

WERYFIKACJA METODYKI BADAWCZEJ DOTYCZĄCEJ OZNACZANIA CHLORKÓW W WODACH PODZIEMNYCH Z DWÓCH RODZAJÓW OTWORÓW STUDZIENNYCH ZLOKALIZOWANYCH NA TERENIE STACJI POMIARÓW AEROLOGICZNYCH INSTYTUTU METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ PIB WE WROCŁAWIU W OKRESIE JESIENNYM I ZIMOWYM

VERIFICATION OF THE RESEARCH METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF CHLORIDES IN GROUNDWATER FROM TWO TYPES OF WELLS LOCATED AT THE AEROLOGICAL MEASUREMENT STATION OF THE INSTITUTE OF METEOROLOGY AND WATER MANAGEMENT PIB IN WROCŁAW IN AUTUMN AND WINTER

Amelia Zielińska - „Poltegor-Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

W pracy przedstawiono wyniki monitorowania zawartości chlorków w wodach podziemnych w zależności od pory roku i wartości pH wody, z dwóch rodzajów studni: kopanej oraz głębinowej. Scharakteryzowano punkty poboru próbek. Opracowano metodykę badawczą na podstawie normy PN-ISO 9297, którą stosowano do oznaczania zawartości jonów chlorkowych.

Słowa kluczowe: wody podziemne, jony chlorkowe, metoda analityczna, metoda Mohra

The paper presents the results of monitoring chlorides content in groundwater, depending on the season and pH value of the water, from two types of wells: dug and deep well. Sampling points were characterized. The research methodology was developed on the basis of the PN-ISO 9297 standard, which was used to determine the content of chlorides ions.

Keywords: groundwater, chlorides ions, analytical method, Mohr's method

Wstęp

Hydrologiczny obieg wody, to naturalny cykl krążenia wód naturalnych występujących na naszym globie tj. atmosferycznych, powierzchniowych i podziemnych. Wody podziemne stanowią zaledwie 1,7% ogólnych zasobów wód na Ziemi. Również tempo wymiany i szybkość krążenia wód podziemnych są bardzo ograniczone. Powolne krążenie wód podziemnych wpływa na skalę oddziaływania między wodami i skałami oraz na przebieg procesów wprowadzających różne substancje do wód podziemnych. Należy także wspomnieć o występowaniu procesów odwrotnych, które zubażają wody np. w wyniku wytrącania się faz stałych. Zatem ten naturalny, złożony system współoddziaływania wód podziemnych zarówno z ośrodkiem skalnym, z gazami i substancją organiczną wpływa na chemizm wód podziemnych powodując zróżnicowanie, zarówno w poszczególnych obszarach, jak i w strefach głębokościowych ich występowania.

Warto zwrócić uwagę, że tempo i intensywność krążenia wód podziemnych najczęściej spada wraz z głębokością ich

występowania, co sprawia, iż wody występujące głębiej, osiągają wyższe mineralizacje, gdyż mają możliwość dłuższego współoddziaływania z ośrodkiem skalnym. Istotny jest też udział czynników antropogenicznych, wprawdzie najintensywniej oddziałujących na chemizm wód występujących najpłycej (powierzchniowych i gruntowych), jednak pośrednio także wpływając na jakość głębszych poziomów wodonośnych, poprzez przesiąkanie zanieczyszczonych wód gruntowych [1].

Na złożoność chemizmu wód podziemnych mają wpływ substancje pochodzące z różnych naturalnych środowisk geologicznych oraz substancje pochodzenia antropogenicznego. Ponadto przeważający udział mają substancje geogeniczne czyli pochodzące z ośrodka skalnego lub powstające w wyniku procesów geologicznych i hydrogeologicznych. Substancje geogeniczne mogą pochodzić z rozpuszczania lub wietrzenia ośrodka skalnego, a także procesów plutonicznych i wulkanicznych. Substancje spotykane w wodach podziemnych mogą występować w różnych fazach: (gazowej, stałej i rozpuszczonej) i postaciach.

