

Wdrożenie membranowych procesów uzdatniania wód głębinowych do krajowego systemu zbiorowego zaopatrzenia jako metoda ograniczenia eliminowania zasobów o podwyższonych stężeniach chlorków

Implementation of membrane processes of underground water treatment to the national public supply system as a method of reducing the elimination of resources with increased chloride concentrations

IZABELA ZIMOCH, AGATA KOSZYKA

DOI 10.36119/15.2023.12.16

Niniejszy artykuł obejmuje analizę możliwości wykorzystania technologii membranowych w systemach zbiorowego zaopatrzenia w wodę jako kierunek ograniczenia eliminowania ujęć głębinowych o podwyższonym zasoleniu z zasobów surowców do produkcji wody przeznaczonej do spożycia. Diagnozę możliwości wykorzystania eliminowanych uprzednio ujęć przeprowadzono dwukierunkowo – z punktu widzenia możliwości wdrożenia odmiennej technologii dedykowanej uzdatnianiu tych wód, w aspekcie optymalizacji technologicznej procesu oraz z punktu widzenia założeń projektowych i planistycznych zadania inwestycyjnego.

Słowa kluczowe: wody słonawe, systemy wodociągowe, uzdatnianie wód głębinowych, zbiorowe zaopatrzenie w wodę przeznaczoną do spożycia

This article analyzes the potential use of membrane technologies in collective water supply systems as a means to mitigate the need for eliminating deep-water intakes with increased salinity from raw material resources for drinking water production. The assessment of the viability of reusing previously eliminated intakes was conducted in two directions: from the perspective of implementing a different technology dedicated to treating these waters and from the standpoint of technological optimization of the process, as well as in terms of the design and planning assumptions for the investment task.

Keywords: brackish water, water supply systems, deep water treatment, collective drinking water supply

Wstęp

Odsalanie wody morskiej stanowi źródło zaopatrzenia ludności w wodę w wielu rejonach świata [1]. Wykorzystanie słonawych wód głębinowych określane jest również jako wiodący kierunek pozyskiwania wody przeznaczonej do spożycia i uzupełniania globalnych zasobów wody do picia [2]. Na arenie krajowej ze względu na powszechną dostępność zasobów wód o relatywnie dobrej jakości nie praktykuje się wykorzystania pokładów o podwyższonym zasoleniu. Występowanie w wodzie głębinowej podwyższonego stężenia chlorków stanowi podstawę do eliminowania ujęcia z zasobów wód ujmowanych na potrzeby krajowego systemu zaopatrzenia w wodę przeznaczoną do spożycia. Analiza

porównawcza bazy danych hydrogeologicznych oraz raportów dotyczących jakości wody dostarczanej konsumentom przez przedsiębiorstwa wodociągowe ukazuje definitywny brak problematyki występowania chlorków w krajowym systemie wodociągowym. Jednocześnie istnieją obszary kraju, gdzie występowanie w wodach głębinowych podwyższonych stężeń chlorków zostało udokumentowane [3]. W dobie rosnącego na świecie zagrożenia związanego z deficytem wody dedykowanej zaopatrzeniu ludności [4] możliwość włączenia do publicznych sieci wodociągowych dodatkowych ujęć dotychczas nie wykorzystywanych stanowi zdaniem autorów zagadnienie niezwykle istotne.

W celu odpowiedzi na pytanie dotyczące możliwości wdrożenia do systemu zbioro-

wego zaopatrzenia w wodę ujęć o podwyższonym zasoleniu kluczowa jest analiza dwóch podstawowych zagadnień. Pierwszym z nich jest aspekt techniczny dotyczący procesów dedykowanych uzdatnianiu wód o danej charakterystyce. Drugim natomiast niewrażliwym zagadnieniem pozostaje analiza funkcjonalna związana z procesem wdrażania odmiennych technologii do funkcjonującego systemu. Zarządzanie strategiczne w zagadnieniach dotyczących funkcjonowania systemów wodociągowych oraz ich planów rozwojowych zostało wdrożone na wielu polach identyfikacji ze względu na wymagania nadrzędne związane z implementacją dyrektywy unijnej do krajowej praktyki [5]. W kontekście ograniczenia eliminowania zasobów wód głębinowych ze względu na

