

Problematyka oceny ryzyka ujęć wody dla budynków usługowych

Issues of water intake risk assessment for service buildings

DAWID SZPAK, JAKUB ŻYWIEC, BARBARA TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK, JANUSZ RAK

DOI 10.36119/15.2023.12.17

Zgodnie z wymogami ustawy Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1566 z późn. zm.) o konieczności wyznaczenia strefy ochrony pośredniej ujęcia wody podziemnej stanowi analiza ryzyka obejmująca ocenę zagrożeń zdrowotnych identyfikowanych w ujmowanej wodzie w oparciu o analizę dynamik zmian jakości ujmowanej wody oraz dokumentację hydrogeologiczną. Analizę ryzyka należy przeprowadzić m.in. dla ujęć wody dostarczających więcej niż 10 m³ wody na dobę lub służących zaopatrzeniu w wodę więcej niż 50 osób. Ustawa Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. nakłada taki obowiązek także na właścicieli indywidualnych ujęć wody, jeżeli woda jest dostarczana, jako woda przeznaczona do spożycia przez ludzi, w ramach działalności handlowej, usługowej, przemysłowej, albo do budynków użyteczności publicznej. Pomimo obowiązywania zmienionej ustawy Prawo wodne od 5 lat wielu przedsiębiorców podjęło działania w tej kwestii dopiero w ostatnim kwartale 2022 roku.

W pracy określono 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.

W artykule przedstawiono ocenę ryzyka wybranego ujęcia wody zaopatrującego w wodę obiekt, w którym organizowane są wesela, bankiety oraz spotkania biznesowe. Uwzględniono specyfikę funkcjonowania obiektu, który charakteryzuje się dużą nierównomiernością rozbioru wody. W oparciu o przeprowadzoną analizę oceniono potrzebę ustanowienia strefy ochrony pośredniej ujęcia wody. Podejście oparte na prewencji zagrożeń znacząco ogranicza prawdopodobieństwo wystąpienia awarii oraz pozwala na przygotowanie właściciela obiektu do odpowiedniej reakcji.

Słowa kluczowe: ujęcie wody, zagrożenie, ryzyko

In accordance with the requirements of the Polish Water Law Act of July 20, 2017 (Journal of Laws of 2017, item 1566, as amended), on the need to designate an indirect protection zone for groundwater intakes, a risk analysis is required, including the assessment of health threats identified in the abstracted water based on an analysis of the dynamics of changes in the quality of abstracted water and hydrogeological documentation. The risk analysis should be carried out for water intakes supplying more than 10 m³ of water per day or supplying the water for more than 50 people. The Polish Water Law Act imposes such an obligation also on owners of individual water intakes, if water supplied is intended for human consumption as part of commercial, service, industrial activities or to public utility buildings. Despite the amended Water Law Act being in force for 5 years, many entrepreneurs only took action in this matter in the last quarter of 2022. The paper identifies the main factors that should be taken into account when assessing the risk of groundwater intakes, i.e. sources of threat to water quality, land development structure, quality of water, depth of the aquifer and covering with an insulation layer. The risk assessment of a selected water intake supplying a facility where weddings, banquets and business meetings are organized is presented. The specificity of the functioning of the facility, which is characterized by high unevenness of water demand, was taken into account. Based on the analysis, the need to establish an indirect water intake protection zone was assessed. The approach based on hazard prevention significantly reduces the probability of a failure and allows the owner of the facility to prepare for an appropriate response, in case of one.

Keywords: water intake, threat, risk

Wprowadzenie

Bezpieczeństwo może być zdefiniowane w ujęciu opisowym jako stan lub właściwość obiektu, systemu, charakteryzujące jego zdolność do przeciwstawiania się wypadkom [4]. W procesie ujmowania wody stan niebezpieczeństwa spowodowany jest wypadkiem, rozumianym jako nie-

pożądane zdarzenie przynoszące znaczące szkody i straty dla ludzi lub wewnętrznie sprzecznych oddziaływań w systemie: człowiek – obiekt – otoczenie [3].