W wodach podziemnych w stanie rozpuszczonym występują przede wszystkim chlorki, węglany i siarczany, rzadziej fosforany i fluorki. Jednymi z jonów podstawowych są chlorki, które stanowią główny składnik wód podziemnych (makroskładnik), występujący często w ilościach dominujących.

Prawie wszystkie sole chloru są łatwo rozpuszczalne w wodzie, a wśród nich wyjątek stanowią chlorek srebra (I) (AgCl), chlorek rtęci (I) (Hg_2Cl_2) i chlorek miedzi (I) (CuCl). Dobra rozpuszczalność związków chloru oraz ich powszechne występowanie w skorupie ziemskiej w postaci naturalnych pokładów soli (NaCl i MgCl_2) powoduje, że jon chlorkowy identyfikowany jest we wszystkich wodach naturalnych. Znikome ilości jonów chlorkowych występują nawet w wodach opadowych, a także w wodach górskich, rzekach i jeziorach. Warto podkreślić obecność chlorków we wszystkich rodzajach wód podziemnych. Najmniejsze ilości obserwuje się w płytkich wodach infiltracyjnych w klimacie wilgotnym i umiarkowanym, największe w silnie zmineralizowanych solankach wgłębnych i głębinowych. W wodach płytkich chlorki towarzyszą zawsze jonom sodu i potasu, natomiast w wodach głębinowych przeważnie współwystępują z jonami wapnia. Do tych pierwszych chlorki dostają się często wraz z różnego typu zanieczyszczeniami. Zanieczyszczenie płytkich wód podziemnych chlorkami jest często przyczyną wytworzenia inwersji zasolenia wód, szczególnie wyraźne na obszarach zurbanizowanych oraz w strefach zabudowy wiejskiej. Zatem stężenie chlorków w wodach podziemnych zależne jest od wielu czynników naturalnych i antropogenicznych m.in. ługowania utworów solonośnych, wpływu aerozoli morskich i inwersji wód słonych, zanieczyszczeń pochodzących z odpadów przemysłowych, działalności rolniczej i soli używanej do utrzymania dróg w sezonie zimowym. W związku z tym istotna jest ochrona jakości i ilości wód podziemnych poprzez powtarzalne pomiary i analizy chemiczne oraz interpretacja wyników w aspekcie ochrony środowiska wodnego, za co odpowiedzialny jest monitoring wód podziemnych [1].

Oznaczanie jonu chlorkowego w wodzie przeprowadza się z wykorzystaniem metod miareczkowych (metoda Mohra lub Volharda). Metoda Mohra znalazła zastosowanie do oznaczania chlorków w roztworze obojętnym lub słabo

zasadowym (przy $\text{pH} = 6,5$ do 10). Z kolei, w przypadku roztworów kwaśnych chlorki oznacza się metodą Volharda. Bezpośrednią metodą oznaczania jonu chlorkowego jest metoda potencjometryczna, w której wykorzystywana jest elektroda jonoselektywna [2].

