

Prądnik. Prace Muz. Szafera	20	275–290	2010
-----------------------------	----	---------	------

DOROTA OKOŃ¹, JACEK RÓŻKOWSKI²

¹Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Śląskiego
ul. Krasickiego 25, 42–500 Będzin
okond@poczta.onet.pl

²Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec
jacek.rozkowski@us.edu.pl

**OCENA ODDZIAŁYWANIA CZYNNIKÓW GEOGENICZNYCH
I ANTROPOGENICZNYCH NA ŚRODOWISKO
STREF ŹRÓDLISKOWYCH I JEGO BIOTYCZNYCH ELEMENTÓW
W OBSZARZE PARKU KRAJOBRAZOWEGO ORLICH GNIAZD**

**Impact assessment of geogenic and anthropogenic factors on the spring zones
environment and its biotic elements in the Orle Gniazda Landscape Park**

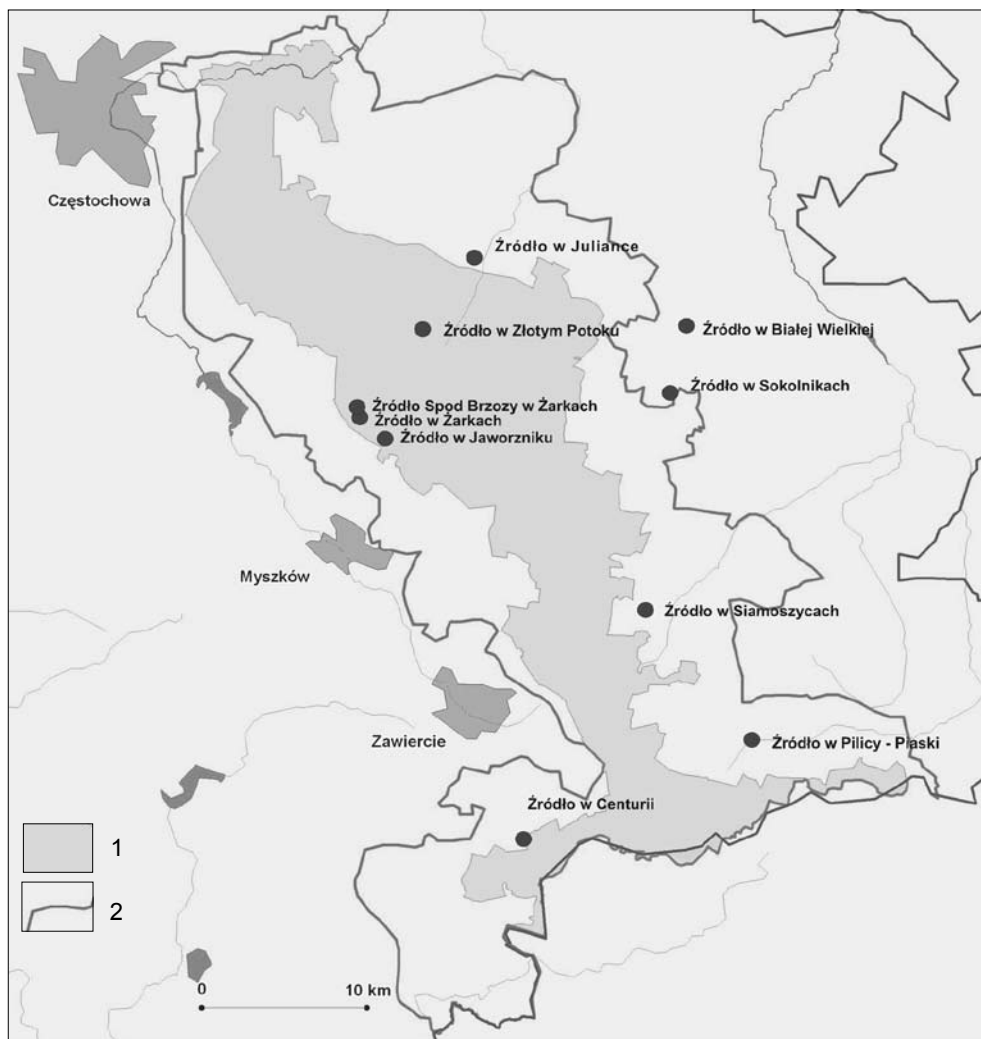
Abstract. The paper presents the results of conducted in the hydrological year 2008/2009 hydrogeological, zoological and biotic investigations of ten spring zones located within the Orle Gniazda Landscape Park (Eagles' Nests Landscape Park) and its protection zone. The springs are located in the fissure-karstic drainage zones of the Upper Jurassic aquifer horizon. The area of investigations is agriculturally used. The predominant in the area degree of hazard to the aquifer horizon and the springs ranks from very high to medium. The investigated waters fall into the second and third classes of groundwater quality because of high concentration of nitrates. Great biodiversity was found in springs located in: Jaworznik, Sokolniki, Biała Wielka and Pilica- Piaski. These springs are usually anthropogenically changed (banked up). Zygmun's Spring (Źródło Zygmunta), located in a nature reserve but explored by tourists, is marked by low biodiversity.

Key words. anthropopressure, spring zones, bottom fauna, Orle Gniazda Landscape Park

WSTĘP

Szeroka współpraca hydrogeologów i ekologów wód podziemnych dała początek hydrogeoekologii – interdyscyplinarnym badaniom ekosystemów zależnych od wód podziemnych – zwłaszcza wód powierzchniowych i terenów podmokłych. Dotyczy to również populacji fauny – podziemnych drobnoustrojów i bezkręgowców (Hancock i in. 2005; Humphreys 2009). Siedliska związane bezpośrednio z wypływem wód podziemnych uważane są w tzw. Dyrektywie Siedliskowej Unii Europejskiej za bardzo cenne i zyskały rangę europejskiego dziedzictwa kulturowego. W obszarze Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd (PKOG), położonego głównie w obrębie Wyżyny Częstochowskiej, występuje

kilkadziesiąt źródeł o zróżnicowanych wydajnościach, co jest cechą charakterystyczną dla obszarów krasowych (ryc. 1). Kondycja fauny źródeł, zwłaszcza bezkręgowców, jest wyrazem skuteczności ochrony bioróżnorodności. Niska i stabilna temperatura stwarza optymalne warunki dla gatunków zimnolubnych i stenotermicznych (Stańczykowska 1979). Trwałość i stabilność warunków siedliskowych jest przyczyną bogactwa i zróżnicowania