Od kilkunastu lat zarówno w literaturze przedmiotu [9, 10, 16, 21-23], jak i w prawodawstwie [2, 18] jest dostrzegalna zmiana sposobu myślenia na temat wypadków w systemach zaopatrzenia

w wodę. Tradycyjne, niezawodnościowe podejście „wypadek jest to nieprzewidywalne zdarzenie powstające losowo” zostało uzupełnione przez twierdzenie „wypadek jest to zdarzenie powodujące straty, które można przewidzieć”. Podejście oparte na prewencji zagrożeń znacząco ogranicza prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku oraz wielkość jego skutków.

dr inż. Dawid Szpak <https://orcid.org/0000-0001-9654-2477>, mgr inż. Jakub Żywiec, <https://orcid.org/0000-0002-0823-4229>, prof. dr hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak <https://orcid.org/0000-0002-7622-6749>,

prof. dr hab. inż. Janusz Rak <https://orcid.org/0000-0001-7713-5841> – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, Rzeszów.

Miarą utraty bezpieczeństwa jest ryzyko wyznaczane jako kombinacja poziomu prawdopodobieństwa zajścia danego zagrożenia oraz jego skutków. W zdecydowanej większości publikacji ryzyko jest opisywane jako iloczyn algebraiczny prawdopodobieństwa oraz skutków, lub jego modyfikacji opartej o parametr podatności lub ochrony [1, 10, 16, 17]. Źródłem ryzyka są zagrożenia, które są potencjalnym powodem szkód. 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 [14, 15]. Zgodnie z dyrektywą 2020/2184 [2] oraz normą EN 15975-2:2013 zagrożenie oznacza czynnik biologiczny, chemiczny, fizyczny lub radiologiczny w wodzie lub inny aspekt stanu wody, który potencjalnie może mieć szkodliwy wpływ na zdrowie ludzkie. 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 [8, 11].

Zagwarantowanie akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa jest celem procesu zarządzania ryzykiem. Zarządzanie ryzykiem jest to systematyczna realizacja polityki zarządzania z wdrażaniem procedur i praktycznym działaniem, mająca na celu prowadzenie ryzyka do racjonalnego poziomu. Struktura procesu zarządzania ryzykiem zgodnie z normą ISO 31000 obejmuje [7, 14]:

- ustalenie kontekstu,
- ocenę ryzyka, a w niej identyfikację zagrożenia, szacowanie ryzyka oraz ewaluację ryzyka,
- fazę reagowania na ryzyko.

Zarządzanie ryzykiem jest ukierunkowane na szacowanie skutków występujących zdarzeń. Teorii bezpieczeństwa nie interesują wszystkie uszkodzenia techniczne, a tylko takie, które mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa. Niniejsza praca jest związana z bezpieczeństwem procesu ujmowania wody podziemnej, które jest definiowane jako bezpieczeństwo ujęcia wody podczas realizacji procesu ujmowania wody w aspekcie możliwego ujmowania nadmiernie zanieczyszczonej wody lub brakiem możliwości ujmowania wody, co w większości przypadków jest spowodowane nieodpowiednim zagospodarowaniem terenu w otoczeniu ujęcia wody.

Budynki usługowe zlokalizowane poza zasięgiem zbiorowych systemów zaopatrzenia w wodę muszą korzystać z indy-

idualnych źródeł wody, najczęściej studni wierconych. Obiekty takie często charakteryzują się dużą nierównomiernością rozbioru wody, szczególnie jeśli są w nich organizowane przyjęcia weselne oraz bankiety. W takim przypadku muszą one współpracować ze zbiornikami retencyjnymi magazynującymi wodę w okresach niskiego zapotrzebowania. Zgodnie z zapisami ustawy Prawo wodne [18], właściciele takich indywidualnych ujęć wody także są zobowiązani do przeprowadzenia analizy ryzyka. Efektem przeprowadzonej analizy ryzyka jest określenie konieczności (lub jej braku) ustanowienia strefy ochronnej obejmującej teren ochrony bezpośredniej i teren ochrony pośredniej (obejmujący obszar zasilania ujęcia wody). Strefę ochronną obejmującą wyłącznie teren ochrony bezpośredniej ustanawia się dla każdego ujęcia wody.

