

Analiza trendów zmian składu chemicznego wód leczniczych z ujęcia B-13 w Busku-Zdroju z wykorzystaniem programu GWSDAT

Katarzyna Wątor¹, Ewa Kmiciek¹

Analysis of trends in chemical composition changes of curative water from B-13 intake (Busko-Zdrój region) with the use of GWSDAT software. *Prz. Geol.*, 63: 1125–1130.

Abstract. Curative water is the groundwater characterized by natural variation of physical and chemical parameters (Ustawa, 2011). Curative character valuation for natural resource (including curative water) should be made on the basis of documented investigations continuing at least three years (Rozporządzenie, 2006). Analysis of stability of chemical composition should also involve trend analysis. When trend is detected it could threaten the loss of the curative properties of water. In this paper authors present analysis of trends in chemical composition of therapeutic water from B-13 Anna intake (Busko-Zdrój region). The type of these water is chloride-sodium, sulfide, iodide [Cl–Na, H₂S, I]. The 33 results of chemical composition analysis were used in trend analysis. All these analysis were performed in years 1983–2012. Trend analysis was performed with use of GWSDAT software (Jones & Spence, 2013).

Keywords: curative water, trend analysis, GWSDAT software

Wody lecznicze podlegają bezpośrednio ustawie Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 roku (Ustawa, 2011). Wynika z niej, że są to wody podziemne niezanieczyszczone pod względem chemicznym i mikrobiologicznym, które charakteryzują się naturalną zmiennością parametrów fizyczno-chemicznych (a więc stabilnym składem chemicznym) i spełniają przynajmniej jeden z wymienionych w ustawie warunków dotyczących minimalnych stężeń składników swoistych decydujących o ich właściwościach leczniczych. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Rozporządzenie, 2006) uściśla, że oceny leczniczych właściwości wód podziemnych dokonuje się na podstawie udokumentowanych badań, które powinny być wykonywane przynajmniej przez trzy lata. Podaje ono również zasady klasyfikacji fizyczno-chemicznej wód podziemnych, które mogą zostać uznane

za lecznicze oraz kryteria dotyczące oceny typów hydrogeochemicznych wód.

W zależności od rodzaju występujących składników swoistych w rejonie Buska-Zdroju możemy wyróżnić dwa główne typy wód leczniczych:

- wody chlorkowo-sodowe, siarczkowe (Cl–Na, H₂S) związane w utworami kredowymi (santonu i cenomanu),
- wody chlorkowo-sodowe, jodkowe, bromkowe (Cl–Na, I, Br) związane z utworami jury górnej.

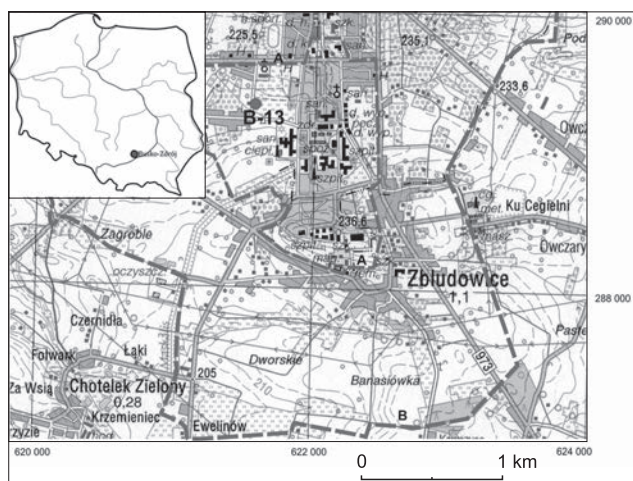
Wody lecznicze Buska-Zdroju są szeroko wykorzystywane w balneoterapii. Kąpiele siarczkowe są zalecane przede wszystkim osobom z chorobami skórnymi (m.in. łuszczyca), reumatycznymi, chorobą zwyrodnieniową stawów czy miażdżycą naczyń tętniczych. Wody siarczkowe działają również odtruwająco w przypadku zatrucia metalami ciężkimi (m.in. ołowiem, arsenem i rtęcią). Ponadto mają korzystny wpływ na gospodarkę tłuszczową w organizmie (Kucharski, 1995; Legwant, 1995; Goszcz i in., 1997; Kucharski & Śliwińska, 2006; Jędrzejczak i in., 2010; Legwant i in., 2013).

