cieką na maksymalnym poziomie wg obowiązujących metod obliczeniowych. Podstawowe informacje hydrologiczne dla wybranych wodowskazów przedstawia tabeli 1.

Tab. 1. Dane hydrologiczne i meteorologiczne dla wybranych rzek (publikacja nr 5)

region wodny	rzeka	wodowskaz	okres obserwacji	[km]	powierzchnia zlewni [km ²]	SSQ [m ³ /s]	SNQ [m ³ /s]	NNQ [m ³ /s]	opad [mm/yr]
Górna Wisła	Białka	Łysa Polana	1980-2016	30+570	63,33	3,18	0,50	0,22	550-1100
Warta	Warta	Poraj	1980-2016	763+400	390,00	2,50	1,05	0,56	500-650
Dolna Wisła	Mień	Lipno	1980-2016	22+800	230,65	0,92	0,29	0,06	550-700
Środkowa Wisła	Kamienna	Wąchock	1980-2016	95+200	476,00	2,67	0,71	0,14	550-700

Dla regionu wodnego Górnej Wisły, obliczenia wykonałam dla rzeki Białki o charakterze górskim w przekroju zamykającym zlewnię o niewielkiej powierzchni. Dla regionu wodnego Warty obliczenia wykonałam dla przekroju rzeki Warty zamkniętego wodowskazem Poraj. Dla regionu wodnego Dolnej Wisły wybrałam przekrój rzeki Mień zamknięty wodowskazem Lipno. Dla regionu wodnego Środkowej Wisły obliczenia wykonałam dla przekroju rzeki Kamienna zamkniętej przekrojem wodowskazowym Wąchock. Dla przedmiotowych rzek rozkład zanotowanych niskich przepływów w dostępnym wieloleciu 1980-2016 poddałam analizie graficznej oraz wykreśliłam linie trendu opisane równaniem liniowym.

Za niezwykle istotny uważam reżim hydrologiczny analizowanych rzek oraz tendencje w utrzymaniu stabilnych przepływów (ryc. 4 – przykład dla rzeki Mień). Szczególnie ważne są w rozpatrywanym aspekcie przepływy najniższe roczne, gdyż przepływ nienaruszalny nie może przyjmować wartości niższych, niż najniższy niski przepływ NNQ z wielolecia.



Ryc. 4. Najniższe przepływy roczne rzeki Mień wraz z liniami trendu (publikacja nr 5)

Analiza wykonanych trendów najniższych przepływów rocznych wskazała, że w obszarach zlewni rzeki Mień oraz rzeki Kamiennej następuje znaczne obniżanie się wartości niskich przepływów w rozpatrywanym wieloleciu. Zjawisko to może być spowodowane głównie utrzymującymi się latami suchymi z niskimi opadami. Dla zlewni rzeki Białki jako rzeki typowo górskiej zanotowano trend odmienny – najniższe przepływy roczne miały tendencję wzrostową. W odniesieniu do rzeki Warty wydaje się, że warunki są stabilne bez wyraźnie zaznaczających się tendencji. Aby ocenić istotność trendu dodatkowo przeprowadziłam obliczenia testem Manna-Kendalla. Wyniki uzyskane z testu Manna-Kendalla zostały przedstawione w tabeli 2.

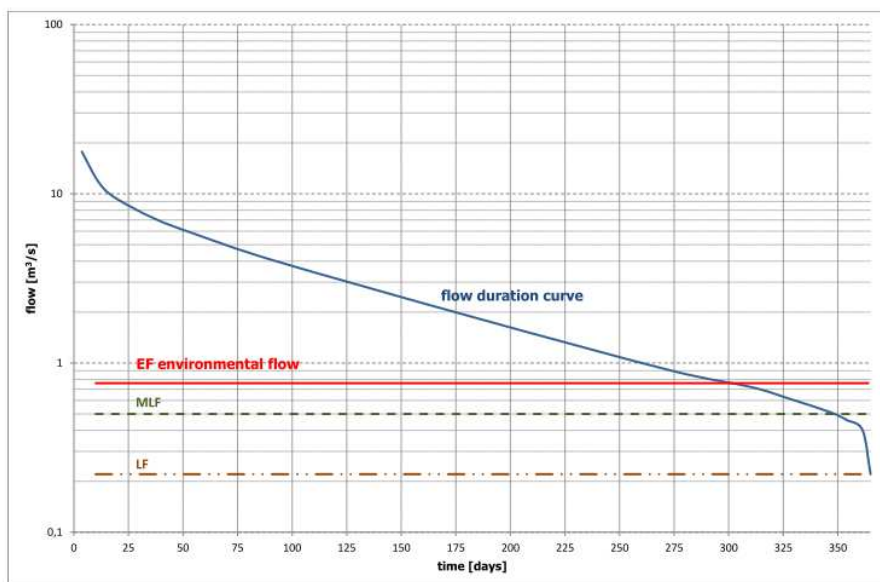
Tab. 2. Wyniki testu Manna-Kendalla dla analizowanych zlewni (publikacja nr 5)

rzeka	Z	P*
Warta	-0.131	0.896
Bialka	2.651	0.008
Kamienna	-1.665	0.096
Mien	-3.552	0.000

*w kolorze czerwonym wyniki statystycznie istotne

Dla rzek Warta i Kamienna trend niskich przepływów nie był statystycznie istotny. W większości zlewni wskazano tendencję spadkową o niskim przepływie (dla rzeki Mień o statystycznie istotnym poziomie istotności $\geq 99\%$). Rosnąca tendencja niskiego przepływu zaobserwowana została tylko dla rzeki Białki na poziomie istotności $\geq 99\%$. Wyniki pokazały, że możliwe są niekorzystne zmiany w utrzymaniu niskich przepływów, które mogą zmniejszać wartości gwarantowanych zasobów wody.

Dla przedstawionych powyżej rzek obliczyłam wartości przepływów nienaruszalnych zgodnie z obowiązującym dla danego regionu wodnego wzorem przedstawionym w publikacji nr 5. Dla każdej z wybranych rzek wartości przepływów charakterystycznych NNQ (najniższy niski) oraz SNQ (średni niski) oraz obliczonego przepływu nienaruszalnego przedstawiłam na tle krzywej sum czasów trwania przepływów, która stanowi najczęściej podstawę do obliczeń efektywności ekonomicznej oraz możliwości pokrycia zapotrzebowania na wodę dla inwestycji korzystających z wód powierzchniowych (ryc. 5 – przykład dla rzeki Białki). Dla wszystkich czterech analizowanych rzek wykonałam analogiczne obliczenia zgodnie z obowiązującą dla nich metodyką.



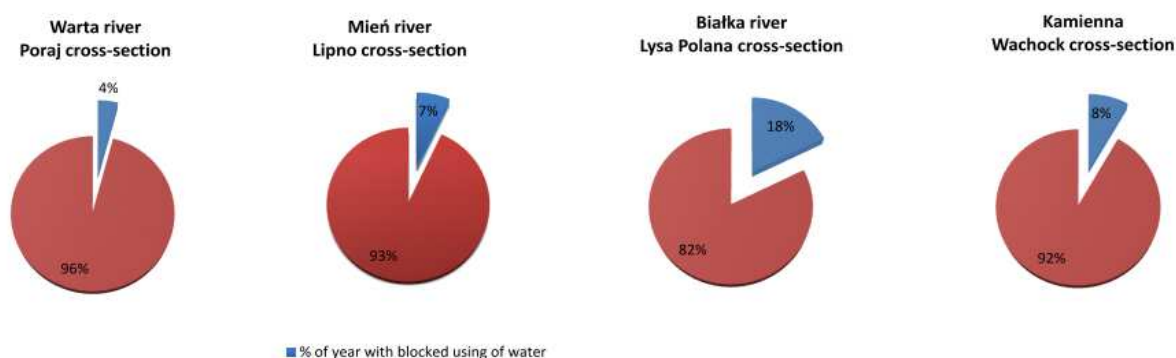
Ryc. 5. Przepływ nienaruszalny dla rzeki Mień wraz na tle krzywej sum czasów trwania przepływów oraz MLF (SNQ) i LF (NNQ) (publikacja nr 5)

W części wnioskowej publikacji nr 5 potwierdziłam m.in., że konieczność pozostawienia jałowego przepływu nienaruszalnego w cieku przez określoną liczbę dni w roku, przekłada się na niższą produkcję roczną potencjalnej elektrowni wodnej. Z punktu widzenia więc prognoz oraz analiz bilansowych, nie uwzględnienie tego obowiązku jest istotnym błędem i prowadzi do nadmiernie optymistycznych rezultatów. Tym samym

wprowadzenia sezonowej zmienności przepływu nienaruszalnego, z zachowaniem wymogów ochrony organizmów wodnych, może przełożyć się na wyższą produkcję energii elektrycznej z odnawialnego źródła energii.

W przypadku korzystania z wód powierzchniowych z przeznaczeniem do zaopatrzenia w wodę do spożycia, w okresie gdy rzeka prowadzi wody o wartości przepływu niższej, niż przepływ nienaruszalny, ujęcie jest wyłączane z eksploatacji. Tym samym niezwykle istotne jest przedstawienie obliczonej wartości przepływu nienaruszalnego na tle krzywej sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi. Analiza wzajemnego położenia przepływów dostarcza informacji o długości ewentualnego okresu czasu w trakcie roku, gdy zapotrzebowanie na wodę dla ludności musi zostać zabezpieczone z innego, alternatywnego źródła.

Analiza obliczonych zgodnie z aktualnie obowiązującą metodyką wartości przepływu nienaruszalnego dla czterech wytypowanych rzek (dla których parametr 'k' przyjmuje maksymalne wartości) w ramach publikacji nr 5, pokazała wyraźnie, że w każdym z tych przypadków istnieją w ciągu roku okresy, gdy korzystanie bezwrotne z wód jest niemożliwe (ryc. 6).



Ryc. 6. Procent czasu w roku, gdy niemożliwe jest korzystanie z wód z uwagi na konieczność pozostawienia przepływu nienaruszalnego (publikacja nr 5)

Wykonane analizy wykazały, że potencjalne korzystanie z wód powierzchniowych rzeki Warty będzie możliwe średnio przez ok. 350 dni w roku, co przełoży się zapewne na wysoką efektywność potencjalnej inwestycji oraz realne możliwości jej realizacji. Skrajnie odmiennym przykładem była rzeka Białka, gdzie długość okresu z zablokowanym korzystaniem z wód wynosi ok. 65 dni w roku. W tym czasie, stanowiącym prawie 1/5 roku, całość wód w rzece stanowić będzie przepływ nienaruszalny i tym samym pozostanie niewykorzystana w korycie cieku. Dopuszczalne są jedynie inwestycje zwrotnie korzystające z wody przy spełnieniu warunku poboru i zrzutu wód w tym samym przekroju bez przerywania ciągłości prowadzenia wód. Inwestycje takie są niezwykle rzadkie i w praktyce krajowej stanowią je mogą jedynie istniejące małe elektrownie wodne przyjazowe, niewyposażone w przepławkę. Dla nowych inwestycji (typu ujęcia wód powierzchniowych, elektrownie wodne z obowiązkiem realizacji przepławki etc.) rzeka Białka w analizowanym odcinku jest niedostępna. Dla rzeki Kamienna oraz Mień okres bez możliwości korzystania z wód rzecznych oszacowano na 7- 8% w skali roku.

Na podstawie powyższych charakterystyk hydrologicznych dla czterech przykładowych rzek stwierdziłam znaczne różnice w położeniu wartości odpowiadającej przepływowi nienaruszalnemu w stosunku do pozostałych przepływów charakterystycznych rzeki (szczególnie SNQ i NQ). Dla rzek, w których układ ten jest zbliżony do przykładu opracowanego na podstawie danych dla rzeki Warty i Mień, obliczona wartość przepływu nienaruszalnego nie budzi kontrowersji. Jest to wartość odpowiadająca zazwyczaj średnim niskim przepływowom prowadzonym przez rzekę lub przyjmująca wartości niewiele wyższe. Tym samym możliwe jest całoroczne

utrzymanie przepływu nienaruszalnego na poziomie obliczeniowym, a nadwyżka wód (przepływ dyspozycyjny) możliwa jest do wykorzystania w planowanych przedsięwzięciach. Ilość wody dyspozycyjnej jest zmienna w ciągu roku, niemniej jednak poza krótkimi okresami prowadzenia przez rzekę wód na poziomie poniżej Q_n , w pozostałym czasie inwestycja ma szansę na funkcjonowanie. W przypadku części rzek obliczona zgodnie z obowiązującą metodyką wartość przepływu nienaruszalnego, praktycznie całkowicie wyklucza korzystanie z wód powierzchniowych, szczególnie dla inwestycji, które wymagają ciągłego poboru, jak np. zaopatrzenie w wodę do spożycia jeśli brak jest technicznych możliwości gromadzenia wód przez okres kilkudziesięciu dni.

Wyniki analizy przedstawione w publikacji nr 5, pozwoliły na stwierdzenie, że dla niektórych odcinków rzek obowiązek pozostawienia w cieku niezwykle istotnego przepływu nienaruszalnego, skutkuje niestety całkowitą blokadą inwestycji związanych z wykorzystaniem wód powierzchniowych.

Analizowana w ramach publikacji nr 1 i 5 tematyka przepływów nienaruszalnych została wykonana celowo, tak abym mogła poprawnie ją uwzględnić i rozwinąć w publikacjach z zakresu oszacowania wartości zaproponowanego przeze mnie efektywnego potencjału hydroenergetycznego. Inwestycje energetyczne, stanowiące przedmiot publikacji nr 3, korzystające z odnawialnych zasobów wód płynących, realizowane muszą być w oparciu o bezwzględną konieczność ochrony środowiska wodnego i od wody zależnego. W praktyce oznacza to obowiązek pozostawienia przepływu nienaruszalnego w korycie rzeki w przypadkach realizacji elektrowni pracujących w systemie derywacyjnym. Dla elektrowni przepływowych realizowanych bezpośrednio w korycie cieku, wartość przepływu nienaruszalnego odpowiada w przybliżeniu ilości wody prowadzonej przepławką, realizowanej obowiązkowo dla utrzymania drożności cieku, szczególnie w aspekcie migracji ryb dwuśrodowiskowych. W obu przypadkach jest to tzw. woda jałowa, czyli nieefektywna energetycznie ale wybitnie istotna z punktu widzenia ochrony środowiska. Tym samym właściwe obliczenie wartości przepływu nienaruszalnego zgodne powinno być z zasadą zrównoważonego, co rozpoznałam i przedstawiłam w publikacji nr 5.

Rozpoznanie uwarunkowań hydroenergetycznego zagospodarowania wód naturalnych oraz technologicznych

Impulsem do zwrócenia mojej uwagi na tematykę hydroenergetyki w rozważaniach naukowych i postawienia celów badawczych była wykonana w ramach publikacji nr 2 analiza tego sektora odnawialnych źródeł energii oraz doświadczenia zawodowe. W publikacji nr 2 przedstawiłam skomplikowane aspekty związane z interpretacją przepisów prawnych odnoszących się do hydroelektrowni. Prawodawstwo krajów Unii Europejskiej ustanawia w dyrektywach podstawowe definicje określające wspólnotowe podejście do wielu aspektów, w tym do wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Ujednolicenie pojęć w osiągnięciu celów nadrzędnych, określonych we flagowym dokumencie wspólnotowym (*Dyrektywie 2009/28/WE*), odgrywa kluczowe znaczenie i jest ono ukierunkowane na osiągnięcie celu, który określany jest często potocznie jako „3x20”. W ślad za tym pojawia się definicja „renewable energy source”, która ewoluowała w kolejnych dyrektywach z zakresu sektora odnawialnych źródeł energii.

W publikacji nr 2 przeanalizowałam obowiązujące definicje i terminologię wynikające z przepisów Unii Europejskiej oraz treść zapisów wynikających z ich implementacji w prawodawstwie krajowym. W odniesieniu do pojęcia „hydroenergia” polski ustawodawca zdefiniował je jako „energia spadku śródlądowych wód powierzchniowych, z wyłączeniem energii uzyskiwanej z pracy pompowej w elektrowniach szczytowo-pompowych lub elektrowniach wodnych z członem pompowym”. Powyższa kwalifikacja wprowadziła kontrowersje w kontekście zakwalifikowania wielu funkcjonujących obecnie małych elektrowni wodnych, jako obiektów

uznawanych za odnawialne źródło energii. W ślad za tym wielu obiektom odebrano możliwość uzyskania świadectw pochodzenia energii wytworzonej w odnawialnym źródle energii. Zwróciłam uwagę na fakt rezygnacji z uznania za odnawialne źródło energii instalacji funkcjonujących na sztucznych kanałach technologicznych. Przedstawiłam aspekty, które winny zmodyfikować sposób oceny hydroelektrowni w tym kontekście. Wykonałam analizy zmierzające do rozszerzenia funkcjonującej wiedzy, w tym szczególnie w odniesieniu do zagospodarowania wód technologicznych oraz konieczności uwzględnienia ich wpływu na środowisko naturalne.

Ustawa Prawo energetyczne uznaje, że metodologie i definicje stosowane przy wyliczaniu udziału energii ze źródeł odnawialnych określone powinny być na podstawie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1099/2008 z dnia 22 października 2008 r. w sprawie statystyki energii (Dz. U. L304 z 14.11.2008). Rozporządzenie to w załączniku B rozdziale 5 jako energię ze źródeł odnawialnych na pierwszym miejscu wymienia „energię wodną”, jako „energię potencjalną i kinetyczną spadku wód przekształcaną w energię elektryczną przez hydroelektrownie”. Definicja ta jako źródła odnawialne uznaje wszystkie instalacje odzysku energii z wody w obiektach elektrowni wodnych. Elektrownie wodne wykorzystujące spadek cieków powierzchniowych (zarówno rzek naturalnych, jak i kanałów sztucznych), szczególnie z towarzyszącą klasyczną infrastrukturą (jaz, budynek elektrowni, turbozespoły etc.) powinny być uznawane zatem za odnawialne źródła energii.