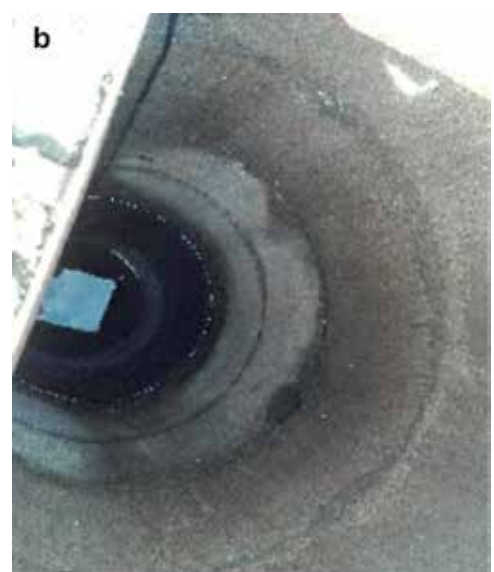
METODYKA BADAŃ

Opis punktów poboru wód podziemnych

Studnie, w których dokonano poboru wód podziemnych zlokalizowane są na terenie Stacji Pomiarów Aerologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW PIB) we Wrocławiu przy ulicy Granicznej 201. Stacja zlokalizowana jest na południowo-zachodnim krańcu miasta w okolicy lotniska Wrocław Strachowice. Stacja leży na pograniczu zlewni Ślęzy, (ok. 4 km na zachód od rzeki) oraz Bystrzycy (ok. 2,5 km na wschód od rzeki). Przynależność do zlewni nie jest do końca wyjaśniona, okoliczny teren charakteryzuje się skomplikowaną siecią hydrologiczną rzeki Rynka, starych stawów gliniankowych oraz rowów melioracyjnych. Około 1 km na południowy zachód od Stacji zlokalizowany jest pas startowy i terminal Lotniska Wrocław Strachowice. Na zachód od posesji rozpościera się teren otwarty o charakterze rolniczym, porośnięty rezmizami olchowo-brzozowymi oraz przedzielony rowami melioracyjnymi i nieużytkami, teren ograniczony jest doliną Baryczy oraz miejscowościami Jarnołów (na zachód od Stacji) i Jerzmanowo (na północny zachód od Stacji). Na wschód i północny wschód od posesji występuje teren zabudowany osiedla Strachowice oraz dalej poza obwodnicą autostradową i doliną Ślęzy, mocno zurbanizowany teren Osiedli Nowy Dwór i Muchobór. Studnia kopana ma głębokość około 4 m, służyła do celów gospodarczych i pomiarowych. Obecnie jest nieużywana. Została przedstawiona na rysunku 1. Studnia głębinowa ma głębokość ok. 25 m, służyła do celów gospodarczych, obecnie jest nieużywana.

Metoda oznaczania chlorków

Oznaczanie jonów chlorkowych zawartych w wodzie podziemnej wykonano metodą miareczkowania azotanem srebra



Rys. 1. Studnia kopana: a) widok zewnętrzny b) wnętrze studni
Fig. 1. Dug well: a) external view b) inside of the well



Rys 2. Wygląd studni głębinowej: a) widok zewnętrzny b) wnętrze studni
Fig. 2. The appearance of a deep well: a) external view b) the interior of the well

w obecności chromianu jako wskaźnika (metoda Mohra) na podstawie normy PN-ISO 9297:1994 [3].

Zasada oznaczania

Zasada oznaczania polega na miareczkowaniu jonów chlorkowych azotanem (V) srebra (I) wobec chromianu (VI) potasu (K_2CrO_4) jako wskaźnika. W roztworze obojętnym lub słabo zasadowym (pH = 6,5 - 10) azotan (V) srebra ($AgNO_3$) strąca najpierw biały osad chlorku srebrowego (I) (reakcja 1) i po całkowitym strąceniu jonów chlorkowych jon srebrowy Ag^+ reaguje z chromianem (VI) potasu, wytrącając czerwono-brunatny osad chromianu (VI) srebra (I) (Szmaj i in. 1988). Zmiana zabarwienia z żółtozielonego na żółtobrunatne świadczy o całkowitym zmiareczkowaniu jonów chlorkowych.

Przebieg reakcji:



W trakcie oznaczania jonów chlorkowych metodą Mohra występują związki przeszkadzające, takie jak: siarkowodór, siarczki, barwa powyżej 30 mg/dm^3 Pt i mętność powyżej 10 mg/dm^3 [4].

Weryfikacja prawidłowości realizacji metody znormalizowanej

Jednym z elementów systemu zapewnienia jakości jest weryfikacja prawidłowości realizacji metody znormalizowanej. Sprawdzenie wymaga przeprowadzenia odpowiednich badań kontrolnych wykorzystywanych następnie do analizy jakości przeprowadzanych badań.