Tab. 1. Charakterystyka ujęcia B-13 Anna (Krawczyk i in., 1999)

Table 1. B-13 Anna intake characteristic (Krawczyk et al., 1999)

Nazwa ujęcia <i>Water intake name</i>	B-13 Anna	
Rok wykonania <i>Date of realization</i>	1927	
Głębokość <i>Depth [m]</i>	55,0	
Rzędna terenu [m n.p.m.] <i>Ordinate land [m a.s.l.]</i>	219,7	
Charakter hydrogeochemiczny wód wg klasyfikacji Szczukariewa-Priklonńskiego <i>Water hydrogeochemical characterization (Szczukariew-Priklonński classification)</i>	Cl–Na (H ₂ S, I)	
Warstwa wodonośna <i>Aquifer</i>	litologia / <i>lithology</i>	marle płytowe / <i>marls</i>
	stratygrafia / <i>stratigraphy</i>	kreda, santon / <i>Cretaceous, Santonian</i>
	miąższość / <i>thickness [m]</i>	>25,0

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; wator@agh.edu.pl, ewa.kmiciek@agh.edu.pl.



Ryc. 1. Lokalizacja ujęcia B-13 Anna (Szczęśniak-Szlagowska i in., 2011, zmienione)

Fig. 1. B-13 Anna intake location (Szczęśniak-Szlagowska et al., 2011, modified)

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Analizę trendów zmian jakości wód w czasie, przeprowadzono dla wód leczniczych z ujęcia B-13 Anna, należącego do Uzdrowiska Busko-Zdrój (ryc. 1, tab. 1).

Uzdrowisko jest położone na terenie Niecki Nidziańskiej (Kondracki, 2002). Wody siarczkowe są ujmowane z utworów kredy górnej (margle i wapienie senonu oraz piaskowce cenomanu). Występują one zazwyczaj pod gipsami i łałami miocenu. Z uwagi na wysokie ciśnienia hydrostatyczne są to wody artezyjskie lub subartezyjskie (Krawczyk i in., 1999). Wody poziomu kredowego ujmowane w rejonie Buska-Zdroju, to wody: chlorkowo-sodowe, siarczkowe, jodkowe. Na podstawie badań próbki pobranej z ujęcia B-13 Anna 4 lipca 2012 r. wodę sklasyfikowano jako 1,2% wodę mineralną swoistą (wg kryteriów podanych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia – Rozporządzenie, 2006), siarczkowo-jodkową o charakterze chlorkowo-sodowym (Cl-Na (H₂S, I) wg klasyfikacji Szczukariewa-Prikołńskiego).

Tab. 2. Porównanie metodyki oznaczeń składników chemicznych wód leczniczych z ujęcia B-13 Anna

Table 2. Methods analysis comparison for curative water from B-13 Anna intake

Parametr Parameter	Laboratorium / Laboratory	
	KHGI AGH	Balneoprojekt*
Sód Sodium	PN-EN ISO 17294-1:2007 PN-EN ISO 17294-2:2006 Metoda spektrometrii mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS), ELAN 6100 PN-EN ISO 17294-1:2007 PN-EN ISO 17294-2:2006 <i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), ELAN 6100</i> PN-EN ISO 11885:2009 Procedura Badawcza PB-03 wydanie 2 z dnia 04.05.2010 r. Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES) OPTIMA 7200dv PN-EN ISO 11885:2009 PB-03 2nd edition, 04.05.2010 <i>Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) OPTIMA 7200dv</i>	PN-ISO 9964-1/Ak: 1997 Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej PN-ISO 9964-1/Ak: 1997 <i>Atomic Absorption Spectrometry</i>
Jodki Iodides	PN-EN ISO 17294-1:2007 PN-EN ISO 17294-2:2006 Procedura Badawcza PB-01 wydanie 3 z dnia 04.05.2010 r. Metoda spektrometrii mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS), ELAN 6100 PN-EN ISO 17294-1:2007 PN-EN ISO 17294-2:2006 PB-01 3rd edition, 04.05.2010 <i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), ELAN 6100</i>	PN-ISO 9964-1/Ak: 1997 Metoda katalityczno-kolorymetryczna PN-ISO 9964-1/Ak: 1997 <i>Cathalytic-colorometric method</i>
Związki siarki (II) Sulfur (II) compounds	PN-82/C-04566/03 Metoda tiomerkurymetryczna** PN-82/C-04566/03 <i>Thiomercurymetric method**</i>	PN-81/C-04566/05 Metoda z użyciem elektrody jonoselektywnej PN-81/C-04566/05 <i>Ion selective Electrode method</i>
Chlorki Chlorides	Procedura Badawcza PB-04 wydanie 1 z dnia 18.02.2010 r. (metoda miareczkowa) PB-04 <i>1st edition, 18.02.2010 (titration method)</i>	PN-ISO 9297:1994 Metoda miareczkowania azotanem srebra w obecności chromianu jako wskaźnika (metoda Mohra) PN-ISO 9297:1994 <i>Titration method (Mohr method)</i>

* Laboratorium Balneoprojekt opierało się na metodyce podanej w polskiej normie (Polska Norma...).

