

Monitoringowe badania źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza

Zdzisław Michalczyk¹, Stanisław Chmiel¹, Sławomir Głowacki¹, Beata Zielińska¹

Monitoring research on the springs of the Lublin Upland and Rostocze Region. *Prz. Geol.*, 63: 935–939.

Abstract. Next to the Tatra Mountains, the Lublin Upland and Rostocze Region are areas featuring the occurrence of the most efficient springs in Poland. They are particularly fed from the Cretaceous aquifer, only in the north-western part of the region also by waters circulating in the sediments of the Palaeocene, and in the boundary zone of Rostocze and Lublin Upland – Neogene. The earlier determination of occurrence of springs commenced in 1998, involving systematic measurements of approximately 70 selected springs. Monitoring measurements covered springs distributed in all of the physico-geographic regions with yield of more than 10 dm³/s. Measurements of the yield and physicochemical properties of water were performed annually in late spring. Data concerning 60 springs were compared for the period 1998–2014. The collected hydrometric materials permit the comparison of the dynamics of the yield and properties of water quality in both temporal and spatial terms. The mean spring yield amounted to 81.2 dm³/s. The mean value from the minimum yield decreased to 59.2 dm³/s, and from maximum increased to 132.7 dm³/s. The coefficient of yield irregularity varied from 1.6 to 5.9 for 90% of the analysed springs. Spring waters were distinguished by moderate mineralisation, reaction approximate to neutral, dominance of HCO₃–Ca ions, and very high quality.

Keywords: springs, spring yield, hydrochemical groundwater properties, Lublin Upland and Rostocze Region

Wyżyna Lubelska i Rostocze wchodzi w obręb hydrogeologicznego regionu kredy lubelskiej, z głównym poziomem wodonośnym utrzymującym się w opokach, geżach, wapieniach oraz marglach kredy górnej, lokalnie również w wapieniach paleogenu i neogenu lub utworach piaszczystych czwartorzędu (Malinowski, 1991; Paczyński, 1995).

Obszar Wyżyny Lubelskiej i Rostocza zajmuje powierzchnię ok. 12 200 km² i jest, poza Tatrami, regionem o występowaniu najwydajniejszych źródeł w Polsce (Chelmiński i in., 2011). Jest to teren, w którym naturalne wpływy wody podziemnej występują dość powszechnie, a ich rozmieszczenie i duża wydajność wynika z zasilania atmosferycznego, rzeźby terenu oraz budowy geologicznej, w tym dobrej przepuszczalności warstw przypowierzchniowych oraz dużej pojemności wodnej strefy aeracji i saturacji (Michalczyk, 1986, 2001).

Na podstawie rozpoznania występowania i wydajności źródeł na Wyżynie Lubelskiej i Rostoczu (Michalczyk, 1993, 1996, 2001; Michalczyk i in., 2004, 2008) pracownicy Zakładu Hydrologii UMCS od 1998 r. prowadzą systematyczne patrolowe pomiary hydrometryczne i hydrochemiczne źródeł. Do corocznych pomiarów wykonywanych pod koniec okresu wiosennego (maj–czerwiec) wytypowano ok. 70 źródeł rozmieszczonych na całym wyżynnym obszarze Lubelszczyzny. W tej grupie znalazły się najwydajniejsze i najatrakcyjniejsze przyrodniczo wpływy wody podziemnej (ryc. 1). Pomiary wykonywano elektromagnetycznym przepływomierzem Nautilus 2000. Termin pomiaru wynikał z wcześniej zebranych materiałów, które wskazywały, że pod koniec wiosny wydajności źródeł były najbardziej zbliżone do wartości średnich z wielolecia. Pomimo rozległego terenu badań, pomiary wykonywano w okresie jednego miesiąca, tak żeby zapewnić porównywalność uzyskiwanych wyników. W czasie badań terenowych, oprócz pomiaru wydajności, zbierano dane dotyczące stanu niszy źródłiskowej oraz pobierano próbki wody do analiz hydrochemicznych. Podstawowe oznaczenia

właściwości fizyczno-chemicznych wód były wykonywane w terenie oraz w laboratorium Zakładu Hydrologii UMCS metodami: elektrometrycznymi, miareczkowymi, spektrofotometrycznymi i chromatografii jonowej. Metale ciężkie oznaczono w wodach źródłanych w latach: 1995, 1996, 2001, 2010 z wykorzystaniem spektrometru absorpcji atomowej oraz woltoamperometru.