Ogólnie rzecz biorąc weryfikacja prawidłowości realizacji metody znormalizowanej polega, w przypadku oznaczania stężenia chlorków, na wielokrotnym porównywaniu, między sobą, wyników badań roztworów wzorcowych oraz próbek rzeczywistych.

Przeprowadzone, w ramach weryfikacji metody, pomiary pozwoliły na:

- wykazanie możliwości uzyskiwania prawidłowych wyników w pobliżu dolnej i górnej granicy zakresu roboczego metody,

- precyzji w warunkach powtarzalności,
- precyzji w warunkach odtwarzalności wewnątrz laboratoryjnej.

Kończącym etapem weryfikacji jest wyznaczenie niepewności pomiaru uwzględniające źródła niepewności związane z zastosowanymi urządzeniami pomiarowymi [5-6].

Dolna i górna granica zakresu metody

Metodę stosuje się do bezpośredniego oznaczania rozpuszczonych chlorków o stężeniach od 5 mg/l do 150 mg/l . Potwierdzeniem możliwości uzyskania zadowalającej precyzji na tych poziomach stężeń są wyniki zestawione w tabeli 1 (po 10 powtórzeń dla obu stężeń wykonanych w jednym dniu przez jednego analityka).

Powtarzalność

Badania powtarzalności dla oznaczania zawartości jonów chlorkowych polegały na wykonaniu po 10 powtórzeń analizy dla oznaczanej cechy w jednym dniu przez jednego analityka. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 2.

Odzysk

Do badań użyto próbki wody powierzchniowej z rejonu IMiGW PIB we Wrocławiu, w której oznaczono zawartość jonów chlorkowych. Następnie przygotowano 3 próbki fortyfikowane dodatkiem różnych objętości (20 ml, 50 ml i 100 ml) wzorca podstawowego o stężeniu 500 mg/l Cl . Polegało to na odmierzeniu, do kolby pomiarowej o objętości 500 ml, stosownej ilości roztworu wzorcowego, a następnie uzupełnieniu jej, do kreski, wodą surową. W uzyskanych w ten sposób próbkach oznaczono stężenie jonów chlorkowych. Wyniki zestawiono w tabeli 3.

WYNIKI

Poniżej zamieszczono składowe niezbędne do weryfikacji metody badawczej tj. dolną i górną granicę zakresu roboczego chlorków w przygotowanych roztworach wzorcowych, powtarzalność, odzysk, a także oszacowano niepewność rozszerzoną pomiaru przy poziomie ufności 95%, dla dwóch stopni swobody ($k=2$).

Tab. 1. Dolna i górna granica zakresu roboczego metody
 Tab. 1. Lower and upper limit of the working range of the method

Dolna granica			Górna granica	
Miano titranta [mg Cl/ml]		0,705882		
Objętość próbki [ml]		100		50
	Objętość titranta [ml]	Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]	Objętość titranta [ml]	Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]
	1,10	5,53	10,80	148,00
	1,05	5,17	10,75	147,29
	0,95	4,47	10,75	147,29
	1,05	5,17	10,85	148,70
	1,05	5,17	10,80	148,00
	1,00	4,82	10,70	146,58
	0,90	4,12	10,85	148,70
	1,00	4,82	10,75	147,29
	0,95	4,47	10,80	148,00
	0,95	4,47	10,75	147,29
Wartość minimalna		4,12		146,58
Wartość maksymalna		5,53		148,70
Średnia		4,8212		147,7129
Odchylenie standardowe	bezwzgl.	0,440195		0,681947
	względne	0,091304		0,004617
Przedział ufności		4,82 ± 0,31		147,71 ± 0,49
Odchylenie od wartości teoretycznej [%]		3,58		1,52

Tab. 2. Powtarzalność (wzorzec 50 mg/l)
 Tab. 2. Repeatability (standard 50 mg/l)