prof. dr hab. inż. Izabela Zimoch <https://orcid.org/0000-0003-3048-4002> – Politechnika Śląska, Wydział Energetyki i Inżynierii Środowiska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Gliwice, Polska

mgr inż. Agata Koszyka <https://orcid.org/0009-0003-7792-3735> – Politechnika Śląska, Wydział Energetyki i Inżynierii Środowiska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Gliwice, Polska; Szkoła Doktorów, e-mail: ak5093@student.polsl.pl, Water Studio Agata Koszyka, Ozorków, ak@waterstudio.pl.

występujące zasolenie, implementacja innowacyjnych technologii może stanowić zarówno odpowiedź na problematykę pogarszającego się stanu środowiska [6] jak i element minimalizacji ryzyka związanego z zaopatrzeniem ludności w wodę w wymaganej ilości. W kontekście systemów wodociągowych techniki membranowe stanowią swoistą innowację. Procesy membranowe, w szczególności odwrócona osmoza jest obecnie najbardziej rozpowszechnionym komercyjnie sposobem uzdatniania wód określanych jako słonawe (definiowane jako wody o stężeniu chlorków $> 500 \text{ mg/dm}^3$, gdzie wg przepisów prawa krajowego wartość ta powinna być rozpatrywana jako stężenie $> 250 \text{ mg/dm}^3$ [7]). W latach 80'tych ubiegłego wieku nastąpił ogromny rozwój technologii membranowych związanych z opracowaniem nowych rodzajów membran [8]. Proces wyjściowo kojarzony z koniecznością dostarczania dużych ilości energii elektrycznej oraz znacznym ubytkiem strumienia wody zasilającej podlegał optymalizacjom technologicznym zarówno w ramach badań naukowych jak i studiów przypadków konkretnych obiektów, a także poszczególnych producentów. Modyfikacje realizowane były zarówno pod kątem parametrów procesu jak i wykonania konstrukcyjnego elementów [9, 10, 11]. Obecnie dostępnych jest wiele rodzajów modułów dedykowanych zarówno odsalaniu wody morskiej, wodom słonawym jak i demineralizacji wody słodkiej. Oprócz modyfikacji samych elementów konstrukcyjnych zmianom podlegają również standardy dotyczące konserwacji i systemów membranowych w celu optymalizacji ekonomiki ich pracy [12].

Wybór optymalnej metody uzdatniania wody dla danej charakterystyki ujęcia stanowi dopiero jeden z czynników związanych z możliwością wykorzystania odmiennych zasobów w systemie wodociągowym. Z punktu widzenia obowiązujących przepisów prawa, na potrzeby zaopatrzenia ludności wymagane jest korzystanie z najlepszych dostępnych zasobów wód w celu redukcji niezbędnych procesów uzdatniania. W przypadku wdrożenia odmiennej technologii uzdatniania wody niezbędne jest również uzgodnienie projektowanego układu z właściwą jednostką nadzoru sanitarno-epidemiologicznego [13]. Ponadto podmioty funkcjonujące w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę zobowiązane są do posiadania wieloletnich planów inwestycyjnych oraz do prowadzenia racjonalnej i oszczędnej polityki rozwojowej [14]. Inwestycje w sektorze zaopatrzenia i dystrybucji wody przeznaczonej do spożycia realizowane są zwykle przez przedsiębiorstwa wodociągowe lub jednostki administracyjne przy udziale finansów publicznych. Fakt wykorzystania publicznych środków finansowych obliguje do ich wydat-