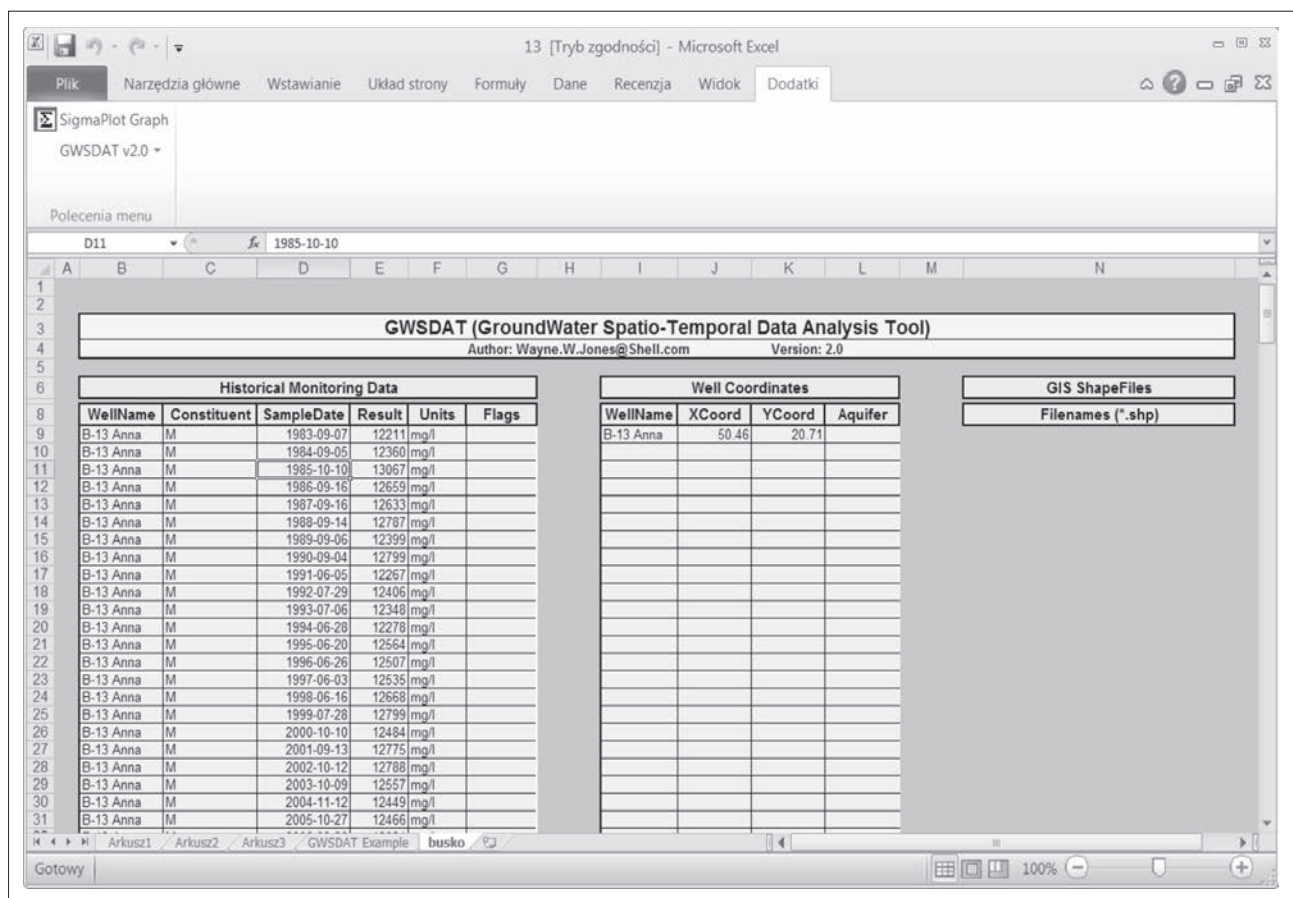
Balneoprojekt Laboratory performed analysis using methods described in polish norm (Polska Norma...).