W kontekście przytoczonej definicji hydroelektrowni, w publikacji nr 2 zwróciłam uwagę również na zapisy obowiązującej wówczas ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. (t.j. Dz.U z 2015 r., poz. 469 z późn. zm.), która spośród wód śródlądowych wydzielała wody:

1) płynące, do których zalicza się wody:

- a. w ciekach naturalnych, kanałach oraz w źródłach, z których cieki biorą początek,
- b. znajdujące się w jeziorach oraz innych naturalnych zbiornikach wodnych o ciągłym bądź okresowym naturalnym dopływie lub odpływie wód powierzchniowych,
- c. znajdujące się w sztucznych zbiornikach wodnych usytuowanych na wodach płynących;

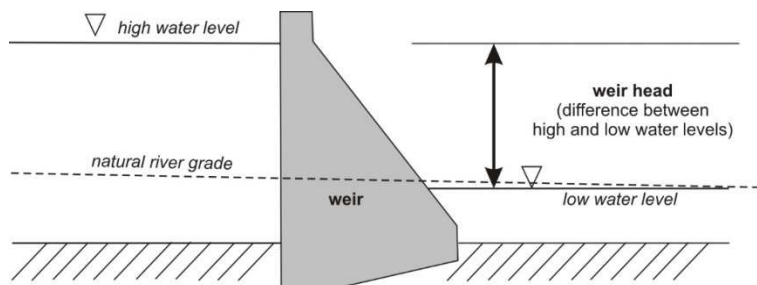
2) stojące, do których zalicza się wody znajdujące się w jeziorach oraz innych naturalnych zbiornikach wodnych niezwiązanych bezpośrednio, w sposób naturalny, z powierzchniowymi wodami płynącymi.

Obiekty energetyki wodnej w myśl Ustawy Prawo Wodne uznawane były za urządzenia wodne, z zastrzeżeniem, że projektowany sposób korzystania z wody dla celów energetyki wodnej powinien wykorzystywać potencjał hydroenergetyczny w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony. Ustawa nie definiowała jednak w żaden sposób kwestii „spadku śródlądowych wód płynących”.

Reasumując interpretację zapisów prawa wykazałam, że w myśl warunków przytoczonych za Prawem Wodnym, za śródlądowe wody płynące należałoby uznać zarówno wody naturalne, jak również wody w kanałach i sztucznych zbiornikach.

W dalszej części publikacji nr 2 przytoczyłam, że zasadą nadrzędną przy projektowaniu elektrowni wodnej jest optymalizacja uzyskiwanej rocznej produkcji energii elektrycznej. W tym celu dobierane są parametry instalowane turbozespoły w odniesieniu do istniejących warunków lokalnych tj. spadku energetycznego na progu piętrzącym oraz charakterystyki przepływów w przekroju projektowym. Parametry te są silnie zależne od wyboru konkretnej lokalizacji, a ich właściwe określenie warunkuje opłacalność inwestycji. Wielkość spadku hydraulicznego rzek wynika z uwarunkowań naturalnych i zwykle, w polskich uwarunkowaniach przyjmuje wartości rzędu promili. Z tego względu osiągnięcie oczekiwanych korzyści oraz uwzględniając dostępne rozwiązania technologiczne (wyposażenia turbinowego elektrowni wodnych), większość elektrowni posiada budowle hydrotechniczne w postaci jazu lub zapory (ryc. 7). Również wysokość piętrzenia budowli zależna jest od szeregu warunków lokalnych. W tym kontekście stwierdziłam, że praktycznie 100% elektrowni wodnych nie

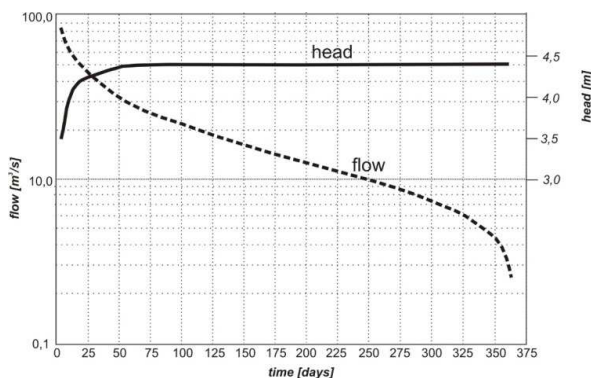
wykorzystuje naturalnego „spadku rzek”. Jest to raczej spad budowli hydrotechnicznej, a jego wartość nie zależy wyłącznie od naturalnego spadku rzeki, ale m.in. od przekroju poprzecznego koryta, czy też od położenia zwierciadła wód podziemnych w otoczeniu warunkującego możliwość podniesienia zwierciadła wód powierzchniowych.



Ryc. 7. Spad energetyczny budowli piętrzącej w cieku naturalnym (publikacja nr 2)

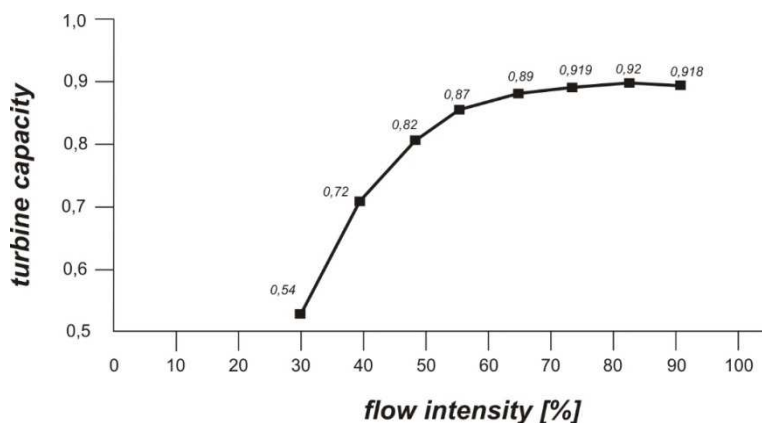
Reasumując stwierdziłam, że literalne wykorzystywanie zapisów definicji określonej ustawą o odnawialnych źródłach energii, powinno zatem nasunąć ryzykowną tezę, czy za hydroelektrownie nie powinny być uznawane wyłącznie instalacje pracujące w korycie rzek bez konieczności przegradzania cieku budowlą hydrotechniczną? Konceptcje takich rozwiązań (turbozespoły zakotwiczone w dnie lub na platformach pływających) są jednak w Polsce stosunkowo mało znane i praktycznie nie stosowane. Wykluczenie pozostałych elektrowni, pracujących dzięki istnieniu budowli hydrotechnicznych ze źródeł odnawialnych spowodowałoby załamanie rynku. Stąd wielokrotnie, za źródła odnawialne uznawane są wszystkie elektrownie (zarówno przepływowe, jak i zbiornikowe) zlokalizowane na rzekach. Podniosłam, że de facto nie wykorzystują one jednak spadku rzek, a jedynie lokalne możliwości przegradzenia cieku budowlą hydrotechniczną w celu uzyskania możliwie największego spadku (różnicy między poziomem wody w stanowisku górnym i dolnym dla budowli).

Uzupełniłam analizę, że naturalny ciek powierzchniowy charakteryzuje się zmiennością przepływów, zarówno dobowych, jak i rocznych, czy wieloletnich. Poprawny dobór wyposażenia turbinowego, stosowany przez wiodących producentów turbin, wymaga znajomości krzywej sum czasów trwania przepływów obserwowanych w rzece, w wieloleciu. Liczba oraz parametry turbin powinny być indywidualnie projektowane w celu dopasowania ich parametrów hydraulicznych do parametrów hydrologicznych lokalizacji. Pozwala to na maksymalnie efektywne wykorzystanie cieku wodnego. W praktyce projektowej wykorzystuje się zwykle krzywą sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi. Spad energetyczny budowli piętrzącej pozostaje w ścisłej zależności z aktualnym przepływem wody i przy przepływach wysokich może nawet przyjmować wartość równą zero. Krzywa sum czasów trwania przepływów wraz z wyższymi oraz jej związek z wartością spadku energetycznego dla typowej rzeki przedstawione zostały na ryc. 8.



Ryc. 8. Krzywa suma czasów trwania przepływów oraz spadku dla typowej rzeki (publikacja nr 2)

Przedstawiłam przykład sprawności turbiny w funkcji przepływu (ryc. 9), co potwierdziło tezę, że przy stabilnym i przewidywalnym przepływie wód można zaprojektować parametry turbiny tak, aby przez maksymalnie długi okres utrzymywać maksymalnie wysoką sprawność. Zauważyłam, że na ciekach naturalnych w ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się w Polsce duże wahania przepływów. Zdarzają się okresy suszy, zwłaszcza w sezonie letnim, z dwu-trzy miesięcznymi okresami niskiego stanu wód. Wówczas nie jest możliwy do osiągnięcia minimalny wymagany przepływ dla zainstalowanej w elektrowni turbiny. Zdarzają się również okresy wód wezbranych i powodzi skutkujące również wyłączeniem elektrowni wodnej z eksploatacji.



Ryc. 9. Przykład sprawności turbiny w funkcji przepływu (publikacja nr 2)

W wyniku analiz i prac badawczych w ramach publikacji nr 2 udowodniłam, że znacznie stabilniej pracują obiekty wybudowane na sztucznych kanałach prowadzących tzw. „wody technologiczne”, dostarczane lub odprowadzane z zakładów przemysłowych. Są to elektrownie wodne zainstalowane między innymi na wodach wykorzystywanych w otwartych systemach chłodzenia elektrowni konwencjonalnych, zakładów przemysłowych, wody w kanałach żeglugowych i in.. Wykorzystują one wody przy zasadniczo stałym natężeniu przepływu w funkcji czasu i zwykle, przy naturalnym spadku grawitacyjnym wody. Obiekty te, w myśl nowej definicji „hydroenergii” zostały jednakże wyłączone z grupy obiektów zaliczanych do odnawialnych źródeł energii.

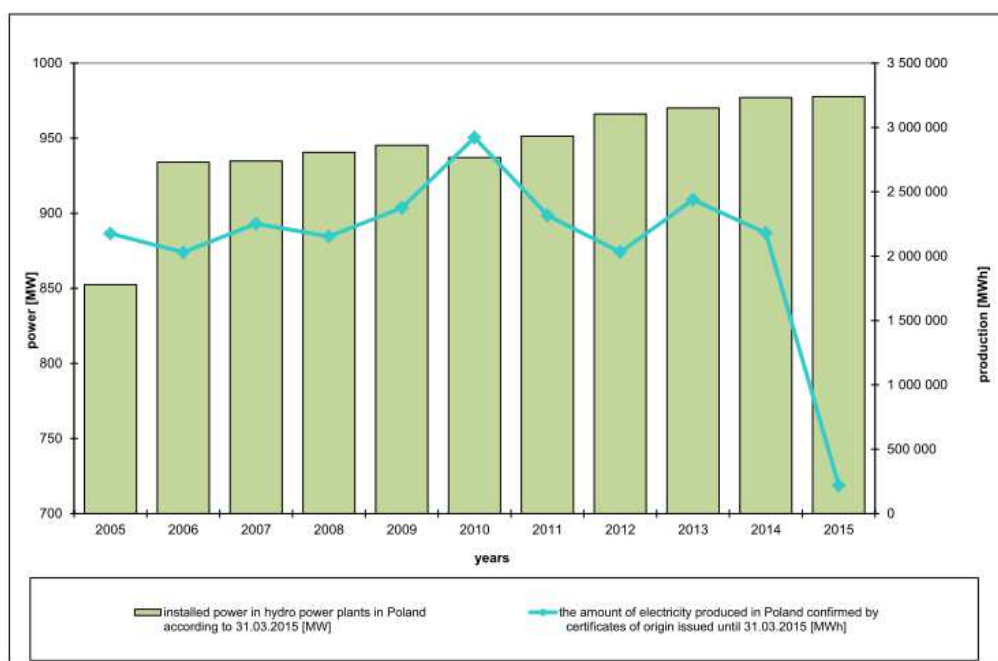
Stwierdziłam, że elektrownia wodna wykonana na rzece naturalnej, jak również elektrownia wodna wykorzystująca wody technologiczne, wytwarza energię elektryczną wykorzystując różnicę poziomów wody na wejściu i wyjściu z elektrowni, a więc różnicę pomiędzy energią potencjalną powyżej i poniżej elektrowni. Energia elektryczna powstaje zatem na bazie energii potencjalnej wody i ta kwestia nie budzi żadnych wątpliwości. Spadek hydrauliczny, a więc całość różnicy energii potencjalnej wód przed i za elektrownią wodną może mieć jednak charakter naturalny lub antropogeniczny. Postawiłam zatem tezę, że bez względu na fakt, czy elektrownia wodna pracuje na wodach naturalnych, czy też na wodach technologicznych doprowadzonych do niej sztucznym kanałem, wykorzystując różnice w energii potencjalnej wody na pewnym odcinku jest energią odnawialną. Teza ta powinna zostać udowodniona na podstawie oceny warunków przepływu wód technologicznych w kanale i stwierdzeniu, czy całość różnicy energii potencjalnej przed i za elektrownią ma charakter naturalny. Podniosłam zatem, że w rozważaniach tego zagadnienia należy wykazać, czy na sztucznych odcinkach woda uzyskuje dodatkową „wysokość”, a tym samym wyższą energię potencjalną. Wprowadziłam zatem poszerzenie analizy o weryfikację takich czynników, jak:

1. rozpoznanie wszystkich procesów technologicznych, jakim podlega woda od ujęcia ze źródła naturalnego do naturalnego odbiornika,

2. wykazanie, że rzędna lustra wody swobodnej na ujęciu jest wyższa, niż rzędna lustra wody swobodnej na zrzucie do odbiornika naturalnego,
3. zapewnienie, że wszystkie pozostałe poza elektrownią, procesy technologiczne od ujęcia do zrzutu wody mają ujemny bilans energetyczny energii potencjalnej i kinetycznej.

Podsumowałam, że podstawowe znaczenie ma fakt zachowania spadku zwierciadła wody na całym odcinku sztucznego kanału prowadzącego wodę technologiczną. Gwarantuje on bowiem grawitacyjny przepływ medium, a więc zapewnienie, że energia potencjalna wody nie ulega powiększeniu, między innymi poprzez jej przepompowanie.

W publikacji nr 2 wyraziłam podsumowującą opinię, że określenie terminu „hydroenergia” potraktowane zostało przez instytucje zajmujące się regulacją rynku energii w Polsce zbyt dosłownie. Decydenci uznali bowiem, że za źródło odnawialne uznawane mogą być bezspornie wyłącznie elektrownie zlokalizowane bezpośrednio na rzekach, rozumianych jako cieki naturalne. Wymieniona nadinterpretacja tej definicji zrodziła sytuacje konfliktowe, gdyż status odnawialnego źródła energii na rynku polskim straciło wiele inwestycji. Konsekwencją była utrata świadectw pochodzenia energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, tzw. „zielonych certyfikatów”. Czynnikiem ten znalazł odzwierciedlenie w odnotowanym, w 2015 roku gwałtownym spadku ilości energii elektrycznej wytworzonej i potwierdzonej świadectwami pochodzenia (ryc. 10).



Ryc. 10. Moc instalowana i produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wodnych Polski (publikacja nr 2)

We wnioskach z pracy zawarłam informację, że zasoby wód płynących stanowią istotne źródło energii odnawialnej, której wykorzystanie stanowi obowiązek, zwłaszcza w kontekście zobowiązań wynikających z pakietu klimatycznego „3x20”. Wyniki moich analiz mogą zatem zależeć odzwierciedlenie w modyfikacji obecnie obowiązujących przepisów, które stałyby się bardziej „pro OZE”. Podsumowałam, że zasoby energetyczne wód warto wykorzystywać w racjonalny sposób. To racjonalne wykorzystanie pociąga za sobą jednakże działania inwestycyjne, a ich realizacja musi wpisywać się w jasne i klarowne wymogi formalno-prawne. Bardzo trudna jest bowiem sytuacja, gdy w ślad za zmianą przepisów prawa zmienia się gwałtownie status obiektów inżynierskich i energetycznych. Każda inwestycja w hydroenergetykę pochłania znaczne nakłady finansowe, nakłady inwestycyjne, a możliwość pozyskania dodatkowego wsparcia finansowego na podstawie świadectw pochodzenia

stanowi dodatkową zachętę dla potencjalnych inwestorów. Stąd niezwykle istotnym jest, by kwestie formalno-prawne miały charakter stabilny i przewidywalny w dłuższej perspektywie. W polskich uwarunkowaniach prawnych ustawy, rozporządzenia prawne ulegają częstym zmianom, co czasami wprowadza chaos, wątpliwości i niepewność inwestycyjną.

Praca nad publikacją nr 2 ugruntowała moje przekonanie o konieczności naukowej analizy problematyki hydroenergetycznej, stosowanej terminologii oraz sformułowaniu propozycji kompleksowej oceny możliwości produkcji energii elektrycznej z tego źródła odnawialnego w świetle realnych możliwości budowy elektrowni wodnych.

Najważniejsze osiągnięcie naukowe

Udoskonalenie oceny potencjału hydroenergetycznego rzek poprzez rozszerzenie o ocenę „effective potential = potencjału efektywnego” w oparciu o zrównoważony rozwój i ochronę ekosystemów wodnych

Przeprowadzone w ramach publikacji nr 1 i 2 prace badawcze, analizy, rozważania oraz obliczenia poparte moim doświadczeniem zawodowym, stanowiły istotną i rzetelną podstawę do realizacji głównego celu prowadzonych działań naukowych. Zdobyta wiedza i praktyka, wyniki prac badawczych oraz rezultaty obliczeń wraz ze sformułowanymi wnioskami pozwoliły zaproponować nowe podejście do oceny możliwości hydroenergetycznego zagospodarowania cieków. Ocena ta zawiera udoskonalenie dotychczasowych metod poprzez wprowadzenie do obliczeń kwantyfikacji nowego pojęcia „potencjału efektywnego = effective potential” wraz z podaniem szczegółowego toku tych obliczeń. Zaproponowałam odejście od obliczeń potencjału dla odcinków rzek zastępując je oceną sumarycznego potencjału dla konkretnych lokalizacji małych elektrowni wodnych o niskim stopniu ryzyka ich realizacji.

Zasoby surowców energetycznych Ziemi, takich jak węgiel, ropa, czy gaz są wyczerpywalne. Proces pozyskiwania energii w elektrowniach konwencjonalnych związany jest również z emisją wielu zanieczyszczeń do środowiska. Z wymienionych powodów obecnie silnie promowane są technologie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych jako tzw. „czystej energii”. Energia wody, a ściślej energia rzek, jest jednym z rodzajów źródeł odnawialnych rozwijanych zarówno w Polsce, jak i w innych krajach.

Liczbowe oszacowanie możliwości produkcji energii elektrycznej z energii odnawialnej sprowadza się zazwyczaj do podania trzech wartości: potencjału teoretycznego, technicznego (rozumianego jako technicznie możliwego do realizacji) i ekonomicznego. W wielu krajach obowiązuje natomiast szereg dodatkowych uregulowań proceduralnych, które mogą zablokować powstanie elektrowni wodnej, nawet w warunkach, gdy technicznie i ekonomicznie jej realizacja byłaby możliwa. Szczególnie istotna jest realizacja tylko tych instalacji, które pozostają w zgodności ze zrównoważonym rozwojem.