Miano titranata [mg Cl/ml]		0,705882	
Objętość próbki [ml]		100	
	Objętość titranta [ml]	Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]	
	7,35	49,59	
	7,30	49,24	
	7,25	48,88	
	7,40	49,94	
	7,45	50,29	
	7,30	49,24	
	7,30	49,24	
	7,25	48,88	
	7,35	49,59	
	7,30	49,24	
Wartość minimalna		48,88	
Wartość maksymalna		50,29	
Średnia		49,4117	
Odchylenie standardowe	bezwzgl.	0,447986	
	względne	0,009066	
Przedział ufności		49,41 ± 0,32	
Odchylenie od wartości teoretycznej [%]		1,18	

Tab. 3. Odzysk (woda podziemna ze studni kopanej z rejonu IMiGW PIB)
 Tab. 3. Recovery (groundwater from a dug well from the IMWM PIB region)

Wielkość	Próbka				
	surowa	dodatek 10 ml wzorca	dodatek 25 ml wzorca	dodatek 50 ml wzorca	
Miano titranata [mg Cl/ml]	0,705882				
Objętość próbki [ml]	100	100	100	50	
Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]	42,53	60,88	87,35	133,06	
	42,53	59,82	87,35	132,35	
	42,53	60,53	87,71	133,06	
	42,53				
	42,53				
	42,88				
	minimum	42,53	59,82	87,35	132,35
	maximum	42,88	60,88	87,71	133,06
	średnia	42,5882	60,4117	87,4705	132,8235
Odchylenie standardowe	bezwzględne	0,144088	0,539126	0,203771	0,407541
	względne	0,003383	0,008924	0,002330	0,003068
Zawartość teoretyczna [mg/l]		60,6023	88,0647	133,8353	
Cl dodany [mg/l]		20	50	100	
Cl odzyskany	[mg/l]		19,8094	49,4058	98,9882
	[%]		99,05	98,81	98,99
Niepewność standardowa odzysku	0,010312				

Niepewność pomiaru

Przy oszacowaniu niepewności (u_i) wykorzystano do obliczeń współczynniki zmienności (CV)_{*i*} zgodnie ze wzorem:

$$u_i = \sqrt{\sum (CV)_i^2}$$

Uwzględniono przy tym czynniki związane z poborem prób, przygotowaniem do badań prób, roztworów wzorcowych i titranta, oraz powtarzalnością, odtwarzalnością wewnątrzlaboratoryjną uzyskiwanych wyników i odzyskiem oznaczanej substancji:

- złożona niepewność standardowa poboru – u_{pob} - (wyznaczona w latach ubiegłych):

$$u_{pob} = 0,061$$

- niepewność standardowa przygotowania próbki do badań – u_{przyg} – związana jest z niedokładnością wyposażenia stosowanego do odmierzenia próbki do badań i wyznaczana jest w oparciu o błędy graniczne dopuszczalne dla zastosowanego wyposażenia.

Dla zastosowanej, w tym przypadku, pipety klasy A o pojemności 100 ml i błędzie granicznym (a) \pm 0,08 ml niepewność standardowa wynosi:

$$u_{pipety} = \frac{a}{\sqrt{6} * V} = \frac{0,08}{\sqrt{6} * 100} = 0,000327$$

standardową niepewność powtarzalności – u_{powt} – oszacowano w oparciu o dane pomiarowe i wynosi ona:

$$u_{powt} = 0,009066$$

- standardową niepewność odtwarzalności wewnątrzlaboratoryjnej – u_{odtw} - oszacowano w oparciu o przeprowadzone badania przygotowanych próbek. Zgodnie z przedstawionymi danymi standardowa niepewność odtwarzalności wynosi:

$$u_{odtw} = 0,005556$$

- standardową niepewność odzysku – u_{odz} - oszacowano w oparciu o przeprowadzone badania przygotowanych próbek. Zgodnie z przedstawionymi danymi standardowa niepewność odzysku wynosi:

$$u_{odz} = 0,010651$$

i obejmuje niepewność przygotowania próbek fortyfikowanych.