** Oznaczenia siarkowodoru wykonywało w ramach podwykonawstwa Laboratorium WIOŚ Kraków.

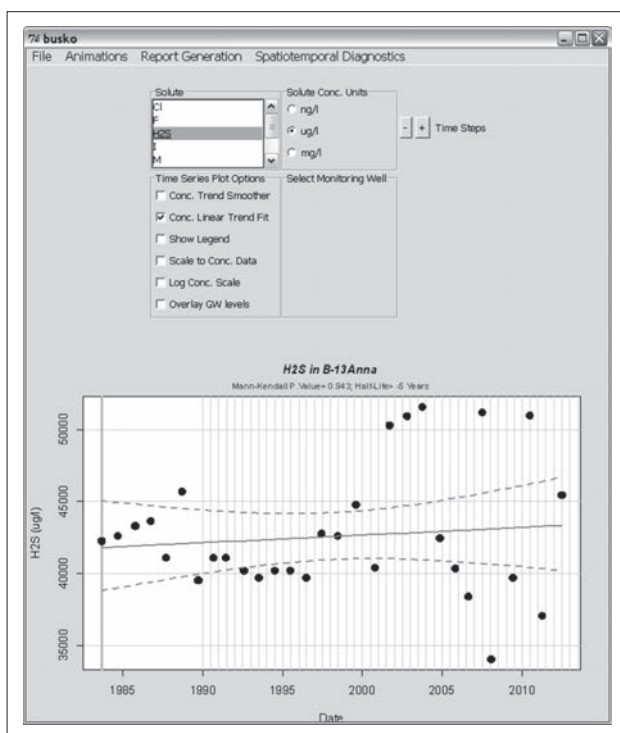
Hydrogen sulfur analysis were performed by the Laboratory of the Provincial Environmental Protection Inspectorate in Kraków.

Tab. 3. Statystyki opisowe
Table 3. Descriptive statistics

Parametr <i>Parameter</i>	Laboratorium <i>Laboratory</i>	Statystyka / <i>Statistic</i>						
		średnia <i>mean</i>	mediana <i>median</i>	dominanta <i>dominant</i>	odchylenie standardowe <i>standard deviation</i>	rozstęp <i>range</i>	minimum	maksimum <i>maximum</i>
Sód <i>Sodium</i> [mg/dm ³]	cały zbiór danych <i>all data set</i>	3858	3850	3800	141	662	3555	4217
	Balneoprojekt	3863	3850	3800	79	250	3750	4000
	KHGI AGH	3848	3840	3840	224	662	3555	4217
Chlorki <i>Chloride</i> [mg/dm ³]	cały zbiór danych <i>all data set</i>	5810	5814	5921	203	903	5301	6204
	Balneoprojekt	5850	5832	5921	134	567	5637	6204
	KHGI AGH	5730	5813	5470	290	903	5301	6204
Jodki <i>Iodide</i> [mg/dm ³]	cały zbiór danych <i>all data set</i>	1,49	1,60	1,70	0,52	2,81	0,34	3,15
	Balneoprojekt	1,58	1,60	1,70	0,19	0,64	1,16	1,80
	KHGI AGH	1,31	1,21	1,90	0,87	2,81	0,34	3,15
Związki siarki(II) <i>Sulfur(II) compounds</i> [mg/dm ³]	cały zbiór danych <i>all data set</i>	43,26	42,26	39,70	5,27	25,20	34,00	59,20
	Balneoprojekt	43,00	42,35	40,21	3,63	12,07	39,53	51,60
	KHGI AGH	43,77	40,32	34,00	7,80	25,20	34,00	59,20



Ryc. 2. Ekran do wprowadzania danych
Fig. 2. Input data screen



Ryc. 3. Fragment okna wynikowego
Fig. 3. Output screen scrap

METODY BADAŃ

Pełne analizy² składu chemicznego wód leczniczych z ujęcia B-13 Anna są wykonywane z częstotliwością raz na rok. Do 2004 r. analizy te wykonywała firma Balneoprojekt Warszawa, a od 2005 r. – akredytowane Laboratorium Hydrogeochemiczne Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (certyfikat akredytacji AB 1050). Laboratoria te stosują odmienną metodykę oznaczeń poszczególnych wskaźników fizyczno-chemicznych, są to jednak metody referencyjne, zalecane do badań składu chemicznego wód podziemnych (Witczak i in., 2013). Porównanie metod stosowanych przez laboratoria zestawiono w tabeli 2.

