

## **Załącznik 3**

### **Autoreferat o osiągnięciach w działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej**

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza  
Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków

Rzeszów, 2025

## Spis treści

1. Imię i nazwisko .....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej .....	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.....	4
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) .....	4
4.1. Dziedzina i dyscyplina.....	4
4.2. Tytuł głównego osiągnięcia naukowego i wykaz publikacji powiązanych tematycznie .....	4
4.3. Cel badań .....	7
4.4. Uzasadnienie podjęcia badań.....	7
4.5. Omówienie osiągniętych wyników.....	11
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	31
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	33
7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.....	34

## 1. Imię i nazwisko

Dawid Szpak

ORCID: 0000-0001-9654-2477

Scopus: 56414712300

Web of Science: DZA-2933-2022

PBN: 5e7092b9878c28a04739b6b3

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

**Stopień doktora**                      **16.05.2018 r.**

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

**doktor nauk technicznych**

dyscyplina: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

specjalność: wodociągi i kanalizacja

Rozprawa doktorska pt. *„Metoda analizy przyczynowo-skutkowej i oceny zdarzeń niepożądanych w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę”*.

Promotor:

prof. hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak, Politechnika Rzeszowska

Promotor pomocniczy:

dr hab. inż. Katarzyna Pietrucha-Urbanik, Politechnika Rzeszowska

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Lucjan Gucma, Akademia Morska w Szczecinie

dr hab. inż. Stanisław M. Rybicki, prof. PK, Politechnika Krakowska

**Tytuł magistra**                      **25.06.2013 r.**

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

**magister inżynier inżynierii środowiska**

specjalność: zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków

Praca magisterska pt. *„Projekt koncepcyjny kanalizacji sanitarnej w wybranej miejscowości z analizą ekonomiczną”*.

Promotor: dr inż. Andrzej Studziński

**Tytuł inżyniera**                      **03.02.2012 r.**

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

**inżynier inżynierii środowiska**

Praca inżynierska pt. *„Projekt koncepcyjny kanalizacji sanitarnej wybranej miejscowości”*.

Promotor: dr inż. Andrzej Studziński

### **3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych**

<b>2013 – 2018</b>	asystent w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.
<b>2018 – obecnie</b>	adiunkt w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.

### **4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)**

#### **4.1. Dziedzina i dyscyplina**

**Dziedzina:** Nauki inżynieryjno-techniczne

**Dyscyplina:** Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

#### **4.2. Tytuł głównego osiągnięcia naukowego i wykaz publikacji powiązanych tematycznie**

##### **ANALIZA I OCENA ZAGROŻEŃ W SYSTEMIE ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA W WODĘ**

Jako osiągnięcie naukowe, wynikające z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), stanowiące wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* oraz podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, wskazuję cykl 7 publikacji naukowych powiązanych tematycznie pod tytułem: „*Analiza i ocena zagrożeń w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę*”. Osiągnięcie naukowe obejmuje dwa obszary naukowe dotyczące analizy i oceny zagrożeń w systemach zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW). Pierwszym z nich jest identyfikacja zagrożeń w SZZW oraz ocena ryzyka (zał. 4, poz. 1.1 – 1.3 oraz 1.7). Drugim obszarem badawczym jest ocena możliwości ograniczenia skutków wystąpienia naturalnych i antropotechnicznych zdarzeń niebezpiecznych przede wszystkim w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa konsumentów wody (zał. 4, poz. 1.4 – 1.6).

1. **Szpak D.**, Boryczko K., Żywiec J., Piegdoń I. Tchórzewska-Cieślak B., Rak J. (2021) Risk Assessment of Water Intakes in South-Eastern Poland in Relation to the WHO Requirements for Water Safety Plans. *Resources*, 10, 105. <https://doi.org/10.3390/resources10100105>. [zał. 4, poz. 1.1]

**Impact Factor (2021): -**

**5-Year Impact Factor: 3,7**

**Liczba punktów MNiSW: 100**

**Opis wkładu własnego:** koncepcja i zaplanowanie badań, identyfikacja zagrożeń, wyznaczenie wartości ryzyka dla poszczególnych zagrożeń, analiza statystyczna, interpretacja wyników, opracowanie wniosków, przygotowanie manuskryptu, przygotowanie odpowiedzi dla recenzentów i ostatecznej wersji manuskryptu.

Udział indywidualny: 60 %

2. Boryczko K., Piegdoń I., **Szpak D.**, Żywiec J. (2021) Risk Assessment of Lack of Water Supply Using the Hydraulic Model of the Water Supply, *Resources*, 10, 43. <https://doi.org/10.3390/resources10050043> [zał. 4, poz. 1.2]

**Impact Factor (2021): -**

**5-Year Impact Factor: 3,7**

**Liczba punktów MNiSW: 100**

**Opis wkładu własnego:** koncepcja i zaplanowanie badań, wyznaczenie wartości ryzyka braku dostawy wody w poszczególnych częściach miasta, interpretacja wyników, opracowanie wniosków, przygotowanie manuskryptu, przygotowanie odpowiedzi dla recenzentów i ostatecznej wersji manuskryptu.

Udział indywidualny: 50 %

3. Żywiec J., **Szpak D.**, Piegdoń I., Boryczko K., Pietrucha-Urbanik K., Tchórzewska-Cieślak B., Rak J. (2023) An Approach to Assess the Water Resources Reliability and Its Management. *Resources*, 12, 4. <https://doi.org/10.3390/resources12010004> [zał. 4, poz. 1.3]

**Impact Factor (2023): 3,6**

**5-Year Impact Factor: 3,7**

**Liczba punktów MNiSW: 100**

**Opis wkładu własnego:** koncepcja i zaplanowanie badań, opracowanie nowych wskaźników, interpretacja wyników, opracowanie wniosków, udział w przygotowaniu manuskryptu.

Udział indywidualny: 40 %

4. **Szpak D.**, Szczepanek A. (2023) A New Method of Water Supply in Crisis Situation. *Water*, 15(17), 3160. <https://doi.org/10.3390/w15173160> [zał. 4, poz. 1.4]

**Impact Factor (2023): 3,0**

**5-Year Impact Factor: 3,3**

**Liczba punktów MNiSW: 100**

**Opis wkładu własnego:** koncepcja i zaplanowanie badań, interpretacja wyników, przedstawienie i opisanie nowego rozwiązania w zakresie zaopatrzenia w wodę w sytuacji kryzysowej, opracowanie wniosków, przygotowanie manuskryptu, przygotowanie odpowiedzi dla recenzentów i ostatecznej wersji manuskryptu.

Udział indywidualny: 80 %

5. **Szpak D.**, Tchórzewska-Cieślak B., Stręk M. (2024) A New Method of Obtaining Water from Water Storage Tanks in a Crisis Situation Using Renewable Energy. *Energies*, 17(4), 874. <https://doi.org/10.3390/en17040874> [zał. 4, poz. 1.5]

**Impact Factor (2024):** 3,0

**5-Year Impact Factor:** 3,0

**Liczba punktów MNiSW:** 140

**Opis wkładu własnego:** koncepcja i zaplanowanie badań, przeprowadzenie obliczeń, interpretacja wyników, przedstawienie i opisanie nowego rozwiązania w zakresie poboru wody ze zbiornika wodociągowego w sytuacji kryzysowej, opracowanie wniosków, przygotowanie manuskryptu oraz odpowiedzi dla recenzentów.

Udział indywidualny: 80 %

6. **Szpak D.**, Różańska A. (2024) A new method of collecting water from an external hydrant in the event of large-scale power failures. *Instal*, 12/2024, 23-27 [zał. 4, poz. 1.6]

**Impact Factor (2024):** -

**5-Year Impact Factor:** -

**Liczba punktów MNiSW:** 70

**Opis wkładu własnego:** koncepcja i zaplanowanie badań, interpretacja wyników, przedstawienie i opisanie nowego rozwiązania w zakresie zaopatrzenia w wodę w sytuacji kryzysowej, opracowanie wniosków, przygotowanie manuskryptu, przygotowanie odpowiedzi dla recenzentów i ostatecznej wersji manuskryptu.

Udział indywidualny: 80 %

7. Tchórzewska-Cieślak B., **Szpak D.**, Żywiec J., Rożnowski M. (2024) The concept of estimating the risk of water losses in the water supply network. *Journal of Environmental Management* 359 (2024) 120965. doi:10.1016/j.jenvman.2024.120965 [zał. 4, poz. 1.7]

**Impact Factor (2024):** 8,0

**5-Year Impact Factor:** 7,9

**Liczba punktów MNiSW:** 200

**Opis wkładu własnego:** koncepcja i zaplanowanie badań, opracowanie nowego wskaźnika w aspekcie oceny strat wody, wyznaczenie wartości ryzyka strat wody na poszczególnych odcinkach, interpretacja wyników, opracowanie wniosków, przygotowanie manuskryptu, recenzja i korekta ostatecznej wersji manuskryptu.

Udział indywidualny: 40 %.

**Sumaryczny Impact Factor:** 17,6

**Sumaryczny 5-Year Impact Factor:** 25,3

**Liczba punktów MNiSW:** 810

Kopie publikacji składających się na osiągnięcie naukowe zamieszczono w **Załączniku 5**. Oświadczenia współautorów wskazanych publikacji wraz z określeniem indywidualnego wkładu w ich powstanie zamieszczono w **Załączniku 6**.

### 4.3. Cel badań

Celem naukowym przedstawionego cyklu publikacji jest:

- ocena ryzyka zagrożeń w SZZW, obejmująca przede wszystkim podsystemy ujmowania i dystrybucji wody, pod kątem zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa dla konsumentów wody,
- przedstawienie ryzyka w formie graficznej poprzez opracowanie map ryzyka przedstawiających obszary miasta lub przewody wodociągowe w szczególnie sposób narażone na awarie oraz wycieki wody,
- ocena możliwości ograniczenia skutków sytuacji kryzysowych związanych z brakiem dostawy wody do odbiorców poprzez wykorzystanie autorskich instalacji do poboru wody niezależnych od zasilania energetycznego.

Przedstawione osiągnięcie naukowe w formie cyklu publikacji pt. **„Analiza i ocena zagrożeń dla systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę”** uzupełnia lukę w badaniach dotyczących oceny ryzyka zagrożeń w SZZW w zakresie rozwinięcia metod matrycowych oceny ryzyka z uwzględnieniem parametrów podatności na zagrożenia (ang. *vulnerability*) oraz stopnia ochrony przed skutkami zdarzeń niebezpiecznych (ang. *security*), a także opracowania metod pozwalających na zapewnienie dostawy wody do konsumentów w sytuacji kryzysowej. Wyniki prowadzonych badań terenowych pozwoliły na sformułowanie praktycznych wniosków, które mogą być wdrożone do praktyki wodociągowej. Osiągnięte wyniki oceny ryzyka dla ujęć wody umożliwiły ocenę ich odporności (za pomocą miar ryzyka) na różnego typu zagrożenia oraz wskazanie przyczyn potencjalnych sytuacji kryzysowych w SZZW. Wyniki oceny ryzyka dla sieci wodociągowej umożliwiły wskazanie obszarów w szczególnie sposób narażonych na awarie oraz wycieki wody, co pozwala na jej wykorzystanie jako elementu planowania strategii dotyczącej ograniczania strat wody oraz możliwości dostawy wody w sytuacji kryzysowej. Zaproponowane autorskie metody poboru wody zgromadzonej w przewodach wodociągowych oraz zbiornikach wodociągowych umożliwiają dostawę wody zdatnej do spożycia do mieszkańców w sytuacjach kryzysowych, w szczególności podczas długotrwałych, wielkoobszarowych awarii zasilania.

### 4.4. Uzasadnienie podjęcia badań

System zbiorowego zaopatrzenia w wodę ma kluczowe znaczenie dla funkcjonowania społeczeństwa i państwa. Priorytetem w jego eksploatacji jest zapewnienie ciągłej i niezawodnej dostawy wody zdatnej do spożycia w wymaganej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem<sup>1</sup>. Ze względu na losowy charakter oraz złożoność zagrożeń dla dostawy i dystrybucji wody przeznaczonej do spożycia, nie ma możliwości zaprojektowania w pełni niezawodnego i bezpiecznego SZZW. W tym względzie istotne jest zaprojektowanie, wykonanie oraz eksploatacja systemu w taki sposób, aby był on „odporny” na wystąpienie

---

<sup>1</sup> Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz. U. z 2001 r. Nr 72 poz. 747, z późn. zm.)

różnego typu zagrożeń, które charakteryzują się losowością<sup>2,3</sup>. W teorii bezpieczeństwa odporność (*ang. resilience*) definiowana jest jako zdolność systemu do przewidywania, radzenia sobie/przyswajania, przeciwstawiania się i odzyskiwania stanu pierwotnego po wystąpieniu zagrożenia lub wypadku<sup>4</sup>. Istotne znaczenie w tym aspekcie ma efektywny monitoring oraz wykorzystanie systemów do inteligentnego zarządzania SZZW<sup>5,6</sup>. Źródłem ryzyka są zagrożenia, które są potencjalnym źródłem szkód (*strat*). Pojęcie zagrożenia nie posiada precyzyjnej, jednolitej definicji ze względu na interdyscyplinarny charakter. Ogólnie można przyjąć, że zagrożenie jest to każdy potencjalnie niebezpieczny czynnik, który prawdopodobnie prowadzi do wypadku związanego z utratą zdrowia lub życia ludzkiego, jak również z utratą mienia. Zagrożenia (twory wirtualne) mogą się aktywizować w postaci zdarzeń niebezpiecznych, czyli okoliczności, w których ludzie, mienie lub środowisko są narażeni na jedno lub kilka zagrożeń<sup>7</sup>. Negatywny wpływ na funkcjonowanie SZZW mają zarówno zagrożenia naturalne (działanie sił natury, np. powódź, susza, ekstremalne zjawiska pogodowe) jak i antropotechniczne. Mogą one być wynikiem błędów lub celowych działań człowieka. Zagrożenia w SZZW, które mogą spowodować najdotkliwsze skutki w aspekcie dostawy wody, obejmują: blackout, zanieczyszczenie wody, którego konwencjonalne procesy uzdatniania nie są w stanie usunąć, ekstremalne zjawiska pogodowe, cyberataki na systemy informatyczne, awarie kluczowych przewodów wodociągowych oraz pompowni, wtórne skażenie mikrobiologiczne wody w sieci wodociągowej oraz konflikt militarny<sup>8,9,10,11</sup>. Ogólnie bezpieczeństwo może być zdefiniowane w ujęciu opisowym jako stan lub właściwość obiektu, systemu, charakteryzująca jego zdolność do przeciwstawiania się wypadkom. W procesie dostawy i dystrybucji wody stan niebezpieczeństwa spowodowany jest wypadkiem, rozumianym jako zdarzenie przynoszące znaczące szkody i straty dla ludzi lub wewnętrznie sprzecznych oddziaływań w systemie: człowiek – obiekt – otoczenie<sup>12</sup>. Przyjmuje się, że miarą utraty bezpieczeństwa w SZZW jest tzw. funkcja ryzyka  $f(r)$ , definiowana jako wartość

---

<sup>2</sup> Kwietniewski M. Metodyka badań eksploatacyjnych sieci wodociągowych pod kątem niezawodności dostawy wody do odbiorców. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1999.