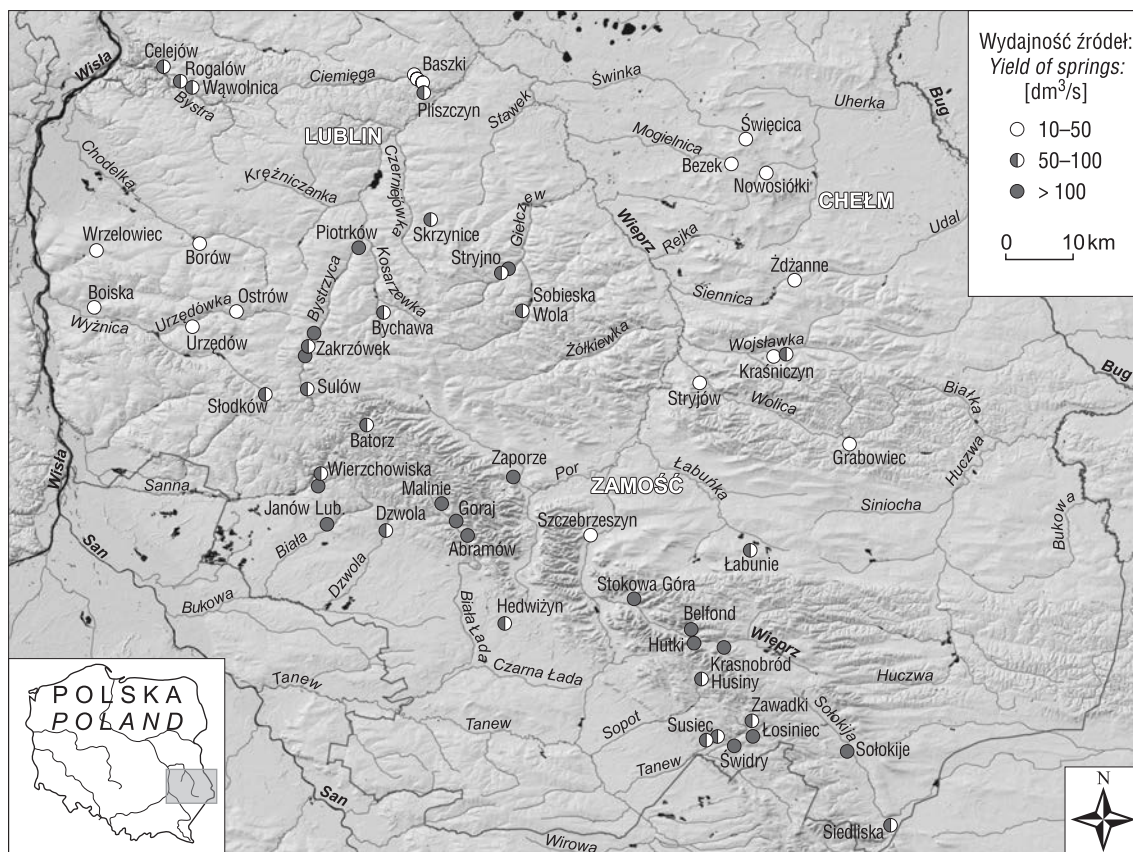
Celem pracy jest zaprezentowanie zmian wydajności wybranych 60 dużych źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza oraz właściwości fizycznych i chemicznych wody w latach 1998–2014. Brak punktów pomiarowych we wschodniej części Wyżyny Lubelskiej jest spowodowany tym, że mimo liczego występowania źródeł, mają one niewielkie wydajności.