Wykonany przeze mnie w ramach publikacji nr 3 przegląd źródeł literatury publikowanej pokazał, że funkcjonujące pojęcie potencjałów energii odnawialnej (w tym energii wód płynących) jest pojęciem nie rozstrzygniętym i nie zdefiniowanym jednoznacznie. Wobec takiej sytuacji większość autorów proponuje własne definicje, których zazwyczaj nie wyjaśnia szczegółowo. Proponowane definicje, czasem pozornie proste, są trudne do zrozumienia i uogólnienia. Utrudnia to ich powszechne stosowanie. Funkcjonujące w literaturze definicje są w mojej ocenie intuicyjnie podobne, ale nie zapewniają przejrzystości i jednoznaczności ocenianych wartości. Brak jest często również podania metody obliczenia wartości proponowanych potencjałów.

Analiza publikowanych prac wykonana w ramach publikacji nr 3 wykazała, że wiele badań z zakresu odnawialnych źródeł energii koncentruje się wyłącznie na teoretycznych obliczeniach, które wynikają z obliczeń całkowitego/teoretycznego potencjału. Większość z nich przedstawia również potencjał techniczny oraz koszty i korzyści określone jako potencjał gospodarczy. Aby wykazać ekonomiczną wykonalność inwestycji, wykorzystywane są różne metody oceny wartości i bilansu finansowego m.in.: koszt bieżący netto, metoda kosztów rocznych i inne. Badania w warunkach eksploatacji elektrowni wodnych i analiza ekonomiczna źródeł odnawialnych nazywana "oceną techniczno-ekonomiczną" pokazuje wartość zbiorowego "potencjału technoeconomicznego".

W pracy przedstawiłam również analizę z wykonanych przez innych naukowców przeglądów wcześniejszych znaczących badań w kontekście różnych potencjałów odnawialnych źródeł energii (głównie teoretycznych, technicznych i ekonomicznych) oraz metodologii szacowania tych parametrów. Tylko w dwóch badaniach z 31 analizowanych dokumentów znalazłam termin "realizable potential = możliwy do zrealizowania potencjał". Zdefiniowano ten termin jako „wykorzystywany do kompleksowego badania przyszłego postępu w zakresie odnawialnych źródeł energii; czynnik ten uznano za istotną kwestię wymagającą dokładnego zapoznania się z konkretną lokalizacją danego kraju lub regionu”. Inni nazwali "możliwy do zrealizowania potencjał" jako energię, którą można zrealizować w określonym przedziale czasowym. Ten potencjał energetyczny autorzy publikacji uzależnili od warunków ekonomicznych, a także od zdolności produkcyjnych rynku globalnego.

W mojej ocenie przytoczone powyżej definicje wydają się być zbyt ogólne, a wartość możliwego do zrealizowania potencjału według nich jest trudna do precyzyjnego określenia. Zaproponowałam zatem rozszerzenie terminologii i wprowadzenie "potencjału efektywnego" pozwalającego na oszacowanie produkcji energii z danej rzeki przy użyciu metody najbliższej realnym możliwościom realizacji nowych elektrowni wodnych zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju (z maksymalnym poszanowaniem środowiska). Ocena taka wydaje się kompleksowa i konieczna do wykonania w każdym studium z zakresu energetycznego potencjału rzek.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat decyzje o realizacji wielu projektów związanych z elektrowniami wodnymi, zarówno w Polsce, jak i innych krajach, napotykały przeszkody oraz wzbudzały kontrowersje. Było to związane głównie z potencjalnie negatywnym oddziaływaniem tych obiektów na środowisko. W wielu krajach elektrownie wodne blokowane są z różnorodnych powodów, np. w Brazylii biurokracja powoduje nierentowność realizacji projektów, w Szkocji możliwość energetycznego zagospodarowania rzek może być w dużym stopniu ograniczona przez bliskość linii wysokiego napięcia. Kolumbia ma ogromny potencjał hydroenergetyczny, ale brak jest konkretnych zachęt, funkcjonują skomplikowane procedury administracyjne oraz przekonanie, że duże zasoby paliw kopalnych oraz energetyka zawodowa zapewniają wystarczającą różnorodność w koszyku energetycznym.

Procedury lub ograniczenia mogą się znacznie różnić w poszczególnych krajach, niemniej jednak większość z nich powtarza się w większości krajów. Na podstawie doświadczeń praktycznych wytypowałam uniwersalne i bezsporne ograniczenia w realizacji małych elektrowni wodnych oraz zaproponowałam wykonanie oceny kompleksowego „potencjału efektywnego”. W mojej ocenie główny przebieg analizy przedstawionej w ramach publikacji nr 3 wydaje się być uniwersalny. Szczególnie ważne jest wykonanie tylko tych instalacji małych elektrowni wodnych, które są zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju tj. z poszanowaniem środowiska nie blokującego rozwoju gospodarczego.

W publikacji nr 3 przeprowadziłam krytyczną dyskusję stosowanej powszechnie terminologii światowej, metod oceny i obliczeń wartości potencjału oraz zaproponowałam wprowadzenie oceny kompleksowej obliczeń z zakresu rzeczywistego potencjału rzeki. W tym celu stosowane metody obliczeniowe potencjału teoretycznego i technicznego rozszerzyłam o dodatkową ocenę potencjału efektywnego. „Zaproponowany „effective potential = potencjał efektywny”, pozwoliłby na oszacowanie produkcji energii z danej rzeki najbardziej zbliżonej do realnych

możliwości realizacji nowych elektrowni wodnych w poszanowaniu idei zrównoważonego rozwoju. Podana przez mnie analiza opiera się na odejściu od odcinkowego sposobu wyznaczania potencjału i przejściu na sumaryczny potencjał dla konkretnych (wytypowanych wg przedstawionych kryteriów) potencjalnych lokalizacji elektrowni wodnych.

W praktyce oraz w publikacjach naukowych powszechnie wyznaczane są wartości trzech potencjałów: teoretycznego, technicznego oraz ekonomicznego. Dwa pierwsze potencjały nie budzą kontrowersji, a sposób ich kwantyfikacji jest powszechnie znany. Potencjał ekonomiczny określa ekonomiczną zasadność realizacji inwestycji, najczęściej w oparciu o czas zwrotu poniesionych nakładów finansowych. Wyraziłam opinię, że ekonomiczne podstawy realizacji małych elektrowni wodnych są zindywidualizowane i zależą przede wszystkim od sytuacji finansowej inwestora. Zasoby środków własnych, indywidualne możliwości kredytowania oraz dofinansowania bezzwrotnego, a nawet oczekiwany czas zwrotu i zysk są sprawą prywatną i ściśle zależą od oczekiwań własnych. Ta sama inwestycja dla dwóch różnych inwestorów może okazać się bądź to opłacalna, bądź też zupełnie nieefektywna ekonomicznie. Dlatego stosowany dotychczas tok postępowania rozszerzyłam o zaproponowany przeze mnie termin oceny „effective potential = potencjału efektywnego”, pozostawiając analizę ekonomiczną do określenia już w przypadku znajomości sytuacji ekonomicznej potencjalnego inwestora. Termin potencjału efektywnego wyznaczać należy w oparciu m.in. o rzeczywiste aktualne rozeznanie procedur i ograniczeń istotnych dla realizacji zabudowy hydroenergetycznej danej rzeki. Analiza taka pozwala na obliczenie produkcji energii z danej rzeki najbardziej zbliżonej do realnych możliwości realizacji nowych elektrowni wodnych. Effective potential jest ściśle związany z krajowymi uregulowaniami w zakresie gospodarki wodnej oraz korzystania z wód na cele energetyczne (ryc. 11).

Zasoby teoretyczne rozumiane są jako zasoby danego źródła ogólnie dostępne bez uwzględniania możliwości ich technicznego pozyskiwania, ograniczeń środowiskowych i ekonomicznych. Potencjał teoretyczny A_{th} określany jest najczęściej jako potencjał surowy (brutto) równy liczbowo sumie energii możliwej do uzyskania dla konkretnego odcinka rzeki wg wzoru:

$$A_{th} = 8760 \cdot P \text{ [kWh]} \quad (2)$$

gdzie: 8760 – ilość godzin w roku,

P - średnia moc odcinka rzeki [kW], wyrażona wzorem:

$$P = 9,81 \cdot SSQ \cdot H \quad (3)$$

gdzie: 9,81 – wartość przyspieszenia ziemskiego normalnego [m/s^2],

SSQ – przepływ średni z wielolecia [m^3/s],

H – spad odcinka rzeki [m].

Rozpatrując zagadnienie zasobów energii odnawialnej należy pamiętać, że nie zawsze całą energię produkowaną teoretycznie z danego źródła można w pełni wykorzystać. Dlatego też oszacowane wcześniej teoretyczne zasoby rzeki należy zmniejszyć w oparciu o możliwości ich technicznego pozyskiwania. **Zasoby techniczne** to zasoby dostępne danego źródła, jakie można pozyskać za pomocą najlepszych technologii przetwarzania z uwzględnieniem przede wszystkim ograniczeń przestrzennych. Potencjał techniczny, określany również jako potencjał netto, rozumiany jest jako potencjał, który można pozyskać z budowli piętrzących i elektrowni wodnych w wyniku możliwej technicznie realizacji tych budowli.

Potencjał techniczny jest liczbowo mniejszy od teoretycznego, gdyż wiąże się z wieloma ograniczeniami i stratami, z których najważniejsze to:

- nierównomierność naturalnych przepływów w czasie (konieczność uwzględnienia okresów powodziowych, gdy występuje obowiązek opuszczenia piętrzenia oraz okresów, gdy przepływ dyspozycyjny jest zbyt niski dla rozruchu turbin),

- zmienność spadów zależna od przepływu rzecznego,
- sprawność stosowanych urządzeń,
- bezwrotne pobory wody dla celów nieenergetycznych,
- konieczność zapewnienia przepływu nienaruszalnego wody (w głównym korycie rzeki dla elektrowni derywacyjnych oraz w przepławce).

W obliczeniach uznaje się, że technicznie możliwa jest realizacja budowli piętrzących oraz elektrowni nawet w miejscach, gdzie aktualnie taka zabudowa hydrotechniczna nie występuje.

Rzeczywisty czas pracy turbin w ciągu roku, niezbędny do określenia rzeczywistej produkcji rocznej, zależny jest ściśle od dobranego wyposażenia mechanicznego oraz od warunków prowadzenia przepływów przez rzekę. Wielkość ta waha się również ze względu na opady roczne, czyli tzw. lata mokre i lata suche. Aby uwzględnić tę zmienność w celu oszacowania potencjału technicznego przyjmuje się zazwyczaj średni czas pracy turbin równy 280 dni w oparciu o typowy rozkład przepływów w roku średnim. Wprowadza się również korektę dotyczącą sprawności zainstalowanych urządzeń, zazwyczaj średnio w postaci współczynnika 0,8 (80% sprawności całej elektrowni).

Ostatecznie potencjał techniczny obliczyć należy (na podstawie danych wejściowych indywidualnych dla analizowanej rzeki przy interpolacji wartości przepływu nienaruszalnego na wyznaczone odcinki) wg wzoru:

$$A_{\text{tch}} = 6720 \cdot P \text{ [kWh]} \quad (4)$$

gdzie: 6720 – ilość godzin w 280 dniach

P - średnia moc odcinka rzeki [kW], wyrażona wzorem:

$$P = 9,81 \cdot Q_d \cdot H \cdot 0,8 \quad (5)$$

gdzie: 9,81 – wartość przyspieszenia ziemskiego normalnego [m/s²]

Q_d – przepływ dyspozycyjny z uwzględnieniem przepływu nienaruszalnego:

$$Q_d = SSQ - Q_n \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (6)$$

H – spad odcinka rzeki [m]

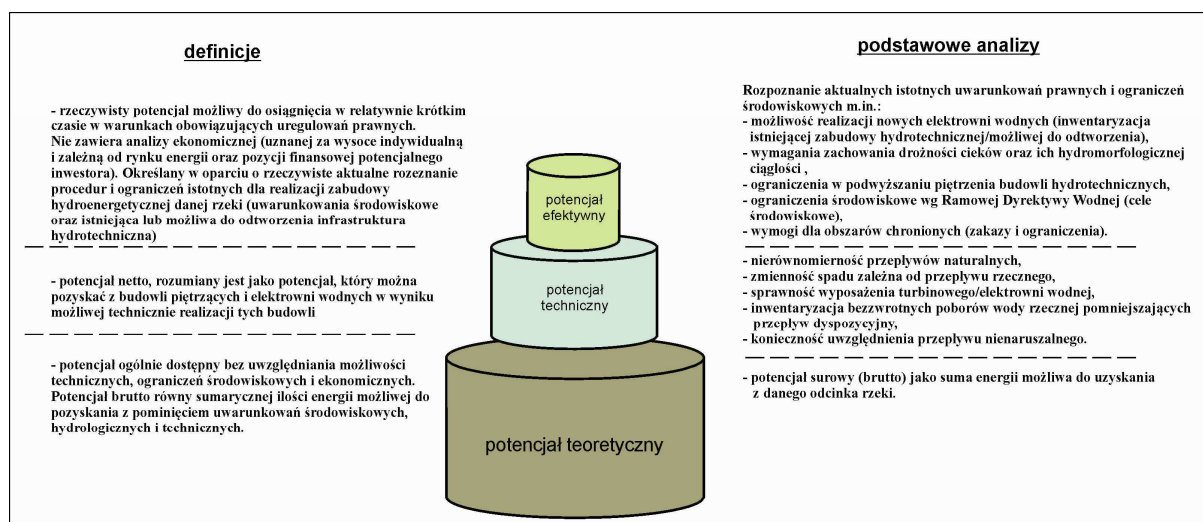
SSQ – przepływ średni z wielolecia [m³/s]

Q_n – przepływ nienaruszalny [m³/s]

0,8 – sprawność elektrowni równa 80%

Na podstawie zebranych informacji, przeglądu literatury światowej oraz własnych analiz uznałam za zasadne udoskonalenie stosowanych metod oceny potencjału hydroenergetycznego. Do stosowanej dotychczas oceny potencjału hydroenergetycznego wprowadziłam termin nowy „**effective potential**”. Zaproponowana rozszerzona ocena kompleksowa pozwala na oszacowanie produkcji energii z danej rzeki najbardziej zbliżoną do realnych możliwości budowy nowych elektrowni wodnych. Ponadto podaje konkretne przekroje rzeczne (wytypowane budowle hydroenergetyczne), w których z wysokim prawdopodobieństwem powstać może mała elektrownia wodna. Effective potential jest ściśle związany z krajowymi uregulowaniami w zakresie gospodarki wodnej oraz korzystania z wód na cele energetyczne. Pojęcie „potencjału efektywnego = effective potential” jest terminem całkowicie nowym w światowej literaturze, moim autorskim i nie występującym dotychczas w literaturze. Wynikowy „potencjał efektywny” daje faktyczny pogląd na możliwości hydroenergetyczne rzeki. W publikacji nr 3 wyraziłam nadzieję, że funkcjonowanie tego terminu stanie się powszechne.

Definicje oraz podstawowe analizy zmierzające do oceny potencjału efektywnego oraz kwantyfikacji wartości potencjałów energetycznych (teoretycznego, technicznego oraz proponowanego efektywnego) przedstawiłam graficznie na ryc. 11.



Ryc. 11. Zaproponowana terminologia i tok analizy dla kalkulacji potencjału hydroenergetycznego (publikacja nr 3)

W publikacji nr 3 udowodniłam konieczność wykonania oceny kompleksowej oraz wyjaśniłam ideę i tok postępowania zmierzający do określenia liczbowej wartości potencjału efektywnego. Publikacja nr 3 jest moim opracowaniem samodzielnym opublikowanym w czasopiśmie *Renewable & Sustainable Energy Reviews* (45 pkt, IF 9,184).

Elektrownie wodne uznawane są za rodzaj źródeł odnawialnych w świetle dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/EC z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. Promocja instalacji korzystających z odnawialnych źródeł energii poparta została unijnymi wymogami w zakresie ich udziału w produkcji energii elektrycznej w krajach członkowskich. Z drugiej strony jednak ze względu na ochronę środowiska funkcjonuje szereg ograniczeń przy realizacji budowli hydrotechnicznych koniecznych dla pracy turbin w małych elektrowniach wodnych. Analiza ewentualnych skutków, zarówno negatywnych, jak i pozytywnych, musi stanowić obowiązkowy element studium wykonalności projektu. Dlatego też w procesie kwantyfikacji wartości potencjału efektywnego zaproponowałam etapowe rozpoznanie uwarunkowań środowiskowych opisanych poniżej. Świadomość ekologiczna i dbałość o warunki siedliskowe migrujących organizmów wodnych powodują wprowadzenie wielu ograniczeń w realizacji elektrowni wodnych. Polskie prawo krajowe obejmuje szereg warunków określonych np. dla obszarów chronionych oraz cieków, które są istotne dla migracji ryb dwuśrodowiskowych.

1. Warunki hydrotechniczne

W celu oceny realnego potencjału efektywnego przyjąłm możliwość zagospodarowania energetycznego wyłącznie istniejących spiętrzeń oraz miejsc, gdzie istniały one historycznie i pozostała po nich przynajmniej część infrastruktury. Takie podejście miało silne podstawy w moim doświadczeniu zawodowym. W tym celu skorzystałam z upublicznionej inwentaryzacji takich spiętrzeń wykonanej w ramach projektu Restor-Hydro. Zgodnie z prawem krajowym planowane korzystanie z wód musi uwzględniać wymogi ciągłości morfologicznej. Nie ma w polskim prawodawstwie wprost zakazu realizacji nowych budowli hydrotechnicznych przegradzających ciek, ale w praktyce budowa nowego jazu dla celów wyłącznie energetycznych jest niezwykle trudna. Nadmierna zabudowa cieków nowymi barierami dla migracji organizmów kłóci się z zasadą zrównoważonego rozwoju i stwarza dodatkowe ryzyko niekorzystnych i często nieodwracalnych zmian środowiskowych w przyszłości. Wykorzystując doświadczenia zawodowe podniosłam, że jako zasadne w oparciu o poszanowanie warunków środowiskowych przyszłych pokoleń, pierwszeństwo wykorzystania energetycznego mają budowle

hydrotechniczne już istniejące, zarówno w stanie bardzo dobrym, jak i te wymagające remontów, czy odbudowy. W praktyce inwestycje takie mają zdecydowanie większą szansę na pozytywną ocenę wpływu na środowisko i tym samym uzyskanie obowiązkowych pozwoleń i decyzji zezwalających na realizację MEW.

