

OCENA WARUNKÓW SIEDLISKOWYCH STREF ŹRÓDLISKOWYCH METODĄ FITOINDYKACJI W OJCOWSKIM PARKU NARODOWYM I JEGO OTULINIE

ESTIMATION OF HABITAT CONDITIONS IN THE SPRING NICHES IN OJCÓW NATIONAL PARK AND ITS PROTECTION ZONE WITH A USE OF PHYTOINDICATION METHOD

JACEK RÓŻKOWSKI¹, ANNA SOŁTYS-LELEK², BEATA BARABASZ-KRASNY³

Abstrakt. Artykuł dotyczy zagadnień z zakresu hydrogeoeologii. Przedstawiono w nim wyniki badań fitoindykacyjnych warunków siedliskowych wybranych stref źródłiskowych w Ojcowskim Parku Narodowym i jego otulinie. Badane strefy źródłiskowe położone są w dolinach potoków Prądnika i Sąsówki. Wspomniane doliny stanowią podstawę drenażu pośredniego i lokalnych systemów przepływu wód, rozwiniętych w masywie węglanowym jury górnej. W latach 2009–2010 w 21 niszach źródłiskowych wykonano kartowanie hydrologiczne i zdjęcia flosocjologiczne zgodnie z metodyką Braun-Blanqueta. Na ich podstawie obliczono wartości wskaźników ekologicznych, według Zarzyckiego: termicznego T, wilgotności W, trofizmu Tr, kwasowości R, zawartości materii organicznej H, świetlnego L. Wartości T odpowiadają mikroklimatowi od umiarkowanie chłodnego do umiarkowanie ciepłego. Wykazują współzależność z ekspozycją źródeł i termiką wód. Wartości W, odpowiadające siedliskom pośrednim pomiędzy świeżymi a wilgotnymi, są powiązane z głębokością występowania pierwszego poziomu wodonośnego. Wartości Tr wskazują na żyzność wód i gleb, zwłaszcza na obfitość azotu, co potwierdzają podwyższone stężenia NO₃ w wodach. Wartości R odpowiadają siedliskom o odczynie obojętnym, typowym dla wód występujących w środowisku skał węglanowych. Wartości H są charakterystyczne dla gleb od mineralno-próchnicznych do organogenicznych i wykazują związek z wartościami Eh w wodzie. Uzupełnienie badań hydrogeologicznych o badania fitoindykacyjne poszerza zakres rozpoznania środowiska hydrogeologicznego pierwszego poziomu wodonośnego.

Słowa kluczowe: strefy źródłiskowe, badania florystyczne i hydrochemiczne, Ojcowski Park Narodowy.

Abstract. The paper presents problem from the field of hydro-geo-ecology. It shows the results of phytointindicational investigations of the habitat conditions of selected spring niches in Ojców National Park and its protection zone. These niches are located in the Prądnik and Sąsówka river valleys which are drainage zone of intermediate and local groundwater flow systems of the Upper Jurassic carbonate rocks. In the years 2009–2010 hydrological mapping and phytosociological relevés (according to Braun-Blanquet methodology) of 21 spring niches were done. Basing on these investigations values of ecological indicators after Zarzycki were calculated: T – temperature, W – moisture, Tr – trophism, R – acidity (pH), H – organic matter content, L – light. T values correspond to microclimate from cold to moderately warm one. They indicate interdependence with spring exposure and thermal conditions of the water. W values correspond to intermediate habitats between fresh and moist ones. They are connected with depth of occurrence of the first aquifer. Tr values indicate the abundance of mainly nitrogen in water and soil what is confirmed by higher concentration of NO₃ in water. R values correspond to a habitat with neutral reaction (pH), typical of water circulating in the environment of carbonate rocks. H values are characteristic to soils from mineral-humus type to organogenic ones and they show relationship with Eh values in the water. Making up hydrogeological investigations with phytointindication ones will widen range of recognition of the Jurassic hydrogeological environment.

Key words: spring niches, floristic and hydrochemical investigations, Ojców National Park.

¹ Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: jacek.rozkowski@us.edu.pl

² Ojcowski Park Narodowy, 32-047 Ojców 9; e-mail: ana_soltys@wp.pl

³ Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, Zakład Botaniki Instytutu Biologii, ul. Podbrzezie 3, 31-054 Kraków; e-mail: beata_barabasz@poczta.onet.pl

