

PROPOZYCJA ZAKRESU MONITORINGU HYDROGEOEKOLOGICZNEGO ŹRÓDEŁ REGIONU WYŻYNY KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKIEJ

PROPOSITION OF SCOPE OF SPRINGS HYDROGEOECOLOGICAL MONITORING IN KRAKÓW-CZĘSTOCHOWA UPLAND REGION

DOROTA OKOŃ¹, JACEK RÓŻKOWSKI²

Abstrakt. W latach 2008–2011 badaniami geologicznymi, hydrogeologicznymi i biotycznymi objęto 13 nisz źródłiskowych źródeł drenujących głównie wody poziomu jury górnej na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Zasygnalizowano możliwości zastosowania w badaniach wskaźników biotycznych. Przedstawiono propozycję zakresu monitoringu hydrogeoekologicznego stref źródłiskowych obejmującą zespół wskaźników geomorfologicznych, hydrogeologicznych i biologicznych (msszaki, rośliny naczyniowe, okrzemki i fauna bezkręgowców), nawiązującą do przepisów Dyrektywy 2000/60/WE.

Słowa kluczowe: źródła, monitoring hydrogeoekologiczny, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska.

Abstract. The paper presents the study of 13 spring niches, draining mainly the Upper Jurassic aquifer in the Kraków-Częstochowa Upland, performed during 2008–2011, using geological, hydrogeological and biotic methods. Possibility of biotic indices application is shown and proposition of the scope of hydrogeoecological monitoring of spring niche zones is presented. Such monitoring should include the geomorphologic, hydrogeological and biological indices (moss, vascular plants, diatoms and invertebrate fauna), according to Directive 2000/60/WE.

Key words: springs, hydrogeoecological monitoring, Kraków-Częstochowa Upland.

WSTĘP

Współpraca hydrogeologów i ekologów wód podziemnych dała początek hydrogeoekologii – interdyscyplinarnym badaniom ekosystemów zależnych od wód podziemnych (Humphreys, 2009; Springer, Stevens, 2009). Szczególnym obiektem badań hydrogeoekologii powinny być źródła – strefy drenażu wód podziemnych. Wpływ na występowanie i rozwój stref źródłiskowych i ich bogatą bioróżnorodność ma kombinacja czynników: geologicznych, hydrogeologicz-

nych, morfologicznych oraz biocenotycznych (m.in. Gilbert i in., 1994; Allan, 1998; Cantonati i in., 2006; Czachorowski, 2007). Badania stref drenażu źródłami powinny być prowadzone w odniesieniu do warunków hydrogeologicznych, ich mikrośrodków biologicznych i związanych z nimi ekosystemów. Źródła, jako złożone ekosystemy hydrologiczno-biotyczne, wrażliwe na antropopresję, powinny podlegać ochronie. Proponowanym rozwiązaniem jest monitoring hy-

¹ Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Śląskiego, ul. Krasickiego 25, 42-500 Będzin; e-mail: dor@zpk.com.pl

² Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: jacek.rozkowski@us.edu.pl