kowania zgodnie z regułami funkcjonowania systemu zamówień publicznych. Jednak działalność sektora wodociągowego stanowi jeden z przykładów szczególnego złagodzenia procedur związanych z wydatkowaniem środków finansowych. Dla określonych wartości, wyłączenie z rygorów stosowania ustawy PZP zastąpione jest koniecznością wdrożenia regulaminu postępowań związanych z wyborem podmiotu, który zostanie wykonawcą inwestycji polegającej zarówno na realizacji robót budowlanych w tym instalacyjnych i infrastrukturalnych jak i usług badawczych oraz projektowych. Inwestycje związane z budową nowych jak i modernizacją, przebudową lub remontem obiektów stacji uzdatniania wody wymagają zazwyczaj publikacji postępowania mającego na celu wyłonienie wykonawcy tych prac. Do postępowania załączana jest dokumentacja techniczna stanowiąca opis przedmiotu zamówienia lub program funkcjonalno-użytkowy w przypadku postępowania na łączny wybór wykonawcy prac projektowych i robót budowlanych [15].

Metodologia prac badawczych

Na potrzeby niniejszego artykułu przeprowadzono analizę dwóch zagadnień dotyczących możliwości wdrożenia do publicznego systemu zaopatrzenia w wodę zasobów o podwyższonym zasoleniu.

Analiza porównawcza modyfikacji technicznych membran do procesu odwróconej osmozy, dedykowanych wodom słonawym, dostępnych na rynku komercyjnym

Badaniu poddano dostępne na komercyjnym rynku moduły membranowe dedykowane procesowi odwróconej osmozy pod kątem wprowadzonych modyfikacji i ich wpływu na zastosowanie do procesu uzdatniania zasobów wód głębinowych o zasoleniu w granicach $250 - 1000 \text{ mg/l}$ chlorków. Analiza niniejsza stanowi podstawę do decyzji zakupowych dla stanowiska badawczego, w ramach którego przewidziano badanie strumieni wód o różnych stężeniach zasolenia.

Weryfikację modyfikacji konstrukcyjnych modułów membranowych dostępnych do wykorzystania w procesie projektowania stacji uzdatniania wody dla systemu wodociągowego przeprowadzono w oparciu o dokumentację techniczną producentów modułów membran osmotycznych. Jako najbardziej popularne moduły membran osmotycznych przyjęto rozwiązania dwóch producentów [16].

Porównanie dotyczące wyboru modułu umożliwiającego optymalizację procesu RO do adaptacji na potrzeby systemów wodociągowych w celu ograniczenia eliminowania

ujęć głębinowych o podwyższonym zasoleniu prowadzone było w odniesieniu do parametrów technicznych i ograniczeń zastosowania modułów poszczególnych producentów wg ich deklaracji dotyczących danego produktu. Założeniem wyboru modułów do prac badawczych była możliwość obniżenia ciśnienia pracy do warunków zgodnych ze specyfiką systemów wodociągowych oraz wybór rozwiązań dedykowanych wodom słonawym.

Analiza możliwości adaptacji odmiennej technologii do istniejących obiektów systemu wodociągowego z punktu widzenia założeń projektowych i procesów decyzyjnych

W tym celu przeanalizowano bazę danych dotyczącą publicznych postępowań związanych z inwestycjami w sektorze gospodarki wodnej. Analizie poddano postępowania prowadzone w latach 2022 i 2023 w zakresie budowy, przebudowy, rozbudowy i modernizacji obiektów stacji uzdatniania wody w Polsce realizowanych przez jednostki administracyjne oraz przez zakłady gospodarki komunalnej i przedsiębiorstwa wodociągowe. Analiza ze względu na sektory charakter realizowanych inwestycji prowadzona była w oparciu o dane z platformy publikacyjnej postępowań o wartościach nie przekraczających progów unijnych wg definicji systemu zamówień publicznych oraz w oparciu o biuletyn zamówień publicznych, gdzie publikowane są postępowania realizowane w rygorach ustawy regulującej system zamówień publicznych.