<sup>3</sup> Zimoch I. Zintegrowana metoda analizy niezawodności funkcjonowania i bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.

<sup>4</sup> Kröger W., Zio E. Vulnerable systems. Springer, London 2011.

<sup>5</sup> Kowalski D., Kowalska B., Suchorab P. Smart water supply system: a quasi intelligent diagnostic method for a distribution network. Applied Water Science 2022, 12:135.

<sup>6</sup> Kruszyński W., Dawidowicz J. Computer Modeling of Water Supply and Sewerage Networks as a Tool in an Integrated Water and Wastewater Management System in Municipal Enterprises. J. Ecol. Eng. 2020, 21(2), 261-266

<sup>7</sup> Smalko Z., Nowakowski T., Tubis A. Zarys niezawodnościowej teorii zagrożeń. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020.

<sup>8</sup> Missimer, T.M.; Danser, P.A.; Amy, G.; Pankratz, T. Water crisis: The metropolitan Atlanta, Georgia, regional water supply conflict. Water Policy 2014, 16, 669–689.

<sup>9</sup> Hanjra, M.A.; Qureshi, M.E. Global water crisis and future food security in an era of climate change. Food Policy 2010, 35, 365–377.

<sup>10</sup> Tchórzewska-Cieślak B. Metody analizy i oceny ryzyka awarii podsystemu dystrybucji wody. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2011.

<sup>11</sup> Cichoń T., Królikowska J. Protection of water resources for sustainable development. Desalination and Water Treatment 2018, 128, 442-449.

<sup>12</sup> Jaźwiński J., Ważyńska-Fiok K. Bezpieczeństwo systemów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.



oczekiwana strat (skutków) w wyniku zajścia potencjalnych (zidentyfikowanych) zagrożeń<sup>13,14</sup>. Wartość ryzyka wynika zatem z wartości prawdopodobieństwa zajścia danego typu zdarzenia niebezpiecznego i strat po jego wystąpieniu<sup>15</sup>. Podstawowa definicja ryzyka przedstawia się następująco:

$$r = P \cdot C \quad (1)$$

gdzie:

P – parametr związany z prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego,

C – parametr związany z konsekwencjami (stratami) związanymi z danym zdarzeniem.

W trójparametrycznej macierzy ryzyka dodatkowym parametrem może być podatność na zagrożenia (ang. *vulnerability*). W ujęciu „*security*” ryzyko można oszacować poprzez uwzględnienie w analizie parametru związanego z ochroną (ang. *security*) SZZW przed zagrożeniami, jako parametru odwrotnie proporcjonalnego do wartości ryzyka.

Sytuacja kryzysowa w SZZW jest natomiast rozumiana jako każda sytuacja wpływająca na ograniczenie stopnia zaopatrzenia w wodę mieszkańców poprzez brak możliwości realizacji dostaw wody siecią wodociągową, przy jednoczesnym braku możliwości wykorzystania ujęć wody eksploatowanych w normalnych warunkach.

Przeprowadzone badania obejmują aspekt zapewnienia bezpieczeństwa dostawy wody zarówno w warunkach normalnych jak i kryzysowych. Od kilkunastu lat zauważalna jest zmiana w sposobie myślenia o wypadkach w SZZW. Tradycyjne, niezawodnościowe podejście „wypadek to nieprzewidywalne zdarzenie, które występuje losowo” zostało uzupełnione stwierdzeniem „wypadek to zdarzenie powodujące przewidywalne straty”. Podejście oparte na zapobieganiu zagrożeniom znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo wypadku i wielkość jego konsekwencji. Zarządzanie ryzykiem i powiązane z nim środki ograniczające ryzyko są wymagane na mocy Dyrektywy 2020/2184<sup>16</sup>, która jest wdrażana do polskiego porządku prawnego. Podejście to jest także zgodne z normami EN 15975-1<sup>17</sup> i EN 15975-2<sup>18</sup>. Coraz powszechniejsze jest wdrażanie w polskich miastach Planów Bezpieczeństwa Wodnego (ang. *Water Safety Plans*) rekomendowanych przez Światową Organizację Zdrowia<sup>19</sup>. Badania naukowe w tym zakresie dotyczą głównie oceny wpływu różnego rodzaju zagrożeń naturalnych

---

<sup>13</sup> Lubowiecka T., Wieczysty A. Ryzyko w systemach zaopatrzenia w wodę, Monografia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN „Ryzyko w gospodarce wodnej” (Red. M. Maciejewski), z. 17. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000, str. 113–143.

<sup>14</sup> Rak J.R., Tchórzewska-Cieślak B. Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.

<sup>15</sup> ISO 31010. Risk management – risk assessment techniques, International Electrotechnical Commission, Genewa.

<sup>16</sup> Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi

<sup>17</sup> EN 15975-1:2011+A1:2016; Security of Drinking Water Supply—Guidelines for Risk and Crisis Management—Part 1: Crisis Management. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2016.

<sup>18</sup> EN 15975-2:2013; Security of Drinking Water Supply. Guidelines for Risk and Crisis Management Risk Management. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2013.

<sup>19</sup> Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers, second edition. World Health Organization 2023.

i cywilizacyjnych na ryzyko<sup>20,21,22</sup>. Niewiele jest natomiast badań pozwalających na wskazanie konkretnych obszarów najbardziej podatnych na brak dostawy wody po wystąpieniu zdarzenia niebezpiecznego oraz badań dotyczących funkcjonowania SZZW w sytuacji kryzysowej. Badania te koncentrują się głównie na bilansowaniu zapotrzebowania na wodę w sytuacji kryzysowej<sup>23</sup>. Zwiększanie odporności systemu poprzez przeciwdziałanie zagrożeniom oraz późniejsze ograniczanie skutków prawdopodobnych zdarzeń niebezpiecznych będzie nabierało coraz większego znaczenia. Kryzys elektroenergetyczny, sytuacja polityczno-migracyjna oraz wojna na Ukrainie obniżają poczucie bezpieczeństwa mieszkańców miast. Należy podkreślić negatywny efekt psychologiczny wywołany potencjalnym kryzysem wodnym, obejmujący stany lękowe i problemy zdrowotne<sup>24,25</sup>. Konieczne jest podejmowanie działań mających na celu doprowadzenie zarówno do doskonalenia systemu wykrywania i przeciwdziałania zagrożeniom, jak i budowania potencjału ograniczania negatywnych skutków po wystąpieniu wypadku.

W Polsce problem funkcjonowania SZZW w warunkach kryzysowych jest niewystarczająco rozpoznany. Wynika to z faktu, że nie ma aktualnych uwarunkowań prawnych w tym zakresie oraz z braku świadomości zagrożenia. Raporty Najwyższej Izby Kontroli (NIK) z 2017 roku<sup>26</sup> oraz z 2023 roku<sup>27</sup>, jak również doniesienia naukowe<sup>28</sup> wyraźnie wskazują na fakt, że przedsiębiorstwa wodociągowe nie są właściwie zabezpieczone na wypadek wystąpienia sytuacji kryzysowej. W tym celu konieczna jest adaptacja infrastruktury wodociągowej do funkcjonowania nie tylko w warunkach normalnych, ale także kryzysowych. Byłem biegłym w kontroli NIK nr P/23/087 z 2023 roku w zakresie oceny stopnia zapewnienia w kontrolowanych jednostkach bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę oraz dywersyfikacji jej źródeł na wypadek wystąpienia sytuacji kryzysowej (**zał. 4, poz. ZE.1**). Do największych uchybień podczas kontroli NIK zaliczono brak utrzymywania rezerwowych ujęć wody w stanie sprawności (brak monitoringu jakości wody oraz kontroli stanu technicznego tych ujęć) oraz brak odpowiedniej liczby środków transportu, pozwalających na transport wody do wyznaczonych miejsc dystrybucji (zasoby własne kontrolowanych jednostek i środki transportu możliwe do pozyskania od podmiotów zewnętrznych). Przedsiębiorstwa wodociągowe

---

<sup>20</sup> Rak J.R., Tchórzewska-Cieślak B., Studziński J. Bezpieczeństwo systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Instytut Badań Systemowych PAN. Warszawa 2013.

<sup>21</sup> Gunnarsdottir, M.J.; Gardarsson, S.M.; Elliott, M.; Sigmundsdottir, G.; Bartram, J. Benefits of Water Safety Plans: Microbiology, Compliance, and Public Health. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 7782–7789.

<sup>22</sup> Diao, K.; Sweetapple, C.; Farmani, R.; Fu, G.; Ward, S.; Butler, D. Global resilience analysis of water distribution systems. *Water Res.* 2016, 106, 383–393.

<sup>23</sup> Bross, L.; Krause, S.; Wannevitz, M.; Stock, E.; Sandholz, S.; Wienand, I. Insecure Security: Emergency Water Supply and Minimum Standards in Countries with a High Supply Reliability. *Water* 2019, 11, 732.

<sup>24</sup> Brooks, S.; Patel, S. Psychological Consequences of the Flint Water Crisis: A Scoping Review. *Disaster Med. Public Health Prep.* 2022, 16, 1259–1269.

<sup>25</sup> Pietrucha-Urbanik, K.; Rak, J. Consumers' Perceptions of the Supply of Tap Water in Crisis Situations. *Energies* 2020, 13, 3617.

<sup>26</sup> Zapewnienie bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę dużych aglomeracji miejskich na wypadek wystąpienia sytuacji kryzysowych, informacja o wynikach kontroli, NIK, 2017 r.

<sup>27</sup> Zapewnienie bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę wybranych jednostek samorządu terytorialnego na wypadek wystąpienia sytuacji kryzysowych, NIK, 2023 r.

<sup>28</sup> Majchrzak, D.; Michalski, K.; Reginia-Zacharski, J. Readiness of the Polish Crisis Management System to Respond to Long-Term, Large-Scale Power Shortages and Failures (Blackouts). *Energies* 2021, 14, 8286.

najczęściej nie posiadają stałych zapasów wody butelkowanej oraz workowanej. Nie posiadają również umów o współpracy z producentami wód/hurtowniami spożywczymi w zakresie dostawy wody butelkowanej w czasie trwania sytuacji kryzysowej. Jedynym zasobem wody możliwym do wykorzystania w początkowej fazie sytuacji kryzysowej jest zapas wody zgromadzony w systemie wodociągowym, głównie w zbiornikach wodociągowych. Warunkiem jej wykorzystania jest jednak przystosowanie zbiorników wodociągowych do poboru wody przez beczkowsy.

Analiza i ocena zagrożeń dla SZZW jest konieczna aby zrozumieć mechanizmy powstawania sytuacji kryzysowych w SZZW. Jest to kluczowy element pozwalający na ocenę negatywnych skutków zdarzeń niebezpiecznych, wskazanie najbardziej zagrożonych obszarów oraz opracowanie strategii dostawy wody w sytuacji kryzysowej. Ma to na celu ograniczenie ryzyka związanego z poborem wody z niepewnych źródeł w sytuacji kryzysowej. W przypadku braku zapewnienia dostępu do wody zdatnej do spożycia, część mieszkańców zacznie ją czerpać z nieeksploatowanych na co dzień studni kopanych lub cieków wodnych.

#### **4.5. Omówienie osiągniętych wyników**

##### **Publikacja 1**

**Szpak D., Boryczko K., Żywiec J., Piegoń I. Tchórzewska-Cieślak B., Rak J. (2021) Risk Assessment of Water Intakes in South-Eastern Poland in Relation to the WHO Requirements for Water Safety Plans. *Resources*, 10, 105. <https://doi.org/10.3390/resources10100105>**

Aspektem badawczym publikacji było zaproponowanie autorskiej metodologii oceny ryzyka dla ujęć wód powierzchniowych. W pracy przedstawiono matematyczne podstawy trójparametrycznej matrycowej metody oceny ryzyka ujęcia wody oraz przedstawiono sposób przyjmowania wag parametrów ryzyka. Analiza uwzględniała parametr związany z ochroną SZZW przed wystąpieniem zdarzenia niebezpiecznego:

$$r = \frac{P \cdot C}{O} \quad (2)$$

P – parametr związany z prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego,

C – parametr związany z konsekwencjami (stratami) związanymi z danym zdarzeniem,

O – parametr związany z ochroną SZZW przed zagrożeniami.