WYDAJNOŚĆ ŹRÓDEŁ W LATACH 1998–2014

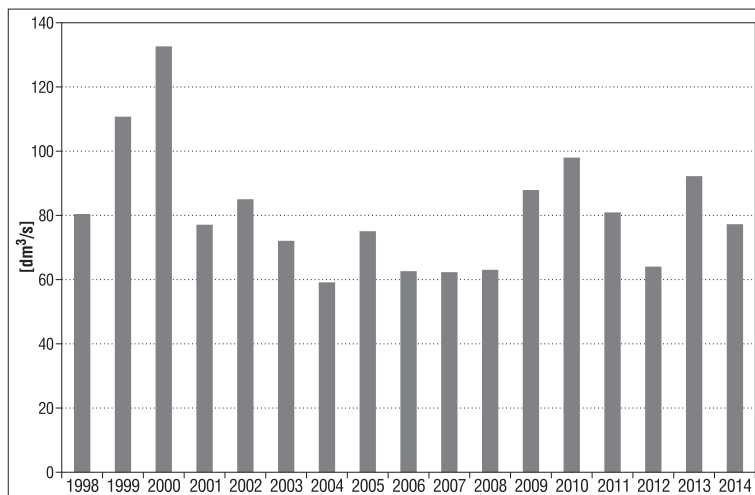
Wydajność źródeł jest uzależniona od czynników klimatycznych i terenowych, wśród których najważniejsza jest przepuszczalność gruntów powierzchniowych, wykształcenie litologiczne i szczelinowatość skał oraz rzeźba powierzchni. Cechy te decydują zarówno o ilości, jak i o reżimie wypływającej wody. Wydajność źródeł jest uzależniona od zasilania atmosferycznego, rozpatrywanego w kilkuletnim okresie. Na rycinie 2 przedstawiono średnią arytmetyczną wartość wydajności, liczoną z danych dotyczących 60 źródeł. Niezależnie od położenia, źródła cechują się dość stabilną wydajnością, a jej średnia wartość wynosiła 81,2 dm³/s. Natomiast średnie wydajności z maksymalnych wydatków osiągnęły 132,7 dm³/s, a z minimalnych 59,2 dm³/s. Zatem średni współczynnik nieregularności wydatku mierzonych źródeł wynosi tylko 2,2. Największą wydajność stwierdzono w latach 1999 i 2000, a najmniejszą w 2003 r., co nawiązuje do rozkładu opadów atmosferycznych w ujęciu wieloletnim.

Wydajność źródeł jest bardzo zróżnicowana w ujęciu regionalnym. Najwydajniejsze wpływy znajdują się na

¹ Zakład Hydrologii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, al. Kraśnicka 2CD, 20-718 Lublin; dzdzislaw.michalczyk@umcs.lublin.pl, stanislaw.chmiel@umcs.lublin.pl, slawek.glowacki@umcs.lublin.pl, beataz@umcs.lublin.pl.



Ryc. 1. Rozmieszczenie mierzonych źródeł w trzech klasach wydajności
 Fig. 1. Distribution of the measured springs in three yield classes