Kryterium analizy stanowiły rodzaj i zakres danych wyjściowych i założenia technologiczne będące determinantą decyzji inwestycyjnych dla każdego z analizowanych obiektów stacji uzdatniania wody.

Analizie poddano dokumentację projektową branży technologicznej oraz opublikowane dane wyjściowe stanowiące podstawę do procesu projektowania inwestycji dotyczących obiektów stacji uzdatniania wody dla 120 postępowań w roku 2022 (99 rekordów z platformy zakupowej [17]) oraz 21 z Biuletynu Zamówień Publicznych [18]) oraz 89 w roku 2023 (odpowiednio 75 platforma zakupowa i 14 BZP).

Prezentacja wyników

Porównanie modułów membranowych

Wodom słonawym dedykowane są moduły membranowe pracujące w procesie odwróconej osmozy. Portfolio modułów FilmTec™ (DUPONT) składa się z produktów technologii separacji, które znajdują zastosowanie w układach przemysłowych, komunalnych, komercyjnych i konsumenckich. Założeniem modyfikacji konstrukcyjnej jest zwiększona wydajność przy

jednoczesnym obniżeniu ciśnienia procesowego oraz poprawie jakości permeatu. W ofercie tego producenta dostępne są optymalizowane rozwiązania do procesu odwróconej osmozy na potrzeby wód słonawych [19].

Drugim producentem, którego produkty posiadają liczne obiekty referencyjne na całym świecie jest TORAY INC. Membrany Toray RO (dostępne w średnicach 4 cali, 8 cali i 16 cali) są używane do zastosowań komunalnych, przemysłowych i komercyjnych [20]. W 1968 r. firma TORAY rozpoczęła produkcję spiralnie zwijanych elementów membrany do odwróconej osmozy i nanofiltracji, po raz pierwszy wykorzystując materiał membranowy z octanu celulozy. Obecnie linia produktów obejmuje szeroką gamę rozwiązań dedykowanych różnym rodzajom zastosowań w tym typoszereg przeznaczony do uzdatniania wód słonawych (seria TM) oraz moduły charakteryzujące się obniżonym ciśnieniem procesowym (seria TBW). Tabela 1 obejmuje porównanie najważniejszych

w roku 2022 wynosi 738 oraz 529 w roku 2023, zgodnie z tabelą nr 2.

Zakres merytoryczny prowadzonych postępowań dotyczy zarówno modernizacji obiektów istniejących, budowy nowych, rozbudowy budynków, uzupełnienia wyposażenia technologicznego i innych elementów definiowanych jako roboty budowlane¹ przy obiektach stanowiących infrastrukturę techniczną dedykowaną produkcji wody w krajowym systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Zestawienie obejmuje dodatkowo postępowania prowadzone przez zamawiających publicznych, którzy nie dysponują stacjami uzdatniania wody na potrzeby własnych obiektów, takich jak służba zdrowia i zakłady pomocy społecznej oraz jednostki penitencjarne. Dodatkowe wartości te obejmują postępowania prowadzone kilkakrotnie ze względu na brak wyboru wykonawcy w pierwszym i kolejnych postępowaniach. W łącznej liczbie postępowań opublikowanych w latach 2022 i 2023 ujęto również postępowania z zakresu usług

Po analizie merytorycznej oraz wyeliminowaniu postępowań powtarzanych oraz nie dotyczących merytorycznie technologii uzdatniania wód (tabela 3), na potrzeby niniejszego artykułu wyodrębniono dla roku 2022 aż 116 postępowań dotyczących wykonawcy prac budowlanych lub prac projektowych i robót budowlanych dla obiektów stacji uzdatniania wody głębinowej oraz 4 dotyczące wody powierzchniowej oraz odpowiednio w roku 2023 – 238 postępowania w tym 3 dotyczące stacji zaopatrywanych z wód powierzchniowych.