Pierwszym etapem w procesie oceny ryzyka, niezależnie od przyjętej metody analizy, jest identyfikacja zagrożeń. W przypadku oceny ryzyka ujęć wód podziemnych należy brać pod uwagę takie czynniki, jak źródła zagrożenia dla jakości wody, struktura zagospodarowania terenu, jakość ujmowanej wody, głębokość warstwy wodonośnej oraz przykrycie warstwą izolacyjną [5, 6, 13, 20]. Podział ujęć wody podziemnej na ujęcia wymagające ustanowienia strefy ochrony pośredniej i niewymagające takich stref jest problemem klasyfikacyjnym. Klasyfikację tę najczęściej przeprowadza się na podstawie wyników matrycowej metody oceny ryzyka [16]. Celem pracy jest charakterystyka głównych czynników wpływających na ryzyko ujęć wody podziemnej oraz przedstawienie sposobu oceny ryzyka i podjęcia decyzji czy dla przedmiotowego ujęcia wody strefa ochronna powinna obejmować wyłącznie teren ochrony bezpośredniej czy teren ochrony bezpośredniej i teren ochrony pośredniej. Podejście oparte na ryzyku i związane z nim działania minimalizujące ryzyko są wymagane przez przepisy Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [2]. Takie podejście jest także zgodne z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia dotyczącymi planów bezpieczeństwa wody [19].

Charakterystyka obiektu badań

Ocenę ryzyka przeprowadzono dla ujęcia wody podziemnej zaopatrującego w wodę obiekt usługowy zlokalizowany w wodę obiekt usługowy zlokalizowany w południowo-wschodniej Polsce. Dla analizowanego obiektu, charakteryzującego się dużą nierównomiernością dobową i godzinową zapotrzebowania na

wodę, przewidziano budowę dwóch zbiorników wody o pojemności 7,5 m³. Ujmowana woda surowa nie spełnia kryteriów fizykochemicznych, jakim powinna odpowiadać woda przeznaczona do spożycia ze względu na przekroczenie stężenia manganu, żelaza, mętności i barwy co jest typowe w przypadku ujmowania wód podziemnych. W celu uzdatniania wody zastosowano napowietrzanie, filtrację oraz dezynfekcję UV. Zastosowane rozwiązania techniczne pozwalają na zachowanie właściwych parametrów fizykochemicznych oraz mikrobiologicznych wody. Lampa UV jest niezbędna w instalacji w aspekcie magazynowania dużych ilości wody w zbiornikach dla zwiększonych poborów chwilowych. Technologia uzdatniania wody jest dobrana właściwie do parametrów jakości wody surowej oraz charakterystyki pracy analizowanego obiektu, tj. duże chwilowe zapotrzebowanie na wodę podczas organizowanych imprez okolicznościowych. Jakość ujmowanej wody jest odpowiednia, a woda uzdatniona wprowadzana do instalacji wewnętrznej obiektu spełnia wymogi stawiane jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem [12], co potwierdzono wynikami badań jakości wody.

W oparciu o dokumentację hydrogeologiczną stwierdzono, że w studni występuje warstwa nieprzepuszczalna w przedziale od 5 m do 40 m (łupek popielaty przechodzący w ciemny i szary). Zasoby eksploatacyjne studni zostały określone na poziomie 0,9 m³/h, wraz z depresją eksploatacyjną $S_e = 4,5$ m. Woda surowa ujmowana jest z trzeciorzędowego poziomu wodonośnego z głębokości około 60 m ppt. Pobór wody dla ujęcia określono na poziomie: $Q_{maxs} = 0,00023$ m³/s, $Q_{sr,dob} = 20$ m³/d, $Q_{dop,roczne} = 7300$ m³/rok.