Ryc. 1. Rozmieszczenie badanych źródeł na terenie Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd i jego otuliny: 1 – obszar Parku Krajobrazowy Orlich Gniazd; 2 – granica otuliny Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd. Źródło: badania własne autorów

Fig. 1. Location of investigated springs in the area of the “Orle Gniazda” Landscape Park and its protection zone: 1 – area of the “Orle Gniazda” Landscape Park; 2 – limit of the “Orle Gniazda” Landscape Park protection zone. Source: studies of authors

gatunkowego źródeł. O kształtowaniu fauny źródeł decydują: warunki hydrogeologiczne, otoczenie, strefowe zróżnicowanie eukrenal-hypokrenal, a także zaburzenia środowiska, zwłaszcza w postaci antropopresji (Czachorowski 2007; Dumnicka i in. 2007). Problem antropogenicznych przekształceń fauny źródeł jest rozwijany od strony metodycznej i w badaniach regionalnych (Verdonschot 1996; Dumnicka 2006). Dotychczas przeprowadzone badania faunistyczno-ekologiczne wybranych grup bezkręgowców źródeł Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej wykazały ich duże zróżnicowanie.

Nowoczesną klasyfikację źródeł, nie traktowanych tylko jako punkt drenażu wód podziemnych, ale jako złożony ekosystem hydrologiczno-biotyczny, zaproponowali A. E. Springer i L. E. Stevens (2009).

WARUNKI HYDROLOGICZNE I ZAGROŻENIA ANTROPOGENICZNE W OBSZARZE BADAŃ

Park Krajobrazowy Orlich Gniazd jest zlokalizowany w północnej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (WKCz) – największego w kraju obszaru krasowego, w którym wodonośny poziom górnourajski, o charakterze szczelinowo-krasowym, pełni rolę głównego użytkowego poziomu. Wody podziemne odgrywają ważną rolę w rozwoju gospodarczym takich obszarów krasowych, ze względu na specyficzne dla nich ubóstwo wód powierzchniowych. Stąd w obszarze WKCz są m.in. głównym źródłem zaopatrzenia w wodę pitną dla Częstochowy. Wody powierzchniowe oraz żyjące w nich biocenozy, a także inne biocenozy zależne od stanu wód pozostają w ścisłych związkach z poziomem wodonośnym górnourajskim.

Obszar Wyżyny jest zagospodarowany rolniczo. Antropopresja związana z działalnością rolniczą na wody szczelinowo-krasowe jest rozpatrywana w trzech aspektach: użytkowanie terenu (odlesianie i erozja gleb, intensyfikacja rolnictwa), irygacja lub drenaż, ogniska zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego (Coxon 1999). Czynniki intensyfikacji rolnictwa są: woda, nawożenie mineralne i naturalne, stosowanie chemicznych środków ochrony roślin (pestycydów). Na stan czystości wody mogą wpływać ujemnie także odpady z hodowli zwierząt (zwłaszcza gnojowica), roślin i przetwórstwa rolnego, wiejskie odpady komunalne, ścieki bytowe w obszarach wiejskich nieskanalizowanych, materiały pędne. Zanieczyszczenie wód podziemnych wskutek działalności rolniczej związane jest z podwyższonymi stężeniami w wodzie zawiesiny osadów, jonów nieorganicznych, syntetycznych związków organicznych, mikroorganizmów. Szczególną uwagę poświęca się obecności azotanów w wodzie pochodzących ze źródeł rolniczych (Razowska, Sadurski red. 2005). Generalnie dobrą jakość wód podziemnych w obszarze Wyżyny mogą sezonowo obniżać niekorzystnie wysokie stężenia azotanów (Rózkowski 2006).

Efektom wielokierunkowej antropopresji na obszar krasowy, wykazujący zróżnicowane związki między warunkami hydrologicznymi, geomorfologicznymi i ekologicznymi jest degradacja ekosystemu. Zależy ona zarówno od natężenia antropopresji, jak i naturalnej podatności środowiska krasowego na zanieczyszczenie. Podatność poziomów wodonośnych w skałach węglanowych na zanieczyszczenie zależy głównie od: wykształcenia i miąższości warstw nadkładu, koncentracji przepływu, rozwoju sieci krasowej, a także reżimu opadów (Zwahlen, red. 2003). W obszarze realizowanych badań ponad 50% powierzchni charakteryzuje się wysoką podatnością na zanieczyszczenie (Rózkowski i in. 2007).

PRZEPROWADZONE BADANIA

W pracy przedstawiono wyniki badań sezonowych właściwości fizyko-chemicznych, składu chemicznego i jakości wód źródłanych oraz fauny dennej w 10 strefach źródłowych w obszarze PKOG. Badania zrealizowano w roku hydrologicznym 2008/2009 w ramach Projektu Uniwersytetu Śląskiego BWR/2009 pt. „Ocena oddziaływania czynników przyrodniczych i antropogenicznych na środowisko wodne i jego biotyczne elementy w obszarze krasowym Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej”.

Przeprowadzono sezonowe badania terenowe w okresach: 14.11 i 29.12. 2008 r., 25–26.04., 1–2.08, 6–7.11. 2009 r. W ramach prac terenowych wykonano badania właściwości fizyko-chemicznych wód z 10 źródeł: „Spod Brzozy” i źródła zlokalizowanego poniżej w Żarkach, w Jaworzniku, „Zygmunta” w Żółtym Potoku, „Błękitnych Źródeł” w Juliance, „Rozlewisko” w Białej Wielkiej, „Pani Halskiej” w Sokolnikach, w Siamoszycach, w Pilicy-Piaskach, w Centurii (ryc. 1–6). Terenowe badania właściwości fizyko-chemicznych wód obejmowały pomiary: temperatury powietrza i wody, przewodności elektrycznej właściwej, pH, Eh i O_2 w wodzie z użyciem oprzyrządowania firmy Elmetron i WTW. W badanych źródłach dokonano opróbowań wód do pojemników polietylenowych – do analiz chemicznych, które następnie wykonano w Laboratorium Naukowo-Dydaktycznym Katedr Geograficznych Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. W opróbowanych wodach dokonano oznaczania stężeń makroskładników i składników podrzędnych: Ca, Mg, Na, K, HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3 , PO_4 , SiO_2 , z użyciem metod: miareczkowej, fotometrycznej, spektrofotometrycznej i potencjometrycznej. Wydajność źródeł badano jednorazowo w dniach 25–26.04.2009 r. z użyciem młynka hydrometrycznego HEGA1φ50 firmy Biomix.