- standardowa niepewność biurety – u_{biur} – (wyznaczona w latach ubiegłych) wynosi:

$$u_{biur} = 0,003085$$

- standardowa niepewność przygotowania wzorca – u_{wzor} – związana jest z niedokładnością ważenia, czystością stosowanego odczynnika oraz niedokładnością kolby pomiarowej stosowanej do przygotowania roztworu wzorcowego i wynosi ona:

$$u_{wzor} = \sqrt{u_{waz}^2 + u_{odczyn}^2 + u_{kolba}^2} = 0,002055$$

- niepewność przygotowania titranta, sporządzonego z naważki laboratoryjnej (fiksanała), - u_{titr} – wynosi 0,002.

- standardowa niepewność złożona liczona wg wzoru:

$$u_{st} = \sqrt{u_{pob}^2 + u_{pipety}^2 + u_{powt}^2 + u_{odtw}^2 + u_{odz}^2 + u_{biur}^2 + u_{wzor}^2 + u_{titr}^2}$$

wynosi zatem:

$$u_{st} = 0,062971$$

- niepewność rozszerzona przy poziomie ufności 95%,
dla $k = 2$

wynosi:

$$U = 0,125942$$

czyli 12,6 %.

Analiza chlorków w okresie jesiennym

Tab. 4. Analiza pH wody podziemnej ze studni kopanej i głębinowej
Tab. 4. pH analysis of groundwater from dug and deep well

<i>pH</i>		
Studnia kopana		
6,69	6,70	6,69
Studnia głębinowa		
6,66	6,67	6,67

Tab. 5. Zawartość chlorków w wodzie podziemnej ze studni kopanej
Tab. 5. Chlorides content in groundwater from a dug well

Miano titranata [mg Cl/ml]	0,705882	
Objętość próbki [ml]	100	
	Objętość titranta [ml]	Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]
	5,85	38,82
	5,90	39,18
	5,85	38,82
	5,80	38,47
	5,75	38,12
	5,80	38,47
	5,90	39,18
	5,85	38,82
	5,85	38,82
	5,90	39,18
Wartość minimalna	38,12	
Wartość maksymalna	39,18	
Średnia	38,79	

Tab. 6. Zawartość chlorków w wodzie podziemnej ze studni głębinowej
Tab. 6. Chlorides content in groundwater from a deep well

Miano titranata [mg Cl/ml]	0,705882	
Objętość próbki [ml]	100	
	Objętość titranta [ml]	Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]
	0,60	2,82
	0,65	3,18
	0,60	2,82
	0,60	2,82
	0,65	3,18
	0,60	2,82
	0,60	2,82
	0,60	2,82
	0,65	3,18
	0,60	3,53
Wartość minimalna	2,82	
Wartość maksymalna	3,53	
Średnia	2,93	

Analiza chlorków w okresie zimowym

Tab. 7. Analiza pH wody podziemnej ze studni kopanej i głębinowej
Tab. 7. pH analysis of groundwater from dug and deep well

<i>pH</i>		
Studnia kopana		
6,79	6,80	6,80
Studnia głębinowa		
6,77	6,77	6,77

Tab. 8. Zawartość chlorków w wodzie podziemnej ze studni kopanej
Tab. 8. Chlorides content in groundwater from a dug well

Miano titranata [mg Cl/ml]	0,705882	
Objętość próbki [ml]	100	
	Objętość titranta [ml]	Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]
	6,30	42,00
	6,35	42,35
	6,35	42,35
	6,35	42,35
	6,40	42,71
	6,35	42,35
	6,35	42,35
	6,35	42,35
	6,40	42,71
	6,35	42,35
	6,35	42,35
Wartość minimalna	42,00	
Wartość maksymalna	42,71	
Średnia	42,41	