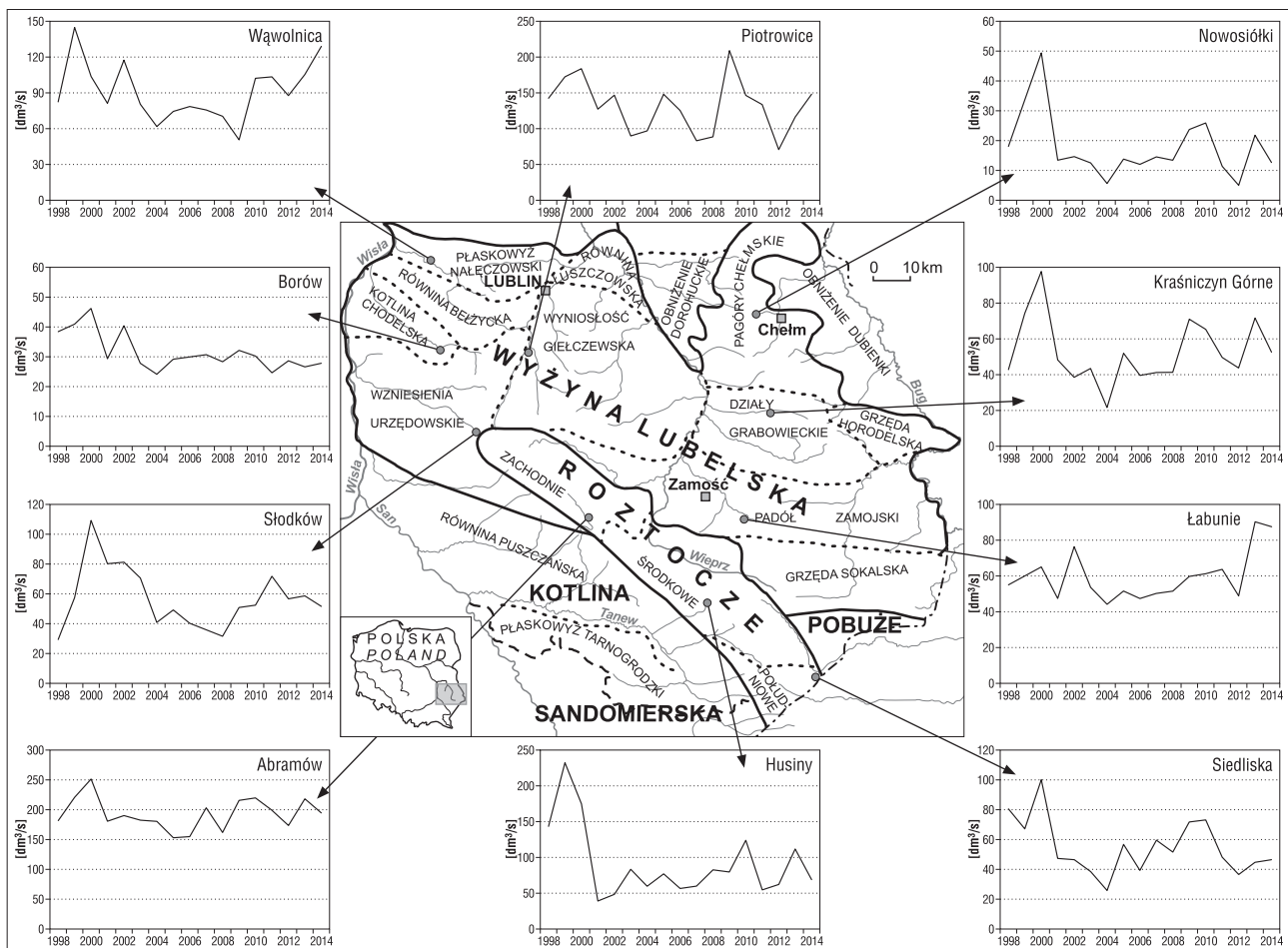


Ryc. 2. Średnia wydajność mierzonych źródeł w latach 1998–2014
 Fig. 2. Mean yield of the measured springs in the years 1998–2014

Roztoczu. Na Wyżynie Lubelskiej było ich 5 z wydajnością powyżej 100 dm³/s, wszystkie w subregionie Wyniosłość Giełczewska: Zakrzówek II i Zakrzówek Osada, Piotrków, Sobieska Wola i Stryjno. Na Równinie było 10 źródeł o wydatku powyżej 100 dm³/s: Wierzchowiska, Janów Lubelski, Malinie, Goraj, Abramów, Zaporze (Roztocze Zachodnie), Hutki, Stokowa Góra, Łosiniec, Świdry (Roztocze Środkowe), Sołokije (Roztocze Południowe). Wydajności konkretnych źródeł, z podaniem regionu fizjograficznego wg Chałubińskiej i Wilgata (1954) zamiesz-

czono na rycinie 3. Podane przykłady rocznych zmian wydajności w 10 źródłach wskazują jednoznacznie na regionalne zróżnicowanie ich wydatku. Jest to bezpośrednio uzależnione od wykształcenia litologicznego warstw wodonośnych oraz od wielkości zasilania atmosferycznego. W obszarach płytkiego występowania spękanych twardych skał kredowych obserwowano szybką reakcję na zasilanie opadowe; np. źródła wschodniej części Wyżyny Lubelskiej i Równiny Tomaszowskiego. Zupełnie inną reakcją na opady stwierdzono w miejscach występowania lessów, w których rejestrowano powolne, raczej długookresowe, zmiany wydajności źródeł, np. źródła Płaskowyżu Nałęczowskiego, Równiny Zachodniej, Działów Grabowieckich. Współczynniki nieregularności wydajności w 90% badanych źródeł w latach 1998–2014 mieściły się w granicach 1,6–5,9. Prawie 75% badanych źródeł ma współczynnik nieregularności wydatku w granicach 1,6–3,6. Jedyne pojedyncze duże wpływy wykazują zmienność powyżej 10 – Zakrzówek I, Wierzchowiska (źródło k. szkoły) i Krasnobród.