Jako kryterium wyjściowe w zakresie możliwości energetycznego wykorzystania spiętrzeń podałam minimalną wielkość spadów równą 1,0 m (istniejącą lub możliwą do osiągnięcia). Limit ten funkcjonuje również powszechnie na podstawie doświadczeń związanych z faktycznymi możliwościami technicznymi pracy zespołu turbinowego. Turbiny dostępne na rynku, takie jak VLH (Very Low Head), są przeznaczone dla spadów w granicach od 1,4 m do 3,4 m, a dolna granica dla śrubowych turbin Archimedesów jest przyjmowana jako 1 m.

2. Obszary chronione

Wskazałam, że wybór lokalizacji o wysokim prawdopodobieństwie budowy elektrowni wodnych poprzedzony musi zostać analizą w odniesieniu do obszarów chronionych w ramach polskiej ustawy o ochronie przyrody (Ustawa o ochronie przyrody z 14 kwietnia 2004 r.) oraz europejskiej sieci Natura 2000. Perspektywiczne lokalizacje dla małych elektrowni wodnych w Polsce mogą być ustalane na obszarach objętych ochroną narodową (parki narodowe, parki krajobrazowe, parki przyrodnicze) lub na obszarach objętych ochroną w ramach Natura 2000. Wymaga to jednak wykonania zaawansowanej oceny oddziaływania inwestycji na środowisko. W ramach polskich uregulowań prawnych każda elektrownia wodna stanowi obiekt potencjalnie znacząco oddziałujący na środowisko i dlatego realizacja elektrowni wodnych w rezerwatach jest niemożliwa. W innych obszarach chronionych taki projekt wiąże się z ryzykiem nie uzyskania pozytywnej decyzji środowiskowej, w zależności od głównego celu ochrony i obowiązujących zakazów ze względu na nadrzędny cel, którym jest ochrona środowiska. Wszystkie potencjalne lokalizacje elektrowni wodnych wybrane w poprzednim etapie (np. na podstawie Restor-Hydro) należy sprawdzić pod względem kolizji, jeśli takie istnieją, z celami ochrony przyrody.

3. Cele środowiskowe wg Ramowej Dyrektywy Wodnej

Dla krajów Unii Europejskiej obligatoryjnym dokumentem jest obowiązująca od dnia 22 grudnia 2000r. Ramowa Dyrektywa Wodna, której najważniejszym przesłaniem jest ochrona zasobów wodnych dla przyszłych pokoleń. Wprowadza ona zintegrowaną politykę wodną mającą na celu zapewnienie ludziom dostępu do czystej wody do spożycia po rozsądnej cenie, która umożliwi rozwój gospodarczy i społeczny przy równoczesnym poszanowaniu potrzeb środowiska naturalnego. Główny cel RDW jest zatem tożsamy z polityką zrównoważonego rozwoju. Celem operacyjnym jest osiągnięcie dobrego stanu wszystkich wód powierzchniowych i podziemnych. Dobry stan wód oznacza stan możliwie bliski naturalnemu, czyli taki, w którym widoczna jest jak najmniejsza ingerencja człowieka, a także woda płynąca w naturalnie ukształtowanym korycie. Dla naturalnych jednolitych części wód (rzek, jezior, wód przejściowych i przybrzeżnych) powinien być osiągnięty dobry stan ekologiczny i chemiczny, dla sztucznych i silnie zmienionych części wód – dobry potencjał ekologiczny i dobry stan chemiczny. Proponowane zatem zagospodarowanie energetyczne cieków musi być zgodne z celem środowiskowym ustalonym dla jednostki, w ramach którego będą realizowane. Ich wykonanie jest możliwe, ale bardzo ważne jest określenie wpływu na środowisko i realizacji celów środowiskowych z uwzględnieniem biologicznych, morfologicznych, fizycznych i chemicznych czynników. Ze względu na zwrotną naturę poboru wody i bezemisyjnego działania elektrowni wodnych, szczególny nacisk położyć należy się na zmiany morfologiczne i drożność cieku wodnego dla ichtiofauny. Reasumując podałam, że projektowanie nowych elektrowni wodnych jest uzasadnione w pobliżu już istniejących zapór, które są wyposażone w urządzenia do migracji ryb lub zostaną w nie doposażone w ramach realizacji MEW.

Każdorazowo w toku oceny i kwantyfikacji potencjału efektywnego wskazałam konieczność identyfikacji jednolitych części wód w zasięgu oddziaływania inwestycji, oceny ich aktualnego stanu oraz wykonania analizy wpływu na osiągnięcie celów środowiskowych.

4. Drożność cieków dla wodnych organizmów migrujących

Zgodnie z krajowymi uwarunkowaniami prawnymi część rzek jest wpisanych na listę cieków wodnych, dla których konieczne jest utrzymanie możliwości migracji ryb dwuśrodowiskowych. W ramach etapu wstępnego poprzedzającego część obliczeniową oceny potencjału efektywnego, wskazałam konieczność rozpoznania w tym zakresie wraz z podaniem ewentualnych charakterystycznych gatunków ryb dwuśrodowiskowych oraz ich wymagań. Istnienie tego typu ograniczenia oznacza, że wszystkie nowe elektrownie wodne powinny być obowiązkowo wyposażone we właściwie zaprojektowaną przepławkę. Z punktu widzenia efektywnego potencjału energii wodnej, narzuca to konieczność obliczenia nienaruszalnego przepływu (w przybliżeniu równego przepływowi wody w przepławce) i rozważenia tej wartości jako jałowej bez możliwości jej wykorzystanie do wytwarzania energii.

Schemat postępowania dla kompleksowej oceny potencjału efektywnego oraz jego kwantyfikacji

Termin "efektywny potencjał energii wodnej" powinien być rozumiany jako najbliższy faktycznym możliwościom realizacji elektrowni wodnych, które będą wytwarzać energię elektryczną jako odnawialne źródła energii. Koncepcja kompleksowej oceny oraz liczbowego oszacowania wartości tego potencjału opiera się przede wszystkim na wyborze lokalizacji, które z wysokim prawdopodobieństwem mogłyby zostać zrealizowane w niedalekiej przyszłości. Jak wskazałam powyżej za niezwykle istotną uznałam inwentaryzację istniejących obiektów hydrotechnicznych lub ich pozostałości historycznych. Równie istotne jest rozpoznanie szeroko pojętych warunków środowiskowych, jako czynników potencjalnie blokujących projekty. Odcinki rzek przebiegające np. w rezerwach przyrody, powinny zostać wyłączone z dalszych analiz. Zaproponowany przeze mnie tok postępowania (ryc. 12) wydaje się być uniwersalny dla inwestycji we wszystkich regionach wodnych w Polsce oraz w innych krajach, szczególnie w krajach wspólnotowych Unii Europejskiej.



Ryc. 12. Tok postępowania dla kwantyfikacji potencjału efektywnego (publikacja nr 3)

Ostatecznie zaproponowałam modyfikację formuły obliczeniowej (kwantyfikacja dla konkretnych budowli hydrotechnicznych, a nie dla odcinków rzek) jako propozycję kwantyfikacji sumarycznego potencjału efektywnego dla danego odcinka rzeki, jako:

$$A_e = 6720 \cdot P_e \text{ [kWh]} \quad (7)$$

gdzie: P_e – sumaryczna moc elektrowni wodnych [kW], zlokalizowanych wg podanych powyżej kryteriów, opisana równaniem:

$$P_e = 9,81 \cdot Q_d \cdot H_b \cdot 0,8 \quad (8)$$

gdzie:

- H_b - spadek energetyczny budowli hydroenergetycznej (istniejący lub potencjalny) [m]
- Q_d - przepływ dyspozycyjny (uwzględniający przepływ nienaruszalny) [m^3/s]
- 9,81 - przyspieszenie ziemskie [m/s^2]
- 0,8 - sprawność elektrowni wodnej i turbozespołów (80%)

Obliczona wartość potencjału efektywnego podlega silnemu zindywidualizowaniu w oparciu o obowiązujące dla cieków uregulowania prawne, rozpoznanie środowiskowe, doświadczenie oraz istniejącą i możliwą do zagospodarowania infrastrukturę hydrotechniczną. Ocena „potencjału efektywnego” uwzględnia przede wszystkim cele środowiskowe wyznaczone dla analizowanego cieków w oparciu o unijną Ramową Dyrektywę Wodną (RDW) oraz jej pochodne, uregulowania krajowe, wynikające z implementacji Dyrektywy. Każda inwestycja związana z wodami powierzchniowymi prowadzona musi być zgodnie z RDW, co jest tożsame z polityką zrównoważonego rozwoju.

Badania i obliczenia potencjału efektywnego przedstawiłam w publikacji nr 3 na przykładzie rzeki Raby. W publikacji nr 4 zmodyfikowałam tok postępowania dla oceny i kwantyfikacji potencjału efektywnego w oparciu o uregulowania funkcjonujące w regionie wodnym Górnej Wisły, a jako przykładowy poligon badawczy wybrałam rzekę Mszankę. W celu popularyzacji zaproponowanego terminu w publikacji nr 6 wykonałam badania i analizy dla rzeki Szreniawy.

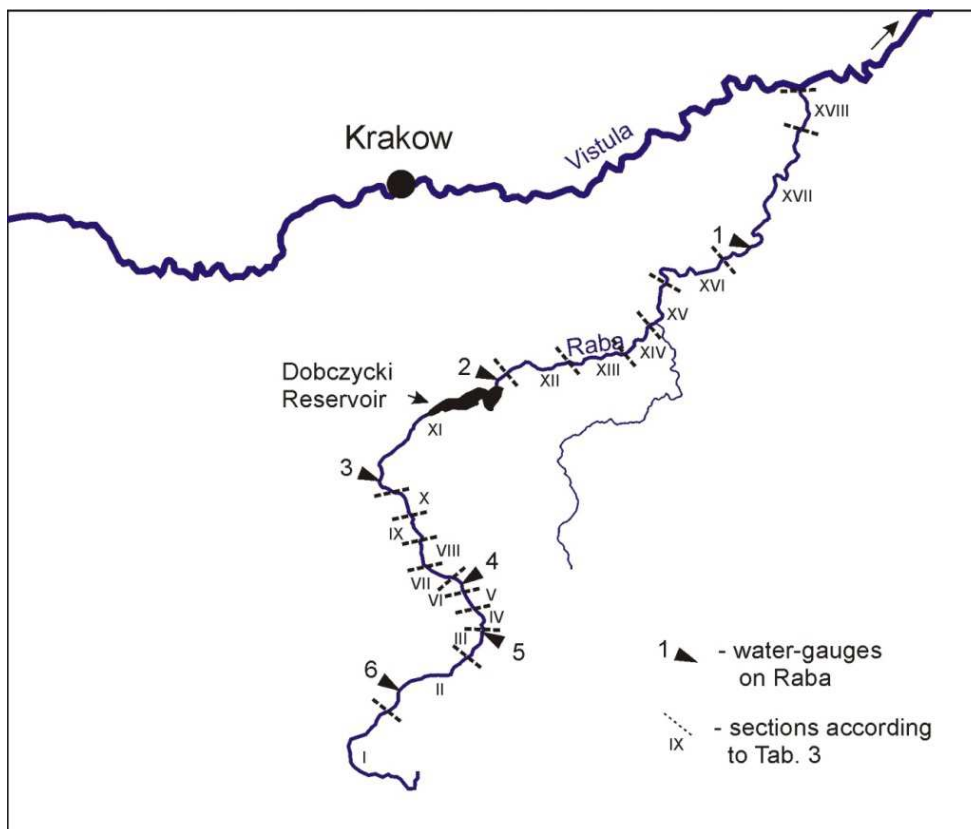
Dla każdej wytypowanej rzeki przeprowadziłam rozpoznanie aktualnego zagospodarowania energetycznego (identyfikację funkcjonujących elektrowni wodnych). Scharakteryzowałam kontrolę przepływów prowadzonych rzeką w oparciu o sieć wodowskazową Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego (tab. 3 - przykład dla rzeki Raby).

Tab. 3. Posterunki obserwacji stacjonarnych wód powierzchniowych na rzece Raba (publikacja nr 3)

nr zgodnie z ryc. 14	posterunek wodowskazowy	km biegu rzeki Raba	powierzchnia zlewni [km ²]	charakterystyka hydrologiczna (1981-2010)				
				SSQ [m ³ /s]	SNQ [m ³ /s]	NNQ [m ³ /s]	Q _{gw90%} * [m ³ /s]	W90 [-]
1	Proszówki	22+160	1473,18	16,484	3,232	0,460	3,450	1,0675
2	Dobczyce	59+700	768,98	10,464	2,485	1,400	2,540	1,0221
3	Stróża	78+070	644,09	10,325	1,570	0,700	2,120	1,3503
4	Kasinka Mała	93+070	353,31	5,651	0,877	0,500	1,150	1,3113
5	Mszana Dolna	99+280	157,16	2,391	0,422	0,200	0,520	1,2322
6	Rabka 2	110+330	91,84	1,336	0,232	0,080	0,300	1,2931

Uwaga: Q_{gw90%} - przepływ o gwarancji wystąpienia 90% obliczony wg wzoru Q_{gw90%} = SNQ x W90

Każdorazowo badaną rzekę podzieliłam na odcinki obliczeniowe w oparciu o charakterystykę hydrologiczną dostępną dla posterunków wodowskazowych, zgodnie z zasadami ekstrapolacji przepływów w funkcji powierzchni zlewni (ryc. 13 - przykład dla rzeki Raby). Uznałam się, że dla rzeki Raby podział w kroku co 1 m³/s daje wystarczającą dokładność dla oszacowania wartości zasobów teoretycznych i technicznych. Dla rzek o odmiennych przepływach zaleciłam indywidualne dobranie kroku. W toku postępowania zmierzającego do oszacowania liczbowego potencjału efektywnego zdecydowałam o propozycji możliwie najprostszego sposobu wyznaczenia jego wartości liczbowej, dostępnego dla każdego bez konieczności zakupu specjalistycznych programów. W wyniku opisanych powyżej działań rzeka Raba podzielona została na 18 odcinków, których położenie przedstawia ryc. 13.



Ryc. 13. Podział rzeki Raby na odcinki obliczeniowe (publikacja nr 3)

Dla tak wyznaczonych fragmentów rzeki Raby obliczyłam wg wzoru (2) wartość zasobów teoretycznych. Dla każdego z odcinków wartość średniego przepływu przyjął jako stałą wartość, natomiast wartość spadku odcinka rzeki H przyjęto zgodnie z charakterystyką cieku. Odcinek o spadzie równym $8,5\text{‰}$ w górnym biegu rzeki pokrywał się zasadniczo z fragmentami o nr od I do X, odcinek środkowy o spadzie $2,3\text{‰}$ pokrywał się z fragmentami nr XI-XIII, a odcinek dolny o spadzie $0,6\text{‰}$ stanowiły fragmenty nr XIV-XVIII rzeki Raby. Dane wejściowe do obliczeń oraz wyniki obliczeń potencjału teoretycznego przedstawiłam w tabeli 4.

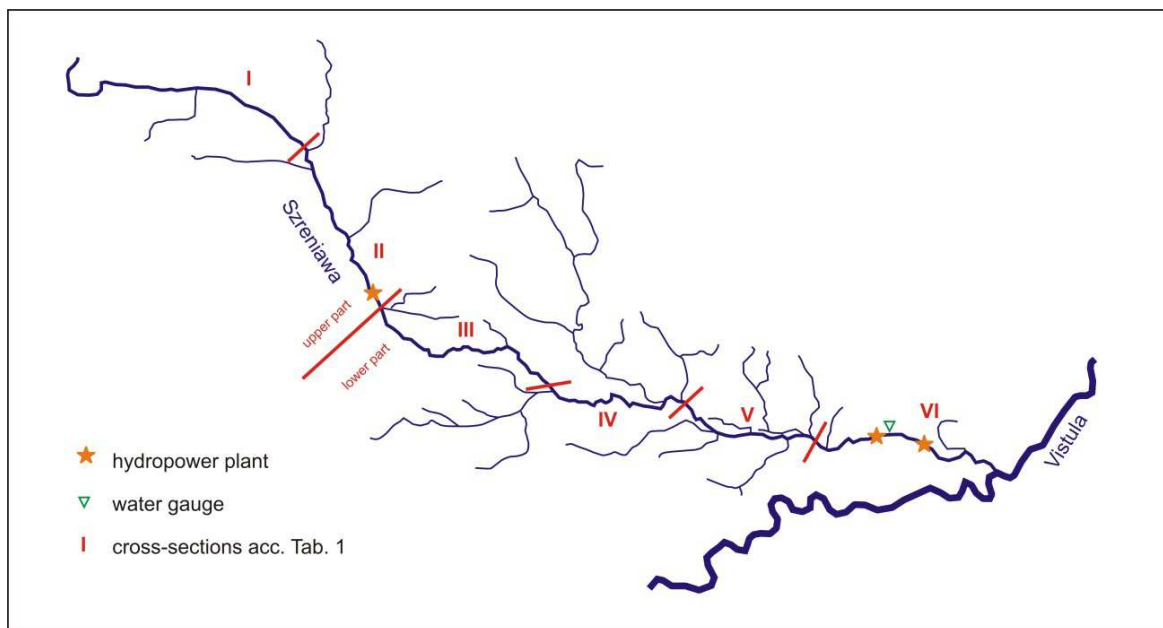
Tab. 4. Dane wejściowe oraz potencjał teoretyczny rzeki Raby (publikacja nr 3)

numer odcinka wg ryc. 14	SSQ [m ³ /s]	gradient [‰]	długość odcinka [km]	H [m]	P wg (3) [kW]	A _{th} wg (4) [kWh]
I	1	8,5	10	85	834	7 304 526
II	2	8,5	10	85	1668	14 609 052
III	3	8,5	5	42,5	1251	10 956 789
IV	4	8,5	5	42,5	1668	14 609 052
V	5	8,5	5	42,5	2085	18 261 315
VI	6	8,5	5	42,5	2502	21 913 578
VII	7	8,5	5	42,5	2918	25 565 841
VIII	8	8,5	5	42,5	3335	29 218 104
IX	9	8,5	5	42,5	3752	32 870 367

X	10	8,5	5	42,5	4169	36 522 630
XI	11	2,3	22	50,6	5460	47 831 755
XII	12	2,3	6	13,8	1625	14 230 935
XIII	13	2,3	6	13,8	1760	15 416 847
XIV	14	0,6	5	3	412	3 609 295
XV	15	0,6	7	4,2	618	5 413 943
XVI	16	0,6	10	6	942	8 249 818
XVII	17	0,6	14	8,4	1401	12 271 604
XVIII	18	0,6	5	3	530	4 640 522
sumarycznie:					36 929	323 495 973

Teoretyczna moc możliwa zatem do instalacji na rzece Rabe wynosi prawie 37 MW, a roczna produkcja energii wg wzoru (3) z tego źródła odnawialnego wyniosłaby teoretycznie 323 500 MWh.