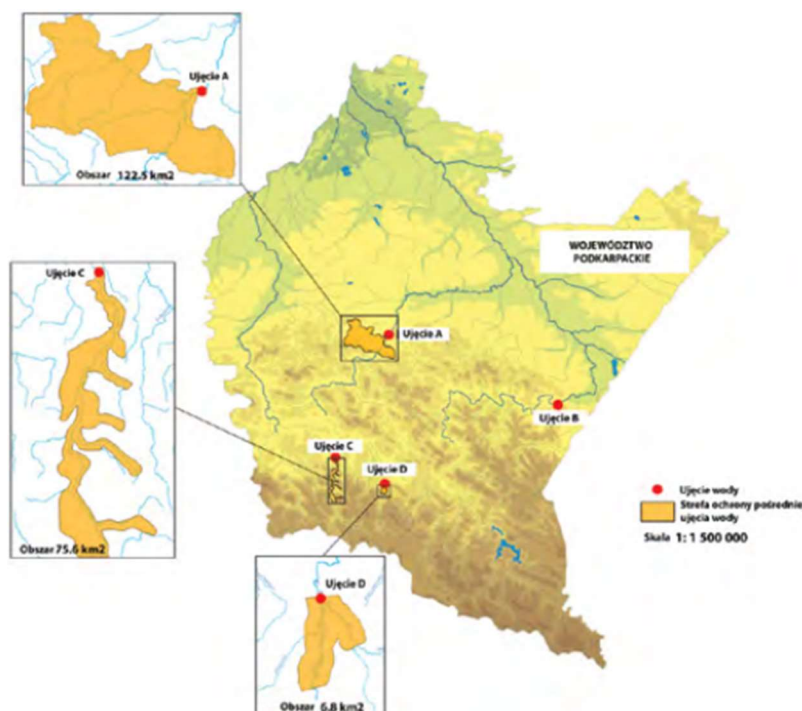
Opracowano szczegółowe kryteria, w oparciu o które przyjmuje się wagi punktowe parametrów P, C oraz O. Kryteria te zostały opracowane dla każdego parametru wejściowego.

W oparciu o opracowaną metodę przeprowadzono ocenę ryzyka zagrożeń dla czterech ujęć wód powierzchniowych zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Prace badawcze obejmowały m.in. charakterystykę hydrologiczną terenu zlewni, ocenę aktualnego stanu zagospodarowania terenu, analizę jakości ujmowanej wody, identyfikację i opis źródeł zagrożenia, analizę zagrożenia powodziowego, szacowanie ryzyka zagrożeń oraz opracowanie map. Materiałem badawczym były głównie dane eksploatacyjne z lat 2007-2018 pozyskane od przedsiębiorstw wodociągowych, m.in. dane dotyczące ujęcia oraz ZUW (zakład uzdatniania wody), dane z monitoringu jakościowego oraz ilościowego, książki awarii, jak również

dokumentacja hydrologiczna, przede wszystkim pozwolenia wodnoprawne na pobór wód. Taka interdyscyplinarna analiza była podstawą do podjęcia decyzji o konieczności wyznaczenia pośrednich stref ochrony ujęć wody, obejmujących obszar 12-godzinnego dopływu wody (rys. 1). Zidentyfikowano główne zagrożenia dla jakości ujmowanej wody, tj. wypadek drogowy lub kolejowy, oczyszczalnia ścieków komunalnych lub przemysłowych, zakłady przemysłowe, działalność rolnicza, inne źródła obszarowe, nieuregulowana gospodarka ściekowa, powódź, działanie osób trzecich, sezonowe zmiany jakości wody – lato, sezonowe zmiany jakości wody – zima. Wytypowanym zagrożeniom przypisano prawdopodobieństwo wystąpienia (P), konsekwencje (straty) związane z danym zdarzeniem (C) oraz skuteczność działania systemów ochrony (O) na podstawie opracowanych kryteriów (ocena ilościowa oraz jakościowa):  $r = f(P, C, O)$ . Punktem wyjścia zaproponowanego podejścia była metoda opracowana przez prof. J. Raka<sup>29</sup>. Ze względu na fakt, że w Polsce nie ma dotychczas wypracowanych kryteriów oraz sposobów oceny zagrożeń dla ujęć wody, przedstawiony w artykule matematyczny model szacowania ryzyka zagrożeń stał się podstawą dla opracowań wykonywanych przeze mnie na zlecenie przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych (zał. 4, poz. E.2 – E.5, E.7 – E.11 oraz E.13 – E.14). Potrzeba wykonania oceny ryzyka ujęć wody wynika z zapisów ustawy Prawo Wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz. U. 2017 poz. 1566 z późn. zm.) oraz Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Wyniki tego etapu badań pozwoliły na identyfikację głównych zagrożeń naturalnych i antropotechnicznych dla prawidłowej pracy ujęć wody powierzchniowej. Badania pozwoliły także na przedstawienie propozycji działań korygujących lub naprawczych, mających na celu zwiększenie odporności ujęć wody na różnego typu zagrożenia. Przedstawiona w publikacji ocena ryzyka zagrożeń była podstawą do późniejszych badań obejmujących m.in. prace nad opracowaniem instalacji, które umożliwią dostawę wody do ludności w przypadku niezdatności podstawowych ujęć wody. Wyniki tych badań są istotne dla zrozumienia wpływu zagrożeń naturalnych i antropotechnicznych na jakość i ilość ujmowanej wody oraz mają duży wpływ na ocenę ryzyka i sposób ochrony ujęć wody.

---

<sup>29</sup> Rak J.R. Wybrane zagadnienia niezawodności i bezpieczeństwa w zaopatrzeniu w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008.



Rysunek 1. Zasięg terenu ochrony pośredniej ujęć wody A, B, C oraz D

**Najważniejszymi aspektami naukowymi wynikającymi z przeprowadzonych badań są:**

- Przedstawienie matematycznego modelu trójparametrycznej matrycowej metody oceny ryzyka ujęć wody obejmującego prawdopodobieństwo wystąpienia (P), konsekwencje związane z danym zdarzeniem (C) i skuteczność działania systemów ochrony (O) oraz opracowanie kryteriów jakościowych i ilościowych dla poszczególnych parametrów.
- Wskazanie możliwości uwzględnienia w analizie parametru związanego z ochroną SZZW przed zagrożeniami (O), rozumianego jako poziom zaufania do skuteczności działania elementów systemów ochrony mających zapewniać dostarczanie konsumentom odpowiedniej jakości wody po zaistnieniu i-tego zagrożenia.
- Wskazanie, że zagrożeniami dla ciągłości pracy badanych ujęć wody powierzchniowej obciążonymi największym ryzykiem były okresowe wzrosty mętności, zakwity wody, powódzie oraz nieuregulowana gospodarka ściekowa. W przypadku zdarzeń katastroficznych zagrożenie stanowią potencjalne awarie oczyszczalni ścieków;
- Wskazanie, że podejście oparte na ocenie ryzyka jest optymalne z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa konsumentów wody i rozwoju społeczno-gospodarczego.

**Publikacja 2**

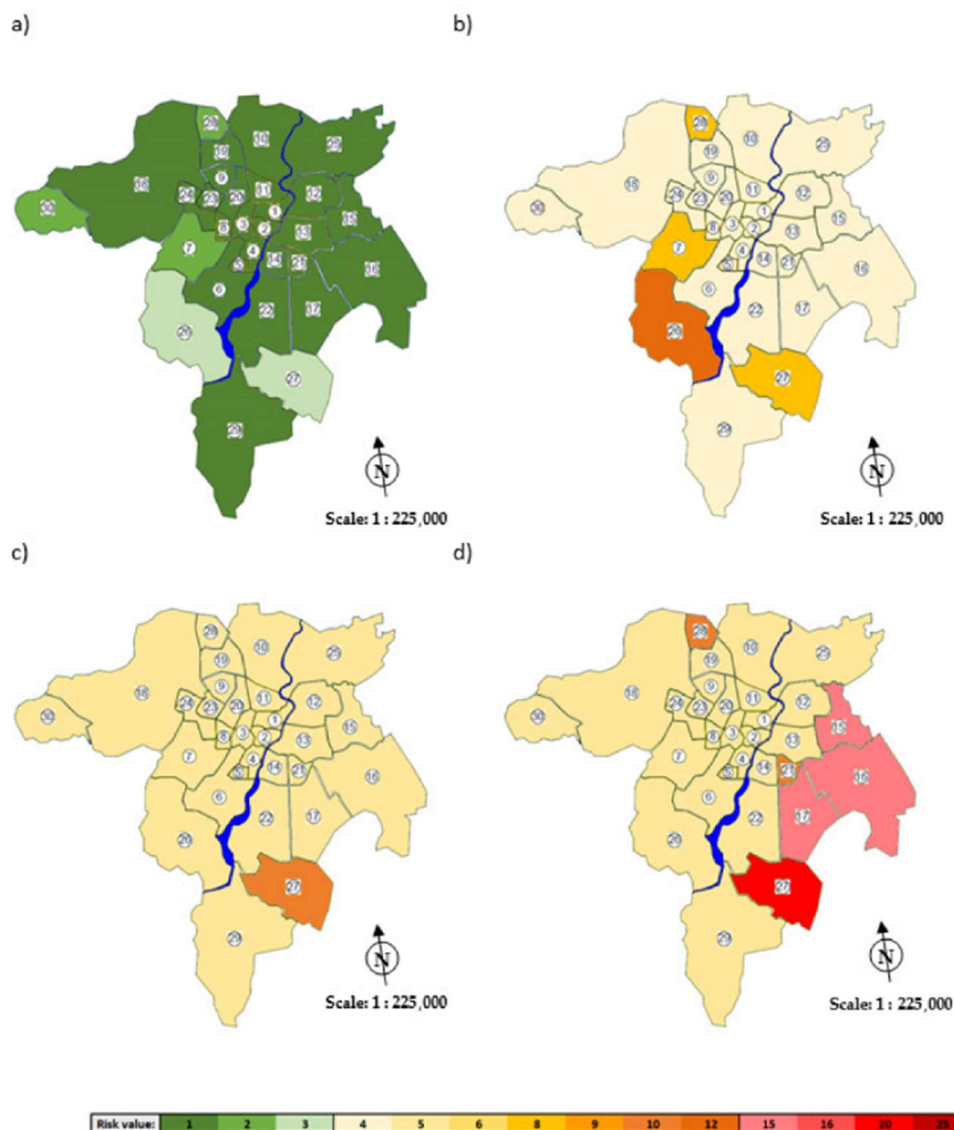
Boryczko K., Piegoń I., **Szpak D.**, Żywiec J. (2021) Risk Assessment of Lack of Water Supply Using the Hydraulic Model of the Water Supply, *Resources*, 10, 43. <https://doi.org/10.3390/resources10050043>

W publikacji przedstawiono opracowaną metodologię oceny ryzyka związanego z funkcjonowaniem głównych magistral wodociągowych. Punktem wyjścia była symulacja

awarii głównych magistral przy wykorzystaniu programu Epanet 2.0. Dane wejściowe do modelu obejmowały strukturę sieci wodociągowej, pompowni, zbiorników, chropowatość przewodów oraz rozbiory wody. Zaproponowana przeze mnie autorska metoda pozwala na szacowanie ryzyka braku dostawy wody do konsumentów. Ryzyko jest iloczynem prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego (P) oraz konsekwencji związanych z danym zdarzeniem, tj. brakiem dostawy wody (C):  $r = f(P, C)$ . Opracowano szczegółowe kryteria, w oparciu o które przyjmuje się wagi punktowe parametrów P oraz C. Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego (P) zostało uzależnione od wartości wskaźnika intensywności uszkodzeń  $\lambda$  [uszk./(km·rok)]. Wielkość konsekwencji (strat) (C) została uzależniona od liczby ludzi pozbawionych dostaw wody.

Każdej z magistral przypisano wagę prawdopodobieństwa na podstawie badań wskaźnika intensywności uszkodzeń  $\lambda$  [uszk./(km·rok)] obejmujących główne magistrale (M0, M1, M2 i M3) w pobliżu ZUW. Badania awaryjności przeprowadzono w oparciu o dane eksploatacyjne dotyczące awarii przewodów wodociągowych w latach 2004-2018 (m.in. lokalizacja awarii, typ przewodu, przyczyna i skutek awarii). Badania obejmowały początkowe odcinki magistral (M0, M1, M2 i M3), których awaria jest potencjalnie związana z największym ryzykiem wstrzymania dostaw wody. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej. Obliczono średnią arytmetyczną oraz podano miary pozycyjne. Wartość parametru strat została określona w oparciu o liczbę mieszkańców (konsumentów) dotkniętych brakiem dostawy wody w wyniku awarii głównych magistral. Na podstawie ciśnienia w sieci (wartości ciśnienia w węzłach sieci na podstawie badań symulacyjnych) oraz wysokości budynków określono liczbę mieszkańców dotkniętych brakiem dostawy wody. Przygotowano cztery scenariusze symulacji skutków awarii magistral wodociągowych (M0, M1, M2 oraz M3) na podstawie opracowanego zweryfikowanego modelu hydraulicznego sieci wodociągowej miasta wojewódzkiego położonego w południowo-wschodniej Polsce (rys. 2). Sieć wodociągowa zaopatrująca teren została podzielona na obszary, zgodnie z podziałem administracyjnym miasta. Na tej podstawie opracowano mapę ryzyka uwzględniającą trzystopniową skalę ryzyka, tj. niskie, średnie i wysokie. Przeprowadzone badania symulacyjne pozwoliły na wskazanie obszarów, w których wartość ciśnienia spadła poniżej wymaganego poziomu, czasu trwania tego spadku ciśnienia oraz potencjalnej liczby odbiorców pozbawionych dostaw wody. Badania pozwoliły na wskazanie magistrali, której eksploatacja jest obciążona największym ryzykiem i która w pierwszej kolejności powinna zostać poddana renowacji (magistrala M3). Jeśli chodzi o pozostałe magistrale, ich awaria nie jest związana wystąpieniem dużego ryzyka wstrzymania dostawy wody (w ciągu pierwszych 24 h). Metoda jest w pełni powtarzalna i może być wykorzystana do analizy pracy innych sieci wodociągowych. Wyniki badań są istotne dla zrozumienia procesów spadku ciśnienia po wystąpieniu poważnej awarii wodociągowej. Uzyskane wyniki można wykorzystać podczas opracowywania strategii zapobiegania awariom przewodów wodociągowych oraz strategii dostawy wody w sytuacji kryzysowej.

Za publikacje 1 oraz 2, wchodzące w skład przedstawionego osiągnięcia naukowego (zał. 4, poz. 1.1 oraz 1.2), otrzymałem nagrodę Rektora Politechniki Rzeszowskiej w 2022 roku.



Rysunek 2. Mapa ryzyka braku dostawy wody w przypadku awarii: (a) magistrali M0; (b) magistrali M1; (c) magistrali M2; (d) magistrali M3.