Wyniki zamieszczone w opracowaniach (Michalczyk, 1982, 1986, 1993, 1996, 2001) dokumentują wieloletni i sezonowy rytm ich zmian, co jest związane z warunkami krążenia i wielkością zasilania wód podziemnych. Wydajność źródeł jest uzależniona przede wszystkim od opadów atmosferycznych i warunków retencjonowania wody w



Ryc. 3. Średnie roczne wydajności wybranych 10 źródeł w latach 1998–2014
 Fig. 3. Mean annual yield of 10 selected springs in the years 1998–2014

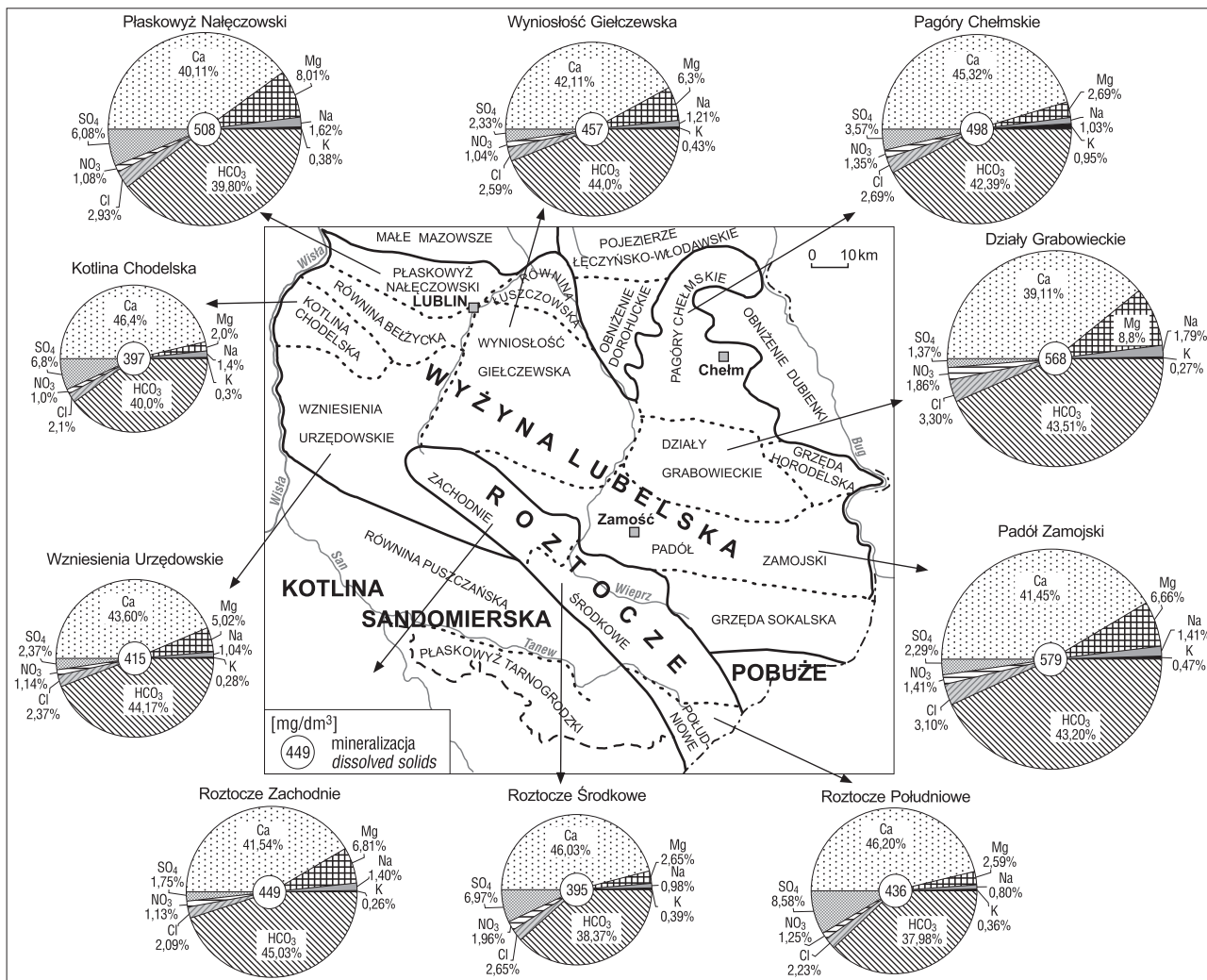
podłożu skalnym. Na Wyżynie Lubelskiej i Rostoczu zasilanie oraz warunki hydrogeologiczne uwidaczniają się w regionalnym zróżnicowaniu wydajności i reżimu wypływającej wody. Najwydajniejsze źródła znajdują się na Rostoczu, których okresowy wydatek przekracza nawet $400 \text{ dm}^3/\text{s}$. Najniższe wydajności, przy stosunkowo niewielkiej ich zmienności, stwierdzano we wschodniej części Wyżyny Lubelskiej, w obszarze zbudowanym z miękkich margli i kredy piszącej. Natomiast w obszarze występowania strefy aeracji lessów została zaobserwowana niezwykle stabilna wydajność źródeł, np. Płaskowyż Nałęczowski, Wzniesienia Urzędowskie i Rostocze Zachodnie. W ujęciu regionalnym odnotowano zróżnicowany czas reakcji źródeł na zasilanie oraz różną wielkość zmian wydatków. Z obserwacji i analiz wynika, że uzupełnianie zasobów podziemnych odbywa się głównie w półroczu chłodnym, a ponadto istnieje przesunięcie czasowe pomiędzy wysokim zasilaniem i wzrostem wydajności źródeł (Michalczyk, 1982, 1983, 1988; Michalczyk & Rederowa, 1992). W ujęciu generalnym, wydajność źródeł jest dość stabilna, a zmiany wydatku przewidywalne.