Próbki wody są pobierane przez akredytowanych próbkobiorców, zgodnie z wytycznymi zawartymi w polskiej normie PN-ISO 5667-11:2004, Katalogu wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania (Witczak i in., 2013) oraz praktycznych wskazówek opisanych przez Zdechlika i in. (2013).

ANALIZA DANYCH

W paragrafie 5.2 ustawy Prawo geologiczne i górnicze (Ustawa, 2011) napisano, że za wody lecznicze uznaje się wody podziemne o naturalnej zmienności cech fizycznych i chemicznych, a więc o stabilnym składzie chemicznym. Metodyka oceny tej zmienności została opisana m.in. w pracy Ciężkowskiego (2007).

Ocenę stabilności składu chemicznego wód z ujęcia B-13 Anna przeprowadzono dla jonów głównych oraz

składników swoistych, decydujących o ich typie hydrogeochemicznym: Cl^- , Na^+ , H_2S oraz I^- . Analizie poddano wyniki rocznych analiz prowadzonych od 1983 r. W tabeli 3 zebrano podstawowe statystyki opisowe dla całego zbioru danych oraz w podziale na dwie grupy – wyniki uzyskane przez laboratorium Balneoprojekt i KHGI AGH.

Z danych zawartych w tabeli 3 wynika, że średnie stężenia analizowanych wskaźników w całym zbiorze danych i w grupach, wyróżnionych ze względu na miejsce wykonywania analizy, są zbliżone. Wyniki uzyskiwane w laboratorium KHGI charakteryzują się większym rozrzutem niż wyniki laboratorium Balneoprojektu.

Analizę trendów zmian jakości składu chemicznego wód leczniczych z ujęcia B-13 Anna przeprowadzono z wykorzystaniem programu GWSDAT (GroundWater Spatiotemporal Data Analysis Tool). Opracowany przez pracowników Zespołu Statystyki i Chemometrii firmy Shell Global Solutions w Wielkiej Brytanii – Wayne’a Jonesa i Michaela Spence’a program na licencji GNU służy do oceny trendów w układzie czasowo-przestrzennym. Można go pobrać ze strony internetowej <http://www.api.org/GWSDAT>.