Analiza postępowań opublikowanych w roku 2022 wskazała jedynie w dziesięciu przypadkach przeprowadzone obiektywne badania technologiczne jednostki naukowej lub naukowo-technicznej jako podstawę do przyjęcia parametrów projektowanego procesu oraz odpowiednio 15 w roku 2023. W 65% (2022) oraz 73% (2023) przypadków podstawę do wyboru parametrów procesu technologicznego oraz doboru wymaganej technologii stanowiła dotychczasowa praca modernizowanego lub przebudowywanego obiektu. Zmiany prędkości filtracji, intensywności systemu napowietrzania oraz powierzchni filtracji i rodzaju złoża w większości postępowań nie stanowią, wg autorów dokumentacji, istotnych zmian technologicznych, określane są natomiast jako renowacja obiektu i usprawnienie jego funkcjonowania. Pozostałe postępowania dotyczą wyłącznie zmiany sposobu dystrybucji wody – doposażenie układu uzdatniania w zbiorniki retencyjne wody uzdatnionej i pompy drugiego stopnia pracujące na potrzeby zasilania sieci wodociągowej. W trzech przypadkach stwierdzono badania technologiczne skuteczności procesu uzdatniania określonego rodzaju wody, stanowiące podstawę do przyjętych parametrów projektowych, przytoczone jako badanie przeprowadzone w zakładzie producenta urządzeń filtracyjnych. We wszystkich przypadkach zadań obejmujących budowę studni głębinowej przewidziano włączenie wody ujmowanej z nowego odwiertu do istniejącego układu uzdatniania. W żadnym przypadku postępowania dotyczącego zadania inwestycyjnego związanego z obiektem SUW nie stwierdzono wstępnego opracowania obejmującego analizę odmiennych technologii uzdatniania w stosunku do klasycznej filtracji. Opublikowane badania technologiczne obejmują porównanie prędkości filtracji procesu technologicznego i skuteczności redukcji żelaza i manganu z wody głębinowej przy zastosowaniu dwóch, maksymalnie trzech rodzajów złoża filtracyjnych.

Jako dane wyjściowe do zaprojektowania optymalnej technologii dedykowanej produkcji wody przeznaczonej do zaopatrzenia sieci wodociągowej w 28 postępowaniach stwierdzono analizę surowej wody głębinowej obejmującą jedynie pięć podstawowych parametrów (stężenie żelaza i manganu w wodzie surowej, barwę i mętność wody oraz odczyn i temperaturę). Dane dotyczące stężenia

Tabela 1. Zestawienie danych procesowych deklarowanych przez producentów wybranych modułów membranowych do odwróconej osmozy
Table 1. Summary of process data declared by manufacturers of selected reverse osmosis membrane modules

| | FilmTec™ BW30 PRO-365 | TORAY TBW-400HR |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Maksymalne ciśnienie robocze | 600 psig | psi (MPa) 600 (4.1) |
| Maksymalny spadek ciśnienia na element | 15 psig (1.0 bar) | psi (MPa) 15 (0.10) |
| Maksymalny spadek ciśnienia na moduł | 50 psig (3.5 bar) | psi (MPa) 50 (0.34) |
| Maksymalna temperatura wody zasilającej | 113°F (45°C) | °F (°C) 113 (45) |
| Graniczny wskaźnik SDI wody zasilającej | SDI 5 | SDI 5 |
| Dopuszczalne stężenie chloru w wodzie zasilającej | < 0.1 ppm | ppm poniżej granicy oznaczalności |
| Dopuszczalny zakres pH wody zasilającej | 2-11 | 2-11 |
| Podczas pracy ciągłej | 1-13 | 1-13 |
| Przy czyszczeniu /krótkotrwałe (do 30 min) | | |
| Powierzchnia robocza | 34m ² | 37m ² |
| Wydajność deklarowana | 10,000 gpd (38 m ³ /d) | gpd 6,900 (26 m ³ /d) |

szczych danych procesowych wybranych modułów membranowych.