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHIMICZNE WÓD ŹRÓDLANYCH

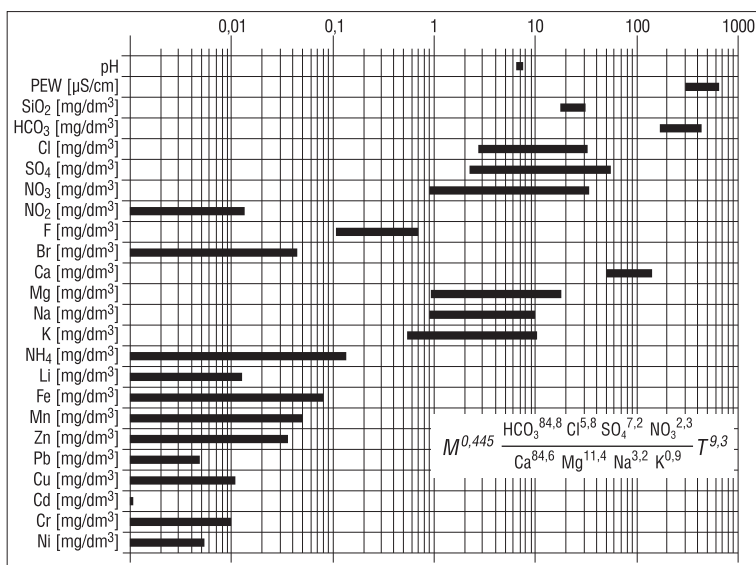
Wykonane badania wskazują na regionalne zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych wód podziemnych, wynikające z geochemii środowiska i jego antropogenicznych przekształceń (ryc. 4). Z uwagi na poziom rozpusz-

czonych substancji były to wody słodkie i akrotopęgi o odczynie słabo zasadowym. W składzie chemicznym wód źródłanych Wyżyny Lubelskiej i Rostocza dominowały jony, które są efektem rozpuszczania minerałów węglanowych. Pod względem typu hydrochemicznego były to wody dwujonowe $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, rzadziej trzyjonowe – $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ lub $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$. Zawartość wodorowęglanów mieściła się w przedziale $170\text{--}400 \text{ mg}/\text{dm}^3$, wapnia $65\text{--}130 \text{ mg}/\text{dm}^3$, magnezu $2\text{--}16 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (ryc. 5). Najwięcej węglanów ($250\text{--}370 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ CaCO}_3$) miały wody wypływające ze skał kredowych oraz paleogenu i neogenu przykryte lessiem (Płaskowyż Nałęczowski, Działy Grabowieckie, Rostocze Zachodnie). Wysoki poziom węglanów ($>250 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ CaCO}_3$) wykazywały także wody w obszarach występowania miękkich margli i kredy piszącej (Pagóry Chełmskie, Kotlina Chodelska). Znacznie mniej węglanów odnotowano w wodach z pozostałych obszarów, które infiltrowały przez skały typu opoka ($200\text{--}250 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ CaCO}_3$), geza i wapien ($180\text{--}225 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ CaCO}_3$).