**Najważniejszymi aspektami naukowymi wynikającymi z przeprowadzonych badań są:**

- Identyfikacja obszarów, które są najbardziej narażone na odcięcie od wody po awarii poszczególnych magistral (M0, M1, M2 i M3), do których w pierwszej kolejności powinna być zapewniona dostawa wody z alternatywnych źródeł, np. woda butelkowana lub woreczkowana, woda zakumulowana w zbiornikach wodociągowych.
- Wskazanie istotnych różnic w wielkości ryzyka braku dostawy wody, które zostało wyznaczone dla poszczególnych magistral.
- Wskazanie, że największe zagrożenie dla ciągłości dostawy wody do badanego miasta jest związane z funkcjonowaniem magistrali M3.
- Wskazanie, że zasilanie miasta kilkoma magistralami (w tym wypadku czterema) oraz sieć wykonana w układzie obwodowym powoduje, że ryzyko braku dostaw wody,

nawet w przypadku długotrwałej awarii magistrali wodociągowej doprowadzającej wodę z ZUW (24 h) jest dla większości obszarów małe lub średnie.

### **Publikacja 3**

Żywiec J., Szpak D., Piegoń I., Boryczko K., Pietrucha-Urbanik K., Tchórzewska-Cieślak B., Rak J. (2023) An Approach to Assess the Water Resources Reliability and Its Management. *Resources*, 12, 4. <https://doi.org/10.3390/resources12010004>

W pracy przeprowadzono badania możliwości wzrostu liczby mieszkańców miast, co zostało uwarunkowane dostępnością wody oraz możliwością zaopatrzenia ludności w wodę. Miasta powinny posiadać zasoby i ujęcia wody pozwalające na zapewnienie dostawy wody przez dziesiątki lat.

Punkt wyjścia badań stanowił problem stale zmniejszającej się ilości wody zdatnej do spożycia, na co wpływ mają zarówno zmiany klimatyczne jak i presja antropotechniczna. Potencjał rozwoju miasta został określony autorskimi wskaźnikami. Materiałem badawczym były dane dotyczące produkcji, zużycia wody oraz strat wody w 2021 roku, jak również dokumentacja hydrologiczna. Badania obejmowały 9 ujęć wody zasilających w wodę 5 miast zlokalizowanych w województwie podkarpackim. Oznaczono je literami A – E (rysunek 3). Wyniki badań pozwoliły na wskazanie tych miast, które w nieodległej przyszłości będą miały problem z dostępnością wody. Opracowana procedura składa się z kilku etapów. W pierwszym etapie określono wielkość strat wody w analizowanym systemie w oparciu o metodykę IWA (ang. *International Water Association*). Następnie obliczono rezerwową ilość wody, która może zostać dostarczona do miasta w danych warunkach eksploatacyjnych:  $Q_{R1}$ ,  $Q_{R2}$ ,  $Q_P$  [ $\text{m}^3/\text{d}$ ]. Kolejnym etapem było wyznaczenie wskaźników potencjalnego wzrostu liczby mieszkańców miast:  $\Delta P_{R1}$ ,  $\Delta P_{R2}$ ,  $\Delta P_P$  [mieszkaniec]. Realizacja kolejnych etapów pozwoliła na wyznaczenie czasu rozwoju aglomeracji przy dostępnych zasobach:  $T_{R1}$ ,  $T_{R2}$ ,  $T_P$  [rok]. Dodatkowo, przeprowadzono obliczenia wskaźnika Pielou, na podstawie którego można ocenić dywersyfikację ujęć wody w analizowanych miastach. Badania wykazały m.in., że miasta A i D powinny rozważyć możliwość zaopatrzenia miasta w wodę z drugiego (alternatywnego) ujęcia wody w ciągu najbliższych kilku lat. Ponadto dla miasta E wskazana jest rozbudowa istniejących ujęć wody, ze względu na warunki pozwoleń wodnoprawnych. Wyniki badań pozwalają na wskazanie głównych problemów związanych z ograniczaniem dostępności ujmowanej wody oraz koniecznością poszukiwania alternatywnych źródeł wody. W efekcie możliwe jest wskazanie miast szczególnie narażonych na niedobory wody.

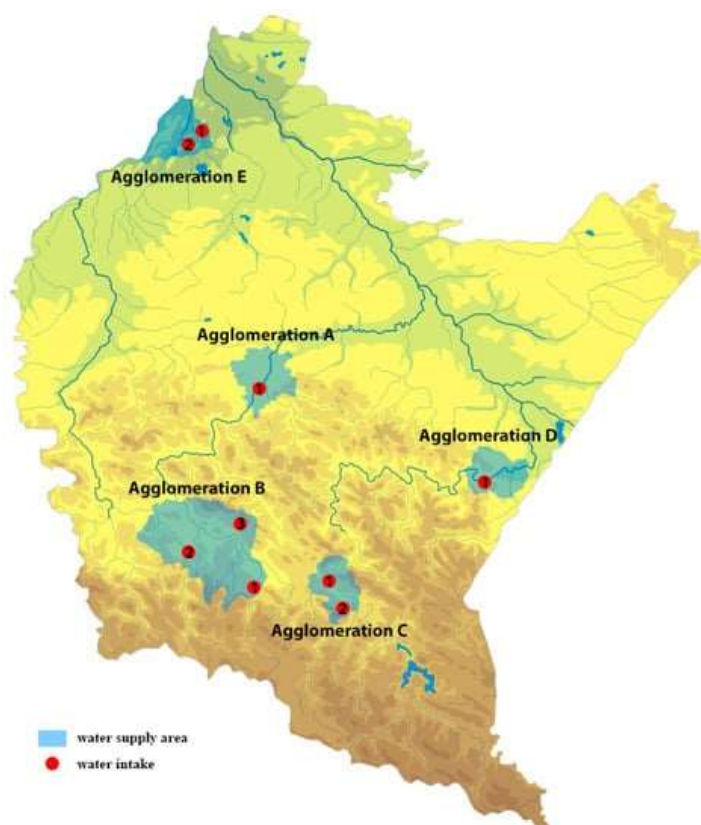
W Polsce jednym z dwóch dominujących typów migracji wewnętrznych są migracje ze wsi i małych miast do dużych miast. Jedną z barier ograniczających napływ nowych mieszkańców do miasta jest możliwość zwiększenia produkcji wody w celu pokrycia zwiększonego zapotrzebowania na wodę. Dla miasta A określono wartość limitu czasowego  $T_{R1} = 17$  lat, po upływie którego przy utrzymaniu dotychczasowego dynamicznego tempa rozwoju miasta nie będzie możliwości zwiększenia poboru wody z eksploatowanego ujęcia.

Przeprowadzone badania pozwoliły także na określenie jednostkowych strat wody. Największe jednostkowe straty wody otrzymano dla miasta D ( $0,037 \text{ m}^3/(\text{M} \cdot \text{d})$ ). Otrzymane wyniki



wskazują wyraźnie na konieczność wdrożenia działań opartych na aktywnej kontroli wycieków w tym mieście.

Zdolności produkcyjne ujęć wód powierzchniowych często znacznie przekraczają aktualne zapotrzebowanie na wodę. Nie oznacza to jednak, że przyszłe, zwiększone zapotrzebowanie na wodę będzie pokrywane także z aktualnie eksploatowanych źródeł. Przeprowadzone badania umożliwią eksploatatorom SZZW uwzględnienie w procesie decyzyjnym zmian wynikających z zapisów pozwoleń wodnoprawnych.



Rysunek 3. Położenie aglomeracji A – E na w województwie podkarpackim

**Najważniejszymi aspektami naukowymi wynikającymi z przeprowadzonych badań są:**

- Opracowanie autorskich wskaźników do analizy możliwości rozwoju miast w aspekcie dostępności ujmowanej wody oraz możliwości zaopatrzenia ludności w wodę.
- Identyfikacja miast, które są najbardziej narażone na skutki zmian klimatycznych i związanego z nimi ograniczania poboru wody, tj. konieczność utrzymania nienaruszalnego przepływu wody i brak możliwości wykorzystania pełnych zdolności produkcyjnych ujęć wody.
- Wykazanie, że zależności między dostępnością wody i procesami demograficznymi mogą być istotne dla właściwego zarządzania polityką migracyjną ludności, w tym migracji ludności w czasie wojny (np. z Ukrainy).
- Wskazanie, że długoterminowa strategia rozwoju SZZW powinna koncentrować się na możliwości zaopatrzenia w wodę z co najmniej dwóch ujęć wody, przy równomiernie rozłożonych zdolnościach produkcyjnych.

#### **Publikacja 4**

**Szpak D., Szczepanek A. (2023)** A New Method of Water Supply in Crisis Situation. *Water*, 15(17), 3160. <https://doi.org/10.3390/w15173160>

Celem publikacji było opracowanie nowatorskiej metody pozwalającej na pobór wody z sieci wodociągowej po wystąpieniu spadku ciśnienia uniemożliwiającego dostawę wody do odbiorców. Punkt wyjścia stanowiła analiza możliwości dostawy wody do mieszkańców w sytuacji kryzysowej przez przedsiębiorstwa wodociągowe, miasta oraz gminy w Polsce i stwierdzenie niedostatecznego stanu w tym zakresie. Zaproponowane przeze mnie rozwiązanie umożliwi wykorzystanie wody zakumulowanej w przewodach wodociągowych oraz pozwoli na jej wykorzystanie do zaopatrzenia ludności w wodę w sytuacjach ograniczonego lub uniemożliwionego poboru wody, np. blackout, niezdatność podstawowych ujęć wody, awaria magistrali. Badanie to przynosi również kilka innych ważnych korzyści, w tym szybszy dostęp do zasobów wodnych (krótszy czas dostarczenia wody do ludności) i zwiększone wsparcie dla służb realizujących zadania z zakresu zarządzania kryzysowego. Funkcję odwadniania sieci wodociągowej za pomocą studni spustowej można połączyć z pozyskiwaniem wody zgromadzonej w przewodach wodociągach w warunkach kryzysowych. Studnie spustowe wg mojego opracowania (zał. 4, poz. PAT.1) powinny być zlokalizowane na przewodach wodociągowych w najniższych punktach sieci wodociągowej. Opracowane rozwiązanie przyczynia się do rozwiązania problemu związanego z często spotykanym brakiem odpowiedniej ilości wody zdatnej do spożycia, która mogłaby być rozdysponowana wśród mieszkańców po wystąpieniu sytuacji kryzysowej. W pracy określono również kryzysowe zapotrzebowanie na wodę, tj. ilość wody związaną z fizjologią człowieka, podstawowymi praktykami higienicznymi oraz podstawowymi potrzebami kulinarnymi. Otrzymane wartości porównano z ilością wody, którą można pozyskać za pomocą przedstawionej koncepcji. Szacuje się, że ilość wody zakumulowanej w przewodach wodociągowych jest równa wartości odpowiadającej średniemu dobowemu zużyciu wody, w przypadku badanej sieci wodociągowej jest to około 5000 m<sup>3</sup> wody. Zakładając, że uda się pobrać jedynie 20% wody zgromadzonej w przewodach wodociągowych, dysponujemy rozwiązaniem pozwalającym na pobranie wody w ilości pozwalającej na zaspokojenie potrzeb fizjologicznych przez około 11 dób (2,5 dm<sup>3</sup> na mieszkańca na dobę), a w przypadku zabezpieczenia wody w ilości 7,5 dm<sup>3</sup> na mieszkańca na dobę, będzie to około 4 doby.

#### **Najważniejszymi aspektami naukowymi wynikającymi z przeprowadzonych badań są:**

- Opracowanie autorskiej instalacji umożliwiającej pobór wody z sieci wodociągowej w sytuacji kryzysowej, zwłaszcza podczas długotrwałych, wielkoobszarowych awarii zasilania, długotrwałej niezdatności podstawowych ujęć wody lub awarii magistrali.
- Zaproponowanie sposobu wykorzystania wody zakumulowanej w przewodach wodociągowych bez konieczności ponoszenia dużych nakładów finansowych. Konieczna jest modernizacja studni spustowych w wybranych częściach miasta.

- Wskazanie, że ilość wody pobieranej z jednego punktu czerpalnego będzie wynosiła co najwyżej 10 dm<sup>3</sup>/s i będzie uzależniona od wydajności pompy zanurzeniowej i ilości wody pozostałej w sieci wodociągowej.
- Wykazanie, że objętość wody, którą można uzyskać z magistral wodociągowych daje możliwość zaspokojenia podstawowych fizjologicznych i higienicznych potrzeb ludności w czasie kryzysu nawet przez kilka dób. W przypadku pokrycia potrzeb fizjologicznych ludności będzie to około 11 dób.

### **Publikacja 5**

**Szpak D., Tchórzewska-Cieślak B., Stręć M. (2024)** A New Method of Obtaining Water from Water Storage Tanks in a Crisis Situation Using Renewable Energy. *Energies*, 17(4), 874. <https://doi.org/10.3390/en17040874>

W publikacji przedstawiono opracowaną nowatorską metodę pozwalającą na pobór wody ze zbiornika wodociągowego, która może być wykorzystana w czasie trwania sytuacji kryzysowych, zwłaszcza w czasie długotrwałych, wielkoobszarowych awarii zasilania. Analiza przygotowania wybranych przedsiębiorstw wodociągowych oraz gmin do dostawy wody w sytuacji kryzysowej jednoznacznie wskazuje, że w większości nie posiadają one rezerwowych ujęć wody w stanie sprawności (brak monitoringu jakości wody oraz kontroli stanu technicznego tych ujęć) oraz odpowiedniej liczby środków transportu, pozwalających na transport wody do wyznaczonych miejsc dystrybucji (zasoby własne i środki transportu możliwe do pozyskania od podmiotów zewnętrznych). Bardzo często jedynym zasobem wody możliwym do wykorzystania w początkowej fazie sytuacji kryzysowej jest zapas wody zgromadzony w systemie wodociągowym, głównie w zbiornikach wodociągowych. Koniecznym warunkiem jest przystosowanie zbiorników wodociągowych do poboru wody przez beczkowozы. Zgodnie z opracowaną przeze mnie koncepcją jeden ze zbiorników wodociągowych powinien zostać odcięty od sieci wodociągowej po wystąpieniu sytuacji kryzysowej, a zgromadzona w nim woda powinna stanowić źródło wody dla beczkowozów. Opracowana instalacja (**zał. 4, poz. PAT.3**) może pracować niezależnie od dostaw energii elektrycznej z sieci, dzięki wykorzystaniu odnawialnego źródła energii tj. instalacji fotowoltaicznej, baterii rezerwowej i przełącznika źródła zasilania. Takie rozwiązanie nie było dotychczas rozważane. Kolejną nowością opracowania jest propozycja możliwości dezynfekcji wody pobranej ze zbiornika retencyjnego za pomocą lampy UV (także zasilanej z niezależnego źródła), co jest szczególnie istotne w przypadku, gdy wiek wody przekracza 3 doby. W publikacji dobrano uniwersalny zestaw urządzeń umożliwiający pobór wody ze zbiornika wodociągowego w ilości około 10 dm<sup>3</sup>/s. Autorska instalacja na podstawie przedstawionego opisu rozwiązania może być wykonana w różnych SZZW. Praca ta przyczynia się do rozwiązania problemu dostępności wody pitnej podczas długotrwałej przerwy w dostawie prądu. Badania te przynoszą także kilka innych ważnych korzyści, w tym zmniejszenie stresu wśród ludności poprzez dostarczanie czystej, bezpiecznej mikrobiologicznie wody.