Analiza danych dotyczących podstaw projektowania procesów technologicznych w systemach wodociągowych

Zgodnie z informacją opublikowaną na platformach dedykowanych prowadzeniu postępowań publicznych oraz w Biuletynie Urzędu Zamówień Publicznych łączna liczba postępowań dotyczących tematyki objętej filtrem słownym „uzdatniania” opublikowanych

Tabela 2. Struktura postępowań publicznych dotyczących obiektów uzdatniania wody opublikowanych w bazach zamówień w latach 2022 – 2023
Table 2. Structure of tenders for water treatment plants published in procurement databases in 2022 – 2023

| ŹRÓDŁO DANYCH | 2023 | | 2022 | |
|---|------|----|------|----|
| | RB | U | RB | U |
| https://sidaspzp.pl/ | 4 | 1 | 3 | 1 |
| https://platformazakupowa.pl/ | 127 | 59 | 79 | 33 |
| https://ezamowienia.gov.pl/pl/ | 300 | 38 | 565 | 57 |
| SUMA opublikowanych postępowań | 431 | 98 | 647 | 91 |
| SUMA LATA | 529 | | 738 | |
| SUMA RB | 1078 | | | |

świadczonych na potrzeby obiektów stacji uzdatniania wody w tym usługi prac projektowych oraz bieżącej eksploatacji i konserwacji oraz awaryjne działania prewencyjne realizowane w formie usług serwisowych.

Tabela 3. Zestawienie tabelaryczne postępowań opublikowanych w latach 2022 – 2023, dotyczących uzdatniania wody w obiektach zbiorowego zaopatrzenia

Table 3. Summary table of proceedings published between 2022 and 2023 regarding water treatment in collective supply facilities

| łącznie | 2023 | | 2022 | |
|---|------|-----|------|-----|
| | RB | U | RB | U |
| Źródło głębinowe | 238 | 54 | 120 | 34 |
| Źródło powierzchniowe | 3 | 1 | 2 | 1 |
| Pełna analiza wody | 210 | 54 | 85 | 34 |
| Udział procentowy [%] | 88 | 100 | 71 | 100 |
| Analiza uproszczona | 28 | 0 | 35 | 0 |
| Udział procentowy [%] | 12 | 0 | 29 | 0 |
| Archiwalne dane dotyczące jakości wody w ujęciu | 140 | 5 | 56 | 10 |
| Bieżące dane dotyczące jakości wody w ujęciu | 98 | 49 | 64 | 24 |

¹ Roboty budowlane i usługi definiowane podczas publikacji postępowania przez Zamawiającego według nomenklatury systemu zamówień publicznych [15]

siarczianów i chlorków w wodzie poddawanej procesowi uzdatniania wody głębinowej dostępne były jedynie w 15% (2023) i 23% (2022) postępowań dotyczących wyboru wykonawców prac budowlanych w ramach obiektów stacji uzdatniania wody. W 56 przypadkach w roku 2022 oraz 140 w roku 2023 analiza wody stanowiąca podstawę do projektowania systemu uzdatniania wody ma charakter archiwalny, tj. została wykonana w odstępie większym niż 5 lat od okresu opracowania dokumentacji projektowej lub realizowanych robót budowlanych.

Dyskusja wyników

Charakterystyka systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę oparta jest na wielu elementach skutkujących zapewnieniem bezpieczeństwa jakości i wielkości dostaw wody do konsumentów. Analiza danych związanych z procesem decyzyjnym dotyczącym wdrożenia ujęć dotychczas eliminowanych z publicznych wodociągów jest problemem złożonym z aspektów technicznych, ekonomicznych oraz społeczno-gospodarczych.

Z przeprowadzonej analizy technicznej zagadnienia wynika dostępność modułów dedykowanych wodom słonawym w ofercie obu wiodących producentów membran do odwróconej osmozy. Wdrożone modyfikacje produktowe i innowacje konstrukcyjne dostępnych modułów membranowych realizowane przez producentów skutkują możliwością doboru optymalnych rozwiązań w zakresie redukcji zasolenia w wodach o relatywnie niskim stężeniu chlorków – oznaczanym jako wody słonawe lub miernie zasolone.