Ryc. 2. Źródło ascenzyjne w Juliance. Fot. D. Okoń, 2009 r.

Fig. 2. Ascending spring at Julianka. Photo by D. Okoń, 2009



Ryc. 3. Źródło descensyjne w Siamoszycach. Fot. D. Okoń, 2009 r.
Fig. 3. Descending spring at Siamoszyce. Photo by D. Okoń, 2009



Ryc. 4. Źródło descensyjne „Spod Brzozy”. Pomnik przyrody. Fot. D. Okoń, 2009 .
Fig. 4. Descending spring “Spod Brzozy”. Nature monument. Photo by D. Okoń, 2009



Ryc. 5. Źródło descensyjne w Jaworniku. Fot. D. Okoń, 2009 r.

Fig. 5. Descending spring at Jaworznik. Photo by D. Okoń, 2009



Ryc. 6. Ascenzyjne i descensyjne źródła w Centurii. Fot. D. Okoń, 2009 r.

Fig. 5. Ascending and descending springs at Centuria. Photo by D. Okoń, 2009

Dokonano wstępnych oznaczeń w terenie, z częstotliwością sezonową oraz opróbowania fauny bentonicznej w 10 badanych niszach źródłiskowych. Ilościowe i jakościowe próby fauny dennej były pobierane drapaczem obszytym gęstą gazą młynarską (średnica oczek 0,2 mm). Po opróbowaniu i utrwaleniu materiał badawczy był przewieziony do Laboratorium Instytutu Ochrony Przyrody PAN w Krakowie. Zebrany materiał w ww. laboratorium przebiegano przy użyciu mikroskopu stereoskopowego, a wybrane grupy taksonomiczne oznaczano do poziomu gatunku.

CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ I NISZ ŹRÓDLISKOWYCH

Badane źródła są zlokalizowane głównie w obrębie arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski (MhP) 1:50 000 obejmujących WKCz. „Błękitne Źródła” w Juliance i „Zygmunta” w Złotym Potoku znajdują się w obrębie arkusza Janów (nr 846), źródła „Spod Brzozy” i w Żarkach oraz w Jaworzniku – w obrębie arkusza Żarki (nr 879), źródła „Pani Halskiej” w Sokolnikach i w Siamoszycach – w obrębie arkusza Pradła (nr 880), źródło Centurii – w obrębie arkusza Zawiercie (nr 912), a źródło Pilica – Piaski na arkuszu Ogrodzieniec (nr 913) (Adamczyk i in. 1997; Guzik 1997; Hrebenda, Wasilewska 1997; Pacholewski, Guzik 1997; Siemiński i in. 1997). Głównym poziomem wodonośnym jednostek hydrogeologicznych, w których występują źródła, jest poziom górnourajski, z wyjątkiem źródła „Spod Brzozy” (poziom środkowourajski) i w Centurii (kompleks wodonośny triasu, podrzędnie poziom górnourajski). Miąższość poziomu wodonośnego w obrębie opisywanych jednostek jest zróżnicowana, przeciętnie od 10–200 m. Najwyższa przepuszczalność hydrauliczna skał zbiornikowych charakteryzuje jednostki, w których występują źródła w Sokolnikach, Siamoszycach i Centurii ($k=10\text{--}12\text{ m}\cdot 24\text{h}^{-1}$), a najniższa – obszary występowania źródła „Spod Brzozy” i źródła w Pilicy-Piaskach ($k=2\text{ m}\cdot 24\text{h}^{-1}$). Przewodność poziomu wodonośnego wykazuje, podobnie jak miąższość, duże zróżnicowanie. Jest wysoka w jednostkach hydrogeologicznych, w których występują źródła w Sokolnikach, Siamoszycach ($380\text{--}1700\text{ m}^2\cdot 24\text{h}^{-1}$) i Centurii (średnio $700\text{ m}^2\cdot 24\text{h}^{-1}$), niska w obszarach występowania źródła „Spod Brzozy” ($<100\text{ m}^2\cdot 24\text{h}^{-1}$) i źródła w Pilicy-Piaskach ($20\text{--}400\text{ m}^2\cdot 24\text{h}^{-1}$). Wysokie zasoby wód podziemnych charakteryzują większość omawianych jednostek hydrogeologicznych. Wartości modułu zasobów odnawialnych mieszczą się w zakresie $363\text{--}553\text{ m}^3\cdot 24\text{h}^{-1}\cdot \text{km}^{-2}$. Bardzo niską wartość modułu zasobów odnawialnych wykazuje jednostka hydrogeologiczna, w której znajduje się źródło „Spod Brzozy” – $64\text{ m}^3\cdot 24\text{h}^{-1}\cdot \text{km}^{-2}$. Potwierdzają to obserwacje terenowe. W okresie zimowej niżówki źródło nie funkcjonuje, ciek zasilany jest dopiero drugim badanym źródłem w Żarkach, zlokalizowanym około 100 m poniżej „Spod Brzozy”. Wysoką zasobność poziomu wodonośnego w rejonie występowania „Błękitnych Źródeł”, źródła – „Zygmunta”, w Centurii, w Pilicy-Piaskach dokumentują także wartości wydajności potencjalnej studni wierconych $70\text{--}120\text{ m}^3\cdot \text{h}^{-1}$. Przeciętne wartości wydajności potencjalnej studni stwierdzono w rejonie występowania źródeł w Siamoszycach i w Sokolnikach ($30\text{--}70\text{ m}^3\cdot \text{h}^{-1}$), natomiast niskie analogicznie – w rejonie występowania źródeł „Spod Brzozy” i w Jaworzniku ($10\text{--}30\text{ m}^3\cdot \text{h}^{-1}$). Warunki geologiczne i stopień antropopresji warunkują zróżnicowany stopień zagrożenia poziomu wodonośnego, a więc i w rejonie występowania badanych źródeł. Bardzo wysoki stopień zagrożenia (obecność licznych ognisk zanieczyszczeń na terenach o niskiej odporności, niektóre z nich spowodowały już zanieczyszczenie wód podziemnych) występuje w obszarze występowania źródeł w Pilicy-Piaskach i w Jaworzniku. Wysoki stopień zagrożenia (obecność ognisk zanieczyszczeń na