**Najważniejszymi aspektami naukowymi wynikającymi z przeprowadzonych badań są:**

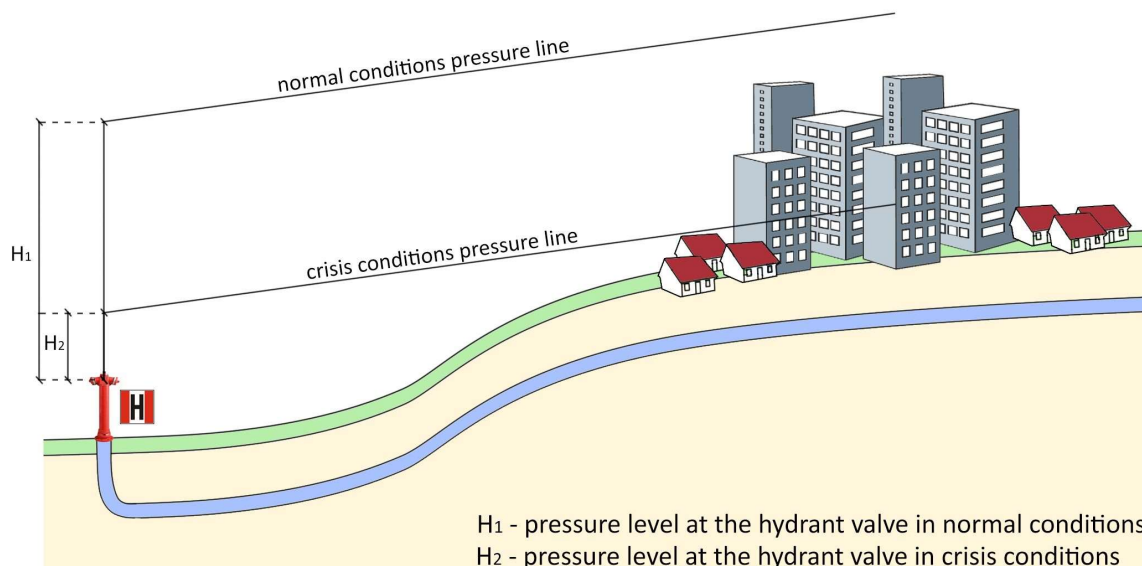
- Opracowanie autorskiej instalacji do poboru wody ze zbiornika wodociągowego, która będzie mogła być wykorzystywana do zaspokajania podstawowych, fizjologicznych potrzeb dotkniętej ludności przez okres do kilku tygodni (w zależności od pojemności zbiornika i jego napełnienia), niezależnie od dostaw energii elektrycznej z sieci.
- Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej oraz magazynu energii do zasilania pompy i umożliwienie poboru wody ze zbiorników magazynujących wodę w sytuacji kryzysowej, także w przypadku awarii w sieci trójfazowej.
- Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej oraz magazynu energii do zasilania lampy UV w sytuacji kryzysowej, co umożliwia utrzymanie czystości mikrobiologicznej wody nawet podczas długotrwałego braku zasilania podstawowego.
- Zastosowanie przełącznika źródła zasilania – automatyczne przełączanie odbiorów ze źródła zasilania podstawowego na źródło rezerwowe (i odwrotnie) w przypadku awarii w sieci trójfazowej.

**Publikacja 6**

**Szpak D., Różańska A. (2024)** A new method of collecting water from an external hydrant in the event of large-scale power failures. *Instal*, 12/2024, 48-52. DOI 10.36119/15.2024.12.9.

Aspektem badawczym publikacji jest przedstawienie nowatorskiej metody poboru wody z hydrantu zewnętrznego, do wykorzystania w sytuacji kryzysowej. W przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej, zwłaszcza w przypadku długotrwałego braku zasilania w energię elektryczną, następuje zatrzymanie pracy pomp wodociągowych, co skutkuje spadkiem ciśnienia w sieci wodociągowej, a co za tym idzie zmniejsza się ciśnienie wypływu wody u odbiorców. Odbiorcy pobierają w tym czasie większą niż zwykle ilość wody, w celu zgromadzenia jej zapasu, co przyspiesza proces spadku ciśnienia. Pobór wody w wyżej położonych częściach miasta staje się przez to niemożliwy do realizacji, a pozostała w systemie woda, spływa grawitacyjnie w niższe partie sieci wodociągowej. Ze względu na spływ grawitacyjny wody w sytuacji kryzysowej, opracowane baterie czerpalne lokalizuje się w najniższych punktach sieci wodociągowej (rysunek 4). Zaproponowana przeze mnie bateria czerpalna (**zał. 4, poz. PAT.2**) tworzy cztery punkty czerpalne. Ilość wody, możliwa do pobrania za pomocą jednej baterii czerpalnej z hydrantu wynosi co najwyżej 10 dm<sup>3</sup>/s, przy czym ilość ta jest zależna od ciśnienia w sieci wodociągowej i ilości wody pozostałej w tej sieci. Woda dopływa do punktów poboru pod własnym ciśnieniem. Przedstawione podejście umożliwia pobór wody głównie mieszkańcom domostw położonych najwyżej, którzy w pierwszej kolejności nie będą mieć dostępu wody wodociągowej (konieczny jest dojazd do punktów czerpalnych). Rozwiązanie to może być stosowane przez przedsiębiorstwa wodociągowe, które nie mają rezerwowych ujęć wody w stanie sprawności i nie dysponują zasobami bezpiecznej wody do rozdysponowania wśród mieszkańców. Dodatkowo punkty czerpalne należy rozlokować równomiernie na terenie badanego miasta tak, aby czas dotarcia mieszkańców do punktu czerpalnego był możliwie krótki. Zapewnienie możliwości poboru uzdatnionej i bezpiecznej wody w sytuacji kryzysowej ogranicza ryzyko związane z poborem

wody z niepewnych źródeł. Istotnym zagadnieniem badawczym była także ocena przygotowania przedsiębiorstwa wodociągowego do zaopatrzenia w wodę w sytuacji kryzysowej w oparciu o zasoby własne.



Rysunek 4. Schemat działania opracowanego rozwiązania

**Najważniejszymi aspektami naukowymi wynikającymi z przeprowadzonych badań są:**

- Opracowanie koncepcji nowej instalacji, tj. baterii czepalnej do poboru wody z hydrantu zewnętrznego, do wykorzystania zwłaszcza w sytuacji kryzysowej.
- Zaproponowanie rozmieszczenia punktów poboru wody na sieci wodociągowej w zależności od rzędnej terenu, dostępu do hydrantów oraz gęstości zaludnienia poszczególnych części miasta.
- Wskazanie na dużą niezawodność opracowanego rozwiązania, ze względu na brak konieczności zasilania w energię elektryczną.
- Wskazanie, że zgromadzone w przewodach wodociągowych ilości wody mogą stanowić istotne wsparcie dla ludności w sytuacjach kryzysowych, szczególnie w czasie blackoutu, co ogranicza lub uniemożliwia pracę pompowni.

**Publikacja 7**

Tchórzewska-Cieślak B., Szpak D., Żywiec J., Rożnowski M. (2024) The concept of estimating the risk of water losses in the water supply network. *Journal of Environmental Management*, 359:120965. doi: 10.1016/j.jenvman.2024.120965.

W publikacji przedstawiono nowatorską metodę pozwalającą na wytypowanie przewodów wodociągowych szczególnie podatnych na występowanie wycieków wody. Konieczność podjęcia badań w tym zakresie wynikała z faktu, że powszechnie stosowany w strefach DMA (ang. *District Metered Area*) pomiar przepływu nie pozwala na szybkie i dokładne wskazanie

miejsca nieszczelności ze względu na fakt, że strefa DMA obejmuje zwykle kilka kilometrów przewodów. Tak duży obszar jest trudny do zbadania metodami akustycznymi. Opracowana przeze mnie metoda oceny ryzyka jest oparta na trzech zmiennych, tj. prawdopodobieństwie wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego (P), stratach związanych z danym zdarzeniem (C) i wskaźniku podatności na zagrożenia (V):  $r = f(P, C, V)$ . Opracowano szczegółowe kryteria dla poszczególnych parametrów. Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego (P) zostało uzależnione od wartości wskaźnika intensywności uszkodzeń  $\lambda$  [uszk./km·rok]. Straty związane z danym zdarzeniem (C) zostały uzależnione od wielkości potencjalnego wycieku wody (średnica rury). Wskaźnik podatności na zagrożenia (V) uwzględnia materiał z jakiego jest wykonany przewód, wiek przewodu oraz ciśnienie wody w przewodzie.

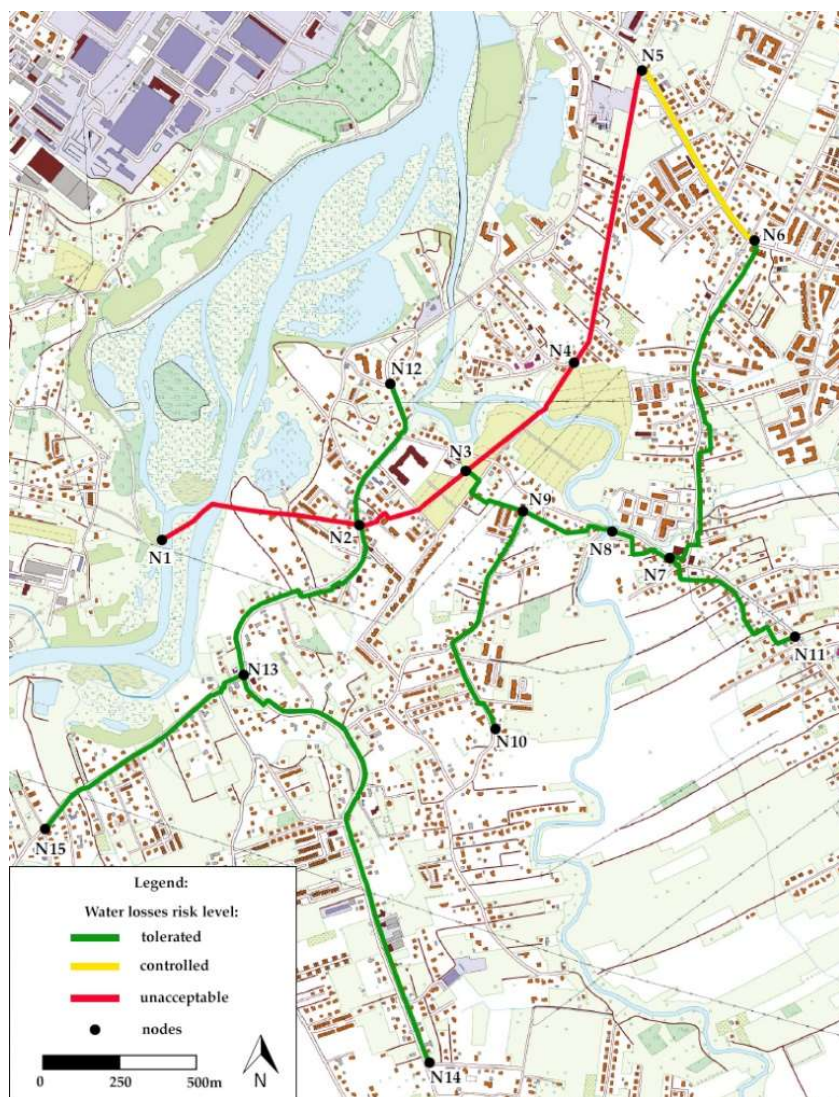
Materiał badawczy stanowiły dane eksploatacyjne z lat 2015–2020 dotyczące liczby awarii na poszczególnych odcinkach sieci wodociągowej, struktury wiekowej sieci wodociągowej, struktury materiałowej sieci wodociągowej, rozkładu ciśnień w sieci wodociągowej oraz średnicy rur.

Procedura pozwala wskazać odcinki, które w największym stopniu są zagrożone powstawaniem wycieków wody. Na innowacyjność opracowanej metody składa się:

- wykorzystanie ilościowej metody matrycowej do szacowania ryzyka strat wody,
- powiązanie parametru intensywności uszkodzeń przewodów, średnicy rury, materiału rury, wieku rury oraz ciśnienia w rurze wodociągowej z ryzykiem strat wody,
- opracowanie mapy ryzyka dla badanych odcinków, która będzie mogła być wykorzystywana do wytypowania rur, które powinny zostać skontrolowane metodami akustycznymi w pierwszej kolejności,
- zawężenie uzyskanych wyników badań do konkretnego odcinka sieci wodociągowej wchodzącego w skład DMA, co pozwoli na szybsze znajdowanie i usuwanie wycieków.

W publikacji przedstawiono wyniki badań dla 15 odcinków sieci wodociągowej (rysunek 5). Dla 4 odcinków ryzyko strat wody uznano za nieakceptowalne. Odcinki te powinny zostać zbadane metodami akustycznej detekcji wycieków. Ponadto możliwe jest automatyczne raportowanie aktualnego poziomu ryzyka strat wody w oparciu o opracowaną metodykę. W takim przypadku konieczne jest posiadanie platformy GIS (ang. *Geographic Information System*) oraz systemu informatycznego bilansującego ilość wody w poszczególnych strefach DMA.