Odmienne sytuacja przedstawia się z punktu widzenia możliwości wdrożenia procesów dotychczas niestosowanych w systemie wodociągowym. Analiza zagadnienia obrazuje powtarzalność modułów dedykowanych zbieżnym zanieczyszczeniom występującym w wodach głębinowych skutkujących uproszczeniami w zakresie pozyskiwania danych dotyczących podstaw technologicznych procesu uzdatniania wody oraz eliminacją kosztów wdrożenia i długoterminowych badań technologicznych.

Dodatkowo mocno sformalizowany system zakupowy, pomimo stosowania regulaminowych procedur wyboru wykonawców, skutkuje ograniczeniem wariantowania realizacji zadania i optymalizacji produktowej.

Przedstawione wyniki pozyskane zarówno z portalu publikacyjnego postępowań związanych z robotami budowlanymi dotyczącymi prac niewymagających stosowania procedur określonych w ustawie regulującej system zamówień publicznych jak i z biuletynu zamówień realizowanych w rygorach ustawowych miały na celu przedstawienie całego spektrum realizowanych prac dotyczących obiektów stacji uzdatniania wody. Sposób publikacji postępowania nie zmienia merytorycznego zakresu potencjalnych prac, świad-

czy natomiast o wartości zadania inwestycyjnego. Stąd też przedstawione wyniki obrazują sytuację zarówno dla zadań o wartościach inwestycyjnych w progach krajowych wg nomenklatury systemu zamówień publicznych, jak i dla zadań o najwyższych wartościach kosztów inwestycyjnych. Przedstawione dane obrazują zbieżne praktyki w przypadku realizacji zadania inwestycyjnego przez jednostkę administracji samorządowej oraz w przypadku realizacji przez przedsiębiorstwo wodociągowe. Domniemywać można, że realizacja zadania sektorowego przez zakład wodociągowy skutkować winna bardziej precyzyjnym opisem przedmiotu prac do realizacji i opracowaniem o lepszym przygotowaniu danych wyjściowych, jednak fakt taki z przeprowadzonej analizy nie wynika.

Wnioski

Przeprowadzona analiza obrazuje możliwość wykorzystania procesów membranowych do produkcji wody wodociągowej z zasobów wymagających redukcji stężenia chlorków. Kluczowym elementem jest właściwa diagnoza rodzaju modułu stanowiącego trzon procesu oraz wymagana modyfikacja konstrukcyjna. W konsekwencji powyższego stwierdzono potrzebę rozszerzenia wstępnych badań technologicznych w przypadku chęci wykorzystania odmiennych od dotychczasowych ujęć wody jako uzupełnienie dostępnych zasobów wód stanowiących surowiec do zaopatrzenia ludności. Ograniczenie eliminowania ujęć o gorszych parametrach jakości wody ujmowanej z ujęcia, które wraz ze wzrostem zapotrzebowania na wodę może być konieczne, poprzedzone być musi rozszerzeniem procedur wstępnych dla decyzji inwestycyjnych obiektów infrastrukturalnych. Dodatkowo zdiagnozowano niedostatek w zakresie wstępnych opracowań stanowiących wytyczne do doboru parametrów procesowych planowanych obiektów. Niedostatek wykorzystania w systemach wodociągowych badań technologicznych na etapie prac projektowych i planistycznych uniemożliwia optymalizację procesową pracy docelowych układów. Zagadnienie powyższe pozostaje istotne zarówno z punktu widzenia możliwości wdrożenia do systemu produkcji wody przeznaczonej do spożycia wód miernie zasolonych, jak i problematyki ograniczania strat wody i racjonalizacji wykorzystania zasobów wód.