Wody badanych źródeł miały stosunkowo niskie stężenia substancji pochodzenia antropogenicznego. Dotyczyło to zwłaszcza wskaźników powszechnie uznawanych za wynik zanieczyszczenia środowiska, takich jak: siarczany, chlorki, azotany, sól, potas. Ich łączna wagowa zawartość w sumie jonów nie przekraczała zazwyczaj 15%, a stężenia mieściły się w zakresie: SO_4^{2-} $5\text{--}45 \text{ mg}/\text{dm}^3$, Cl^- $3\text{--}20 \text{ mg}/\text{dm}^3$, NO_3^- $2\text{--}25 \text{ mg}/\text{dm}^3$, Na^+ $2\text{--}6 \text{ mg}/\text{dm}^3$, K^+ $0,5\text{--}2 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Wody źródłane miały także niskie stężenia jonów amonowych i azotynowych (odpowiednio



Ryc. 4. Skład chemiczny wód źródłanych w regionach fizjograficznych
 Fig. 4. Chemical composition of spring waters in physiographic regions



Ryc. 5. Charakterystyczne wartości wybranych cech fizyczno-chemicznych wód źródłanych Wyżyny Lubelskiej i Roztocza
 Fig. 5. Characteristic values of selected physical and chemical properties of the spring waters of the Lublin Upland and Roztocze

<0,1 mg/dm³ i <0,02 mg/dm³), które są również wskaźnikami zanieczyszczeń wód. Zawierały natomiast stosunkowo wysokie stężenia ortofosforanów 0,1–0,65 mg/dm³ oraz na podobnym poziomie fluoroków. Wyższe wartości wskaźników pochodzenia antropogenicznego notowano w wodach źródeł drenażujących obszary ze zwartą zabudową i intensywnie użytkowanych rolniczo. Zaznaczało się również zróżnicowanie zawartości substancji pochodzenia antropogenicznego w zależności od głębokości występowania poziomu wodonośnego, w przypadku drenażu płytszego zbiornika, wody miały więcej substancji o charakterze antropogenicznym (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻).

Metale ciężkie w badanych źródłach występowały na niskim poziomie. Żelazo i mangan, którym w wodach podziemnych przypisuje się głównie pochodzenie geochemiczne – miały stężenia odpowiednio <100 µg/dm³ i <50 µg/dm³. Metale ciężkie o charakterze toksycznym miały również niskie stężenia, zawartość Pb, Ni, Cu, Cr nie przekraczała kilku µg/dm³, a Cd, Co – 1 µg/dm³.

W badaniach monitoringowych ważne znaczenie mają zmiany chemizmu wód w okresach wieloletnich, dają one możliwość identyfikacji przeobrażeń składu fizykochemicznego wód pod wpływem antropopresji (Macioszczyk, 1987). Na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Rostocza obserwuje się dużą stabilność wskaźników warunkowanych geochemią środowiska (ryc. 5). W przypadku odczynu wody, PEW, stężenia jonów HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , współczynniki zmienności nie przekraczały na ogół wartości 0,05. Niewielkie zmiany były obserwowane w okresach wiosennych roztopów oraz po obfitych opadach deszczu – wraz ze wzrostem wydajności źródła, ich poziom się obniżał. Pozostałe badane wskaźniki, których obecność w wodach podziemnych w znacznej części wynika z antropopresji, wykazywały większą dynamikę zmian. Wraz ze wzrostem wydajności źródeł ich zawartość na ogół również wzrastała, współczynniki zmienności kształtowały się w przedziale 0,05–1,00. Zebrane materiały wskazują, że najbardziej zbliżone wartości w badanych latach, miały wskaźniki w okresach bezopadowych – przy braku intensywnego zasilania zbiornika wód podziemnych.