Rysunek 5. Graficzna interpretacja wyników analizy ryzyka dla badanych odcinków

**Najważniejszymi aspektami naukowymi wynikającymi z przeprowadzonych badań są:**

- Opracowanie autorskiej metody oceny ryzyka strat wody w sieci wodociągowej, co pozwala na precyzyjną identyfikację przewodów wodociągowych w obrębie strefy DMA, które są najbardziej narażone na występowanie wycieków wody.
- Wskazanie istotnych czynników wpływających na wielkość strat wody w sieci wodociągowej i uwzględnienie ich w analizie.
- Możliwość prognozowania strat wody na sieci wodociągowej poprzez wnioskowanie o losowym procesie wycieków wody na podstawie posiadanej wiedzy na temat przewodu wodociągowego: średnica, materiał, wiek, ciśnienie i wskaźnik intensywności uszkodzeń.
- Wskazanie, że podstawą do oceny ryzyka strat wody jest platforma GIS oraz rozbudowany system monitoringu parametrów hydraulicznych na sieci wodociągowej.

- Możliwość zastosowania opracowanej metody analizy na dowolnej sieci wodociągowej lub jej fragmencie, co pozwala na pozyskanie szczegółowych informacji na temat poziomu ryzyka strat wody w wybranej sieci.

### **Podsumowanie**

Przedstawiony cykl publikacji przedstawia możliwości jakie daje ocena ryzyka zagrożeń w SZZW, w tym określenie działań ograniczających ryzyko, oraz nowatorskie rozwiązania, które dają możliwość zaopatrzenia ludności w wodę po wystąpieniu sytuacji kryzysowej. Dało to możliwość badania zdolności SZZW do przewidywania, reagowania i funkcjonowania po wystąpieniu zdarzenia niebezpiecznego lub katastrofy. W pierwszej fazie badań przeprowadzono identyfikację zagrożeń dla ujęć wody powierzchniowej oraz przeprowadzono ocenę ryzyka zagrożeń (**Publikacja 1**). Pozwoliło to na wskazanie sytuacji, w których ujęcia wody nie będą mogły pracować i nastąpi wstrzymanie dostaw wody do konsumentów. Przedstawiono również możliwości zabezpieczenia ciągłości funkcjonowania po wystąpieniu zdarzeń niebezpiecznych. Kolejny etap badań obejmował określenie wpływu awarii magistral wodociągowych na wielkość spadku ciśnienia w danym obszarze miasta, a tym samym liczbę konsumentów pozbawionych dostaw wody (**Publikacja 2**). Pozwoliło to na wskazanie obszarów zasilania, które w pierwszej kolejności zostaną pozbawione dostawy wody wodociągowej po wystąpieniu awarii. Otrzymane wyniki pozwoliły przeanalizować różnice w spadku ciśnienia w sieci wodociągowej po wystąpieniu awarii różnych magistral. Badania związane z możliwością ograniczenia dostawy wody do miasta były kontynuowane poprzez nowe podejście do analizy możliwości rozwoju aglomeracji miejskich uwarunkowanych dostępnością zasobów wodnych (**Publikacja 3**). Ten potencjał rozwoju został zdefiniowany jako  $\Delta P_R$ ,  $\Delta P_P$  (możliwy wzrost liczby mieszkańców) oraz  $T_R$ ,  $T_P$  (czas rozwoju aglomeracji). W ten sposób oceniłem potencjał rozwoju pięciu różnych miast. Uzyskane wyniki wskazują, że aglomeracja A, charakteryzująca się stałym napływem mieszkańców, może pomieścić jeszcze około 43 000 osób bez konieczności budowy nowego ujęcia. Wynika to z konieczności utrzymania obecnych warunków pozwolenia wodnoprawnego. Zdolność produkcyjna analizowanych ujęć wody znacznie przekracza aktualne zapotrzebowanie na wodę, jednak ze względu na konieczność dotrzymania warunków pozwolenia wodnoprawnego nie można ich wykorzystać, jak ma to miejsce w przypadku aglomeracji D i E. W przypadku wystąpienia dużej migracji zagranicznej ludności do tych miast, np. w wyniku wojny, nie będą one w stanie pokryć komunalnych potrzeb wodnych tej ludności. Znając ryzyko wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych skutkujących wstrzymaniem dostawy wody do konsumentów, skupiłem się na opracowaniu rozwiązania pozwalającego na pobór wody z sieci wodociągowej po wystąpieniu spadku ciśnienia uniemożliwiającego dostawę wody do odbiorców (**Publikacja 4**). Zaproponowałem rozwiązanie, które umożliwia rozdysponowanie wśród mieszkańców wody zakumulowanej w sieci wodociągowej. Zapewnienie ciągłego dostępu do bezpiecznej wody jest jednym z priorytetów w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej. Dalszym etapem badań było opracowanie metody pozwalającej na pobór wody ze zbiornika wodociągowego po wystąpieniu sytuacji kryzysowej (**Publikacja 5**). Dokonano tego za pomocą instalacji fotowoltaicznej do zasilania lampy UV i pompy oraz wykorzystania przełącznika źródła



zasilania – automatyczne przełączanie odbiorów ze źródła zasilania podstawowego na źródło rezerwowe (i odwrotnie) w przypadku awarii w sieci trójfazowej. Proponowane rozwiązanie daje możliwość dezynfekcji i poboru wody także w przypadku braku dostawy energii z sieci trójfazowej. Moje badania związane z problematyką zaopatrzenia w wodę w sytuacji kryzysowej były kontynuowane poprzez opracowanie nowatorskiej metody poboru wody z hydrantu zewnętrznego (**Publikacja 6**). Metoda ta jest oparta na wykorzystaniu nowej baterii czerpalnej, która jest montowana na hydrantach położonych w najniższych częściach miasta. Po przepłukaniu hydrantu rozpoczyna się czerpanie wody do pojemników lub zbiorników. Ostatecznie określiłem strefy miasta, w których powinny znajdować się punkty poboru wody w sytuacji kryzysowej. Rezultaty badań związanych z oceną możliwości ograniczenia skutków wystąpienia naturalnych i antropotechnicznych zdarzeń niebezpiecznych (**Publikacje 4-6**) stanowią kolejne osiągnięcie naukowe, zgodnie z wymaganiami art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Ostatnim etapem badań było opracowanie nowej metody oceny ryzyka strat wody w sieci wodociągowej, która zwiększy możliwość wyboru przewodów lub stref, których eksploatacja jest obciążona największym ryzykiem (pod względem wielkości strat wody) (**Publikacja 7**). W analizie uwzględniono czynniki mające decydujący wpływ na wielkość strat wody, tj. liczbę awarii na poszczególnych odcinkach sieci wodociągowej, strukturę wiekową oraz materiałową sieci wodociągowej, rozkład ciśnienia w sieci wodociągowej oraz średnicę rur. Otrzymane wyniki wskazują, że największe ryzyko na badanym obszarze jest związane z eksploatacją magistrali wodociągowej o średnicy 400 mm wykonanej z żeliwa szarego. Ponadto otrzymane wyniki są prezentowane w formie graficznej.

#### **Najważniejsze osiągnięcia naukowe wynikające z przeprowadzonych badań w ramach cyklu publikacji:**

- Przeprowadzone analiza wykazała, że główne zagrożenie dla utrzymania ciągłości pracy badanych ujęć wody powierzchniowej stanowią okresowe wzrosty mętności, zakwity wody, powodzie oraz nieuregulowana gospodarka ściekowa. Ponadto wykazano, że skutki zmian klimatycznych i związane z nimi ograniczania poboru wody, nie pozwalają na wykorzystanie pełnych zdolności produkcyjnych ujęć wody. Problemy z dostępnością wody pitnej mogą spowodować ograniczenie jednego z głównych typów migracji wewnętrznej w Polsce, tj. migracji do metropolii. Przeprowadzone badania obejmowały także podsystem dystrybucji wody. Wykazano, że wysokie wartości wskaźnika intensywności uszkodzeń magistral wodociągowych znacząco zwiększają ryzyko braku dostaw wody. Wskazano, że ryzyko strat wody w sieci wodociągowej zależy od intensywności uszkodzeń przewodów, średnicy rury, materiału rury, wieku rury oraz ciśnienia w rurze wodociągowej.
- Opracowano metodę oceny ryzyka związanego z funkcjonowaniem głównych magistral wodociągowych, która umożliwia wskazanie obszarów miasta najbardziej zagrożonych odcięciem od dostaw wody po awarii poszczególnych magistral. Wyniki zostały zilustrowane graficznie na opracowanych mapach ryzyka braku dostawy wody. Uzyskane wyniki mogą zostać wykorzystane podczas opracowywania strategii remontowej sieci wodociągowej oraz podczas opracowywania planów

zarządzania kryzysowego. Opracowano także autorską metodologię oceny ryzyka strat wody w sieci wodociągowej, która umożliwiła wykonanie map ryzyka strat wody. Mapa przedstawiająca ryzyko strat wody w sieci wodociągowej może być narzędziem wspierającym pracę jednostek Aktywnej Kontroli Wycieków, działających w strukturach wielu przedsiębiorstw wodociągowych, w aspekcie prognozowania strat na poszczególnych odcinkach przewodów.

- Opracowano koncepcję trzech innowacyjnych rozwiązań (nowych instalacji), które umożliwiają wykorzystanie wody zgromadzonej w przewodach wodociągowych oraz zbiornikach wodociągowych do zaopatrzenia w wodę ludności w sytuacjach kryzysowych, których działanie jest niezależne od zasilania w energię elektryczną. Opracowane instalacje mogą zostać wykorzystane do optymalizacji strategii kryzysowego zaopatrzenia w wodę miast. Badania wykazały, że woda zakumulowana w przewodach oraz zbiornikach wodociągowych może stanowić istotne źródło wody w sytuacji kryzysowej i zwiększyć poziom bezpieczeństwa konsumentów wody.

### **Możliwość wykorzystania wyników**

Wyniki badań mogą znaleźć zastosowanie w zarządzaniu SZZW. Planowanie działań dotyczących zwiększania stopnia ochrony SZZW musi być poprzedzone identyfikacją zagrożeń, określeniem ich prawdopodobieństwa oraz potencjalnych skutków. Otrzymane wyniki badań stanowią istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie możliwości określenia obszarów najbardziej narażonych na wstrzymanie dostawy wody. Podejście oparte na ryzyku pozwala na analizę wielu czynników wpływających na powstawanie zagrożeń. Umożliwia to wprowadzenie środków zaradczych i uniknięcie różnego typu niebezpiecznych oraz kosztownych awarii.

Jednym z największych wyzwań stojących przed eksploratorami SZZW jest przystosowanie infrastruktury wodociągowej do funkcjonowania w warunkach kryzysowych. Przedstawione koncepcje projektowe stanowią wartościowy wkład w rozwój wiedzy dotyczącej możliwości pozyskania i rozdysponowania wody zdatnej do spożycia po wystąpieniu zdarzenia niebezpiecznego. Daje to możliwość właściwego zabezpieczenia podstawowych potrzeb wodnych w początkowym okresie sytuacji kryzysowej oraz daje czas na przystosowanie studni awaryjnych (np. studni pożarowych) do możliwości ich wykorzystania jako źródło wody zdatnej do spożycia. Rozpropagowanie informacji dotyczących możliwości oraz miejsc pozyskania wody zakumulowanej w SZZW w sytuacji kryzysowej w istotny sposób zwiększy poczucie bezpieczeństwa konsumentów wody.

## Inne osiągnięcia naukowo – badawcze

### Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych (2014 – 2018)

W 2008 roku ukończyłem II Liceum Ogólnokształcące w Jasle i rozpocząłem studia na Politechnice Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury) na kierunku Inżynieria Środowiska. W 2013 roku obroniłem pracę dyplomową magisterską pt. „Projekt koncepcyjny kanalizacji sanitarnej w wybranej miejscowości z analizą ekonomiczną” pod opieką dr inż. Andrzeja Studzińskiego. Pracę magisterską realizowałem w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, której kierownikiem był wtedy Profesor Janusz Rak. Również w 2013 roku odbyłem roczną praktykę w Zespole Usług Ekologicznych EKO-PROJEKT w Rzeszowie, gdzie zajmowałem się wykonywaniem opracowań dotyczących ochrony środowiska.

W 2013 roku zostałem zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Moim opiekunem naukowym została Profesor Barbara Tchórzewska-Cieślak. Po rozpoczęciu pracy badawczej moje zainteresowania naukowe były związane z analizą zdarzeń niepożądanych w SZZW oraz ich wpływem na ciągłość dostawy wody (zał. 4, poz. 2.1, 2.2, 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.7, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.6), jak również na ocenie możliwości wykorzystania sieci Bayesa do analizy niezawodności sieci wodociągowej (zał. 4, poz. 3.2, 3.9, 4.5, 4.10).

Głównym nurtem moich badań, które doprowadziły do wszczęcia przewodu doktorskiego było opracowanie niekonwencjonalnych metod analizy ryzyka, które mogą być wykorzystane do oceny systemów zaopatrzenia w wodę. W tamtym okresie, w latach 2015 – 2017, zrealizowałem 3 wewnętrzne projekty badawcze finansowane w ramach badań młodych naukowców (zał. 4, poz. PB.1, PB. 2, PB.3). Efektem badań prowadzonych w tamtym okresie jest obroniona z wyróżnieniem w dniu 10.05.2018 r. rozprawa doktorska pt. „*Metoda analizy przyczynowo-skutkowej i oceny zdarzeń niepożądanych w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę*”, której promotorem była Profesor Barbara Tchórzewska-Cieślak. Głównym celem rozprawy doktorskiej było opracowanie zintegrowanej metody analizy przyczynowo-skutkowej oraz oceny zdarzeń niepożądanych w SZZW pod kątem zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa konsumentów wody. Praca opierała się na autorskich metodach oceny ryzyka, takich jak m.in. metoda oceny ryzyka oparta na metodzie FMEA (ang. *Failure mode and effects analysis*), teorii zbiorów rozmytych (ang. *Fuzzy Set Theory*), teorii szarych systemów (ang. *Grey Systems Theory*) oraz modelu sieci Bayesa (ang. *Bayesian network*) umożliwiającym wyznaczenie prawdopodobieństwa spożycia wody o nieodpowiedniej jakości. Istotnym etapem pracy było opracowanie Planu Bezpieczeństwa Wodnego dla SZZW miasta powiatowego zlokalizowanego w południowo-wschodniej Polsce. W tym celu wykorzystano autorskie metody oceny ryzyka. Rezultaty otrzymane w wyniku realizacji rozprawy doktorskiej zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych (zał. 4, poz. 3.10, 3.13, 3.14, 3.15, 3.17, 3.18) oraz przedstawione podczas konferencji naukowych (zał. 4, poz. K.10, K.11). Za osiągnięcia te otrzymałem Nagrodę Rektora Politechniki Rzeszowskiej w 2020 i 2021 roku.