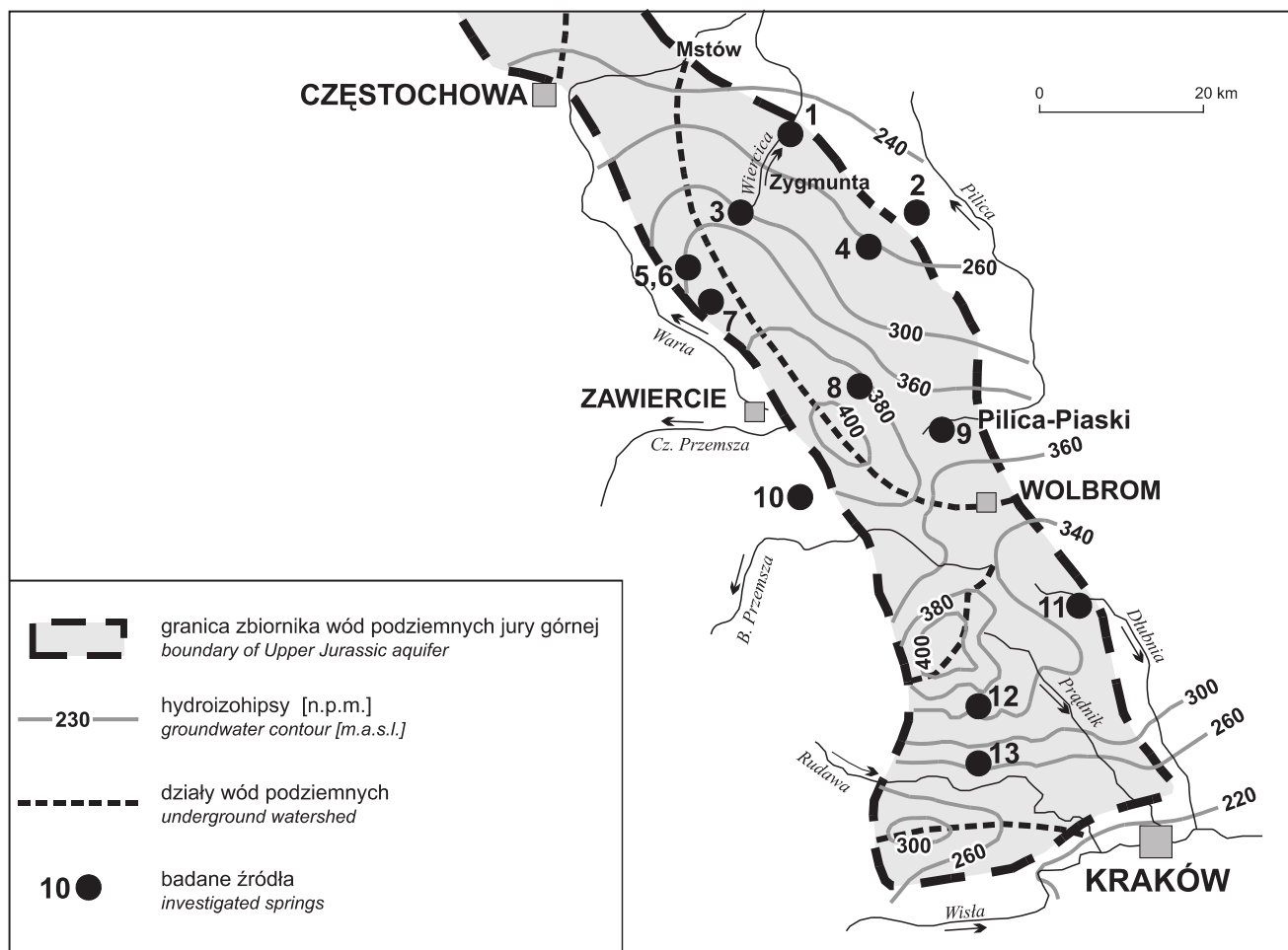


Fig. 1. Mapa hydroizohips poziomu wodonośnego jury górnej na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej z lokalizacją badanych źródeł

1 – Błękitne Źródła w Juliance-Sygotce, 2 – źródło Rozlewisko w Białej Wielkiej, 3 – źródła Zygmunt w Złotym Potoku, 4 – źródło Pani Halskiej w Sokolnikach, 5 – źródło Spod Brzozy w Żarkach, 6 – źródło przykorytowe w Żarkach, 7 – źródło w Jaworzniku, 8 – źródło Krztyni w Siamoszycach, 9 – źródło w Pilicy-Piaski, 10 – źródło w Centurii, 11 – źródło Bielny Młyn w Imbramowicach, 12 – źródło Pióro w Jerzmanowicach, 13 – źródło w Łączkach Kobyłańskich

The map of groundwater contour lines of the Upper Jurassic aquifer in the Kraków-Częstochowa Upland with location of the springs

1 – Błękitne Źródła spring in Julianka-Sygotka, 2 – Rozlewisko spring in Biała Wielka, 3 – Zygmunt springs in Złoty Potok, 4 – Pani Halskiej spring in Sokolniki, 5 – Spod Brzozy spring in Żarki, 6 – spring near a streambed in Żarki, 7 – spring in Jaworznik, 8 – Krztyni spring in Siamoszyce, 9 – spring in Pilica-Piaski, 10 – spring in Centuria, 11 – Bielny Młyn spring in Imbramowice, 12 – Pióro spring in Jerzmanowice, 13 – spring in Łączki Kobyłańskie