Analogicznie prowadzone obliczenia dla rzeki Szreniawy (ryc. 14) dla odcinków obliczeniowych w kroku co 0,5 m³/s pozwoliły uzyskać wynik potencjału teoretycznego w wysokości około 4 MW, a teoretyczna roczna produkcja energii odnawialnej wyniosłaby 27 400 MWh (tab. 5).



Ryc. 14. Podział rzeki Szreniawy na odcinki obliczeniowe (publikacja nr 4)

Tab. 5. Dane wejściowe oraz potencjał teoretyczny rzeki Szreniawy (publikacja nr 4)

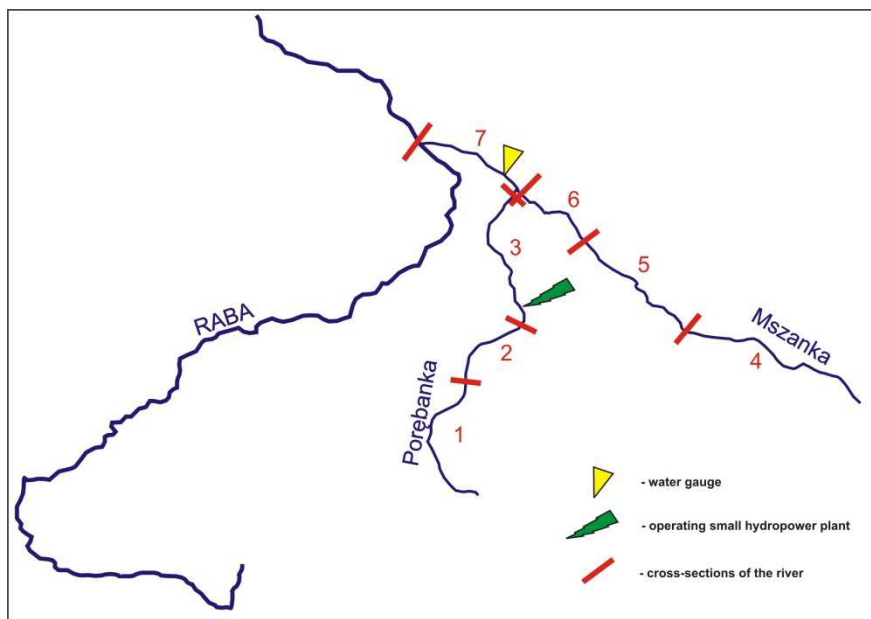
numer odcinka wg ryc. 15	SSQ [m ³ /s]	gradient [‰]	długość odcinka [km]	H [m]	P _a wg (3) [kW]	A _{th} wg (4) [kWh]
I	0,5	5,5	20	55	270	2 365 200
II	1		15	55	540	4 730 400
III	1,5	3,5	15	35	515	4 511 400
IV	2		9	35	687	6 018 120
V	2,5		9	35	858	7 516 080
VI	3		12	35	1 030	9 022 800
sumarycznie:					3900	27 393 528

Podobnie prowadzone rozważania dla rzeki Mszanki wraz z jej największym dopływem Porębianką (ryc. 15) pozwoliły uzyskać wyniki potencjału teoretycznego na poziomie 6,7 MW z produkcją energii elektrycznej w ilości rocznej równej 58,736 MWh (tab. 6).

Tab. 6. Dane wejściowe oraz potencjał teoretyczny rzeki Mszanki z Porębianką (publikacja nr 6)

numer odcinka Porębianki	SSQ [m ³ ·s ⁻¹]	gradient [‰]	długość [km]	H [m]	P [kW] wg (3)	A _{th} [kWh] wg (4)
1	0,5	64	5,7	368	1850	15 811 800
2	1,0	19	2,9	54	530	4 642 800
3	1,44	11	7,0	78	1102	9 653 520
numer odcinka Mszanki						
4	0,5	35	7,0	247	1212	10 617 120
5	1,0	13	5,0	63	618	5 413 680
6	1,5	13	3,1	40	589	5 159 640
7	3,46	6,4	3,9	25	849	7 437 240
sumarycznie					6705	58 735 800

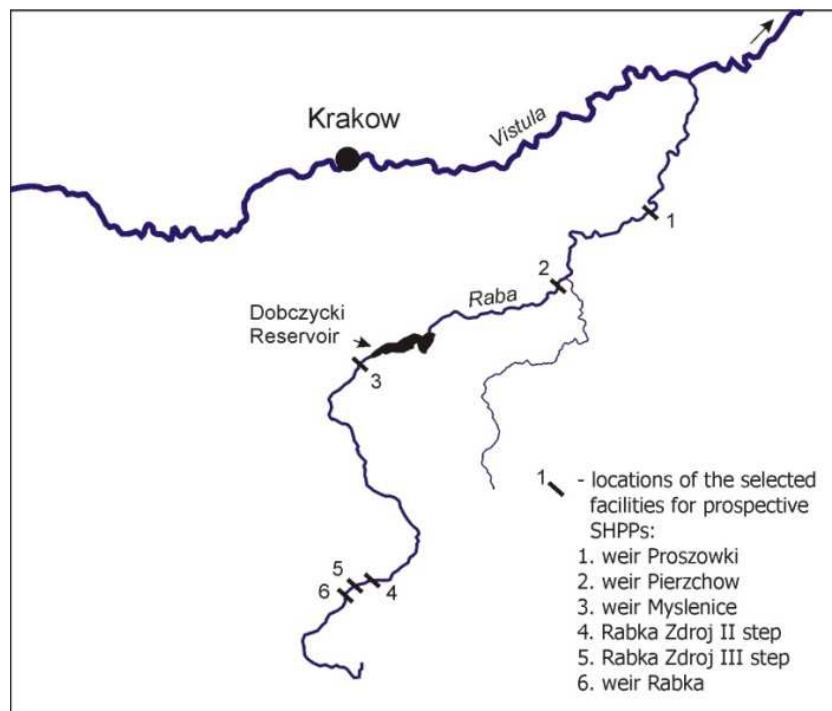
W wyznaczonych fragmentach analizowanych rzek obliczyłam potencjał techniczny wg wzoru (4) z uwzględnieniem ograniczeń opisanych powyżej tj. przyjąłm średni czas pracy turbin równy 280 dni w oparciu o typowy rozkład przepływów w roku średnim; uwzględniłam korektę sprawności zainstalowanych urządzeń w postaci współczynnika 0,8 (80% sprawności całej elektrowni); zinwentaryzowałam bezzwrotne ujęcia wody, obliczyłam przepływ dyspozycyjny z uwzględnieniem przepływu nienaruszalnego. Uznałam, że technicznie możliwa jest realizacja budowlı piętrzących oraz elektrowni nawet na całej długości cieku.



Ryc. 15. Podział rzeki Mszanki z dopływem Porębianką na odcinki obliczeniowe (publikacja nr 6)

Dla analizowanej w ramach publikacji nr 3 rzeki Raby obliczona techniczna moc możliwa do instalacji na rzece Raby wynosi około 24 MW, a roczna produkcja energii z tego źródła odnawialnego wyniosłaby 161 340 MWh. Dla rzeki Szreniawy zgodnie z obliczeniami w publikacji nr 4 techniczny potencjał hydroenergetyczny wyniósł 700 kW, a roczna produkcja energii elektrycznej wyniosłaby około 5000 MWh. Techniczna moc sumaryczna dla rzeki Mszanki wraz z jej dopływem Porębianką, obliczona w ramach publikacji nr 6, wynosi 4,6 MW, a roczna produkcja energii z tego źródła odnawialnego wyniosłaby 31 127 MWh.

W celu oceny potencjału efektywnego wykonałam analizę realnych możliwości zagospodarowania energetycznego analizowanych rzek zgodnie z przedstawionym powyżej tokiem postępowania (warunki hydrotechniczne, drożność cieków, cele środowiskowe wg Ramowej Dyrektywy Wodnej, obszary chronione). Przyjęłam możliwość zagospodarowania energetycznego wyłącznie istniejących spiętrzeń oraz miejsc, gdzie istniały one historycznie i pozostała po nich przynajmniej część infrastruktury. Jako kryterium wyjściowe założyłam minimalną wielkość spadów równą 1,0 m (istniejącą lub możliwą do osiągnięcia). Średni przepływ roczny przyjęłam zgodnie z wprowadzonym uprzednio podziałem na podstawie interpolacji pomiędzy posterunkami wodowskazowymi. Lokalizację wytypowanych obiektów potencjalnych lokalizacji małych elektrowni wodnych przedstawiłam graficznie (ryc. 16 – przykład dla rzeki Raby), a ich parametry zestawiałam tabelarycznie (tab. 7 – przykład dla rzeki Raby).

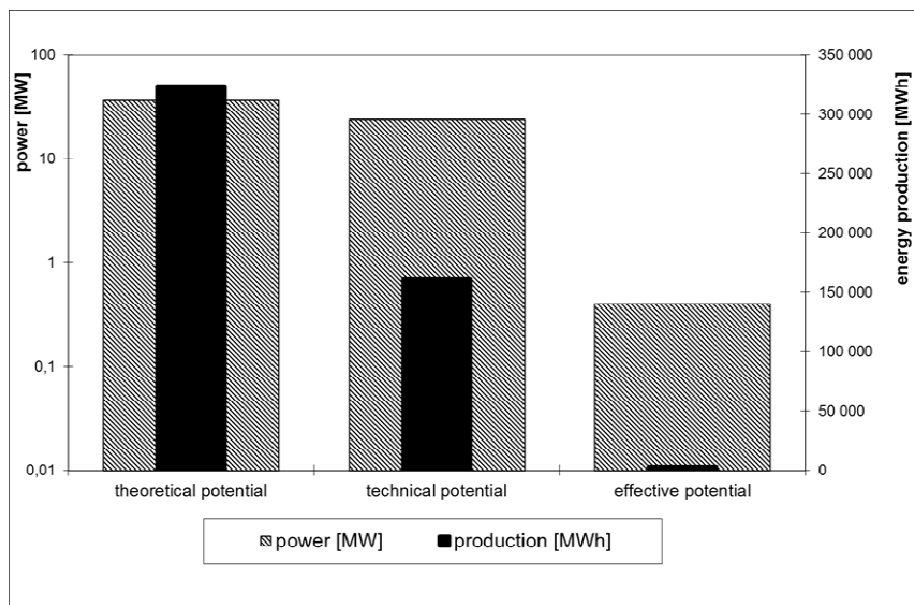


Ryc. 16. Potencjalne lokalizacje małych elektrowni wodnych na rzece Raba (publikacja nr 3)

Tab. 6. Parametry budowli hydrotechnicznych na rzece Rabisie możliwych do zagospodarowania energetycznego (publikacja nr 3)

nr wg ryc. 16	nazwa	H [m]	SSQ [m ³ ·s ⁻¹]	Q _n [m ³ ·s ⁻¹]	Q _d [m ³ ·s ⁻¹] wg (6)	P [kW] wg (8)	A _e [kWh] wg (7)
1	Weir Proszowki	1,0	17	2,5	14,5	113,8	764736
2	Weir Pierzchow	1,0	14	2,2	11,8	92,6	622272
3	Weir Myslenice	1,5	11	1,9	8,1	95,4	641088
4	Rabka Zdroj II step	1,5	2	-	2	16,5	110880
5	Rabka Zdroj III step	3,0	2	-	2	47,1	316512
6	Weir Rabka	3,0	2	-	2	47,1	316512
sumarycznie						398,4	2772000

Wartość instalowanej mocy w nowych małych elektrowniach wodnych na rzece Rabisie wynosi 398,4 kW, a wyprodukowana w nich energia elektryczna będzie na poziomie 2 772 000 kWh. Pod uwagę zostały wzięte wszystkie możliwe do zagospodarowania energetycznego istniejące budowle hydroenergetyczne. Uznałam, że budowa nowych śpiętrzeń wyłącznie w celach hydroenergetycznych w warunkach polskich jest niezwykle trudna do realizacji. Aktualnie na rzece Rabisie nie powstaje żaden zbiornik wielozadaniowy, który mógłby zostać zaliczony do rozważań. Graficzne porównanie wyników przedstawia ryc. 17.



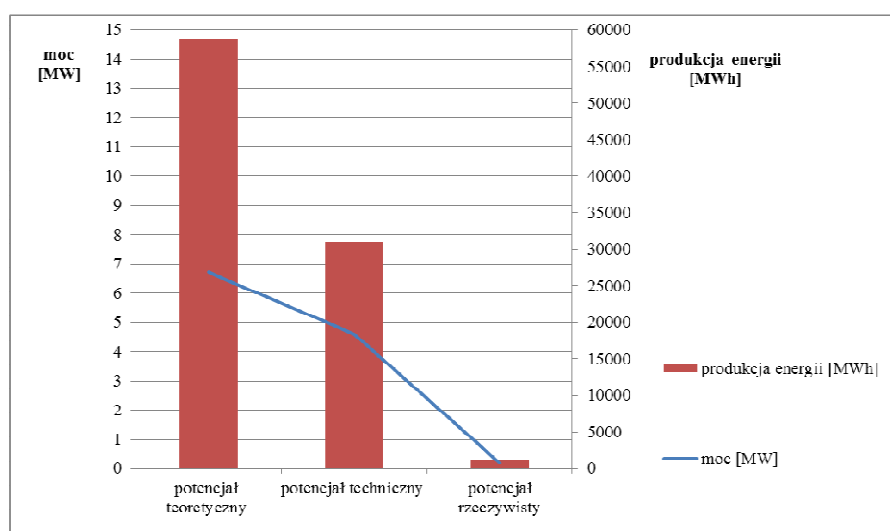
Ryc. 17. Porównanie wartości mocy oraz produkcji dla potencjału teoretycznego, technicznego i efektywnego na przykładzie rzeki Raby (publikacja nr 3)

Analogicznie prowadzone obliczenia wg zaproponowanego toku postępowania kwantyfikacji potencjału efektywnego pozwoliły uzyskać wyniki:

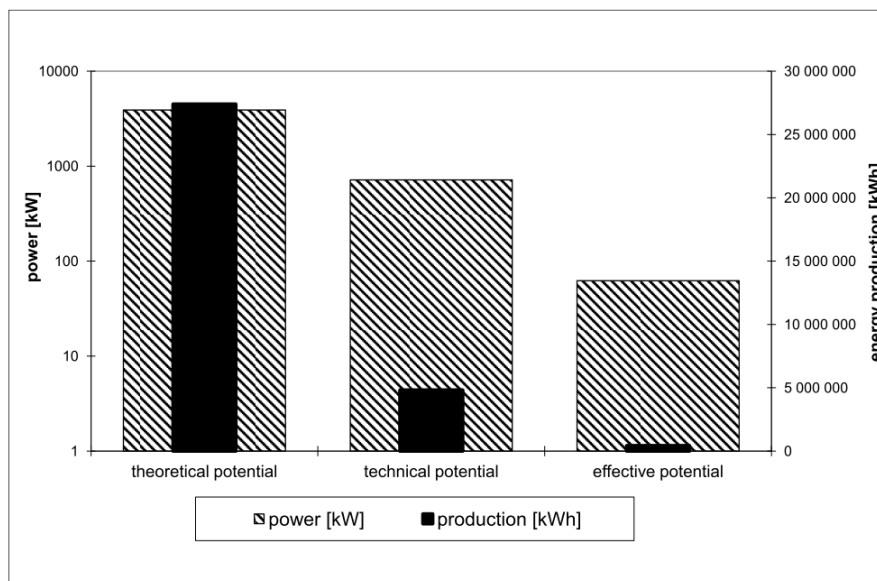
- rzeczywista (efektywna) moc możliwa do instalacji na rzece Mszance wraz z jej dopływem Porębianką (na istniejących obiektach piętrzących) wynosi 0,17 MW, a roczna produkcja energii z tego źródła odnawialnego wyniosłaby 1110 MWh;

- hydroenergetyczny potencjał efektywny rzeki Szreniawy wynosi 62,3 kW, a produkcja energii elektrycznej wyniosłaby 418 656 kWh.

Graficzne porównanie obliczonych wartości potencjału teoretycznego, technicznego i efektywnego dla rozpatrywanych rzek przedstawiają odpowiednio ryciny nr 18 i 19.