Tab. 9. Zawartość chlorków, w wodzie podziemnej ze studni głębinowej (okres zimowy)

Tab. 9. Chlorides content in groundwater from a deep well (winter)

Miano titranata [mg Cl/ml]		0,705882
Objętość próbki [ml]		100
	Objętość titranta [ml]	Zawartość jonów Cl ⁻ [mg/l]
	0,80	4,24
	0,80	4,24
	0,85	4,59
	0,80	4,24
	0,80	4,24
	0,85	4,59
	0,80	4,24
	0,80	4,24
	0,85	4,59
	0,80	4,24
Wartość minimalna		4,24
Wartość maksymalna		4,59
Średnia		4,34

Podsumowanie

Monitorowanie zawartości chlorków w studniach: kopanej i głębinowej na terenie Stacji Pomiarów Aerologicznych IMiGW PIB w okresie jesiennym i zimowym wskazuje na

występowanie zmienności sezonowej. Obserwuje się niewielkie zmiany pH, nieco wyższe pH w okresie zimowym w wodach z obu studni. Jest to nieznaczny wzrost, zaledwie o 0,1 jednostki. Zmiana ta nie wpływała na oznaczenie zawartości jonów, gdyż metoda zakłada obojętne lub lekko zasadowe środowisko reakcji. Natomiast wyraźne różnice obserwuje się w przypadku oznaczania stężenia chlorków. Niższe wartości jonów obserwuje się w okresie jesiennym, w obu przypadkach, zarówno w wodzie ze studni kopanej jak i głębinowej, natomiast następował wzrost zawartości jonów chlorkowych w okresie zimowym, co ma związek przede wszystkim z posypywaniem dróg chlorkiem potasu bądź magnezu. Stężenia chlorków w studni głębinowej były o około ośmiokrotnie niższe, niż w przypadku studni kopanej, wartości znajdują się poniżej zakresu oznaczalności metody (<5 mg/l), co może mieć związek z tym, iż studnia jest nieużywana i niedostatecznie usunięto wodę stagnującą w kolumnie otworu. Zatem należałoby w przyszłości wykonać badania po kilkunastogodzinnym przepompowywaniu wody z otworu studziennego.

Przedstawione wyniki badań z weryfikacji metody badawczej, na podstawie normy PN-EN ISO 9297-1994 dotyczącej oznaczania chlorków metodą miareczkowania azotanem (V) srebra (I) w obecności chromianu jako wskaźnika (metoda Mohra) wskazują, iż metoda ta pozwala na uzyskiwanie wiarygodnych wyników analiz i tym samym potwierdzają możliwość jej stosowania w laboratorium akredytowanym.

Publikacja zrealizowana w ramach prac statutowych „Poltegor - Instytut” IGO nr 267015/N

Literatura

- [1] Macioszczyk A., Dobrzyński D., *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007
- [2] Szał S. Z., Lipiec T., *Chemia analityczna z elementami analizy instrumentalnej*, Wyd. 2, Warszawa, PZWL 1988 (rozdziały: 6.2.1.1-6.2.1.2, 6.2.4.1)
- [3] Polska Norma PN-ISO 9297, Oznaczanie chlorków. Metoda miareczkowania azotanem srebra w obecności chromianu jako wskaźnika (Metoda Mohra), Polski Komitet Normalizacyjny, grudzień 1994
- [4] Oznaczanie chlorków w wodzie wodociągowej: http://www.chemia.uni.lodz.pl/kchs/index_pliki/Dokumenty/9.pdf
- [5] PN-EN ISO/IEC 17025, Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących: http://beta.chem.uw.edu.pl/people/EBulska/AI/AI_Wyklad_1.pdf
- [6] Walidacja metody oznaczania paracetamolu, kofeiny i witaminy C metodą RP-HPLC: https://farmacja.cm.uj.edu.pl/cm/uploads/2019/02/Cwiczenie_10_Walidacja.pdf