drogeoekologiczny, dzięki któremu można śledzić trendy zmian w ekosystemie. W artykule przedstawiono propozycję zakresu monitoringu źródeł regionu Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (WKC), uwzględniającą wytyczne Dyrektywy 2000/60/WE. W latach 2008–2011 przeprowadzono na obszarze WKC interdyscyplinarne badania 13 reprezentatywnych stref źródłiskowych (fig. 1), w celu rozpoznania przyrodniczych i antropogenicznych uwarunkowań reżimu źródeł oraz stworzenia koncepcji monitoringu hydrogeoekologicznego źródeł badanego regionu. Przeprowadzono badania stref źródłiskowych na obszarach chronionych,

o ekstensywnej gospodarce, odzwierciedlających quasi naturalne warunki siedliskowe. Badane źródła drenują na obszarze WKC główny, użytkowy, szczelinowo-krasowy poziom wodonośny jury górnej lub inne poziomy wodonośne mezozoiczne i czwartorzędowe (źródło w Centurii), będące z nim w łączności hydraulicznej. Pomierzone wydajności badanych źródeł mieszczą się w zakresie od 8 do powyżej $120 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Mineralizacja wód w utworach węglanowych wynosi $300\text{--}490 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, typ hydrochemiczny $\text{HCO}_3\text{--Ca}$, a w źródle z utworów krzemionkowych w Centurii mineralizacja wód wynosi $90\text{--}110 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, typ hydrochemiczny $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca}$ (Okoń, Rózkowski, 2010; Okoń, 2012).

ZAKRES I METODY BADAŃ

W ramach badań wybranych stref źródłiskowych określono skład mineralogiczny skał zbiornikowych (w 17 kamieniołomach) i osadów dennych 12 nisz źródłiskowych, wykonano kartowanie hydrologiczne (w tym badania hydrometryczne), badania hydrochemiczne terenowe i laboratoryjne (8 serii), badania środowiska biotycznego nisz źródłiskowych, zagospodarowania powierzchni terenu poprzez analizę 15 miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (mpzp). Skład faz mineralnych próbek określono w Pracowni Rentgenowskiej WNoZ Uniw. Śl. przy użyciu dyfraktometrów rentgenowskich PHILIPS PW 3710 i PANalytical PW 3040/60. Analizy chemiczne wy-

konano w Laboratorium WNoZ Uniwersytetu Śląskiego. Zrealizowano 12 sezonowych badań terenowych fauny bentonicznej. W 2010 r. opróbowano okrzemki w 8 wypływach z mikrosiedlisk – epilitonu, peryfitonu, epipeltonu, a w okresie 07–08.2009 r. wykonano badania flory występującej w niszach źródłiskowych: w odpływie wody, na mokrych obrzeżach, na obrzeżach ponad niszą. Oznaczenia fauny dennej wykonywano w Laboratorium Instytutu Ochrony Przyrody PAN w Krakowie, przy użyciu mikroskopu stereoskopowego. Identyfikacje okrzemek wykonano w Laboratorium Instytutu Botaniki PAN w Krakowie, przy użyciu mikroskopu Nikon Eclipse 80.

WYBRANE WYNIKI BADAŃ HYDROGEOEKOLOGICZNYCH

Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania funkcjonowania źródeł WKC, z uwzględnieniem literatury tematycznej, przedstawiono obszernie w pracach autorów (Okoń, Rózkowski, 2010; Okoń, 2012), w zakresie bioty – głównie o charakterze inwentaryzacyjno-opisowym. Autorskie przykłady zastosowań wskaźników biotycznych przedstawiono poniżej. W badanej populacji źródeł dominują reokreny. Stwierdzono w nich względnie niską różnorodność roślinności (wsk. Shannona-Wienera do 0,47), nieco wyższą w limnokrenach (wsk. Shannona-Wienera do 0,63; **tab. 1**) w porównaniu ze środowiskiem lądowym (Okoń, 2012).

Dobrymi biowskaźnikami z fauny bentonicznej w źródłach są chruściki. Wysokie wartości współczynnika znaczenia ekologicznego (Wze), zwłaszcza w źródle „Pani Halskiej” i Centurii (16), świadczą o obecności gatunków wyspecjalizowanych w źródłach – krenobiontów (**tab. 2**).

Na podstawie badań okrzemek stwierdzono wody o zróżnicowanej jakości, od miernej do wysokiej (**tab. 3**). Indeks okrzemkowy IPS (Specific Pollution Sensitivity Index), określający saprobowość wód i wykazujący wysokie korelacje z jakością wód (Żelazowski i in., 2004), mieścił się w zakresie 9,9–17,5.