terenach o niskiej odporności poziomu wód podziemnych) przyporządkowano obszarowi występowania „Błękitnych Źródeł”, źródeł w Sokolnikach, w Siamoszytach. Średni stopień zagrożenia (obszar o niskiej odporności, ale ograniczonej dostępności – rezerwat, bez ognisk zanieczyszczeń) przyporządkowano obszarowi występowania źródła „Zygmunta” w Złotym Potoku. Niski stopień zagrożenia (obszar o średniej odporności poziomu głównego, bez ognisk zanieczyszczeń) odnosi się do lokalizacji źródła w Centurii. Bardzo niski stopień zagrożenia (obszar o wysokiej odporności poziomu głównego lub o średniej odporności poziomu i ograniczonej dostępności) określono natomiast dla rejonu występowania źródeł „Spod Brzozy” i w Żarkach.

Dominującymi kierunkami ekspozycji źródeł, zgodnymi z kierunkami spękań ciosowych górotworu, są kierunki: NE–SW i NW–SE. Ze względu na położenie obszaru zasilania są to źródła descensyjne (spływowe), a uwzględniając charakter wypływu – dominują źródła descenzyjne (spływowe), podrzędnie występują ascensyjne (podpływowe), jak np. „Błękitne Źródła” w Juliance. Według kryterium położenia morfologicznego dominują źródła podzboczowe, a reprezentantem strefy źródłiskowej dolinnej są „Błękitne Źródła” (tab. 1). Dominują źródła pokrywowe – rumoszowe i zwietrzelinowe. Wyjątkowym przykładem wywierzyska skalnego jest źródło „Zygmunta” w Złotym Potoku. Część źródeł ma duże nisze źródłiskowe, czasem wskutek sztucznego podpiętrzenia. „Błękitne Źródła” w Juliance zasilają zbiornik wód powierzchniowych powstały w strefie drenażu wód podziemnych górnej części zlewni Wiercicy. Duże strefy źródłiskowe zasilają badane wypływy w Centurii, w Złotym Potoku, w Pilicy-Piaskach i w Białej Wielkiej.

Wydajność źródeł badano jednorazowo w dniach 25–26.04.2009 r. Stwierdzono duże różnicowanie wydajności. Niższe wydatki źródeł pomierzono w źródłach „Spod Brzozy” i w Żarkach ($15\text{--}25\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$), w Jaworzniku ($34\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$) oraz „Rozlewisko” w Białej Wielkiej ($10\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$) i w Pilicy-Piaskach ($18\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$). W tych ostatnich dwóch przypadkach badano pojedyncze wypływy z większych stref drenażowych. Większe wydajności zmierzono w strefach źródłiskowych „Zygmunta” w Złotym Potoku ($51\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$), w Sokolnikach ($82\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$), w Centurii ($95\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$) oraz w Siamoszytach ($124\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$). Zdecydowanie najwyższą wydajność, przekraczającą $400\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$, ma zespół „Błękitnych Źródeł” w Juliance na Wiercicy. Według klasyfikacji dziesiętnej O. Meinzera badane źródła przynależą głównie do klasy IV ($10\text{--}100\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$), a dwa ostatnie do klasy III ($100\text{--}1000\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$). Wydatki tych źródeł pozostają w kontraście do wydatków bardzo licznych, lecz niewielkich źródeł Wyżyny Krakowskiej, gdzie dominują źródła klas VI i V.

Wody poziomu górnojurajskiego, drenowane badanymi źródłami, należą do systemu płytkiego krążenia w obrębie ośrodka skał węglanowych. Czynniki geologiczne i klimatyczne kształtujące chemizm wód w formacji węglanowej są przyczyną występowania wód słodkich o mineralizacji $305\text{--}476\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, słabokwaśnych i słabozasadowych (pH $6,73\text{--}7,79$), średniotwardych (twardość ogólna $195\text{--}300\text{ mgCaCO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$). Są to wody o stabilnej termice ($8,7\text{--}11,9^\circ\text{C}$). Wartości Eh w zakresie $120\text{--}360\text{ mV}$ kwalifikują wody źródlane do występowania w warunkach od przejściowych do słabo utleniających (Macioszczyk, Dobrzyński 2002), przy tendencji spadku wartości Eh w sezonie wiosenno-letnim. Zawartość rozpuszczonego tlenu w badanych wodach strefy drenażu krenologicznego wynosiła przeciętnie $6,2\text{--}10,2\text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$, przy tendencji spadkowej w sezonach wiosennym i jesiennym. Wartości poniżej $10,2\text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ są typowe dla wód gruntowych (Macioszczyk, Dobrzyński 2002). Według klasyfikacji Szczukariewa-Priklonńskiego są to z reguły wody dwujonowe typu $\text{HCO}_3\text{--Ca}$ (tab. 1, 2). Zakresy stężeń makroskładników

Tabela 1. Klasyfikacja badanych źródeł
Table 1. Classification of the investigated springs