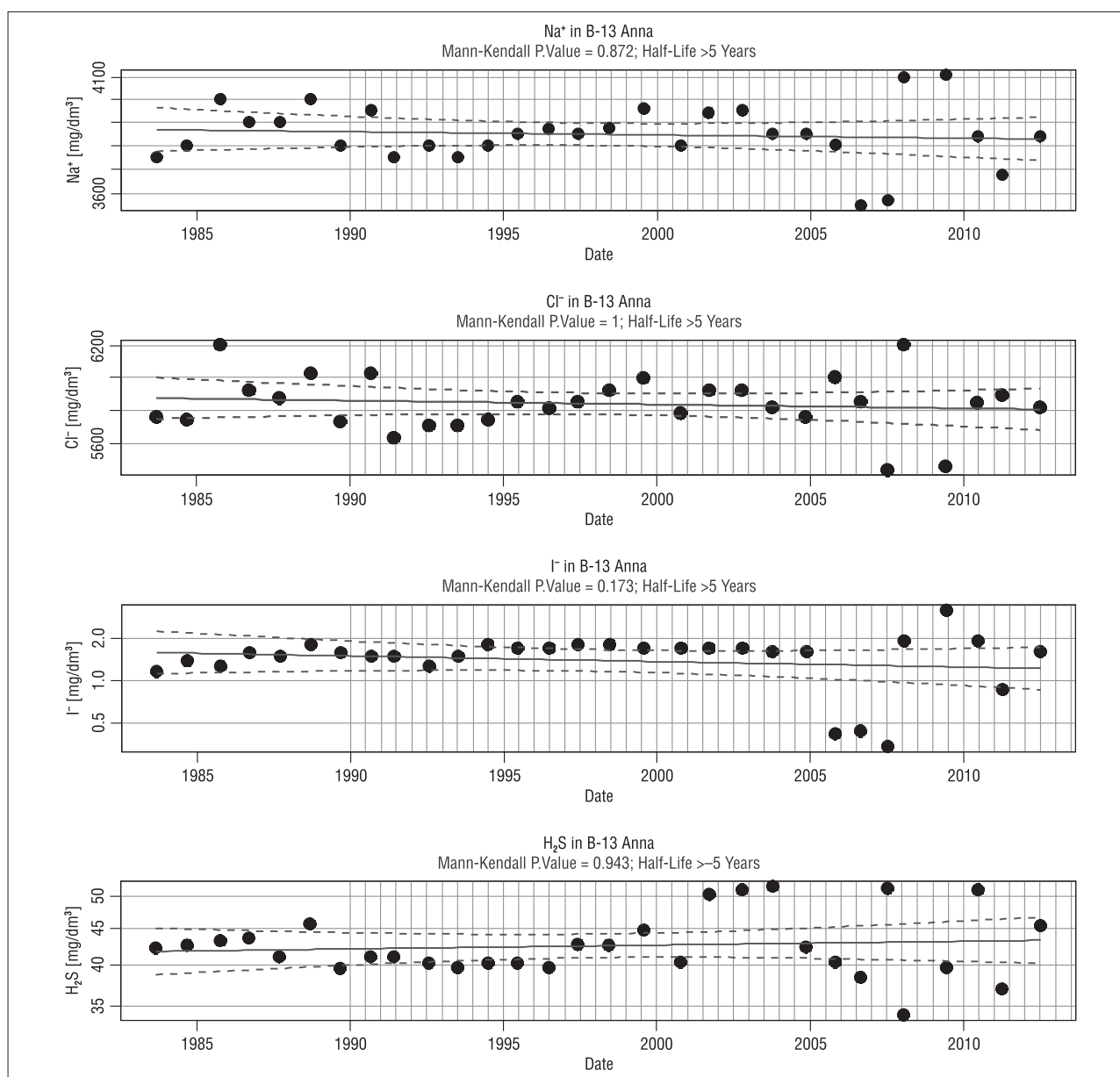
Program GWSDAT korzysta z programu Microsoft Excel jako platformy do wprowadzania danych (ryc. 2), natomiast obliczenia statystyczne i graficzne są generowane w języku programowania i środowisku do analiz statystycznych i wizualizacji danych R (R Development, 2008; Jones & Spence, 2013) (ryc. 3). Analiza trendów jest wykonywana metodą nieparametryczną – lokalną regresją liniową. Wynik przedstawiony jest w postaci graficznej – wykres analizy trendu z dodatkową informacją o występowaniu (informacja zapisana kolorem zielonym, jeżeli istotność $p\text{-value} < 0,05$) lub nie (informacja w kolorze czerwonym, $p\text{-value} > 0,05$) istotnego statystycznie trendu rosnącego lub malejącego.

Ocena trendu metodą regresji liniowej opiera się na założeniu, że w przypadku istnienia trendu w analizowanym zbiorze danych współczynnik kierunkowy prostej w równaniu regresji jest różny od zera. O kierunku nachylenia (trendzie rosnącym lub malejącym) świadczy znak stojący przy tym współczynniku. Jeżeli w wyniku analizy regresji uzyskamy informację, że zmienna niezależna nie wpływa istotnie na wartość zmiennej zależnej (wartość współczynnika kierunkowego jest nieistotna statystycznie), wówczas możemy uznać, że dla analizowanego parametru nie został zidentyfikowany istotny statystycznie trend monotoniczny. Szczegółowe informacje dotyczące regresji liniowej można znaleźć w licznych podręcznikach, m.in. Nawojczyk, 2002; Miller & Miller, 2005; Stanisza, 2006; Bedyńskiej & Brzezickiej, 2007; Otto, 2007; McKillup’a & Dyar’a, 2010; Bedyńskiej & Książek, 2012.

Program GWSDAT nie wymaga stałych przedziałów czasu, w których są prowadzone pomiary, tak jak np. GWstat (Grath i in., 2001; Szczepańska & Kmiecik, 2005; Kmiecik i in., 2007; Wątor i in., 2011). Ponadto pozwala w łatwy sposób wygenerować raport z analizy w formacie gotowym do prezentacji (*.ppt) lub publikacji (*.doc). Wynik graficzny analizy trendu można zapisać w postaci metapliku, mapy bitowej lub np. pliku pdf³.

² Pełna analiza obejmuje oznaczenia jonów głównych, składników swoistych oraz mikroskładników w próbce wody.

³ Dostępne w programie formaty exportu grafiki to: *.emf, *.eps, *.pf, *.png, *.bmp, *.tiff, *.jpg.