PROPOZYCJA ZAKRESU MONITORINGU HYDROGEOEKOLOGICZNEGO ŹRÓDEŁ

Przeprowadzone badania stref źródłiskowych na obszarach chronionych, o ekstensywnej gospodarce, odzwierciedlają quasi naturalne warunki siedliskowe, które mogą być jednocześnie tłem hydrogeoekologicznym dla obszaru WKC. Dla proponowanego monitoringu hydrogeoekologicznego stref źródłiskowych na obszarze krasowym WKC zaproponowano zespół wskaźników geomorfologicznych, hydrogeologicznych i biologicznych. Wśród wskaźników geomorfologicznych są: geometria niszy, morfologia dna, wykształcenie mineralogiczne i petrograficzne osadu dennego. Do wskaźników hydrogeologicznych zaproponowano: wydajność źródeł, parametry fizyko-chemiczne wody (temperatura, pH, O₂, Eh), a wśród składników chemicznych: mineralizacja ogólna, poziom występowania związków azotu nieorganicznego (NH₄, NO₂, NO₃), PO₄, SO₄. W grupie wskaźników biologicznych stanu środowiska wyróżniono: florę naczyniową, okrzemki i faunę bezkręgowców, które preferują lub tolerują środowisko reokrenów i limnokrenów, wód słodkich, słabo zasadowych, natlenionych, chłodnych, o stabilnej termice, naturalnych lub słabo przeobrażonych. Mszaki reprezentują wskaźniki: *Cratoneu-*

ron filicinum (Hedw.) Spruce, *Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra, *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P. Gærtner., B. Mey. & Scherb, *Pellia epiphylla* (L.) Corda, z roślin naczyniowych: *Cochlearia polonica* (E. Fröhl), *Cardamine amara* L. s.s., *Chrysosplenium alternifolium* L. oraz rośliny charakterystyczne dla wód płynących, pojawiające się w niszach źródłiskowych: *Veronica beccabunga* L., *Berula erecta* (Huds.) Coville, *Glyceria fluitans* (L.) R. Br, *Nasturtium officinale* W.T. Aiton, *Veronica anagallis-aquatica* L. Jako technikę badawczą sugeruje się przeprowadzenie analizy ilościowej poszczególnych płatów roślinności w niszach, z wykorzystaniem skali Braun-Blanqueta, dokonanie zestawienia roślinności (według taksonomii fitosocjologicznej) w wypływach. Spośród fauny bentonicznej zaproponowano gatunki: *Crenobia alpina*, *Bythinella austriaca*, chruściki: *Apatania* sp, *Potamophylax nigricornis*, *Crunoecia irrorata*, *Drusus annulatus*, *Drusus trifidus*, *Sericostoma personatum* oraz wodopójki. W skali długookresowej, należy zwrócić uwagę na występowanie *Gammarus fossarum*, a także na stygobionty, których obecność w źródłach wyżyny stwierdziła Dumnicka (2009). Według Wojtal (2006), badającej

Tabela 1**Wartości wskaźnika Shannona-Wienera w niszach badanych źródeł**

Values of the Shannon-Wiener index for the spring niches

Źródło	Liczba gatunków w źródle	Wskaźnik Shannona-Wienera
Rozlewisko	11	0,63
Błękitne Źródła	5	0,423
Zygmunta	11	0,63
Pani Halskiej	5	0,423
Spod Brzozy	2	0,182
Spod Brzozy przykorytowe	1	0
Źródło w Jaworzniku	2	0,182
Krztyni w Siamoszycach	6	0,471
Źródło w Pilicy-Piaski	6	0,471
Źródło w Centurii	11	0,63
Bielny Młyn	8	0,546
Pióro	5	0,423
Źródło w Łączkach Kobyłańskich	5	0,423

źródła WKC jako potencjalne wskaźniki zanieczyszczenia organicznego wód, mogą zostać użyte okrzemki *Achnanthydium pyrenaicum*, *Planothidium reichardtii* oraz *Nitzschia fonticola*, które pojawiły się licznie w badanych źródłach. Zmiany liczebnościowe wskaźników biologicznych (w tym krenobiontów) i jakościowe będą wskazywać na przeobrażenia środowiska nisz źródłiskowych – antropogeniczne lub przyrodnicze, w tym klimatyczne.