L.p.	Źródło/Zlewnia Spring/Drainage basin	Klasyfikacja źródeł Classification of the springs			
		Hydrogeologiczna Hydrogeological	Geomorfologiczna Geomorphological	Hydrochemiczna Hydrochemical	Hydrobiologiczna Hydrobiological
1	„Błękitne Źródła” w Juliance Warty	Splywowo-podpływowe Szczelinowo-krasowe	Dolinne	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren/limnokren (podpiętrzenie)
2	„Zygmunta” w Złotym Potoku Warty	Splywowe Szczelinowo-krasowe	Zboczowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren
3	„Spod Brzozy” Warty	Splywowe Szczelinowe	Zboczowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren
4	w Żarkach, 100 m poniżej źródła „Spod Brzozy” Warty	Splywowo-podpływowe Szczelinowe	Przykorytowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	-
5	w Jaworzniku Warty	Splywowe Szczelinowo-krasowe	Zboczowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren (podpiętrzenie)
6	„Rozlewisko” w Białej Wielkiej Pilicy	Splywowo-podpływowe Szczelinowe- tektoniczne	Podboczowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren (podpiętrzenie)
7	„Pani Halskiej” w Sokolinikach Pilicy	Splywowo-podpływowe Szczelinowo-krasowe	Podboczowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren
8	Krzyni w Siamoszytach Pilicy	Splywowe Szczelinowo-krasowe	Podboczowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren (podpiętrzenie)
9	Pilicy w Pilicy - Piaski Pilicy	Splywowo-podpływowe Szczelinowe- tektoniczne	Podboczowe	Wodorowęglanowo-wapniowe	Reokren (podpiętrzenie)
10	w Centurii Białej Przemyszy	Splywowe Porowe	Podboczowe	Siarczanowo - wodorowęglanowo- - wapniowe	Reokren (podpiętrzenie)

Tabela 2. Właściwości fizyko-chemiczne i skład chemiczny wód źródlanych (12.2008–11.2009r.)

Table 2. Physical-chemical properties and chemical composition of waters of the investigated springs (12.2008–11.2009)

Parametry hydrochemiczne Hydrochemical parameters	Parametry statystyczne Statistical parameters	„Błękitne Źródła” w Juliance	Źródło „Rozlewisko” w Białej Wielkiej	Źródło „Zygmunta” w Złotym Potoku	Źródło „Pani Halskiej” w Sokołnikach	Źródło „Spod Brzozy” i źródło w Żarkach	Źródło w Jaworzniku	Źródło w Siamoszycach	Źródło w Pilicy -Piaski	Źródło w Centurii
Temperatura wody [°C]	Min	10,3	10,5	8,9	9,1	9,0	9,3	8,7	8,9	8,3
	Max	12,1	12,8	11,6	10,5	11,9	10,1	9,3	9,3	9,8
	Średnia	11,25	11,2	9,85	9,9	10,0	9,9	9,1	9,45	9,15
pH	Min	7,16	7,00	7,23	6,73	7,24	6,95	6,97	6,90	6,30
	Max	7,52	7,46	7,51	7,31	7,55	7,53	7,79	7,55	7,55
	Średnia	7,33	7,24	7,35	7,032	7,42	7,27	7,25	7,23	6,64
PEW[μScm^{-1}]	Min	357	390	360	434	400	432	449	447	129
	Max	370	434	409	503	434	460	479	461	156
	Średnia	363	416	382	481	417	441	462	455	148
Ca[mg dm^{-3}]	Min	78	82	76	106	80	86	92	86	24
	Max	78	98	78	116	92	100	96	94	40
	Średnia	78	90,5	76,5	109,5	85	93	94	91,5	30,5
Na[mg dm^{-3}]	Min	1,8	2,9	2,9	3,2	3,9	2,0	2,6	3,8	1,2
	Max	2,2	3,4	5,6	3,4	5,5	3,2	3,4	4,6	1,6
	Średnia	2,09	3,06	4,59	3,33	4,53	2,48	3,06	4,28	1,5
K[mg dm^{-3}]	Min	0,5	0,9	0,6	0,9	0,5	0,4	0,6	1,2	0,6
	Max	0,7	2,4	0,7	0,95	0,9	0,7	1,0	1,5	1,0
	Średnia	0,6	1,8	0,65	0,9	0,75	0,55	0,9	1,4	0,85
Mg[mg dm^{-3}]	Min	<0,1	<0,1	1,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Max	3,6	12,0	3,6	4,8	4,8	2,4	<0,1	2,4	8,4
	Średnia	2,4	6,6	1,8	2,7	2,1	1,2	<0,1	0,6	5,2
HCO ₃ [mg dm^{-3}]	Min	211	264	189	305	132	198	174	181	34
	Max	229	268	201	317	174	253	180	229	52
	Średnia	221	267	194	311	160,5	213	178	214	41,5
SO ₄ [mg dm^{-3}]	Min	3,8	7,6	11,4	6,8	30,3	33,7	46,2	21,5	34,2
	Max	6,75	14,3	36,0	9,45	36,0	42,5	52,2	24,1	41,4
	Średnia	5,7	9,65	19,0	8,45	33,9	28,85	49,0	23,15	39,1
Cl[mg dm^{-3}]	Min	2,5	2,5	2,5	2,5	6,4	4,5	5,8	4,3	1,0
	Max	6,0	24	15	17,5	25	10,5	20	22	7,4
	Średnia	4,0	9,05	9,3	7,75	13,85	5,7	10,6	10,45	3,8
NO ₃ [mg dm^{-3}]	Min	7,8	8,4	9,75	6,65	20,4	18,15	22,5	17,7	<0,1
	Max	13,3	20,8	21,7	17,3	44,3	44,5	38,1	32,35	17,0
	Średnia	11,8	13,4	15,85	12,4	32,65	32,7	30,43	24,85	4,9

Tab. 3. Biodóżnorodność w wybranych źródłach Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd

Tab. 3. Biodiversification of selected springs at „Orle Gniazda” Landscape Park

Gatunki fauny Fauna species	Zróżło w Jaworzniku	Zróżło „Spód Brzozy”	Zróżło w Zarkach	Zróżło „Zygmunta” w Złotym Potoku	„Błękitne Zróżła” w Julianie	Zróżło „Rozlewisko” w Białej Wielkiej	Zróżło „Pani Halskiej” w Sokolnikach	Zróżło w Słamoszycach	Zróżło w Piłicy Piaski	Zróżło w Centurii
Chruściki	Kilka rodzajów liczne	Pojedyncze domkowe	Średnio liczne domkowe 1 szt. bezdomkowy	Liczne w sezonie zimowym; brak w sezonie letnim; 11.2009 r. inne niż w pozostałych wypływach	Liczne domkowe	Liczne domkowe	Bardzo liczne domkowe	Liczne domkowe 1 szt. bezdomkowy	Liczne domkowe 1 szt. bezdomkowy	Średnio liczne; inne niż w pozostałych źródłach
Kiełże	Liczne	Mało liczne	Liczne	Liczne	Liczne	Liczne	Bardzo liczne	Liczne	Liczne	Liczne
Wyplawki	Średnio liczne wyplawek kątogłowy	Mało liczne wyplawek kątogłowy	Mało liczne wyplawek kątogłowy	Liczne o dużych rozmiarach wyplawek kątogłowy	Liczne wyplawek kątogłowy	Liczne wyplawek kątogłowy	Wyplawek kątogłowy	Liczne wyplawek kątogłowy	Liczne wyplawek kątogłowy; wyplawek alpejski	Liczne wyplawek kątogłowy
Źródłarka Karpacka	Bardzo liczne	Pojedyncze	-	-	Liczne	Mało liczne	-	Liczne	Liczne	-
Widelnice	Bardzo liczne	-	-	-	-	Pojedyncze	Pojedyncze	-	-	-
Jętki	-	-	-	-	-	Pojedyncze	-	-	Pojedyncze	-
Larwy muchówek	Pojedyncze	-	-	muchówka 1 szt.	-	Pojedyncze	-	-	-	Pojedyncze
Pijawki	-	-	-	-	-	-	Pojedyncze	-	-	-
Inne	skaposzczety	dżdżownice	-	zooplankton	ślimak przytulik liczne; ośliczka	zooplankton	ślimak przytulik mało liczne; chrząszcz wodny; skaposzczety; dżdżownica wodna; ośliczka	-	groszkówka; ośliczka	-

i jonów podrzędnych w wodach wynosiły w okresie badań: Ca 76–116; Mg <0,1–12,0; Na 1,8–5,6; K 0,4–2,4; HCO₃ 132–317; SO₄ 3,8–52,2; Cl 2,5–25,0; NO₃ 7,8–44,5; PO₄ 0,03–0,14; SiO₂ 5,3–23,6 (mg.dm⁻³). Od chemizmu badanej populacji statystycznej wód poziomu górnojurajskiego różnią się wody o niższej mineralizacji (76–164 mg.dm⁻³), drenujące utwory piaszczyste czwartorzędu w Centurii. Są to wody od słabokwaśnych do słabozasadowych (pH 6,30–7,55), miękkie (twardość ogólna 75–135 mg CaCO₃.dm⁻³). Według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego są to z reguły wody trzyjonowe typu SO₄-HCO₃-Ca (SO₄-HCO₃-Ca-Mg) (tab. 1, 2). Zakresy stężeń makroskładników i jonów podrzędnych w wodach wynosiły w okresie badań: Ca 24–40; Mg <0,1–8,4; Na 1,2–1,6; K 0,6–1,0; HCO₃ 34–52; SO₄ 34,2–41,4; Cl 1,0–7,4; NO₃ <0,1–17; PO₄ <0,01–0,023; SiO₂ 7,0–7,2 (mg.dm⁻³). W obrębie Wyżyny Krakowskiej obliczono geochemicznym, wykonanym przy pomocy programu PHREEQCI ver. 2.8.0.0, poddano analizy składu chemicznego wód podziemnych z punktów badawczych leżących na regionalnych i pośrednich drogach krążenia wód poziomu jury górnej. Obliczone wskaźniki nasycenia SI dla minerałów węglanowych oscylują wokół wartości świadczących o stanie bliskim równowagi tych minerałów z wodami podziemnymi, co jest charakterystyczne dla systemu przepływu rozproszonego. Jest to wynikiem rozpuszczania skał węglanowych w strefie wadycznej przez zakwaszone opady. Na wszystkich liniach prądu obserwuje się stopniowe wysycanie wody względem dominujących w skałach faz mineralnych (Rózkowski 2006). Analogiczne obliczenia geochemiczne będą wykonane przez autorów w strefie drenażu dolinnego w obrębie Wyżyny Częstochowskiej.

Generalnie są to wody dobrej jakości i odpowiadają aktualnym przepisom dotyczącym jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, zawartych w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007r. (Dz. U. Nr 61, poz. 417). Jakość wód mogą obniżać, głównie sezonowo, podwyższone stężenia azotanów. Zjawisko to sygnalizują podwyższone stężenia azotanów, obserwowane w sezonach wiosennym i jesiennym, w wodach źródeł „Spod Brzozy”, w Żarkach i w Siamoszycach (>40 mg NO₃.dm⁻³). W badanej populacji źródeł obserwuje się niewielką zmienność sezonową chemizmu wód, której bardziej szczegółowe prześledzenie wymaga przynajmniej kilkuletnich badań. Większa zmienność chemizmu badanych wód wynika z zagospodarowania obszaru w strefie drenażu wód podziemnych, a także długości dróg krążenia wód podziemnych. W tym drugim przypadku wody źródeł „Rozlewisko” w Białej Wielkiej i „Pani Halskiej” w Sokolnikach, znajdujące się w strefie granicznej zbiornika górnojurajskiego i górnokredowego Niecki Nidziańskiej, charakteryzują najwyższe stężenia elementów pochodzących z rozpuszczania skał węglanowych jury górnej: Ca, Mg, HCO₃, SiO₂.

Zgodnie z kryteriami i sposobem oceny stanu wód podziemnych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r., Dz. U. Nr 143, poz. 896), badane wody odpowiadają II i III klasie jakości wód podziemnych ze względu na podwyższone stężenia w wodzie azotanów. III klasę jakości wód stwierdzono: w sezonie zimowym w 2008 r. w źródłach „Spod Brzozy”, w Żarkach, Siamoszycach i Jaworzniku, w sezonie wiosennym i jesiennym 2009 r. „Spod Brzozy”, w Żarkach, Siamoszycach, Jaworzniku i Pilicy. Jedynie w sezonie letnim drenowane źródłami wody były I i II klasy jakości. Klasy jakości I, II i III oznaczają dobry stan chemiczny. Klasa II to wody dobrej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych wskazują na bardzo słaby wpływ działalności człowieka. Klasa III to wody zadowalającej jakości, w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone wskutek słabego wpływu działalności człowieka.