Do moich zainteresowań naukowych w tamtym okresie należała także problematyka zapewnienia bezpieczeństwa konsumentom wody w wiejskich jednostkach osadniczych. Wiejskie systemy wodociągowe charakteryzują się ubogą bazą danych związaną z występowaniem zdarzeń niebezpiecznych, dlatego wymagają specyficznego podejścia. Podczas przeprowadzonych badań dokonano analizy ryzyka związanego z możliwością spożycia wody o nieodpowiedniej jakości lub jej brakiem. Jedną z metod zbierania danych były badania ankietowe przeprowadzone wśród operatorów małych SZZW. Efektem badań prowadzonych w tym zakresie są publikacje naukowe (zał. 4, poz. 3.6, 4.8, 4.9). Moje zainteresowania obejmowały także problematykę niezawodności ZUW (zał. 4, poz. 3.8). Przeprowadziłem ocenę niezawodności wybranego ZUW bazując na opracowanym schemacie niezawodnościowym oraz dobowym raporcie pracy ZUW. Równolegle do moich zainteresowań przed uzyskaniem stopnia doktora należało badanie zmian produkcji oraz zużycia wody w miastach powiatowych południowo-wschodniej Polski (zał. 4, poz. 4.12) oraz ocena możliwości wykorzystania systemów informatycznych do analizy awaryjności sieci wodociągowej (zał. 4, poz. 2.3). W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych wziąłem udział w ośmiu krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych (zał. 4, poz. K.1 – K.8).

W latach 2016 – 2019 zespół badawczy Katedry Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków Politechniki Rzeszowskiej kierowany przez Profesor Barbarę Tchórzewską-Cieślak realizował zadanie „*Developing procedures for hazard identification*” w ramach międzynarodowego projektu „*HAZARD Mitigating the effects of emergencies in Baltic Sea Region ports*” (zał. 4, poz. 5.1), który był częściowo finansowany z unijnego programu Interreg Region Morza Bałtyckiego 2014-2020, w ramach umowy o dofinansowanie nr #R023, w którym wzięło udział 15 partnerów z 6 krajów regionu Morza Bałtyckiego, tj. z Finlandii, Niemiec, Litwy, Szwecji, Polski oraz Estonii. W skład polskiego zespołu zrzeszonego wokół Polskiego Towarzystwa Bezpieczeństwa i Niezawodności wchodziły Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni, Akademia Morska w Gdyni, Politechnika Gdańska, Instytut Badań Systemowych PAN w Warszawie, Morska Służba Poszukiwania i Ratownictwa w Gdyni, Politechnika Rzeszowska oraz Politechnika Wrocławska. Byłem wykonawcą tego projektu ze strony Politechniki Rzeszowskiej obok Profesor Barbary Tchórzewskiej – Cieślak oraz dr hab. inż. Katarzyny Pietruchy – Urbanik. Efektem realizacji projektu było pięć publikacji naukowych dotyczących bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej (zał. 4, poz. 4.7, 4.10, 4.11, 4.14, 4.15). Ponadto brałem udział w opracowaniu raportu: Tchórzewska-Cieślak B., Pietrucha-Urbanik K., Szpak D. *Raport merytoryczny z realizacji zadania w ramach projektu badawczego HAZARD pt. Mitigating the Effects of Emergencies in Baltic Sea Region Ports*, EU funding, the Interreg Baltic Sea Region Programme 2016-2019 under grant agreement No #R023, Rostock (Germany). Opublikowano przez: Uniwersytet w Turku, Finlandia. Moje badania prowadzone w ramach międzynarodowego projektu *HAZARD* dotyczyły szerego pojętych metod identyfikacji zagrożeń dla systemów infrastruktury krytycznej w obrębie Morza Bałtyckiego. W ramach projektu *HAZARD* opracowałem model zależności przyczynowo-skutkowej zdarzeń niebezpiecznych z wykorzystaniem sieci Bayesa oraz programu JavaBayes. Wykorzystanie wnioskowania bayesowskiego umożliwiło wyznaczenie prawdopodobieństwa wystąpienia

sytuacji kryzysowej, jak również prawdopodobieństwa zajścia zdarzeń cząstkowych wchodzących w skład sieci Bayesa.

#### Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2018 – 2024)

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zostałem zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków Politechniki Rzeszowskiej, gdzie pracuję do dzisiaj. Moje główne zainteresowania naukowe po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych obejmowały ocenę ryzyka związanego z funkcjonowaniem SZZW oraz ocenę możliwości funkcjonowania SZZW po wystąpieniu sytuacji kryzysowej.

Do moich największych osiągnięć naukowych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, poza wskazanym cyklem publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, zaliczam prace badawcze związane z realizacją projektu NCBiR (Narodowe Centrum Badań i Rozwoju) dotyczącego ryzyka rozprzestrzeniania się zakażenia wirusem SARSCoV-2 w miejscu pracy. W okresie listopad 2020 r. – lipiec 2021 r. byłem wykonawcą projektu B+R finansowanego ze środków NCBiR pt. *Sytuacja zawodowa, specyfika i środowisko pracy, a ryzyko związane z Covid-19 – analiza przypadków i opracowanie narzędzia wspierającego decyzje w zakresie działań prewencyjnych, w ramach Przedsięwzięcia „Wsparcie szpitali jednoimiennych w walce z rozprzestrzenianiem się zakażenia wirusem SARS-CoV-2 oraz w leczeniu COVID-19” (zał. 4, poz. 5.3).* Głównym celem projektu było wdrożenie metod prewencji rozprzestrzeniania się zakażenia wirusem SARS-CoV-2 lub choroby Covid-19 będącej przyczyną ogłoszenia stanu epidemii. Podczas realizacji projektu współpracowałem głównie z Centrum Medycznym w Łańcucie. Sprawowałem funkcję członka w zespole badawczym powołanym do realizacji ww. projektu i byłem odpowiedzialny za obszar zadaniowy: ocena ryzyka (identyfikacja zagrożeń, szacowanie i ewaluacja ryzyka). Prowadziłem prace rozwojowe poprzez analizę dostępnych danych w zakresie sytuacji zawodowej osób zdiagnozowanych pod kątem Covid-19 i objętych nadzorem epidemiologicznym w woj. podkarpackim tj. zawód, rodzaj pracy, wykształcenie, wielkość firmy, miejsce pracy. Na podstawie ankiet pozyskanych od badanej grupy 650 pacjentów (hospitalizowani w Centrum Medycznym w Łańcucie) oraz 2857 pacjentów (zgłoszenia do przychodni MEDYK z objawami wirusa) określiłem najbardziej istotne czynniki dla ryzyka zakażenia. Badania wykazały, że poziom ryzyka rozprzestrzeniania się wirusa SARS-CoV-2 w miejscu pracy zależy w głównej mierze od bliskości i częstości kontaktów międzyludzkich. W ramach projektu opracowałem i wyskalowałem metodę szacowania ryzyka rozprzestrzeniania się zakażenia wirusem SARSCoV-2. Ryzyko rozprzestrzeniania się wirusa było szacowane w oparciu o algorytm punktowy. Otrzymany wynik był odpowiednią sumą przyczyn cząstkowych. Efektem projektu było powstanie programu IT „COVID W PRACY”, w którym po wprowadzeniu odpowiednich danych, określony zostaje poziom ryzyka zarażonego dla jego środowiska pracy (zał. 4, poz. T.1). Analiza była ukierunkowana na pozyskanie kluczowych informacji dotyczących środków ograniczających rozprzestrzenianie się wirusa SARS-CoV-2 w miejscu pracy. Do odpowiedzi na każde pytanie w ankiecie przypisano odpowiednią liczbę punktów, co wyraża poziom zaufania do skuteczności działania poszczególnych elementów chroniących przed rozprzestrzenianiem się SARS-CoV-2. Ryzyko było określane dla konkretnego miejsca pracy i wynikało z jego specyfiki. Program był powszechnie dostępny dla wszystkich zainteresowanych przez stronę internetową. Ponadto byłem odpowiedzialny za

opracowanie raportu końcowego z realizacji ww. projektu. Raport szczegółowy, który był dostępny dla użytkowników w aplikacji „COVID W PRACY” po wypełnieniu ankiety, zawierał odniesienia do wytycznych dotyczących środków bezpieczeństwa, które mogą zostać wprowadzone dla konkretnej branży w celu zmniejszenia ryzyka. Rezultaty badań dotyczących ryzyka rozprzestrzeniania się zakażenia wirusem SARSCoV-2 w miejscu pracy są moim kolejnym osiągnięciem naukowym.

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zajmowałem się problematyką oceny ryzyka w SZZW. Regulacje UE wymagają na państwach członkowskich podejmowanie działań zmierzających do zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania infrastruktury krytycznej, w tym SZZW. Dyrektywa 2020/2184 wprowadza obowiązek wykonania oceny ryzyka w całym SZZW. Potrzeba ciągłego podnoszenia poziomu bezpieczeństwa konsumentów wody jest stale podnoszona przez WHO (ang. *World Health Organization*). Stanowiło to inspirację do poszukiwania efektywnych metod oceny ryzyka. Przeprowadziłem badania ankietowe dotyczące gotowości wdrożenia PBW (Plan Bezpieczeństwa Wodnego) w przedsiębiorstwach wodociągowych (**zał. 4, poz. 4.17**). Wyniki wskazują, że jedynie około 41 % badanych przedsiębiorstw wodociągowych jest właściwie przygotowanych do wdrożenia PBW. Przeprowadzone badania pozwoliły na rozpoznanie największych braków w zakresie zarządzania ryzykiem obejmującym wszystkie etapy dostarczania wody od ujęcia do konsumenta. Niewystarczające przygotowanie do wdrożenia PBW stwierdzono głównie w SZZW zaopatrujących poniżej 20 tys. mieszkańców. Dodatkowo, scharakteryzowałem fazy cyklu zarządzania ryzykiem, które powinno być wieloaspektowe i wpisane w codzienne funkcjonowanie SZZW (**zał. 4, poz. 4.16**). Funkcjonowanie SZZW oparte na zarządzaniu ryzykiem pozwala na hierarchizację potencjalnych zagrożeń, opracowanie planów modernizacji systemu oraz weryfikację skuteczności prowadzonych działań. Przeprowadziłem również przegląd oraz ocenę skuteczności matryc ryzyka wykorzystywanych w ocenie ryzyka w SZZW (**zał. 4, poz. 2.4, 3.12, 4.18**). Opisałem problematykę dostosowania naszego systemu prawnego do wymagań Dyrektywy 2020/2184 (**zał. 4, poz. 2.5**). Ryzyko braku dostawy wody może być także interpretowane jako wartość oczekiwana niedoboru zasilania (**zał. 4, poz. 4.19**). Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie sieciowych zbiorników wodociągowych w znacznym stopniu wpływa na zmniejszenie ryzyka braku dostawy wody do konsumentów, przy czym istotne znaczenie ma czas wystąpienia awarii. Moje badania były także ukierunkowane na ocenę możliwości szacowania ryzyka zagrożeń dla małych, podziemnych ujęć wody (**zał. 4, poz. 4.21**). Określiłem główne czynniki, które należy brać pod uwagę podczas oceny ryzyka ujęć wody podziemnej, tj. źródła zagrożenia dla jakości wody w aspekcie oceny zagrożeń zdrowotnych konsumenta wody, struktura zagospodarowania terenu, jakość ujmowanej wody, głębokość warstwy wodonośnej oraz przykrycie warstwą izolacyjną. Badania dotyczyły ujęcia wody zaopatrującego w wodę obiekt, w którym organizowane są wesela, bankiety oraz spotkania biznesowe. Uwzględniono specyfikę funkcjonowania obiektu, który charakteryzował się dużą nierównomiernością rozbioru wody. Wyniki badań prowadzonych w ramach współpracy z przedsiębiorstwami wodociągowymi stanowiły podstawę do opracowania publikacji naukowych (**zał. 4, poz. 3.16, 3.21**) w zakresie wpływu różnego typu zagrożeń na wartość ryzyka, z uwzględnieniem wyników badań jakości ujmowanej i uzdatnionej wody.

Do moich zainteresowań naukowych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zalicza się także problematyka redukcji strat wody w sieciach wodociągowych. W latach 2019 – 2022 byłem wykonawcą projektu naukowo-rozwojowego „Zaangażowani w eKrosno – Inteligentne rozwiązania systemów przetwarzania danych dla mieszkańców Krosna” (zał. 4, poz. 5.2). Projekt został zrealizowany przez konsorcjum w ramach konkursu dotacji „Human Smart Cities”. Instytucją finansującą było Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej. W ramach projektu współpracowałem z AGH w Krakowie oraz Urzędem Miasta Krosna. Efektem projektu jest powstanie nowoczesnego systemu zbierania danych z sieci wodociągowej w Krośnie. Realizacja projektu umożliwiła: ograniczenie strat wody, realizację systemu zdalnego odczytu wodomierzy oraz przebudowę struktury sieci wodociągowej m.in. wyznaczenie stref bilansowania przepływu DMA oraz stref zarządzania ciśnieniem PMA (ang. *Pressure Management Area*). W ramach projektu wprowadzono również oprogramowanie *SmartFlow* do zarządzania siecią wodociagową.