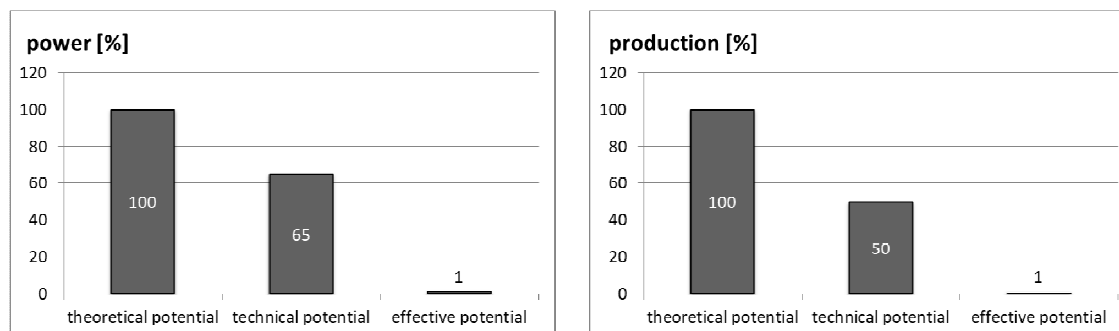


Ryc. 18. Porównanie mocy możliwej do zainstalowania oraz wyprodukowanej energii na podstawie teoretycznego, technicznego i rzeczywistego potencjału hydroenergetycznego rzeki Mszanki i Porębianki (publikacja nr 6)

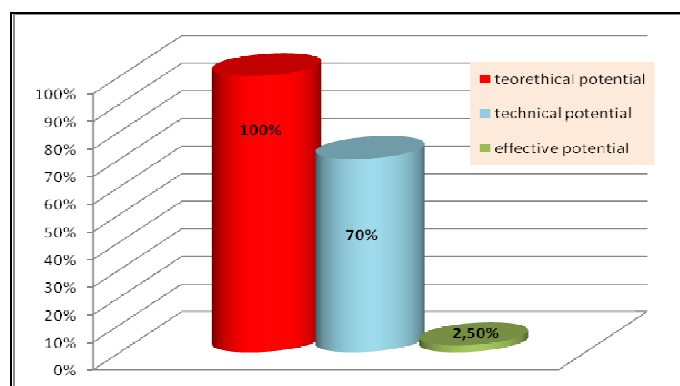


Ryc. 19. Porównanie wartości mocy oraz produkcji dla potencjału teoretycznego, technicznego i efektywnego na przykładzie rzeki Szreniawy (publikacja nr 4)

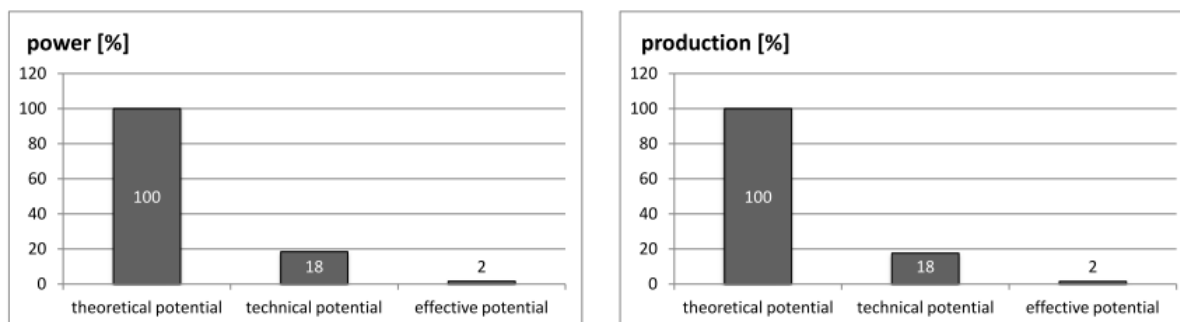
W każdym z rozpatrywanych przypadków (tj. dla trzech różnych analizowanych rzek) wartość obliczonego potencjału efektywnego jest znacząco niższa od potencjału teoretycznego, czy technicznego (ryc. 20-22).



Ryc. 20. Porównanie potencjału teoretycznego, technicznego i efektywnego dla rzeki Raby (publikacja nr 3)



Ryc. 21. Porównanie % udziału potencjału teoretycznego, technicznego i rzeczywistego rzeki Mszanka z Porębianką (publikacja nr 6)



Ryc. 22. Porównanie potencjału teoretycznego, technicznego i efektywnego dla rzeki Szreniawy (publikacja nr 4)

W odniesieniu do potencjału teoretycznego uznanego za 100%, potencjał efektywny stanowi 1% lub 2%. Uzyskany wynik jest bardzo niski, ale znajduje potwierdzenie w doświadczeniach praktycznych. Potencjalni inwestorzy poszukują istniejących budowli hydrotechnicznych (w dobrym stanie lub do odtworzenia) i dla takich lokalizacji starają się o decyzje środowiskowe (pierwsza decyzja na drodze realizacji MEW ze względu na zakwalifikowanie elektrowni wodnych do inwestycji potencjalnie znacząco oddziałujących na środowisko). Uzyskana wartość potencjału efektywnego wskazuje na realne/efektywne możliwości zagospodarowania energetycznego budowli hydrotechnicznych w stosunkowo krótkim czasie w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Przedstawione wyniki obliczeń uwzględniają wymogi prawne, wymogi ochrony środowiska oraz stanowią kompleksową ocenę kwantyfikacji wartości potencjału efektywnego. Znaczne różnice w uzyskanych wartościach potencjału technicznego i efektywnego wskazują na wysokie ryzyko przyjęcia wartości pierwszego z nich do ostatecznych rozważań. Potwierdzają, że brak uwzględnienia barier i ograniczeń prowadzi do znaczącego przeszacowywania wyników.

Niezwykle istotne dla sformułowania propozycji rozszerzenia oceny potencjału hydroenergetycznego o kompleksową ocenę potencjału efektywnego było rozpoznanie oraz krytyczna analiza prawnych i formalnych uregulowań w zakresie hydroenergetyki. Kompleksowa ocena tych wymagań wykonana w ramach publikacji nr 3 pozwoliła mi na analizę skomplikowanych aspektów związanych z interpretacją przepisów prawnych odnoszących się do hydroelektrowni, jako źródeł energii odnawialnej. Przeanalizowałam definicje wynikające z przepisów Unii Europejskiej oraz treść zapisów wprowadzonych w prawodawstwie polskim. W podsumowaniu wskazałam, że warto zasoby wód powierzchniowych wykorzystywać energetycznie w racjonalny sposób zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju poszukując kompromisu pomiędzy ochroną środowiska, ekonomią przedsięwzięć oraz rozwojem gospodarczo-społecznym.

2.6. MOŻLIWOŚCI APLIKACYJNE OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW

Możliwości aplikacyjne osiągniętych wyników opublikowanych prac są bardzo wysokie, szczególnie, że u podstaw powstania publikacji leżą często doświadczenia praktyczne oraz problemy lub braki metodologiczno-terminologiczne stwierdzone w praktyce:

- wprowadzony do literatury nowy sposób oceny potencjału hydroenergetycznego rozszerzony o sposób szacowania „potencjału efektywnego = effective potential” proponowany jest do powszechnego stosowania w opracowaniach zarówno z zakresu oceny możliwości energetycznych wód płynących, jak i wykorzystania wód technologicznych (w tym kopalnianych i odpadowych). Zarówno w publikacjach naukowych, jak

i w opracowaniach branżowych zleczanych np. przez samorzady, ocena taka powinna być stosowana, gdyż daje rzeczywisty obraz możliwości produkcji energii elektrycznej z potencjalnych nowych małych elektrowni wodnych i wykorzystania wód nie posiadających statusu OZE. W moich dotychczasowych oraz planowanych publikacjach oraz działalności popularyzującej naukę (konferencje, seminaria) nadal prowadzić będę popularyzację zaproponowanego sposobu oceny i wyrażam nadzieję, że jego stosowanie stanie się powszechne;

- zaproponowane metody obliczania wartości przepływów nienaruszalnych mogą i powinny zostać wykorzystane w praktyce wydawania pozwoleń wodnoprawnych. Przedstawiona argumentacja np. dla podziału na okres wegetacyjny i okres życia utajonego dla rzek górskich może zostać wykorzystana w operatach wodnoprawnych lub też innych opracowaniach środowiskowych dla rzek.

3. POZOSTAŁA DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWA

W pracy naukowej zajmuję się zarówno szeroko pojętą tematyką związaną z korzystaniem i ochroną wód powierzchniowych i podziemnych, a także szczególnym korzystaniem z wód płynących do celów energetycznych, przy uwzględnieniu wielu aspektów towarzyszących ujmowaniu wód naturalnych (analiza procedur prawnych w szczególnie trudnych zagadnieniach badawczych i wdrożeniowych, metodologia prowadzenia badań, wpływ na środowisko etc.). Wody podziemne objęte moimi zainteresowaniami, to zarówno zwykłe wody podziemne, których korzystanie regulowane jest w Polsce przez Ustawę Prawo Wodne, jak i niezwykle istotne wody lecznicze i termalne stanowiące kopaliny z zupełnie odmienną procedurą regulującą ich wykorzystanie w świetle Ustawy Prawo Geologiczne i Górnicze. Dodatkowym obszarem, który stanowi podstawę części publikacji jest korzystanie z wód technologicznych do celów szczególnych związanych z produkcją energii ze źródeł odnawialnych tj. inwestycji hydroenergetycznych. Na podstawie bogatego doświadczenia praktycznego podejmuję się łączenia aspektów naukowych (w tym związanych np. z metodyką hydrologiczną wyznaczania wartości przepływu nienaruszalnego wód/kwestii poszanowania środowiska naturalnego) z realną możliwością korzystania z wód w aspekcie istnienia istotnego ograniczenia, jakim jest jałowe często pozostawienie przepływu nienaruszalnego w korycie głównym ciek. Szczególną uwagę przykładam do ochrony środowiska przyrodniczego oraz zasady zrównoważonego rozwoju w zagadnieniach korzystania z wód. W dotychczasowym dorobku publikacyjnym łączę również ekosystemy wód powierzchniowych i podziemnych oraz wskazuję na ich wzajemne relacje. W świetle obowiązujących ram administrowania wodami w Unii Europejskiej wyróżniam jednolite części wód oraz przykładam szczególną wagę do osiągnięcia celów środowiskowych dla tych jednostek.

Wykształcenie naukowe hydrogeologia, geologia inżynierska i ochrona wód; doświadczenie dydaktyczne (twórca autorskich programów dydaktycznych dla przedmiotów, m.in. hydrogeologia, hydrologia, małe elektrownie wodne, ocena oddziaływania na środowisko etc.) poparte wieloletnim doświadczeniem praktycznym (praca na stanowisku hydrolog, hydrogeolog, specjalista ds. ochrony środowiska etc.) pozwalają mi na realizację prac naukowo-badawczych o złożonej, interdyscyplinarnej specyfice. Mój dorobek naukowy stanowią w przewadze publikacje kompleksowe, w których łączone są aspekty naukowe, praktyczne i prawne ze szczególnym uwzględnieniem zrównoważonego rozwoju tj. poszukiwania rozwiązań optymalnych gospodarczo i pozwalających na rozwój, jednocześnie możliwie najmniej ingerujących w środowisko i zabezpieczających ich szczególne walory objęte ochroną.

Mój pozostały dorobek publikacyjny związany jest z przede wszystkim z oceną możliwości korzystania z wód, zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych (zwykłych, leczniczych i termalnych) w warunkach

maksymalnego poszanowania środowiska, znajomości konsekwencji wprowadzania zmian w ekosystemach wodnych i od wody zależnych oraz w realnych warunkach formalno-prawnych warunkujących realizację tego typu inwestycji. Objęte badaniami korzystanie z wód obejmuje zarówno ich przydatność do spożycia, do celów rozlewniczych, a tym samym ochronę ich jakości i ilości, jak również szczególny typ korzystania z wód dla celów energetycznych. Powyższa tematyka stanowiła meritum moich zainteresowań naukowych już od roku 2002 tj. od roku rozpoczęcia studiów doktoranckich, co potwierdzają prace opublikowane jeszcze przed osiągnięciem stopnia naukowego doktora. Prace badawcze opublikowane po osiągnięciu stopnia naukowego doktora, stanowiące zdecydowaną większość mojego dorobku publikacyjnego, potwierdzają działalność naukową zmierzającą do gruntownego rozpoznania tematyki.

Do najważniejszych moich osiągnięć po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w zakresie pozostałego dorobku naukowego można zaliczyć:

- poszerzenie wiedzy w zakresie korzystania i ochrony wód, zarówno powierzchniowych, jak i podziemnych (w tym wód leczniczych i termalnych),
- włączenie do rozważań z zakresu korzystania z wód, aspektu zrównoważonego rozwoju i osiągnięcia celów środowiskowych,
- propozycję wykorzystania analizy PCA dla optymalizacji pracy ujęć wód podziemnych w warunkach ich współdziałania,
- propozycje wykorzystania analizy PCA dla oceny pracy oczyszczalni ścieków,
- przedstawienie rozwiązań, braków metodycznych oraz próba ich wypełnienia w nadrzędnym aspekcie wskazania rozwiązań przyjaznych środowisku,
- zidentyfikowanie oraz usystematyzowanie aspektów gospodarki wodnej w zarządzaniu środowiskowych na szczeblu administracji samorządowej.

Wyłączając osiągnięcie naukowe (opis w pkt 2) jestem autorem i/lub współautorem 38 prac naukowych (28 prac po uzyskaniu stopnia naukowego doktora), z czego 5 prac stanowi opracowanie samodzielne, w kolejnych 10 pracach jestem pierwszym i głównym autorem, a w 16 pracach jestem autorem korespondencyjnym. W wykazie pozostałego dorobku naukowego (poza osiągnięciem stanowiącym znaczny wkład w naukę) 19 prac opublikowanych zostało w języku angielskim. Sumaryczny Impact Factor opublikowanych prac w pozostałym dorobku naukowym wynosi 3,861. Sumaryczna punktacja przyznana przez MNIŚW lub KBN za publikacje (z wyłączeniem osiągnięcia naukowego), których jestem autorem i/lub współautorem wynosi 246, w tym 27 punktów przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora.

3.1. GŁÓWNE NURTY BADAWCZE

Wybrane nurty badawcze, stanowiące moje zainteresowania naukowe (poza opisanymi w osiągnięciu naukowym), to:

1. Zrównoważona i efektywna gospodarka zasobami wód podziemnych (leczniczych i termalnych) przy zachowaniu walorów środowiska przyrodniczego - przykładowe prace:

[A1] Operacz A., Wąsik E., Hajduga M., Chmielowski K. 2018 - *Therapeutic Water in the Poprad Valley - the Newest Development in the Polish Outer Carpathians*. Polish Journal of Environmental Studies 27(3) (2018) 1207–1217 (*in English*) <https://doi.org/10.15244/pjoes/76036>

[A2] Kotowski T., Operacz A. 2017 - *Variability of operational and physicochemical parameters of therapeutic waters under conditions of interaction between the wells of the Zubrzyk intake*. Przegląd Geologiczny 65(11/1) (2017) 983-988

[A3] Operacz A., Chowaniec J. 2018 - *Perspectives of geothermal water use in the Podhale basin according to geothermal step distribution*. Geology, Geophysics and Environment vol. 44, 4 (2018)

Ważnym obszarem moich zainteresowań są wody podziemne, co wynika wprost z hydrogeologicznego wykształcenia. Badaniami objęłam szczególnie wody o statusie wód leczniczych i termalnych. Do wód leczniczych, uznawanych za kopaliny, zalicza się wody podziemne nie zanieczyszczone pod względem chemicznym i mikrobiologicznym, o naturalnej zmienności cech fizycznych i chemicznych, spełniające warunki zawarte w Ustawie Prawo Geologiczne i Górnicze. Podobnie wody termalne, tj. o temperaturze na wypływie powyżej 20°C, są traktowane w Polsce jako kopaliny.

Badaniami wód leczniczych objęłam głównie zlewnię Popradu pomiędzy miejscowością Tylicz na wschodzie, a Głębokiem koło Piwnicznej na zachodzie, gdzie w każdej prawie miejscowości występują wody lecznicze znane już od wieków. Obszar ten jest równocześnie terenem występowania endogenicznego dwutlenku węgla, którego obecność w złożu determinuje występowanie wód o wysokich mineralizacjach. Wody zwykłe w trakcie spływu od obszarów zasilania w kierunku bazy drenażu lub do ujęć, w przypadku napotkania dwutlenku węgla, nasycają się nim, nabierają agresywności, a następnie łatwo i szybko mineralizują się w kontakcie ze środowiskiem skalnym. Formowanie mineralizacji wód odbywa się na omawianym terenie głównie w strefach intensywnego dopływu dwutlenku węgla z głębi górotworu, tj. w strefach silnych spękań. Wody, które na drodze spływu od obszarów zasilania nie napotkały dwutlenku węgla dopływają do ujęć jako wody zwykłe. Stały dopływ dwutlenku węgla oraz wód pochodzenia atmosferycznego przyczynia się do ciągłej odnawialności zasobów szczaw i wód kwasowęglowych w tym rejonie.

Występowanie w tym obszarze wód bogatych w CO₂ wybitnie przyczyniło się do rozwoju turystycznego miejscowości uzdrowiskowych. Obecnie funkcjonuje tu szereg ogólnodostępnych źródeł wód leczniczych, pijalni uzdrowiskowych, a także otworów wiertniczych ujmujących wody lecznicze na potrzeby kilkunastu rozlewni wód butelkowanych. Zawodowa współpraca z rozlewniami w zlewni Popradu (opracowanie projektów robót geologicznych dla wykonania nowych otworów oraz ich udokumentowanie) zaowocowała opublikowaniem kilku prac naukowych.

Pomimo, że wody lecznicze rejonu dorzecza Popradu omawiane były dotychczas szeroko w wielu publikacjach, niemniej jednak spośród obszaru zlewni Popradu brak było opracowań z zakresu wykorzystania wód leczniczych rejonu miejscowości Zubrzyk. Dysponując wynikami najnowszego rozpoznania hydrogeologicznego, w pracy [A1] przedstawiłam analizę i ocenę pracy ujęć wód leczniczych i charakterystykę fizykochemiczną ujmowanych wód. Stanowiło to znaczący wkład w poszerzenie dotychczasowego rozpoznania hydrogeologicznego tego obszaru wnosząc nowe informacje dla 9 otworów wiertniczych zrealizowanych w obszarze górniczym Zubrzyk. Przedstawiłam charakterystykę otworów o nazwach Z-2, Z-3a, Z-8 oraz Z-3 ujmujących wodę leczniczą, a także otworów o nazwach Z-1, Z-3, Z-4, Z-5/I i Z-11 ujmujących wodę zwykłą. Wszystkie otwory wykonane były w obrębie facji piaskowcowo-łupkowej określanej jako piaskowce z Piwnicznej.

Na podstawie wyników wieloletnich obserwacji stacjonarnych dokonałam oceny trwałości składu chemicznego ujmowanych wód leczniczych oraz sformułowałam prognozy w tym zakresie. Określiłam tendencje w utrzymaniu stałego składu chemicznego ujmowanej wody, co jest niezwykle istotne w świetle utrzymania statusu wód leczniczych ujmowanych wód. Stabilność składu chemicznego jest podstawowym kryterium dla wód leczniczych wg Ustawy Prawo Geologiczne i Górnicze. Analizując wyniki wykonanych badań w otworach Z-2 oraz Z-3a, a także zagospodarowanie terenu i stan środowiska w rejonie ujęć stwierdziłam, że należy się spodziewać,

że ujęta woda lecznicza będzie się charakteryzować stałością składu chemicznego oraz dobrym stanem bakteriologicznym.