Źródła stanowią ważne środowisko przebywania w nich roślin i zwierząt, między innymi bezkręgowców wodnych. Odmienność tego środowiska wodnego spowodowała, iż również biolodzy wyróżnili typy źródeł dzieląc je na limnokreny (zbiornik lub zbiorniczek wodny o bardzo różnym czasie przebywania w nim wody), reokreny (punkty początkowe potoku) oraz helokreny (obszary wodne, na których woda podsiąka na dużej powierzchni i może tworzyć trwale lub okresowo lustro otwartej wody lub podmokłą glebę) (definicje wg Kajak 1998). Ważna dla przebywających w nich organizmów wodnych jest stałość warunków, w tym stała w przeciągu roku temperatura i chemizm wód. Trwałość i stabilność warunków siedliskowych umożliwia przebywanie w źródłach organizmów stenotopowych, mających zdolność przystosowania się do bardzo wąskiego zakresu zmienności czynników ekologicznych (Stańczykowska 1986), w tym stenotermicznych. Analizowane w niniejszym artykule źródła można w większości zaliczyć do reokrenów oraz do limnokrenów (tab. 1). Brakuje helokrenów, w których przebywa najbardziej specyficzna fauna źródeł. Do limnokrenów można byłoby zaliczyć wypływy, które pierwotnie były reokrenami, a w których zbiornik lub zbiorniczek wodny powstał w wyniku działań człowieka poprzez podpiętrzenie wód (m.in. źródło w Jaworzniku).

WYNIKI BADAŃ FAUNY BENTONICZNEJ

Najbardziej powszechną grupę fauny bezkręgowej w analizowanych źródłach stanowią kielże, charakterystyczne również dla wód płynących. Licznie występują również chruściki, spośród których dominują chruściki domkowe, nieliczne są natomiast chruściki bezdomkowe, stwierdzone w źródłach: w Siamoszycach i w Pilicy-Piaskach. Dość powszechnie we wszystkich analizowanych źródłach występują wypławki należące do wirków – organizmów nie tolerujących wód zanieczyszczonych (Stańczykowska 1986). Najczęściej występują wypławki kątogłowe (tab. 3). Potwierdzono występowanie wypławka alpejskiego w źródle w Pilicy-Piaskach (Tyc 2004). Wypławek alpejski jest formą reliktową, która była szeroko rozpowszechniona w Europie w okresie zlodowaceń plejstoceny, natomiast po recesji lodowców – ograniczona do chłodnych źródeł i potoków o kamienistym dnie (Stańczykowska 1979).

W sześciu wypływach stwierdzono występowanie źródłarki karpackiej należącej do ślimaków, gatunku zagrożonego wyginięciem. Mniej pospolite jest występowanie: charakterystycznego dla wód źródłanych ślimaka przytulika strumieniowego (dwa wypływy). Gatunek ten występuje natomiast powszechnie w źródłach w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. W dwóch wypływach znaleziono larwy jętek, także w dwóch wypływach – widelnice, związane z zimną oraz dobrze natlenioną wodą. W źródle „Pani Halskiej” w Sokolnikach stwierdzono występowanie dwóch różnych gatunków pijawek. Z innych gatunków w analizowanych źródłach występują: larwy muchówek, skąposzczety, chrząszcze wodne, ośliczki, zooplankton oraz roztocza (tab. 3).

Po pierwszym roku badań fauny dennej w strefach źródłiskowych w obszarze chronionym PKOG nasuwają się wnioski:

1. Do źródeł o największej bioróżnorodności (pod względem ilościowym) zaliczono źródła: w Jaworzniku, „Pani Halskiej” w Sokolnikach i „Rozlewisko” w Białej Wielkiej.
2. Do źródeł o największej bioróżnorodności (pod względem jakościowym) należą źródła: w Jaworzniku, „Pani Halskiej” w Sokolnikach, w Pilicy-Piaskach.

3. Najniższą bioróżnorodnością odznacza się źródło „Zygmunta” w Żłotym Potoku (jedyne ze źródeł znajdujące się w rezerwacie przyrody!) oraz źródła „Spod Brzozy” i w Żarkach.

4. Na uwagę zasługuje odmienne pod względem warstwy wodonośnej (piaski plejstoceńskie) oraz pod względem chemizmu wód źródło w Centurii. W źródle tym bioróżnorodność nie należy do wysokich pod względem ilościowym, natomiast stwierdzone gatunki m.in. chruśców są odmienne od występujących w pozostałych źródłach (*Potamophylax nigricornis*).

5. Zastanawiający jest fakt, iż do źródeł odznaczających się najwyższą bioróżnorodnością należą źródła zmienione antropogenicznie (obudowane, podpiętrzone), jednakże nie podlegające obecnie intensywnej antropopresji. Źródło „Zygmunta” w Żłotym Potoku o naturalnym charakterze, położone w rezerwacie przyrody odznacza się z kolei niską bioróżnorodnością. Wpływ na to ma najprawdopodobniej wysoka antropopresja spowodowana ruchem turystycznym.

6. Na bioróżnorodność w niszach źródeł mają decydujący wpływ warunki przyrodnicze występowania źródeł: jakość, ilość i prędkość wypływu wody, charakter dna (kamieniste, żwirowe, piaszczyste), ekspozycja źródła (uprzywilejowana ekspozycja południowa), zagospodarowanie obszaru.

WNIOSKI

Efektom kompleksowych badań 10 wybranych stref źródliskowych będzie wyróżnienie czynników naturalnych i antropogenicznych wpływających na zróżnicowanie środowiska przyrodniczego źródeł. Przeprowadzone badania winny skutkować wypracowaniem kompleksowych propozycji form ochrony legislacyjnej źródeł regionu Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, z uwzględnieniem prawa Unii Europejskiej. Propozycje uwzględniać będą elementy ochrony środowiska przyrodniczego, polityki ekologicznej Dyrekcji Parków Krajobrazowych województw śląskiego i małopolskiego, form własnościowych oraz planów zagospodarowania przestrzennego gmin.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Pani dr hab. Elżbiecie Dumnickiej za nieocenioną pomoc w zbieraniu materiału fauny dennej do badań, wykonywaniu oznaczeń fauny oraz cenne uwagi i spostrzeżenia.

PIŚMIENNICTWO

Adamczyk A.F., Duda R., Haładus A., Motyka J. 1997. *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50000 Arkusz Ogródzieniec (913)*, wyd. PIG. Warszawa.

Coxon C. 1999. *Agriculturally induced impacts*, [w:] *Karst hydrogeology and human activities. Impacts, consequences and implications*, red. D. Drew, H. Hötzl. “International Contributions to Hydrogeology”, 20, IAH. A.A. BALKEMA. Rotterdam, s. 37–63.