Ryc. 4. Wyniki analizy trendów dla jonów głównych i składników swoistych występujących w wodach leczniczych z ujęcia B-13 Anna
Fig. 4. Trend analysis results for major ions and specific components occurring in curative water from B-13 Anna intake

Wyniki analizy trendów wybranych wskaźników chemicznych w wodach z ujęcia B-13 przedstawiono na rycinie 4. Na wykresach są widoczne wyraźne grupy wyników wyróżnione ze względu na zmianę w 2005 r. laboratorium wykonującego analizy. Widoczny jest większy rozrzut wyników badań z laboratorium KHGI AGH.

Przeprowadzona analiza trendów zmian stężeń jonów głównych oraz składników swoistych decydujących o typie hydrogeochemicznym wód leczniczych z ujęcia B-13 Anna nie wykazała jednak występowania istotnych statystycznie trendów monotonicznych, co oznacza, że wody te charakteryzują się stabilnym składem chemicznym.

PODSUMOWANIE

W niniejszej pracy ocenie trendów zmian składu chemicznego poddano wody lecznicze z ujęcia B-13 Anna

znajdującego się w Busku-Zdroju. Analizie poddano zawartości jonów głównych stanowiących o charakterystyce hydrogeochemicznej tych wód (Na^+ i Cl^-) oraz składników swoistych (I^- i H_2S). W analizie wykorzystano wyniki analiz prowadzonych od 1983 r. Do oceny trendów wykorzystano program GWSDAT – nowe narzędzie umożliwiające analizę trendów zmian składu chemicznego zarówno w układzie przestrzennym, jak i czasowym.

Ocena trendów zmian składu chemicznego nie wykazała obecności istotnych statystycznie trendów monotonicznych dla żadnego z analizowanych składników, a zatem wody lecznicze z ujęcia B-13 Anna charakteryzują się stabilnym składem chemicznym.

W przypadku badań wód leczniczych szczególnie istotny byłby trend malejący stężeń składników swoistych, gdyż mógłby on zagrażać utratą leczniczego charakteru tych wód. Dlatego też należy prowadzić analizę stabilności

składu chemicznego wód leczniczych i w przypadku pojawienia się tendencji spadkowej stężeń istotnych wskaźników zidentyfikować jej źródła i przyczyny oraz zaproponować strategię zapobiegania zmianom.

Praca finansowana z umowy AGH 11.11.140.026.