W pracy [A2] wykonałam szczegółową analizę pracy otworów hydrogeologicznych Z-2 i Z-3a w warunkach ich współdziałania, tj. w sytuacji, gdy wytworzone przez eksploatację leje depresji nakładają się na siebie. Współwystępowanie na tym obszarze wód leczniczych i zwykłych stwarza potencjalne zagrożenie, gdyż ich eksploatacja może powodować zmiany w reżimie wód. Wzajemne oddziaływanie przejawia się w zmianach wydajności, ciśnień złożowych i położenia zwierciadła wody. Często zmiany te mają charakter negatywny, tzn. obniżają się parametry eksploatacyjne ujęć i wzrasta głębokość położenia zwierciadła wody. Dodatkowo równowaga gazowo-wodna formująca skład chemiczny wód typu szczawy jest bardzo nietrwała. Oddziaływania te mogą przejawiać się także w składzie chemicznym, co jest szczególnie ważne w przypadku wód leczniczych, które powinny charakteryzować się stabilnością składu chemicznego. Wykonane badania pozwoliły mi na sformułowanie oceny, czy eksploatacja prowadzona w warunkach współdziałania otworów ujmujących szczawy w rejonie miejscowości Zubrzyk nie powoduje zmian charakteru tych wód oraz ich podstawowych parametrów. Obrazy zmienności i wzajemnych relacji analizowanych parametrów uzyskałam z zastosowaniem regresji liniowej i analizy PCA. Rezultaty wykonanej analizy pozwoliły stwierdzić, że występuje odmienny wpływ eksploatacji na parametry obserwowane dla analizowanych w pracy otworów hydrogeologicznych. Różnice dotyczyły głównie wywołanej eksploatacją depresji i warunkowanych tym kierunków i wielkości zmian przewodności elektrolitycznej właściwej. Uznałam, że różnice najprawdopodobniej wynikają z odmiennej wydajności jednostkowej oraz odrębnego mechanizmu dopływu wód wymuszonego eksploatacją. Jest to ważne z punktu widzenia stałości składu chemicznego wód leczniczych w warunkach współdziałania otworów, ponieważ w pewnej mierze reagują one odwrotnie na zmiany eksploatacji. Zmiany PEW wody są bezpośrednim następstwem wywołanych eksploatacją zmian natężenia napływu wód o podwyższonym stężeniu CO₂ i/lub naturalnych zmian natężenia jego migracji, które w obu otworach jest niezależne od siebie i nie jest uwarunkowane w istotnym stopniu zmiennością eksploatacji. Wskazuje to na mozaikowe i skupione występowanie stref migracji CO₂ z głębszego podłoża, co potwierdziło obserwowane na badanym terenie współwystępowanie wód zwykłych i leczniczych.

W przypadku, gdy otwory ujmujące wody podziemne pracują w warunkach współdziałania zaproponowana analiza ich pracy wykorzystana może być do oceny eksploatacji ujęć oraz optymalizacji warunków eksploatacji złóż. Bez wykonania zaawansowanej analizy niemożliwe jest określenie wzajemnych oddziaływań w zakresie podstawowych parametrów eksploatacyjnych. Tok postępowania zaproponowany w pracy [A2] powinien zostać wprowadzony jako tzw. dobra praktyka w przypadku współdziałających ujęć wielootworowych.

Energia geotermalna uznawana jest za odnawialne źródło energii. Polska przyjęła zobowiązania unijne (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE), dotyczące wykorzystania i promowania energii ze źródeł odnawialnych i tym samym za ogólny cel krajowy przyjęła minimum 15% udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r. Rozwój energetyki odnawialnej w Polsce, w tym geotermii, przyczynić się może do samodzielnego zaspokojenia potrzeb energetycznych i uniezależnienia od importu energii, a także obniżenia obecnego poziomu emisji gazów cieplarnianych. Korzystanie z zasobów wód termalnych musi być jednak możliwe technicznie i uzasadnione ekonomicznie.

W publikacji [A3] przedstawiłam propozycję mapy izolinii stopnia geotermicznego jako pierwsze podstawowe kryterium wyboru optymalnej lokalizacji nowych otworów za wodą termalną w obszarze niecki podhalańskiej. Obszar badań wytypowałam ze względu na fakt, że w obrębie niecki podhalańskiej istnieją wybitnie korzystne warunki eksploatacji wód termalnych ze względu na jej korzystną budowę geologiczną,

wysoką temperaturę (do 86°C na wypływie), niską mineralizację (do 3 g/dm³), wysoką wydajność (nawet ponad 200 m³/h z pojedynczego ujęcia), odnawialność złoża i łatwą dostępność terenu.

Jako podstawowe kryteria warunkujące możliwości korzystania z wód termalnych, przedstawiłam w pracy:

- odpowiednią temperaturę pobieranej wody;
- wydajność trwałą otworów i przewidywany czas jej występowania. Miarą wydajności jest trwały strumień wody pobieranej z otworu i temperatura wody. Zarówno pierwsza, jak i druga wartość mogą ulec zmianie w czasie. W przypadku temperatury może to nastąpić na skutek dotarcia do otworu czerpalnego frontu temperatury związanego ze zwrotem wody do złoża;
- głębokość, z jakiej ciepło może być pobierane;
- niewielką zawartość soli (mineralizacja) w wodzie i substancji sprzyjających korozji,
- odległość otworów eksploatacyjnych od miejsca wykorzystania ciepłych wód.

W publikacji [A3] na podstawie dostępnych danych charakteryzujących 15 wykonanych otworów ujmujących wodę termalną w obszarze niecki podhalańskiej obliczyłam średnią wartość stopnia geotermicznego. Argumentowałam, że parametr stopnia geotermicznego jest niezwykle istotny z punktu widzenia korzystania z zasobów wód termalnych, stanowiąc informację o temperaturze wody na ujęciu (tj. możliwą praktycznie do zagospodarowania) oraz o głębokości potencjalnych otworów warunkującej koszty wykonania odwiertów. Wykonana w ramach publikacji [A3] mapa izolinii przedstawiająca zmienność przestrzenną stopnia geotermicznego potwierdziła spodziewany wzrost temperatury (a tym samym niższe wartości stopnia geotermicznego) wraz z oddalaniem się od trzonu krystalicznego Tatr w stronę pienińskiego pasa skałkowego.

Wykonana przeze mnie analiza oraz wykreślona mapa rozkładu stopnia geotermicznego pozwala na ocenę możliwości korzystania z zasobów wód termalnych niecki podhalańskiej oraz typowanie miejsc potencjalnie najbardziej optymalnych temperaturowo. Stanowi niezwykle przydatne narzędzie dla optymalnej lokalizacji nowych wierceń. Naturalna spodziewana temperatura wód w złożu oraz na ujęciu, a także głębokość występowania wód termalnych jest zwykle pierwszym kryterium warunkującym dalsze prace koncepcyjne. Obie te informacje zawiera parametr zwany stopniem geotermicznym, którego wartości oraz zmienność przestrzenną oceniłam na podstawie aktualnego rozpoznania hydrogeologicznego.

2. Uwarunkowania prawne w geologii i ochronie środowiska - przykładowe prace:

[B1] Operacz A., Tomaszewska B., Wojanowska J. 2014 - *Małe elektrownie wodne pracujące na wodach technologicznych – przegląd aspektów formalno-prawnych*. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój 2 (2014) 19-28

[B2] Operacz A., Operacz T. 2014 - *Warunki korzystania ze zwykłych wód podziemnych w rejonie Iwonicza-Zdroju i Rymanowa-Zdroju w świetle uregulowań obowiązujących dla regionu wodnego Górnej Wisły*. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój 1 (2014) 53-61

[B3] Operacz A., 2013 - *Budowa małych elektrowni wodnych - inwestor vs. procedury*. w: Energetyka alternatywna. Zagadnienia wybrane red. J. Popczyk, wyd. I, Polkowice 2013, stron: 186, ISBN 978-61234-45-6, strony: 149-154

[B4] Operacz A., Tomaszewska B. 2018 - *Elektrownie na wodach technologicznych szansą na wypełnienie zobowiązań unijnych dla OZE?* GlobEnergia 4(2018)

Prawo do powszechnego i zwykłego korzystania z wód przysługuje każdemu na mocy ustawy Prawo Wodne. Na takie korzystanie nie występuje konieczność uzyskania pozwolenia wodnoprawnego. W przypadku jednak, gdy korzystanie z wód wykracza poza przedstawione w ustawie przypadki, kwalifikujące je jako korzystanie powszechne lub zwykłe, należy uwzględnić konieczność uzyskania pozwolenia wodnoprawnego. W świetle obowiązujących w Polsce uregulowań prawnych posiadanie takiego pozwolenia jest wymagane m.in. na

każde szczególne korzystanie z wód oraz wykonanie urządzeń wodnych. Dla takich inwestycji konieczne staje się opracowanie operatu wodnoprawnego, jako głównego dokumentu załączanego do wniosku o wydanie pozwolenia. Zakres operatu wodnoprawnego opisano szczegółowo w ustawie Prawo Wodne, która podlegała wielu zmianom, w tym szczególnie wejście Polski do Unii Europejskiej pociągnęło za sobą konieczność dostosowania polskich przepisów prawnych w zakresie gospodarowania i ochrony wód do obowiązujących uregulowań wspólnotowych. 22 grudnia 2000 r. weszła w życie Ramowa Dyrektywa Wodna, której najważniejszym przesłaniem jest ochrona zasobów wodnych dla przyszłych pokoleń. W myśl informacji zawartych w RDW *"woda nie jest produktem handlowym takim jak każdy inny, ale raczej dziedzicznym dobrem, które musi być chronione, bronię i traktowane jako takie"*. W ogłoszonej dyrektywie wskazano również, iż *"konieczna jest dalsza integracja ochrony i zrównoważonego gospodarowania wodą z innymi dziedzinami polityk wspólnotowych, takich jak energetyka, transport, rolnictwo, rybołówstwo, polityka regionalna i turystyka"*, a także, że *"niniejsza dyrektywa powinna tworzyć podstawę do kontynuacji dialogu oraz rozwoju strategii dla dalszej integracji poszczególnych obszarów polityk"*.

Pomimo powyżej przytoczonych zapisów osiągnięcie kompromisu pomiędzy ochroną wód, a ich wykorzystaniem użytkowym jest trudne. Problematyka ta stanowiła ważny obszar moich zainteresowań, a w publikowanych pracach starałam się analizować możliwe scenariusze oraz wskazywać zagrożenia i optymalne rozwiązania dla różnorodnych inwestycji korzystających z wód.

Wiele opublikowanych przeze mnie prac uzupełnia i szczegółowo analizuje fakt, że zgodnie z obowiązującym prawem polskim w postępowaniu wodnoprawnym na szczególne korzystanie z wód oraz wykonanie urządzeń wodnych służących do ich poboru, analizę wpływu inwestycji na środowisko rozszerzyć należy o analizę ryzyka nieosiągnięcia celów środowiskowych zdefiniowanych w Ramowej Dyrektywie Wodnej. Realizacja każdej inwestycji wymaga udowodnienia możliwości wykorzystania wód w aspekcie maksymalnego poszanowania komponentów środowiska oraz mając na uwadze obligatoryjny cel środowiskowy Ramowej Dyrektywy Wodnej, jakim jest osiągnięcie dobrego stanu wszystkich części wód. W pracach analizuję różnorodne wybrane przypadki (wody powierzchniowe, podziemne, budowle hydrotechniczne etc.) i przedstawiam ich krytykę oraz proponuję rozwiązania optymalne.

Plan Gospodarowania Wodami na Obszarze Dorzecza Wisły oraz Warunki korzystania z wód w regionie wodnym Górnej Wisły stanowią zbiór istotnych informacji, do których należy odnieść się w opracowywanym operacie wodnoprawnym. W pracach [B1, B2 oraz B3] szczegółowo przedyskutowałam warunki realizacji inwestycji w kontekście odpowiednio: energetycznego zagospodarowania wód technologicznych, korzystania z wód podziemnych zwykłych i leczniczych oraz energetycznego korzystania z wód powierzchniowych. Wskazałam, że jednoznaczne określenie wpływu projektowanych inwestycji na cele środowiskowe RDW wymaga przeprowadzenia oceny w oparciu o charakterystykę Jednolitej Części Wód Podziemnych, w obrębie których planowana jest inwestycja w odniesieniu do charakteru projektowanego przedsięwzięcia. Ocena ta jest zagadnieniem multidyscyplinarnym, wymagającym szczegółowej analizy, obszernej wiedzy oraz doświadczenia. Niezwykle istotna staje się świadomość nieodwracalności ewentualnych zmian negatywnych wprowadzanych w środowisku w wyniku błędnych decyzji. W operacie wodnoprawnym dla nowych inwestycji należy zatem przeprowadzić analizę wpływu inwestycji na cel środowiskowy dla jednostki, zakończoną wnioskiem o braku negatywnych oddziaływań na osiągnięcie celów środowiskowych.

W ramach pracy [B2] dokonałam analizy warunków korzystania z wód zwykłych w rejonie Iwonicza Zdroju – Rymanowa Zdroju, gdzie eksploatowane są zarówno zwykłe wody podziemne, jak i wody o charakterze wód leczniczych. Cechą charakterystyczną okolic Iwonicza Zdroju i Rymanowa Zdroju jest współwystępowanie wód zwykłych i leczniczych na powierzchni, bądź w strefie przypowierzchniowej. Ścisła granica między wodami

zwykłymi i leczniczymi w tym rejonie jest trudna do uchwycenia. Meritum pracy stanowiła synteza praktycznych aspektów uzyskania praw do korzystania ze zwykłych wód podziemnych. Przedstawiłam obowiązujące ówczesnie przepisy prawne ze szczególnym naciskiem na ogłoszone przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie w styczniu 2014 roku „Warunki korzystania z wód regionu wodnego Górnej Wisły”. W rejonie objętym analizą zwykłe wody podziemne czwartorzędowego i paleogeńskiego (fliszowego) poziomu wodonośnego wykorzystywane są głównie do zaopatrzenia ludności, rolnictwa i przemysłu. Ujmowane są najczęściej studniami wierconymi i kopanymi oraz ze źródeł. Wykorzystywane są bezpośrednio na miejscu, bądź przesyłane na dalsze odległości głównie do wiejskich osiedli. Wykonana analiza i ocena pozwoliły usystematyzować informacje oraz udoskonalić możliwości korzystania z wód w aspekcie maksymalnego poszanowania środowiska.

W pracach [B1 i B3] przedstawiłam i poszerzyłam dotychczasową wiedzę dotyczącą regulacji rynku energii w Polsce, w zakresie oceny kwalifikacji prawnej wybranych obiektów energetyki wodnej i zaliczenia ich do odnawialnych źródeł energii. Podjęłam trudną dyskusję w zakresie konfliktu interesów potencjalnego inwestora z celami organów samorządowych wydających odpowiednie decyzje i pozwolenia. Zidentyfikowałam aspekty gospodarki wodnej w poszanowaniu środowiska i skonfrontowałam je z ekonomicznymi celami inwestora. Poszerzyłam dyskusję o zobowiązania Polski w zakresie odnawialnych źródeł energii, jako kraju wspólnotowego Unii Europejskiej. Przedstawiłam argumenty obu stron i poddałam je krytyce. Kontynuację tych prac badawczych stanowią prace związane z przepływem nienaruszalnym w inwestycjach korzystających z wód, wykazane jako osiągnięcie naukowe.

Inna praca [B4] stanowi próbę weryfikacji obowiązujących ustaleń krajowych w aspekcie wypełnienia zobowiązań krajów Unii Europejskich w zakresie produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Artykuł stanowił krytyczny przegląd obowiązujących definicji oraz ich interpretację wskazującą, że przynajmniej część z instalacji hydroenergetycznych na wodach technologicznych mogłaby uzyskać status „odnawialnego źródła energii”. Podsumowałam, że rozwój sektora OZE w takich uwarunkowaniach mógłby wydatnie przyczynić się do wypełnienia zobowiązań unijnych, wspomóc bilanse ekonomiczne przedsiębiorstw korzystających z wody oraz pozwolić na efektywne zagospodarowanie odprowadzanych wód. Obecnie energia tych wód nie jest odzyskiwana, co wydaje się marnotrawieniem jej potencjału, który w skali kraju mógłby być znaczący. Praca stanowi zupełnie odmienne spojrzenie na sektor OZE, gdzie dotychczas nie brano pod uwagę możliwości produkcji energii elektrycznej z wód technologicznych nadając status odnawialnego źródła.

3. Ochrona wód powierzchniowych i podziemnych przed zanieczyszczeniem i antropopresją -

przykładowe prace:

[C1] Operacz A., Kotowski T. 2016 - *Ochrona jednolitych części wód podziemnych w aspekcie realizacji małych elektrowni wodnych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich III (2016) 883-894 DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2016.3.2.064>

[C2] Operacz A., Kurek K., Młyński D., Bugajski P. 2019 - *Untypical Draining Barriers Efficiency as a Method of Pollutants Limiting in the Groundwater Reservoir*. Journal of Ecological Engineering 20(2)

[C3] Operacz A., 2018 - *Wstępna ocena wpływu odprowadzania zużytych wód termalnych z kompleksu „Chochołowskie Termy” na jakość wód Czarnego Dunajca*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna Listopad (2018) 404-409 DOI: 10.15199/17.2018.11.4

[C4] Wąsik E., Chmielowski K., Operacz A. 2017 - *PCA as a data mining tools characterizing the work of nitrification reactors in the sewage treatment plant in Trepcza*. Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumietus 16(1) (2017) 209-222 DOI: 10.15576/ASP.FC/2017.16.1.209

[C5] Chmielowski K., Wąsik E., **Operacz A.,** Bugajski P., Kaczor G., Jurik L. 2017 - *Analysis of sewage susceptibility to biodegradation on an example of sewage treatment plant in Wodzisław Śląski*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich IV/1 (2017) 1427-1443 (in English) DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2017.4.1.109>

[C6] Wąsik E., Jurík L., Chmielowski K., **Operacz A.**, Bugajski P. 2017 - *Statistical process control of removal of nitrogen compounds in the wastewater treatment plant in Krosno*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich IV/2 (2017) 1699-1711 (in English)
DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2017.4.2.128>

Szczególnie istotny w mojej działalności badawczej jest aspekt ochrony ekosystemów wodnych przed zanieczyszczeniem i antropopresją. Obecnie obserwuje się rozwój sposobów zatrzymania lub odwrócenia postępującej degradacji środowiska wodnego i gruntowo-wodnego, spowodowanej głównie antropopresją. Od końca XX wieku widoczny jest gwałtowny rozwój efektywnych sposobów remediacji, choć nadal konieczna jest ich optymalizacja. Oczyszczanie środowiska gruntowo-wodnego, w przeciwieństwie do oczyszczania wód powierzchniowych (gdzie technologia jest poznana w znacznym stopniu) stanowi wyzwanie dla inżynierii środowiska.