Mało przekształcony antropogenicznie stan hydrochemiczny wód źródlanych Wyżyny Lubelskiej i Rostocza potwierdza także klasyfikacja wód podziemnych stosowana na potrzeby monitoringu. Badane wskaźniki lokują się głównie w klasie I i II wód bardzo dobrej jakości. Wody źródlane miały temperaturę około 9°C, były bezbarwne, bez smaku i zapachu. Wykonane badania chemizmu wód źródlanych, udokumentowały jedynie niewielkie obszarowe przekształcenia chemizmu wód węglanowych kredy lubelskiej.

PODSUMOWANIE

Wykonane badania monitoringowe najwydajniejszych źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza dokumentują regionalne zróżnicowanie warunków krenologicznych, które nawiązują do wykształcenia litologicznego skał podłoża skalnego oraz zasilania atmosferycznego. Zasoby wód podziemnych w ostatnich latach utrzymywały się na średnim poziomie. Najwydajniejsze źródła funkcjonują na Rostoczku oraz na Wyniosłości Gielczewskiej. We wschodniej części obszaru wyżynnego Lubelszczyzny nie ma wydajnych źródeł. Dobre warunki retencjonowania wody w podłożu skalnym decydują o stabilności wydatku źródeł

wyrażającą się niewielką zmiennością wydajności źródeł utrzymującej się w zdecydowanej większości wypływów na poziomie 1,6–5,9. Źródła charakteryzują się wieloletnim rytmem wydajności, na który jest nałożona zmienność sezonowa.

Wysokiej jakości wody źródlane wykazują regionalne zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych wód podziemnych wynikające z geochemii środowiska i jego gospodarczego wykorzystania. Wody źródlane miały temperaturę około 9°C, były bezbarwne, bez smaku i zapachu. Analizy chemiczne udokumentowały jedynie niewielkie obszarowe przekształcenia jakości wód węglanowych kredy lubelskiej, na co wskazują stosunkowo niskie stężenia substancji pochodzenia antropogenicznego.

LITERATURA

- CHAŁUBIŃSKA A. & WILGAT T. 1954 – Podział fizjograficzny województwa lubelskiego. Przewodnik V Ogólnopolskiego Zjazdu PTG. Lublin, 3–44.
- CHEŁMIŃSKI W., JOKIEL P., MICHALCZYK Z. & MONIEWSKI P. 2011 – Distribution, discharge and regional characteristics of springs in Poland. Episodes, 34 (4): 244–256.
- MACIOSZCZYK A. 1987 – Hydrogeochemia. Wyd. Geol., Warszawa, s. 475.
- MALINOWSKI J. (red.) 1991 – Budowa geologiczna Polski, t.VII, Hydrogeologia. Wyd. Geol. Warszawa, s. 275.
- MICHALCZYK Z. 1982 – Charakterystyka hydrogeologiczna dorzecza Łady. Biul. Inst. Geol. nr 339: Z badań hydrogeologicznych w Polsce, t. 6: 109–161.
- MICHALCZYK Z. 1983 – Źródła Sanny w Wierchowiskach. Ann. UMCS, seria B, 35/36: 175–192.
- MICHALCZYK Z. 1986 – Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Wyd. UMCS, 1–195.
- MICHALCZYK Z. 1988 – Źródła Białej Łady w okolicy Goraja. Ann. UMCS seria B, 35/36: 267–287.
- MICHALCZYK Z. (red.) 1993 – Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wyd. UMCS, 1–199.
- MICHALCZYK Z. (red.) 1996 – Źródła Rostocza. Monografia hydrograficzna. Wyd. UMCS, Lublin, 1–200.
- MICHALCZYK Z. (red.) 2001 – Źródła Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Wyd. UMCS, 1–298.
- MICHALCZYK Z., CHMIEL S., GŁOWACKI S. & ZIELIŃSKA B. 2004 – Zmiany wydajności i chemizmu wód źródlanych Wyżyny lubelskiej i Rostocza. Ann. UMCS, seria B, 54: 107–122.
- MICHALCZYK Z., CHMIEL S., GŁOWACKI S. & ZIELIŃSKA B. 2008 – Changes of springs' yield of Lublin Upland and Rostocze Region in 1998–2008. J. Water and Land Develop., 12: 113–125.
- MICHALCZYK Z. & REDEROWA E. 1992 – Charakterystyka hydrologiczna źródeł okolic Zakrzówka. Ann. UMCS, seria B, 44/45: 169–186.
- PACZYŃSKI B. (red.) 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.