LITERATURA

- BEDYŃSKA S. & BRZEZICKA A. 2007 – Statystyczny drogowszak 1. Praktyczny poradnik analizy danych w naukach społecznych na przykładach z psychologii. Wyd. SWPS ACADEMIKA, Warszawa.
- BEDYŃSKA S. & KSIĄŻEK M. 2012 – Statystyczny drogowszak 3. Praktyczny przewodnik wykorzystania modeli regresji oraz równań strukturalnych. Wyd. Akademickie Sedno Spółka z o.o., Warszawa.
- CIEŻKOWSKI W. (red.) 2007 – Dopuszczalne wahania eksploatacyjnych i fizyczno-chemicznych parametrów wód leczniczych. Oficyna Wydaw. PWroc., Wrocław.
- GOSZCZ A., KOSTKA-TRĄBKA E., GRODZIŃSKA L., SŁAWIŃSKI M., BIEROŃ K., JACHYM R., KUCHARSKI K. & GRYGLEWSKI R.J. 1997 – Wpływ kuracji pitnej wodą siarczkową ze źródła Wiesława z uzdrowiska Busko-Zdrój na gospodarkę lipidową, układ fibrynolityczny i trombogenezę płytkową u pacjentów z miażdżycą. *Polski Merkuriusz Lekarski*, 3 (13).
- GRATH J., SCHEIDLER A., UHLIG S., WEBER K., KEIMEL T. & GRUBER S. 2001 – The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report. Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management (Ref.: 41.046/01–IV1/00 and GZ 16 2500/2–I/6/00), European Commission (Grant Agreement Ref.: Subv 99/130794), in kind contributions by project partners. Vienna (www.wfdgw.net).
- JĘDRZEJCZAK M., BŁOŃSKA E. & JĘDRZEJCZAK M. 2010 – Wstępna ocena kuracji pitnej wodą siarczkową ze źródła Zuzanna Las Winiarski k. Buska-Zdroju u pacjentów z hiperlipidemią. VI międzynarodowa konferencja naukowo-szkoleniowa farmaceutów „Aktualne możliwości terapii chorób o podłożu miażdżycowym”, 25–27 listopada 2010, Warszawa.
- JONES W. & SPENCE M. 2013 – GroundWater Spatio-Temporal Data Analysis Tool (GWSDAT Version 2.0 User Manual, Shell Global Solution (UK).
- KMIECIK E., SZCZEPAŃSKA J., SZCZYGIEL M. & CEBO K. 2007 – Metodyka oceny czasowych trendów zmian jakości wód podziemnych. [W:] Szczepański A., Kmiecik E. & Żurek A. (red.), *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, XIII: 571–584. WGGIOŚ AGH, Kraków.
- KONDRACKI J. 2002 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KRAWCZYK J., MATEŃKO T., MĄDRY J. & PORWISZ B. 1999 – Wody lecznicze Buska-Zdroju w świetle dotychczasowych badań. [W:] Krajewski S. & Sadurski A. (red.), *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, IX: 159–164. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KUCHARSKI K. 1995 – Doświadczenia w leczeniu reumatoidalnego zapalenia stawów wodami siarczkowymi w Busku-Zdroju. *Balneologia Polska*, 37 (3/4): 63–72.
- KUCHARSKI K. & ŚLIWIŃSKA J. 2006 – Poszukiwania badawcze z ostatniego 40-lecia nad działaniem leczniczym wód siarczkowych w Busku-Zdroju (1965–2005). *Balneologia Polska*, 48 (3): 142–149.
- LEGWANT Z., GAWĘDA J., LEGWANT-WÓJCICKA M. & KORNECKI W. 2013 – Ocena skuteczności kompleksowego leczenia uzdrowiskowego choroby zwyrodnieniowej stawu kolanowego w Sanatorium „Włókniarz” w Busku-Zdroju. *Studia Medyczne*, 29 (2): 167–170.
- LEGWANT Z. 1995 – Możliwości wykorzystania buskich wód siarczkowo-siarkowodorowych w lecznictwie. *Balneologia Polska*, 37 (1): 28–30.
- McKILLUP S. & DYAR M.D. 2010 – *Geostatistics Explained. An Introductory Guide for Earth Scientists*. Cambridge Univ. Press.
- MILLER J.N. & MILLER J.C. 2005 – *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. Prentice Hall.
- NAWOJCZYK M. 2002 – *Przewodnik po statystyce dla socjologów*. Wyd. SPSS Polska, Kraków.
- OTTO M. 2007 – *Chemometrics. Statistics and Computer Application in Analytical Chemistry*. Wiley-VCH verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- POLSKA Norma PN-Z-11001-3:2000 – Butelkowane naturalne wody mineralne i lecznicze – wymagania jakościowe i badania dotyczące butelkowanych wód leczniczych.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008 – *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (<http://www.R-project.org>).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r., w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz.U. nr 80, poz. 565).
- STANISZ A. 2006 – *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. T. 1. Statystyki podstawowe, Wyd. StatSoft, Kraków.
- SZCZEPAŃSKA J. & KMIECIK E. 2005 – Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych. Wyd. AGH, Kraków.
- SZCZĘŚNIAK-SZLAGOWSKA A., KASELA T., LISIK R., GRZEGORZEWSKI G., GRZEGORZEWSKA I., MYŚLIWIEC A., BĄK M. & RABIEJ L. 2011 – Dodatek nr 1 do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód leczniczych Las Winiarski z utworów górnej kredy. *Arch. Przedsięb. Geologiczne Sp. z o.o., Kielce*.
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnictwo (Dz.U. nr 163, poz. 981 ze zm.).
- WAŹTOR K., KMIECIK E. & SZCZEPAŃSKI A. 2012 – Ocena stabilności składu chemicznego wód leczniczych w aktualnych uwarunkowaniach prawnych. [W:] *Problemy wykorzystywania wód podziemnych w gospodarce komunalnej. Materiały na XIX sympozjum naukowo-techniczne pt. „Gospodarowanie wodami podziemnymi w aktualnych uwarunkowaniach”* 19–20 kwietnia 2012 r., Częstochowa: 96–105.
- WITCZAK S., KANIA J. & KMIECIK E. 2013 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wyd. PIOŚ, Warszawa.
- ZDECHLIK R., DWORNIK M. & WAŹTOR K. 2013 – Praktyczne aspekty opróbowania wód w systemie monitoringu wód podziemnych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 456: 659–664.