Monitoringiem hydrogeoekologicznym powinny być objęte źródła reprezentujące wszystkie zlewnie w obrębie WKC, głównie o dużych wydajnościach i dużych niszach źródłiskowych, nieprzeobrażonych antropogenicznie, podboczowe descensyjne, w drugiej kolejności dolinne ascensyjne. W osadzie dennym powinna występować frakcja ła- sto-piaszczysto-żwirowa, okrzemki wapienne, które sprzyjają rozwojowi bioróżnorodności w niszach źródłiskowych. Należy monitorować realizację mpzp w rejonach występowania źródeł. Zmiany, które wpływają na przekształcenie środowiska w mpzp są częste i szybkie, tak jak projekt wybudowania w miejscu strefy źródłiskowej w Pilicy-Piaski zbiornika przeciwpowodziowo-retencyjno-rekreacyjnego, wpisanego do Programu Małej Retencji dla Województwa Śląskiego w 2002 r., ostatecznie objętego ochroną prawną w formie użytku ekologicznego w 2004 r., czy też przystąpienie przez gminę Żarki w 2011 r. do sporządzania studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Miasta i Gminy Żarki. Należy obserwować kondycję źródeł zlokali-

Tabela 2**Wartości współczynnika znaczenia ekologicznego (Wze) obliczone dla gatunków chruścików występujących w badanych źródłach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (wg metodyki Pietrzaka, 2004)**

Values of the ecological significance factor (Wze) calculated for caddisflies occurring in the springs of the Kraków-Częstochowa Upland (according to the method of Pietrzak, 2004)

Gatunek stwierdzony w badanych źródłach	Wartości współczynnika Wze	Lokalizacja występowania gatunku
<i>Apatania carpathica</i> Schmid <i>Apatania fimbriata</i> (Pictet) <i>Apatania muliebris</i> McLachlan	16	źródło Pani Halskiej
<i>Chaetopteryx villosa</i> Fabricius	2	Źródło w Jaworzniku; Błękitne Źródła, źródło Rozlewisko, źródło Pani Halskiej, źródło w Pilicy-Piaski, źródło w Centurii, źródło Pióro, źródło w Łączkach Kobyłańskich
<i>Drusus annulatus</i> Stephens	8	źródło w Łączkach Kobyłańskich
<i>Drusus trifidus</i> McLachlan	8	W większości wypływów oprócz: źródła w Centurii
<i>Odontocerum albicorne</i> Scopoli	2	źródła Zygmunta
<i>Plectrocnemia conspersa</i> Curtis	4	źródło Pani Halskiej, źródło Spod Brzozy, źródło w Jaworzniku, źródło Krztyni w Siamoszycach, źródło w Pilicy - Piaski, źródło w Łączkach Kobyłańskich
<i>Potamophylax nigricornis</i> Pictet	16	źródło w Centurii
<i>Sericostoma personatum</i> Kirby & Spence	8	Błękitne Źródła, źródło przykorytowe w Żarkach, źródło w Centurii, źródło Pióro
<i>Silo nigricornis</i> Pictet	4	źródło Spod Brzozy, źródło Pani Halskiej
<i>Silo pallipes</i> Fabricius	2	Błękitne Źródła, źródło Pani Halskiej

Tabela 3

**Określenie jakości wód badanych źródeł na podstawie spektrum saprobowości (IPS)
(wg metodyki Żelazowskiego i in., 2004)**

Water quality assessment of the springs based on the organic pollutants index IPS
(according to the methods of Żelazowski *et al.*, 2004)

Nazwa źródła	IPS (Spektrum saprobowości)	Jakość wód	Saprobowość wód	Klasy jakości wody ¹
Błękitne Źródła	17.5	Wysoka	oligosaprobowe	I
Źródła Zygmunta	14.5	Średnia	Mezosaprobowe	III
Źródło Spod Brzozy	15.3	Dobra	Mezosaprobowe	II
Źródło przykorytowe w Żarkach	15.1	Dobra	Mezosaprobowe	II
Źródło Bielny Młyn	15.7	Dobra	Mezosaprobowe	II
Źródło Pióro	9.9	Mierna	Eusaprobowe	IV
Źródło w Łączkach Kobyłańskich	14.6	Średnia	Mezosaprobowe	III

¹ Klasy jakości wody zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004 (DzU Nr 32, poz. 284)

zowanych na obszarach chronionych: w Ojcowskim Parku Narodowym, parkach krajobrazowych, na obszarze Natura 2000. Częstotliwość badań powinna nawiązywać do przepisów Dyrektywy 2000/60/WE, i tak:

– wskaźniki fizyczno-chemiczne (warunki termiczne, natlenienie, zasolenie, substancje biogenne, zakwaszenie) – co 3 miesiące;

– wskaźniki biologiczne (rośliny wodne, makrobezkręgowce, ryby) – co 3 lata;

– wskaźniki hydromorfologiczne – co 6 lat.