Sposób zagospodarowania terenu w obszarze objętym analizą ryzyka przedstawiono na rysunku nr 1. Obszar objęty analizą ryzyka leży w obrębie Parku Krajobrazowego. W niewielkiej odległości (ok. 240 m) znajduje się również Obszar Natura 2000. Analiza struktury zagospodarowania terenu w granicach obszaru objętego analizą ryzyka wykazała następujące udziały procentowe: tereny leśne 85,9 %, tereny zabudowane 9,4 %. Ze względu na położenie z dala od dużych ośrodków miejskich ryzyko zanieczyszczenia wody w studni jest znikome. Sposób zagospodarowania obszaru zasilania nie stwarza zagrożenia dla jakości ujmowanej wody.

Jednymi z głównych czynników mających wpływ na zawartość związków organicznych i nieorganicznych w wodach

Tab. 5. Identyfikacja zagrożeń dla analizowanego ujęcia wody podziemnej
Tab. 5. Identification of threats to the analyzed groundwater intake

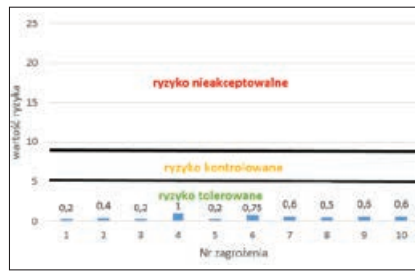
Numer zagrożenia	Opis zagrożenia
1	Zanieczyszczenie ujmowanej wody spowodowane transportem oraz wypadkiem drogowym (oleje, benzyna, WWA)
2	Zanieczyszczenie ujmowanej wody spowodowane nieodpowiednią działalnością rolniczą (pestycydy, substancje biogenne, bakterie)
3	Zanieczyszczenie ujmowanej wody spowodowane przez inne źródła obszarowe (np. dzikie wysypiska śmieci)
4	Zanieczyszczenie ujmowanej wody przez nieszczelne szamba i odprowadzanie ścieków nieoczyszczonych do gruntu
5	Zanieczyszczenie ujmowanej wody w wyniku długotrwałych i intensywnych opadów deszczu
6	Zanieczyszczenie ujmowanej wody spowodowane przez szkodliwe działanie osób trzecich (akt wandalizmu)
7	Awaria zasilania
8	Brak właściwego zabezpieczenia pomieszczeń z urządzeniami do uzdatniania wody na terenie obiektu
9	Awaria urządzeń do uzdatniania wody
10	Obniżenie jakości wody gromadzonej w zbiornikach

wodę podczas organizowanych imprez okolicznościowych.

Zidentyfikowano także istniejące środki zabezpieczające konsumentów przed spożyciem wody o nieodpowiedniej jakości funkcjonujące na ujęciu oraz w analizowanym obiekcie:

- przykrycie warstwy wodonośnej warstwą izolacyjną (łupek popielaty przechodzący w ciemny i szary) w zakresie od 5 m do 40 m;
- ujmowanie wody z trzeciorzędowego poziomu wodonośnego z głębokości około 60 m ppt; warstwa wodonośna jest w sposób naturalny chroniona przed zanieczyszczeniami z powierzchni terenu; czas pionowego przesączania wód opadowych do eksploatowanej warstwy wodonośnej wynosi 31,5 lat;
- efektywny system uzdatniania wody potwierdzony wynikami badań wody (napowietrzanie, filtracja oraz dezynfekcja UV);
- możliwość czasowego zamknięcia ujęcia i korzystania z wody zgromadzonej w zbiornikach wodociągowych;
- szczelna obudowa studni oraz utwardzenie ze spadkiem na zewnątrz studni;
- ogrodzenie studni;
- wyposażenie pompy w studni w sprawne zasilanie awaryjne.