W 2022 roku uczestniczyłem w zespole naukowym realizującym badania dotyczące niezawodności operatora ZUW (zał. 4, poz. 3.20). Badania podjęto ze względu na duży udział czynnika ludzkiego wśród przyczyn awarii systemów technicznych (od 70 do 90%, w zależności od badanej branży). Opracowano metodę oceny niezawodności operatora wybranego procesu uzdatniania wody w oparciu o drzewo błędów FTA (ang. *Fault Tree Analysis*). Przeprowadzono identyfikację zdarzeń elementarnych prowadzących do wystąpienia zdarzenia szczytowego oraz wyznaczono jego prawdopodobieństwo. Przeprowadzone badanie jest jednym z pierwszych tak szczegółowych badań niezawodności pracy operatora SUW (operator stacji filtrów), w którym wykonano ocenę zarówno jakościową, jak i ilościową. Za współautorstwo tej publikacji (zał. 4, poz. 3.20) oraz publikacji (zał. 4, poz. 3.19) otrzymałem nagrodę Rektora Politechniki Rzeszowskiej w 2023 roku.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych brałem udział w ośmiu konferencjach naukowych (zał. 4, poz. K.9 – K16). Badania związane z ograniczeniem skutków sytuacji kryzysowych związanych z brakiem dostawy wody do odbiorców stanowiły podstawę do opracowania innowacyjnych rozwiązań, które są w fazie zgłoszeń patentowych oraz zgłoszeń wzorów użytkowych (zał. 4, poz. PAT.1 – PAT.5).

## **5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

W 2022 roku nawiązałem współpracę z zespołem naukowym Katedry Budownictwa i Bezpieczeństwa Cywilnego Chmielnickiego Uniwersytetu Narodowego (Ukraina). Ta współpraca była ukierunkowana na analizę wypadków przy pracy. Efektem współpracy jest publikacja artykułu naukowego z afiliacją uniwersytetu macierzystego, Chmielnickiego Uniwersytetu Narodowego oraz Państwowej Akademii Budownictwa i Architektury w Dnieprze (zał. 4, poz. 4.20). Współpraca ta była kontynuowana podczas konsultacji naukowych, które miały miejsce w okresie 01.04.2023 r. – 30.04.2023 r. (zał. 4, poz. S.3). Spotkania odbywały się w sposób zdalny. Szczególny nacisk położono na identyfikację zagrożeń dla bezpieczeństwa systemów technicznych.

W 2022 roku nawiązałem współpracę naukową z Profesorem Mohamed Yehia Eid z National Institute of Applied Sciences of Rouen-LMN (Francja). W ramach tej współpracy badałem awaryjność systemów gazowych z uwzględnieniem niepewności danych. W celu eliminacji ograniczeń konwencjonalnej metody matrycowej, zastosowałem teorię szarych systemów. Wybór ten jest uzasadniony dwoma faktami: dane badawcze charakteryzują się wysokim poziomem niepewności, a niektóre informacje opierają się na ocenie ekspertów i raportach wykorzystujących wskaźniki jakościowe. Z przeprowadzonych badań wynika, że główną przyczyną wycieków gazu są uszkodzenia mechaniczne rurociągów. Najdłuższe czasy trwania awarii są natomiast związane z wadami produkcyjnymi, uszkodzeniami mechanicznymi i ruchami gleby. Efektem współpracy jest publikacja artykułu naukowego z afiliacją uniwersytetu macierzystego oraz National Institute of Applied Sciences of Rouen-LMN (**zał. 4, poz. 3.19**).

W 2022 roku zespół badawczy Katedry Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków Politechniki Rzeszowskiej podjął współpracę z Uniwersytetem Technicznym w Koszycach oraz Uniwersytetem Technicznym w Brnie. W ramach nawiązanej współpracy uczestniczyłem w międzynarodowym projekcie „*Circular Waste Water Management in conditions of 4 countries: Concepts, Approaches and Technologies*”, numer projektu: 22220131, który został przyjęty do realizacji przy wsparciu finansowym Visegrad+ Grand w okresie 20.09.2022 r. - 31.12.2023 r. (**zał. 4, poz. P.2**). Projekt został zrealizowany przez kraje V4, tj. Czechy (Uniwersytet Techniczny w Brnie), Węgry (Uniwersytet w Miskolcu), Polskę (Politechnika Rzeszowska) i Słowację (Uniwersytet Techniczny w Koszycach) oraz w tym przypadku Bośnię i Hercegowinę (Uniwersytet w Banja Luce), z naciskiem na ułatwienie upowszechniania know-how i najlepszych praktyk krajów V4. Realizacja przyjętych założeń była możliwa poprzez organizację seminariów naukowych, które odbywały się w krajach biorących udział w projekcie. Uczestniczyłem w dwóch z trzech takich seminariów naukowych. Brałem udział w seminarium na Słowacji (Štrbské Pleso), które odbyło się w dniach 28-21 marzec 2023 r. oraz w Bośni i Hercegowinie (Banja Luka), które odbyło się w dniach 28-21 maj 2023 r. Podczas seminarium w Banja Luce przedstawiłem wyniki prowadzonych przeze mnie badań naukowych pt. „*Risk Assessment of Water Intakes in South-Poland*”. Realizacja projektu przyczyniła się do usprawnienia współpracy wiodących instytucji zajmujących się gospodarką wodną i ściekową, wymiany wiedzy i doświadczeń oraz stworzenia synergii w warunkach Europy Środkowej. Współpraca z Uniwersytetem Technicznym w Koszycach była kontynuowana podczas stażu naukowego zrealizowanego w terminie 10.08.2023 r. – 10.09.2023 r. (**zał. 4, poz. S.1**). Staż był finansowany ze środków Slovak Academic Information Agency (SAIA). Staż był ukierunkowany na wymianę doświadczeń oraz rozwój metodologii oceny ryzyka systemów wodociągowych. Polska i Słowacja aktualnie przygotowują się do wprowadzenia obowiązku oceny ryzyka w całym łańcuchu dostaw wody oraz informowania konsumentów o jakości wody, co wynika z przepisów unijnych.

Od 01.02.2024 r. do 29.02.2024 r. odbywałem staż naukowy na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej (**zał. 4, poz. S.2**). Podczas stażu nawiązałem współpracę naukową z dr inż. Katarzyną Wartalską oraz dr inż. Martyną Grzegorzek. Współpraca z naukowcami z Politechniki Wrocławskiej była ukierunkowana na określenie wpływu czynników klimatycznych na awaryjność infrastruktury wodociągowej. Rezultatem



stażu jest publikacja artykułu naukowego z afiliacją uniwersytetu macierzystego oraz Politechniki Wrocławskiej (zał. 4, poz. 3.22).

## **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę**

W ramach działalności dydaktycznej prowadziłem zajęcia na kierunkach inżynieria środowiska, energetyka, ochrona środowiska oraz bezpieczeństwo wewnętrzne na Politechnice Rzeszowskiej. Prowadziłem zajęcia z modułów: eksploatacja systemów wodociągowo-kanalizacyjnych (wykład, projekt), wodociągi i kanalizacja wsi (projekt), wodociągi i systemy zaopatrzenia w wodę (projekt, ćwiczenia), systemy zaopatrzenia w wodę (projekt, ćwiczenia), mechanika płynów (wykład, ćwiczenia), budownictwo wodne (projekt), ekonomika ochrony środowiska (ćwiczenia), informatyczne zarządzanie systemami zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków (wykład), niezawodność i bezpieczeństwo systemów inżynierskich (projekt), niezawodność systemów środowiskowych (projekt), zarządzanie ryzykiem w gospodarce wodnej (projekt), bezpieczeństwo systemów technicznych (wykład, projekt), projekt dyplomowy.

Opracowałem własny program nauczania z modułów: eksploatacja systemów wodociągowo-kanalizacyjnych (wykład), wodociągi i kanalizacja wsi (projekt), informatyczne zarządzanie systemami zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków (wykład), ekonomika ochrony środowiska (ćwiczenia), projekt dyplomowy.

W latach 2018 – 2024 byłem promotorem 12 prac dyplomowych inżynierskich oraz 27 prac dyplomowych magisterskich. Prace były realizowane na Politechnice Rzeszowskiej.

Byłem promotorem pomocniczym wyróżnionej pracy doktorskiej dr inż. Jakuba Żywca pt. *Metoda oceny niezawodności operatora w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę*. Praca została zrealizowana na Politechnice Rzeszowskiej. Promotorem była Profesor Barbara Tchórzewska-Cieślak, Politechnika Rzeszowska. Praca została obroniona 25 stycznia 2023 r.

Angażuję studentów w pracę naukową, czego owocem są m.in. wspólne publikacje naukowe (zał. 4, poz. 1.4, 1.6, 3.10, 3.11) oraz zgłoszenie patentowe (zał. 4, poz. PAT.1) i zgłoszenie wzorów użytkowych (zał. 4, poz. PAT.2 i PAT.4).

W 2021 r. byłem redaktorem gościnnym specjalnego wydania czasopisma *Sustainability*, pt: *Urban Water Supply Systems* (zał. 4, poz. KR.1). W latach 2023 – 2024 pełniłem funkcję redaktora gościnnego specjalnego wydania czasopisma *Resources*, pt: *Risk Assessment of Water Resources* (zał. 4, poz. KR.2). Od sierpnia 2023 r. jestem członkiem Rady Ekspertów kwartalnika *Technologia Wody* (zał. 4, poz. KR.3). Od 2024 r. jestem redaktorem gościnnym specjalnego wydania czasopisma *Systems*, pt. *Management of Water Supply Systems Resilience and Reliability* (zał. 4, poz. KR.4).

Działalność organizacyjna na rzecz Politechniki Rzeszowskiej obejmuje:

- pełnienie funkcji członka Rady Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej kadencji 2020-2024,
- pełnienie funkcji członka Wydziałowej Komisji ds. Kształcenia kadencji 2020-2024, kierunek: inżynieria środowiska,

- pełnienie funkcji sekretarza komisji konkursowej do przeprowadzenia rekrutacji do Szkoły Doktorskiej Nauk Inżynieryjno-Technicznych na Politechnice Rzeszowskiej na rok akademicki 2021/2022 oraz 2022/2023 dla dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka,
- pełnienie funkcji członka Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w latach 2016-2017.

Do działań popularyzujących naukę zaliczam:

- prowadzenie 5-ciu szkoleń/konferencji dotyczących Planów Bezpieczeństwa Wodnego oraz analizy ryzyka ujęć wody dla osób z zakładów komunalnych i firm związanych z działalnością komunalną (zał. 4, poz. SG.1, SG.2, SG.3, SG.4, SG.5).
- publikacje w czasopismach branżowych takich jak Instal, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Technologia Wody, Inżynieria Ekologiczna, Budownictwo i Inżynieria Środowiska dotyczące metod analizy ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę (zał. 4, poz. 4.1, 4.5, 4.8, 4.9, 4.12, 4.13, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24).
- współwykonanie 15 opracowań na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców, głównie dotyczących oceny ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę zlokalizowanych w województwie podkarpackim (zał. 4, poz. E.1 – E.15).
- wymiana doświadczeń naukowych i dydaktycznych z naukowcami i studentami w ramach programu ERASMUS+ w Universidade Lusófona do Porto, Portugalia (zał. 4, poz. P.1).
- udział w promocji uczelni podczas targów edukacyjnych, jako reprezentant Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury.
- udział w promocji uczelni poprzez prezentację sprzętu do lokalizacji wycieków na sieci wodociągowej, w tym loggerów szumu oraz geofonu, które są na wyposażeniu Katedry Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków Politechniki Rzeszowskiej oraz wymiana doświadczeń nt. pracy badawczo – dydaktycznej podczas wizyty pracowników Czarnomorskiego Uniwersytetu Narodowego im. Petra Mohyły w Mikołajowie (Ukraina).

## **7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej**

Ważne informacje z punktu widzenia mojej dotychczasowej kariery zawodowej:

- Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej za cykl publikacji oraz autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w latach 2014, 2017, 2020, 2021 oraz 2022.
- Wyróżnienie pracy doktorskiej pt. *„Metoda analizy przyczynowo-skutkowej i oceny zdarzeń niepożądanych w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę”*.
- Biegły w dziedzinie bezpieczeństwa dostaw wody w sytuacjach kryzysowych w ramach kontroli NIK P/23/087 *„Zapewnienie bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę wybranych jednostek samorządu terytorialnego na wypadek wystąpienia sytuacji kryzysowych”* realizowanej przez Najwyższą Izbę Kontroli (zał. 4, poz. ZE.1)
- Prowadzenie szkoleń/konferencji dla operatorów systemów wodociągowych, w tym członków Konwentu Kierowników Jednostek Komunalnych Województwa

Podkarpackiego zrzeszającego ponad 100 osób z zakładów komunalnych i firm związanych z działalnością komunalną (zał. 4, poz. SG.1, SG.2, SG.3, SG.4, SG.5).

- Współpraca z wieloma przedsiębiorstwami wodociągowymi zlokalizowanymi w województwie podkarpackim, co zapewnia efektywny transfer wiedzy z nauki do przemysłu – opracowanie 11 analiz ryzyka dla ujęć wody (zał. 4, poz. E.2 – E.5, E.7 – E.11, E.13 – E.14) oraz PBW dla Rzeszowa oraz Przemyśla (zał. 4, poz. E.6, E.12, E.15).
- Członek Polskiego Towarzystwa Bezpieczeństwa i Niezawodności (zał. 4, poz. O.1).
- Członek Komitetu Technicznego konferencji *The 8th International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS 2024)*, która odbyła się w dniach 20.11.2024 r. – 22.11.2024 r. w Katanii we Włoszech (zał. 4, poz. KNiO.1).
- Współpraca z Podkarpackim Urzędem Wojewódzkim w Rzeszowie w aspekcie ustalenia zakresu analizy ryzyka dla ujęć wody wymaganej zgodnie z ustawą Prawo Wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz. U. 2017 poz. 1566 z późn. zm.).
- Praktyka w Zespole Usług Ekologicznych EKO-PROJEKT w Rzeszowie podczas której wykonywałem opracowania: karty informacyjne o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko oraz raporty o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko.

Dawid Szpak

.....  
(podpis wnioskodawcy)