Metodyka badań powinna być zgodna z aktualnymi standardami badawczymi.

LITERATURA

- ALLAN J.D., 1998 — Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman and Hall, London.
- CANTONATI M., GERECKE R., BERTUZZI E., 2006 — Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia*, **562**: 59–96.
- CZACHOROWSKI S., 2007 — Fauna źródeł – stan poznania i perspektywy badań. *W: Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne* (red. P. Jokiel i in.): 55–61. Wyd. Nauk Geogr. UŁ, Łódź.
- DUMNICKA E., 2009 — New for Poland Tubificid (oligochaeta) species from karstic springs. *Pol. J. Ecol.* **57**, 2: 395–401.
- DYREKTYWA 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (DzU UE L z dnia 22.12.2000).
- GILBERT J., IIN. (red.), 1994 — Groundwater Ecology. Academic Press, INC.
- HUMPHREYS W.F., 2009 — Hydrogeology and groundwater ecology: Does each inform the other? *Hydrogeol. J.*, **17**, 1: 5–17.
- OKOŃ D., 2012 — Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania reżimu źródeł Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej [pr. doktor.]. Arch. WNoZ UŚI, Sosnowiec.
- OKOŃ D., RÓŻKOWSKI J., 2010 — Ocena oddziaływania czynników geogenicznych i antropogenicznych na środowisko stref źródłiskowych i jego biotycznych elementów w obszarze Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd. *W: Granice ingerencji człowieka na obszarach chronionych. Zasady i modele gospodarowania* (red. J. Partyka). *Prace i Materiały Muzeum im. prof. Szafera „Prądnik”*, **10**, 275–290. OPN, Ojców.
- PIETRZAK L., 2004 — Współczynniki naturalności biocenoz. *Trichopteron*, **4**, 11: 12–16.
- SPRINGER A.S., STEVENS L.E., 2009 — Spheres of discharge of springs. *Hydrogeol. J.*, **17**, 1: 83–94.
- WOJTAL A. Z., 2006 — Use diatoms for monitoring springs in Southern Poland. *W: 6th International Symposium on “Use of algae for monitoring rivers” Hungary 2006, Program, Abstracts & Extended Abstracts* (red. E. Acs i in.): 179–183. Hungarian Algal Society, Göd, Jávorka.
- ŻELAZOWSKI E., MAGIERA M., KAWECKA B., KWADRANS J., KOTOWICZ J., 2004 — Use of algae for monitoring rivers in Poland – in the light of a new law for environmental protection. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, **33**, 4: 27–39.

SUMMARY

In 2008–2011, a study was performed on 13 spring niches draining mainly the Upper Jurassic aquifer in the Kraków-Częstochowa Upland, using geological, hydrogeological and biotic methods. Possibility of biotic indices application is shown and proposition of the scope of hydrogeological monitoring of spring niche zones according to Directive 2000/60/WE is presented. This monitoring should include environment condition indices: geomorphologic (niche geometry, bottom morphology, mineralogical and petrographic development of bottom sediment), hydrogeological (spring discharge; temperature, pH, O₂, Eh; total mineralization, level of occurrence of NH₄, NO₂, NO₃, PO₄, SO₄) and biological. Biological indices include: moss, vascular flora,

diatoms and invertebrate fauna, which prefer or tolerate a rheocene and limnocene environment, sweet water, slightly alkaline, oxygenated, cool and stable thermal conditions, natural or only slightly altered. Monitoring should include mainly springs with large niches, unchanged by human activity. Silt-sand-gravel fraction and lime fragments should be present in bottom sediment. These elements favour development of biodiversity in spring niches. Implementation of local plans of spatial management in spring occurrence areas should be monitored. Frequency of tests should follow Directive 2000/00/WE: physico-chemical indices – every third month, biological ones – every third year and hydrogeomorphological ones – every sixth year.