Czachorowski S. 2007. *Fauna źródeł – stan poznania i perspektywy badań*, [w:] *Źródła Polski. Wybrane problem krenologiczne*, red. P. Jokieli, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz, wyd. Uniwersytet Łódzki. Łódź, s. 55–61.

Dumnicka E. 2006. *Composition and abundance of oligochaetes (Annelida: Oligochaeta) in springs of Kraków-Częstochowa Upland (Southern Poland): effect of spring encasing and environmental factors*. “Polish Journal of Ecology”, 2, 54: 231–242.

Dumnicka E., Galas J., Koperski P. 2007. *Benthic Invertebrates in Karst Springs: Does Substratum or Location Define Communities?* "International Review of Hydrobiology", **4–5**, 92: 452–464.

Guzik M. 1997. *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50000 Arkusz Pradla (880)*, wyd. PIG. Warszawa.

Hancock P.J., Boulton A.J., Humphreys W.F. 2005. *Aquifers and hyporheic zones: towards an ecological understanding of groundwater*. "Hydrogeology Journal", **13**, 1: 98–111.

Hrebenda M., Wasilewska H. 1997. *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50000 Arkusz Zawiercie (912)*, wyd. PIG. Warszawa.

Humphreys W.F. 2009. *Hydrogeology and groundwater ecology: Does each inform the other?* "Hydrogeology Journal", **17**, 1: 5–21.

Kajak Z. 1998. *Hydrobiologia – limnologia*, Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.

Macioszczyk A., Dobrzyński D. 2002. *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, ss. 448

Pacholewski A., Guzik M. 1997. *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50000 Arkusz Janów (846)*, wyd. PIG. Warszawa.

Razowska-Jaworek L., Sadurski A. (red.). 2005. *Nitrates in Groundwater. Selected Papers from the European Meeting of the International Association of Hydrogeologists Wisła (Poland), 4–7 June 2002*. IAH, "Selected Papers on Hydrogeology", **5**, A. A. BALKEMA Publ., ss. 295.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r., w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, „Dziennik Ustaw”, nr 61, poz. 417.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych, „Dziennik Ustaw”, nr 143, poz. 896.

Różkowski J. 2006. *Wody podziemne utworów węglanowych południowej części Jury Krakowsko – Częstochowskiej i problemy ich ochrony*. „Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego”, Nr 2430. Wyd. UŚ. Katowice, ss. 263.

Różkowski J., Różkowski A., Wróbel J. 2007. *Vulnerability of the karst – fissured Upper Jurassic aquifer of the Cracow Jurassic Region (Poland)*, [w:] *Groundwater Vulnerability, Assessment and Mapping*, red. A. Witkowski, A. Kowalczyk, J. Vrba. IAH, „Selected Papers on Hydrogeology”, **11**, Taylor & Francis Group, s. 235–243.

Siemiński A., Pacholewski A., Zembal M. 1997. *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50000 Arkusz Żarki (879)*, wyd. PIG. Warszawa

Springer A.E., Stevens L.E. 2009. *Spheres of discharge of springs*. "Hydrogeology Journal", **17**, 1: 83–94.

Stańczykowska A. 1986. *Zwierzęta bezkręgowce naszych wód*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa, ss. 319.

Tyc A. 2004. *Źródła Parku Krajobrazowego „Orlich Gniazd” – tradycje i współczesne wyzwania ochrony*, [w:] *Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, t. 1, *Przyroda*, red. J. Partyka, wyd. Ojcowski Park Narodowy. Ojców, s. 103–108.

Verdonschot P. F. M. 1996. *Towards ecological spring management*. „Crunoecia”, **5**: 183–194.

Zwahlen F. (red.). 2003. *Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifer*. "Final Report COST Action 620", ss. 297.

SUMMARY

The Orle Gniazda Landscape Park was established to preserve valuable ecosystems, species of plants, animals and fungi, as well as landscape values. The paper presents the results of conducted in the hydrological year 2008/2009 hydrogeological, zoological and biotic investigations of ten spring zones located within the Park and in its protection zone (Fig. 1). The springs are located in the fissure-karstic drainage zones of the Upper Jurassic aquifer which is the main aquifer horizon of the Kraków-Częstochowa Upland (Fig. 1, Tab. 1). The area of investigations is agriculturally used. The predominant in the area degree of hazard to the aquifer and the springs ranks from very high to medium. Low hazard degree was observed only within the area of Centuria and Żarki. The studied waters are freshwaters of the two-ion HCO_3 -Ca type (Tab. 1, 2). According to the criteria and manner of groundwater qualification they belong to the second and third classes of groundwater quality because of high concentration of nitrates.

The invertebrate fauna found in the niches of investigated springs included numerous specimens represented by: *Gammarus fossarum* (Crustacea, Amphipoda), *Drusus trifidus* (Trichoptera), *Planariidae* (mainly *Dugesia gonocephala*), *Bythinella austriaca* (Gastropoda) and *Diptera*, *Oligochaeta*. Less common were: *Plecoptera*, *Plecoptera*, *Hirudinea*, *Asellus aquaticus* (Crustacea, Isopoda) and *Ancylus fluviatilis* (Gastropoda) (Tab. 3). In the studied springs *Coleoptera aquatica*, *Hydracarina* and zooplankton (mainly *Copepoda*) could also be found.

The biodiversity of these niches is mainly influenced by natural environmental conditions of spring occurrence, such as: spring discharge, water quality, bottom type (stony, gravel, sandy), spring exposure (with southern exposure being privileged), and anthropopressure intensity.

Great biodiversity was observed in springs in Jaworznik, Madam Halski's Spring (Źródło Pani Halskiej) in Sokolniki, Flooding Spring (Rozlewisko) in Biała Wielka and in the spring in Pilica-Piaski. These springs are usually anthropogenically changed (encased, banked up), but currently they are not coming under intensive man's pressure. Zygmunt's Spring (Źródło Zygmunta), located in a nature reserve but explored by tourists, is marked by low biodiversity. Different in comparison with the remaining statistical population species of fauna were found in the spring at Centuria flowing out from Cenozoic sand sediments (e.g. *Potamophylax nigricornis* (Trichoptera)).