Wyniki obliczeń wartości ryzyka zgodnie z zależnością (1) wraz z przyjętymi kryteriami dla poszczególnych poziomów ryzyka przedstawiono na rysunku 2 (numeryczna ocena zgodna z tabelą nr 5).



Rys. 2. Wyniki analizy ryzyka dla poszczególnych zagrożeń

Fig. 2. Risk analysis results for individual threats

Dla wszystkich potencjalnych zdarzeń niepożądanych otrzymana wartość ryzyka pozwala je zakwalifikować jako ryzyko tolerowane. Nie ma przesłanek do zagrożenia zdrowia konsumentów wody. Stwierdzono, że największe zagrożenie dla jakości ujmowanej wody stanowi nieuregulowana gospodarka ściekowa na obszarze objętym analizą (zagrożenie nr 4). Najbliższa zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna jest położona w odległości od około 175 m od studni. Jest to obszar nieskanalizowany. Ryzyko zanieczyszczenia ujmowanej wody przez nieszczelne szamba zostało określone jako tolerowane ze względu na występowanie warstwy nieprzepuszczalnej w przedziale od 5 m do 40 m (łupek popielaty przechodzący w ciemny i szary) oraz brak przekroczeń związków azotowych oraz chlorków w wodzie przeznaczonych do spożycia.

Podsumowanie

Ocena ryzyka ujęć wody podziemnej poza identyfikacją źródeł zagrożenia wynikających ze sposobu zagospodarowania terenu powinna obejmować również bariery zabezpieczające przed potencjalnym zanieczyszczeniem wody, tj. sposób uzdatniania wody, przykrycie warstwy izolacyjną oraz głębokość warstwy wodonośnej.

W pracy wykorzystano trójparametryczną macierz ryzyka obejmującą prawdopodobieństwo (P) wystąpienia zdarzenia niepożądanego, jego skutki (C) oraz parametr związany z ochroną przed zagrożeniem (O). Przedstawiono ocenę ryzyka wybranego ujęcia zaopatrującego w wodę obiekt, w którym organizowane są wesela, bankiety oraz spotkania biznesowe. Uwzględniono specyfikę funkcjonowania obiektu, który charakteryzuje się dużą nierównomiernością rozbioru wody. Stwierdzono odpowiedni poziom rezerwowania wody w zbiornikach wody czystej (łącznie 15 m³), co pozwala zaopatrzyć obiekt w wodę w czasie szczytowego rozbioru wody (w czasie trwania imprez

okolicznościowych). W oparciu o przeprowadzoną analizę stwierdzono, że nie ma konieczności ustanowienia strefy ochronnej obejmującej teren ochrony bezpośredniej i teren ochrony pośredniej. Nie stwierdzono istotnego zagrożenia dla bezpieczeństwa konsumentów wody ze względu na dużą odległość od obiektów stanowiących potencjalne zagrożenie, obecność warstwy nieprzepuszczalnej w przedziale od 5 m do 40 m (łupek popielaty przechodzący w ciemny i szary) oraz ujmowanie wody z głębokości około 60 m ppt.

Podejście oparte na prewencji zagrożeń pozwala na wskazanie właścicielowi obiektu potencjalnych zdarzeń niepożądanych jakie mogą wystąpić w analizowanym systemie. W przypadku stwierdzenia istotnych zagrożeń dla procesu ujmowania wody, samo wykonanie analizy ryzyka zgodnie z zapisami ustawy Prawo wodne [18] jest niewystarczające dla zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. Po przeprowadzeniu ewaluacji ryzyka właściciele ujęć wody powinni podjąć działania wynikające z wykonanych opracowań ukierunkowane na zarządzanie ryzykiem (faza reagowania na ryzyko).