Badaniami objęłam wody powierzchniowe [C3 - C6] ze szczególnym uwzględnieniem procesów oczyszczania ścieków prowadzących do usuwania zanieczyszczeń. W pracy [C2] podniosłam fakt, że wodami o najlepszych właściwościach fizykochemicznych i bakteriologicznych są wody podziemne i tym samym objęte powinny być one najwyższą formą ochrony. Dlatego też zarówno ekosystemy wód powierzchniowych, jak i wód podziemnych stanowią obszar mojego zainteresowania naukowego.

Publikacja [C1] stanowi opracowanie z zakresu ochrony wód podziemnych ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań w środowisku gruntowo-wodnym wywołanych zabudową hydrotechniczną towarzyszącą realizacji małych elektrowni wodnych. Krajowe doświadczenia w realizacji małych elektrowni wodnych świadczą o wysokim stopniu niejednoznaczności takich inwestycji w kontekście wpływu na środowisko i budzą wiele kontrowersji. W pracy przedstawiłam wpływ zarówno pozytywny, jak i negatywny realizacji MEW, wysoko zależny od indywidualnej lokalizacji oraz od aktualnego stanu środowiska. Zidentyfikowałam oraz opisałam możliwe oddziaływania przedsięwzięcia ograniczone do analizy wpływu na ochronę jednolitych części wód podziemnych. Realizacja inwestycji hydroenergetycznych budzi w Polsce skrajne emocje, szczególnie w aspekcie konieczności przegrodzenia cieku budowlą hydrotechniczną i utraty jego drożności. Jest to kwestia często podnoszona i żywo dyskutowana. Dostępność cieku dla organizmów wodnych, w tym szczególnie dla ryb dwuśrodowiskowych oraz warunki ich migracji związane z koniecznością pozostawienia przepływu środowiskowego poruszyłam także w publikacjach wykazanych jako osiągnięcie naukowe. Zwróciłam szczególną uwagę, że zarówno funkcjonowanie, a tym bardziej realizacja małych elektrowni wodnych „od podstaw” tj. wraz z budową nowego stopnia, wywiera wpływ na wody podziemne, co jest niestety często całkowicie pomijane lub bagatelizowane.

W odróżnieniu od zagospodarowania energetycznego zbiorników wielozadaniowych, mała energetyka wodna bazuje głównie na energii cieku wodnego bez możliwości sterowania przepływem dyspozycyjnym. W pracy [C1] rozważyłam typową sytuację tj. małą elektrownię przepływową zlokalizowaną na rzece drenującej z typowym przekrojem hydrogeologicznym tj. takim, gdzie dolinę rzeczną w przewadze wypełniają osady przepuszczalne. Ze względu na kontakt hydrauliczny wód powierzchniowych i podziemnych, wskazałam, że wszelkie zmiany wprowadzane w położeniu zwierciadła wód rzecznych wywołują również następstwa w środowisku wód podziemnych. Przeanalizowałam wpływ realizacji budowli piętrzącej towarzyszącej MEW na stan ilościowy i jakościowy wód podziemnych wg różnych scenariuszy. Przedstawiłam korzyści oraz ryzyko realizacji takiej zabudowy trwale przegradzającej koryto rzeczne.

Jako jeden z wniosków wskazałam, że z punktu widzenia hydrogeologii każde zwiększenie objętości wód podziemnych zgromadzonych w ośrodku gruntowym jest korzystne i oczekiwane. W aspekcie gospodarki wodnej zwiększona retencja podziemna (często zbliżona do całkowitej zdolności retencyjnej zlewni), ma ogromne

znaczenie w obiegu wody w systemie. Urządzenia piętrzące w korytach cieków znacząco wzbogacają zasoby retencji gruntowej. Ich wielkości w zasadniczym stopniu uzależnione są od stanu eksploatacji urządzeń, a w dalszej kolejności od kształtowania się naturalnych warunków hydrogeologicznych, glebowych i meteorologicznych. Podsumowałam analizę w tym aspekcie generalnym wnioskiem, że z punktu widzenia jedynie ilościowego aspektu wód podziemnych wydaje się korzystne utrzymanie możliwie najwyższego poziomu wód powierzchniowych, tak aby zwierciadło wód podziemnych znajdowało się w strefie korzeniowej. Konieczna jest przy tym dokładna znajomość wymagań roślin zasiedlających przyległy teren.

W aspekcie jakości wód podziemnych wskazałam, że dla utrzymania dobrego stanu chemicznego wód podziemnych lub też dla nie pogarszania jego złego stanu, konieczna jest całkowita eliminacja dostawy nowych substancji zanieczyszczających. Realizacja inwestycji hydroenergetycznych jest z zasady przedsięwzięciem bezemisyjnym. Uznaje się, że etap funkcjonowania MEW nie generuje zanieczyszczeń, ani do środowiska wodnego, ani do atmosfery. Zauważyłam, że powyższe informacje, jakkolwiek bezdyskusyjnie prawdziwe, są jednak niekompletne. Odpowiedzialność za środowisko wymusza szersze spojrzenie, które przedstawiłam w pracy [C1]. Wody podziemne narażone są przecież na zanieczyszczenie substancjami emitowanymi z różnych źródeł konwencjonalnych infiltrującymi wraz z wodami opadowymi. Piętrzenie wody rzecznej zmienia położenie zwierciadła wód podziemnych, a tym samym zmniejsza miąższość strefy aeracji, co może mieć wpływ na warunki migracji polutantów do wód podziemnych.

Zauważyłam, że zwiększenie objętości wód podziemnych wskutek realizacji piętrzenia i podniesienia lokalnego zwierciadła wód podziemnych może stanowić sytuację korzystną. Zanieczyszczenia zostaną rozcieńczone w większej ilości wody i ich stężenia relatywnie się zmniejszą. Podniesienie zwierciadła wód powierzchniowych wymuszające zmiany w wodach podziemnych skutkować będzie również lokalnie spadkiem nachylenia zwierciadła. Tym samym gradient hydrauliczny się zmniejszy i wydłuży się czas filtracji wód w kierunku odbornika, jaki stanowi rzeka, co generować będzie rozłożenie w czasie dostawy ewentualnych zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. W przypadku, gdy wody podziemne będą miały dobrą jakość obserwowane będzie jedynie zwiększenie jej ilości w zbiorniku wód podziemnych oraz większy udział w zasilaniu cieków powierzchniowych wodą podziemną o wysokiej jakości. Sytuacja taka byłaby optymalna dla środowiska przyrodniczego.

Strefa aeracji wraz z warstwą glebową stanowią naturalną barierę chroniącą zbiorniki wód podziemnych. Zanieczyszczenia konserwatywne (nie ulegające opóźnieniu, ani procesom zmiany ich składu i stężeń) przenikają jako pierwsze do warstwy wodonośnej. W przypadku zanieczyszczeń nie konserwatywnych mogą one być zatrzymywane w glebie oraz przypowierzchniowej części strefy aeracji. Jest to bardzo dobre środowisko do intensywnego rozwoju procesów fizycznych, fizyko-chemicznych i biologicznych prowadzących do samooczyszczania się wód określanymi wspólnym terminem Natural Attenuation. Podsumowałam, że ewentualne polutanty imitowane na powierzchni mogą zostać zatrzymane w górnej warstwie strefy aeracji lub znacząco zmniejsza się ich stężenie wraz z głębokością infiltracji.

Duża miąższość strefy aeracji generuje stosunkowo długie czasy wymiany wód oraz opóźnia skażenie wód podziemnych przez substancje infiltrujące z powierzchni ziemi. Jest to również potencjalnie dłuższy czas dla ewentualnych procesów prowadzących do samooczyszczania się środowiska wodno-gruntowego. Tym samym zmniejszenie jej miąższości (w wyniku realizacji piętrzenia w wodach powierzchniowych) może w tym aspekcie okazać się dla środowiska niekorzystne. Wskazałam, że analiza potencjalnego ryzyka związanego z dostawą zanieczyszczeń ze strony wód opadowych zasilających wody podziemne stanowić powinna podstawę do określenia wpływu piętrzenia na stan chemiczny JCWPd. Znaczące zmniejszenie miąższości strefy aeracji może okazać się niekorzystne, gdyż obniży naturalną odporność wód podziemnych na zanieczyszczenie. Istotny jest tu

charakter ewentualnych substancji zanieczyszczających, ich prędkość migracji oraz podatność na procesy fizykochemiczne zachodzące w glebie.

Przeprowadzona w ramach pracy [C1] analiza pozwoliła mi sformułować wnioski, że w typowych układach hydrodynamicznych dla rzek drenujących realizacja piętrzenia wód powierzchniowych skutkuje zwiększeniem ilości wód podziemnych w obszarze przyległym wymuszonym poprzez nawiązanie położenia zwierciadła wód podziemnych do zwierciadła wód w cieku. Zwiększa to retencję podziemną, zapobiega stepowaniu terenu, jest korzystne dla wegetacji roślin. Konieczne jest równoczesne zapewnienie bezpieczeństwa i ochrony budynków oraz siedlisk innych, niż bagienne przed podmakaniem. W aspekcie stanu chemicznego JCWPd zwiększenie miąższości strefy saturacji jest korzystne dla rozcieńczania ewentualnych skażeń znajdujących się w zbiorniku wód podziemnych. W sytuacji ciągłej dostawy polutantów z powierzchni ziemi zmniejsza to jednak możliwości samooczyszczania się środowiska poprzez zmniejszenie miąższości strefy aeracji jako bariery ochronnej. W przypadku, gdy nie istnieje ryzyko infiltracji zanieczyszczonych wód opadowych, zmiana miąższości strefy aeracji pozostaje praktycznie bez wpływu na jakość wód podziemnych. Inwestycje hydroenergetyczne mają charakter bezemisyjny i proekologiczny, nie korzystają w sposób bezzwrotny z wód powierzchniowych, ani też wód podziemnych. W odniesieniu do wprowadzanych zmian w środowisku wodno-gruntowym, w przewadze są to oddziaływania korzystne i pozytywne. Należy jednak przeprowadzić pełną analizę, również w aspekcie ewentualnego obniżenia naturalnej zdolności środowiska do samooczyszczania.

Środowisko wód podziemnych ujmowanych dla celów do spożycia rozpoznałam w trakcie badań do publikacji [C2]. Wykonałam analizę skuteczności wykorzystania istniejącej bariery odwadniającej jako nietypowego sposobu ograniczania migracji zanieczyszczeń w ośrodku hydrogeologicznym. Jako przykład istniejącej i funkcjonującej bariery wybrałam ujęcie wody w tzw. pasie D Huty ArcelorMittal w Krakowie-Nowej Hucie pracujące obecnie częściowo jako bariera, a częściowo nadal zgodnie z pierwotną funkcją, jako ujęcie wody do picia. Porównałam przestrzenne i czasowe zmienności parametrów fizykochemicznych wody w kilkunastu ujęciach wód podziemnych w celu oceny skuteczności działania nietypowej bariery odwadniającej jako ochrony jakości wody w studniach ujęciowych pasa „D”. Wykonana analiza statystyczna wykazała wyraźny wpływ pracy studni barierowych na jakość wód podziemnych ujmowanych przez studnie ujęciowe. Potwierdziłam zatem, że zmiana funkcji pracy części ze studni wykonanych pierwotnie jako ujęcie, na studnie barierowe, przyczyniła się zatem do utrzymania niskich stężeń analizowanych parametrów w studniach ujęciowych oddalonych od źródła zanieczyszczeń tj. od hałdy. We wnioskach wskazałam, że zastosowanie nietypowej funkcji wielootworowych ujęć wód podziemnych (projektowanych pierwotnie z podstawową funkcją eksploatacyjną) jako bariery ograniczającej migrację zanieczyszczeń w ośrodku wodonośnym nie zapewnia 100% zabezpieczenia przed dalszym rozprzestrzenianiem się substancji zanieczyszczających. Jest to spowodowane koniecznością dostosowania się do pierwotnego rozmieszczenia studni oraz reakcją na już trwającą migrację zanieczyszczeń. Niemniej jednak zastosowanie już istniejących ujęć jako bariery ochronnej stanowić może racjonalne rozwiązanie zapewniające pewien „bufor czasowy” pozwalający na opracowanie skutecznej metody usunięcia zanieczyszczeń ze środowiska. Zauważyłam, że realizacja ujęć nowych wymaga czasu na uzyskanie stosownych pozwoleń ich realizacji (czas wykonania i zatwierdzenia projektu, dokumentacji, uzyskania pozwolenia wodnoprawnego etc.). Analiza skuteczności pracy analizowanej nietypowej bariery, tj. studni ujęciowych włączanych do bariery ochronnej, wskazała, że tego typu bariera spełnia swoją funkcję i pomimo, iż nie działa tak skutecznie jak nowoczesne bariery, to z powodzeniem może być stosowana jako jedna z technik ograniczających migrację zanieczyszczeń w ośrodku hydrogeologicznym w przypadku deficytu czasowego i/lub finansowego na podjęcie bardziej skutecznych działań.

Zajmuje się również tematyka związana z odprowadzaniem ścieków do wód oraz do ziemi oraz analizą wpływu na odbiornik. W warunkach krajowych odprowadzanie ścieków (w tym nietypowych ścieków jakie stanowią zużyte wody termalne) podlega ograniczeniom oraz obliuguje podmiot korzystający z wód do prowadzenia monitoringu jakości odprowadzanych ścieków. Znaczącą część moich rozważań stanowią badania związane z funkcjonowaniem oczyszczalni ścieków [C4-C6]. Bazowałam na tym, że zainstalowane w nich urządzenia mierzące parametry zachodzących procesów oraz rejestracja danych pochodzących z tych pomiarów dały możliwość wykonania analizy poprawności działania obiektów. Zauważyłam, że ze względu na dużą liczbę danych pierwotnych interpretacja wyników jest często trudna. W pracy [C4] w celu zminimalizowania liczby zmiennych potrzebnych do wyjaśnienia danej zmiennej zaproponowałam analizę składowych głównych PCA. Wykonana analiza pokazała, że metoda PCA daje sposobność zastąpienia wejściowego zbioru skorelowanych parametrów (np. temperatury, pH, stężenia tlenu rozpuszczonego etc.) poprzez nieskorelowane składowe głównych czynników, stanowiących liniowe kombinacje zmiennych. Udowodniłam, że analiza składowych głównych PCA jest przydatnym narzędziem uzupełniającym podejście deterministyczne w ocenie działania oczyszczalni ścieków. Zajmowałam się również aspektem biodegradacji zanieczyszczeń na przykładzie oczyszczalni ścieków w Wodzisławiu Śląskim [C4]. Przeprowadzona analiza pozwoliła wykazać, że ścieki docierające do oczyszczalni wykazują wysoką podatność na biodegradację, co zapewnia skuteczność ich oczyszczania i odpowiednią jakość w procesie odprowadzania do środowiska.

W pracy [C3] jako przedmiot analizy wytypowałam kompleks "Chochołowskie Termy" odprowadzający zużyte wody termalne do wód tj. do potoku Czarny Dunajec. Analizy w przedstawionych pracach opieram o nadrzędne wytyczne, że wody należy bezwzględnie chronić tak, aby przyszłym pokoleniom pozostawić w dobrym stanie ilościowym i jakościowym. Dlatego też przedstawione możliwości usprawnienia procesów oczyszczania oraz intensyfikacji usuwania zanieczyszczeń (fizykochemicznych i bakteriologicznych) stanowią ważny wkład w praktyczne doskonalenie pracy oczyszczalni oparte na przesłankach badań naukowych. W pracy [C3] wykonana analiza dla wszystkich objętych badaniami parametrów pozwoliła mi na sformułowanie generalnego wniosku, że odprowadzanie zużytych wód termalnych na warunkach określonych pozwoleniem wodnoprawnym (nawet ze sporadycznym przekraczaniem dopuszczalnych wartości) nie zmienia klasy jakości wód odbiornika tj. potoku Czarny Dunajec i nie wywiera negatywnego wpływu na ocenę jego stanu oraz osiągnięcie celów środowiskowych. Przeprowadzony tok analizy stanowić powinien wzór i podstawę dla podobnych analiz w przypadku podobnych obiektów.

4. PODSUMOWANIE DOROBKU na dzień 13.02.2019

parametr	przed doktorem	po doktoracie	ogółem
liczba publikacji naukowych	10	34	44
- w tym z listy A MNiSW (sumaryczna punktacja)	-	4 (130 pkt.)	4 (130 pkt.)
- w tym publikacje w bazie Web of Science	-	8 (+3 w trakcie indeksacji)	8 (+3 w trakcie indeksacji)
- w tym publikacje w bazie Scopus (poza WoS)	-	4	4
materiały niepublikowane	7	86	93
sumarycznie	17	120	137
Impact Factor	-	18,696	18,696
sumaryczna punktacja wg MNiSW	27	361	388
sumaryczna punktacja habilitantki wg MNiSW z uwzględnieniem % udziałów	19,8	211,8	231,6
index Hirscha wg bazy Web of Science (bez autocytowań)	-	2/3*	2/3*
index Hirscha wg bazy Scopus (bez autocytowań)	-	3	3
index Hirscha wg bazy Google Scholar (bez autocytowań)	-	3	3
liczba cytowań wg WoS/Scopus/Google Scholar	-	11/11/33	9/11/33
członkostwo w Radzie Naukowej czasopism	-	1	1
wnioski patentowe	-	1	1
staże międzynarodowe	-	1 miesiąc	1 miesiąc
staże krajowe	3 tyg.	-	3 tyg.
kierownictwo projektów badawczych	1	1	2
wykonawca/współpraca w pozostałych projektach badawczych	-	6	6
udział w konf. międzynarodowych i krajowych	7	11	18
prezentacja referatu na konferencji	2	3	5
prezentacja posteru na konferencji	4	6	10
udział w komitecie naukowym konferencji	-	1	1
udział w komitecie organizacyjnym konferencji	-	3	3
recenzje artykułów w czasopismach	-	41 (w tym 19 z listy A)	41 (w tym 19 z listy A)
opiekun studentów w ramach programu Erasmus	-	4 osoby	4 osoby
opiekun prac dyplomowych magisterskich	-	17 (+5 w toku)	17 (+5 w toku)
opiekun prac dyplomowych inżynierskich	-	3 (+2 w toku)	3 (+2 w toku)
recenzent prac dyplomowych magisterskich	-	14	14
recenzent prac dyplomowych inżynierskich	-	10	10

* po zaindeksowaniu opublikowanej pracy (z wyłączeniem autocytowań):

praca opublikowana oczekująca na indeksację:

- A. Nowak, R. Mazur, E. Panek and J. Chmista. 2018. Model Studies on the Effectiveness of MBBR Reactors for the Restoration of Small Water Reservoirs.. EPJ Web of Conferences 30, 02004 (2018), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183002004>


 dr inż. Agnieszka Operacz