Podziękowania:

Pracę wykonano z uwzględnieniem subwencji statutowej Politechniki Śląskiej w Gliwicach na rok 2023 - BKM-6.53/RIE4/2023 i BK-250/RIE4/2023.

LITERATURA

- [1] Marek Gromiec Nowe koncepcje gospodarki wodno-ściekowej-osadowej, Monografie

- Komitetu Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk, vol. 166, J. Bień, M. Gromiec, L. Pawłowski, Lublin 2020
- [2] Jasińska Joanna Przegląd metod zwiększania zasobów wodnych na obszarach z jej deficytem, Tutoring Gedanensis, Wydział Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego, vol. 6, no. 2, 2021, pp. 54-58, DOI:10.26881/tutg.2021.2.08
- [3] Dorota Kaczor-Krzyżawa, Geogeniczne anomalie chlorkowe w wodach podziemnych poziomów użytkowych Polski centralnej, Przegląd Geologiczny, vol. 65, nr 11/2, 2017
- [4] Wang D.; Hubacek K.; Shan Y.; Gerbens-Leenes W.; Liu J. A Review of Water Stress and Water Footprint Accounting. *Water* 2021, 13, 201. <https://doi.org/10.3390/w13020201>
- [5] Izabela Zimoch; Łukasz Czopik Zarządzanie strategiczne jako element minimalizacji ryzyka eksploatacją infrastruktury wodociągowej; Instal 1/2020 s. 50-53, DOI: 10.36119/15.2020.1.8
- [6] Krystyna Konieczny, Wykorzystanie procesów membranowych w ochronie środowiska i w innych dziedzinach techniki – przykłady; Instal 2018 | nr 9 | 40–47
- [7] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi,
- [8] Michał Bodzek, Krystyna Konieczny Wykorzystanie procesów membranowych w uzdatnianiu wody, Oficyna wydawnicza Przemysł-EKO Bydgoszcz 2005
- [9] Michał Bodzek, Krystyna Konieczny Tlenek grafenu – nanomateriał do wytwarzania półprzepuszczalnych membran, 1/2020 Instal s. 40-43, DOI: 10.36119/ 15.2020.1.6
- [10] Fane, C. Tang, R. Wang R. (2011). Chap.4. Water Quality Engineering. P. Wilderer (Eds.), Membrane technology for water: microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, and reverse osmosis. Treatise on Water Science, 301-335. Elsevier Science.
- [11] J. Kujawa, A. Rozicka, S. Cerneaux, W. Kujawski, The influence of surface modification on the physicochemical properties of ceramic membranes, *Colloids Surf., A*, 443 (2014) 567-575
- [12] Marjanowski Jan, Sadaj Maciej Problem uszkodzeń, konserwacji i renowacji membran wysokociśnieniowych w instalacjach odwróconej osmozy, Instal 2/2021; DOI 10.36119/15.2021.2.1
- [13] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne, tj.: Dz.U. 2023 poz. 1478
- [14] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków. tj.: Dz.U. 2023 poz. 537
- [15] Ustawa z dnia 11 września 2019 r. – Prawo zamówień publicznych, tj.: Dz.U. 2023 poz. 1605
- [16] Alanood A. Alsarayreh, Mudhar A. Al-Obaidi, Shekha K. Farag, Raj Patel, Iqbal M. Mujtaba, Performance evaluation of a medium-scale industrial reverse osmosis brackish water desalination plant with different brands of membranes. A simulation study, *Desalination*, Volume 503, 2021, 114927, ISSN 0011-9164, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114927>.
- [17] platforma przetargowa Open Nexus, Strona główna – Platforma Zakupowa
- [18] postępowania wszczęte od 1 stycznia 2021 r. na podstawie ustawy z dnia 11 września 2019 r. – Prawo zamówień publicznych zostały udostępnione na Platformie e-Zamówienia Portal Dostępowy | (ezamowienia.gov.pl)
- [19] FilmTec™ Prime RO (dupont.com);
- [20] Toray RO | Membrana Toray | TORAY (water.toray)