LITERATURA

- [1] Czop M., Herbich P., Janica R., Lidzbarski M., Mulik B., Nikiel G., Prażak J., Rodzoch A., Staśko S., Woźnicka M., Zimoch I.: Strefy ochronne ujęć wód podziemnych – analiza ryzyka i projektowanie. Część I. Analiza ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2022.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [3] Gućma L.: Modelowanie czynników ryzyka zderzenia jednostek pływających z konstrukcjami portowymi i pełnomorskimi. Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, studia nr 44, Szczecin, 2005.
- [4] Jaźwiński J., Ważyńska-Fiok K.: Bezpieczeństwo systemów. PWN, Warszawa, 1993.
- [5] Lidzbarski M.: Analiza w procesie ustanawiania strefy ochronnej ujęć wód podziemnych „Osowa” i „Dolina Radości” w Gdańsku. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 475/2019, s. 125–132.
- [6] Łyp B.: Strefy ochrony ujęć wód podziemnych. Problematyka wodociągowa, urbanistyczna i sanitarna, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, 2018.
- [7] Norma ISO 31000: 2018. Zarządzanie ryzykiem – zasady i wytyczne.
- [8] Piegdoń I.: A New Concept of Crisis Water Management in Urban Areas Based on the Risk Maps of Lack of Water Supply in Response to European Law. Resources-Basel, 11(2)/2022, s. 1–20.
- [9] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B. Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
- [10] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B., Studziński J.:

- Bezpieczeństwo systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę, Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2013.
- [11] Rak J., Ustrobiński M., Potoczny R., Stręk M.: Analiza zużycia wody w Rzeszowie w czasie kryzysu uchodźczego z Ukrainy. *Instal* 1/2023, s. 44-46, DOI 10.36119/15.2023.1.6
- [12] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294 z późn. zm.)
- [13] Rubin K., Rubin H., Rózkowski J., Ślósarczyk K., Flaszka A.: Analiza ryzyka dla obszaru spływu wód podziemnych do ujęcia Łazy Błędkowskie GPW S.A. w Katowicach i jej ograniczenia. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 475/2019, s. 199–204.
- [14] Smalko Z., Nowakowski T., Tubis A.: Zarys niezawodnościowej teorii zagrożeń, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020.
- [15] Szpak D., Tchórzewska-Cieślak B. The Use of Grey Systems Theory to Analyze the Water Supply Systems Safety. *Water Resources Management*. 33/2019, s. 4141–4155.
- [16] Szpak D., Boryczko K., Żywiec J., Rak J.: Metody matrycowe wykorzystywane w analizie ryzyka ujęć wody. *Instal*, 7-8/2021, s. 40-44, DOI 10.36119/15.2021.7-8.6
- [17] Tchórzewska-Cieślak B.: Metody analizy i oceny ryzyka awarii podsystemu dystrybucji wody, Oficyna Wydaw. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011.
- [18] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz.U. 2017 poz. 1566 wraz z późniejszymi zmianami).
- [19] Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. WHO, Geneva 2009.
- [20] Witczak S., Kania J., Kmiecik E.: Nowe podejście dotyczące ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych jako elementu planów bezpieczeństwa wody. W: *Bezpieczeństwo zbiorowego zaopatrzenia w wodę na terenach objętych antropopresją* (red. G. Malina): 7–18. PZLiTS, Częstochowa 2018.
- [21] Zimoch I., Grabuńczyk M.: Czas pracy bezuszkodzeniowej sieci wodociągowej miasta Głubczyce jako element bezpieczeństwa funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę, *Instal*, nr 7/8, 2021, s. 45-52, DOI:10.36119/15.2021.7-8.7
- [22] Zimoch I., Mulik B.: Dyrektywa w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – implementacja, *Instal*, nr 7, 2020, s. 30-34, DOI:10.36119/15.2020.7.5
- [23] Żywiec J., Szpak D., Piegdoń I., Boryczko K., Pietrucha-Urbanik K., Tchórzewska-Cieślak B., Rak J.R. An Approach to Assess the Water Resources Reliability and Its Management. *Resources* 2023, 12, 4.