WSTĘP

Pierwszym celem Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) jest zapobieganie pogarszaniu się ekosystemów wodnych oraz ochrona i poprawa stanu tych ekosystemów, a także, w odniesieniu do potrzeb wodnych, stanu ekosystemów lądowych i terenów podmokłych bezpośrednio od nich uzależnionych. Do oceny siedlisk przyrodniczych, w tym środowiska wodnego, wykorzystuje się często rośliny naczyniowe. Szata roślinna jest efektem wzajemnych związków i zależności między komponentami środowiska przyrodniczego, głównie klimatem, glebami i stosunkami wodnymi. Znajomość struktury szaty roślinnej, przede wszystkim zestawu ilościowego i jakościowego gatunków oraz ich zakresu tole-

rancji ekologicznej (amplitudy ekologicznej), umożliwia określenie aktualnego stanu środowiska, co jest przedmiotem fitoindykacji (Roo-Zielińska, 2004). Rośliny wskaźnikowe wytypowane m.in. Ellenberga i in. (1992) i przez Zarzyckiego i in. (2002) są z powodzeniem wykorzystywane w pracach badawczych, do określania warunków edaficznych. W niniejszej pracy, wpisującej się w nurt hydrogeoekologii (Humphreys, 2009; Springer, Stevens, 2009), podjęto próbę określenia warunków siedliskowych nisz źródłiskowych w rejonie Ojcowskiego Parku Narodowego, na podstawie rosnących w ich otoczeniu gatunków roślin.

LOKALIZACJA I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE OBSZARU BADAŃ

Ojcowski Park Narodowy (OPN) wraz z otuliną zajmuje powierzchnię 8 923 ha. Położony jest w południowej części makroregionu Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (Kon-dracki, 2000). Obejmuje on fragmenty Doliny Prądnika, o długości ok. 12 km i Dolinę Sąspowską o długości ok. 4,5 km. Obszar OPN jest częścią monokliny śląsko-krakowskiej. Charakterystyczna rzeźba krasowa terenu, głównie wieku neogeńskiego, związana jest z masywem skał węglanowych jury górnej, o miąższości ok. 100–150 m. Sieć hydrograficzną stanowi Prądnik z dopływem Sąspówką. W OPN 72% obszaru zajmują lasy, a 28% to łąki, murawy i grunty rolne (Partyka, 2009).

Głównym zbiornikiem wód podziemnych jest szczelinowo-krasowo-porowy poziom wodonośny jury górnej, o charakterze odkrytym. Zbiornik ten jest drenowany głównie przez lokalne i pośrednie systemy przepływu, ukształtowane dzięki urozmaiconej rzeźbie terenu, a w szczególności głęboko wciętym dolinom Prądnika i Sąspówki. Odpływ wód podziemnych w górnourajskim poziomie wodonośnym w zlewni cząstkowej Prądnika formuje się głównie w wyniku infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych. Moduł zasilania z infiltracji opadów wynosi $5,99 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$, zasilanie podziemne cieków $4,36 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$, a moduł całkowitego odpływu podziemnego $6,06 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ (Rózkowski i in., 2001).

W latach 60. XX wieku zewidencjonowano w dolinie Prądnika i Sąspówki około 50 źródeł (Aleksandrowicz, Wilk, 1962). W latach 2008–2009 na terenie OPN i otuliny zinwentaryzowano 49 aktywnych stref nisz źródłiskowych, z czego naturalnym wypływem cechują się tylko 23 źródła (Sołtys-Lelek i in., 2010). Źródła drenują poziom wodonośny jury górnej. Dominującymi kierunkami ekspozycji źródeł, nawiązującym do tektoniki górotworu, są kierunki:

NE–SW i NW–SE. Ze względu na położenie obszaru zasilania są to źródła descensyjne, a ze względu na charakter wypływu – descensyjne i ascensyjne. Dominują źródła podzboczowe i przykorytowe, pokrywowe – rumoszowe i zwietrzelinowe (Pawlik, 1998). Przeważają źródła o wydajnościach $0,1\text{--}10,0 \text{ dm}^3/\text{s}$ (80% źródeł). Najwydajniejsza jest strefa źródłiskowa Prądnika w Blechu ($90 \text{ dm}^3/\text{s}$). Obfitość źródeł drenujących wody poziomu górnourajskiego świadczy o dużej zasobności wodonośca, a przewaga źródeł o małych wydajnościach dokumentuje rozproszony charakter drenażu zbiornika górnourajskiego. Zmienność roczna większych źródeł kształtuje się przeciętnie od 1:1,23 do 1:2,90, natomiast małych źródeł od 1:1,32 do 1:5,70 (Rózkowski, 2006).

Wody poziomu górnourajskiego formują się w systemie płytkiego krążenia w środowisku skał węglanowych. Są to wody dwujonowe $\text{HCO}_3\text{--Ca}$, słodkie ($\text{PEW } 270725 \mu\text{S}/\text{cm}$), słabo zasadowe ($\text{pH } 6,50\text{--}7,90$), średniotwarde ($T_H \text{ } 190\text{--}340 \text{ mgCaCO}_3/\text{dm}^3$), o dominującej twardości węglanowej. Zakres stężeń makroskładników i składników drugorzędnych w wodzie przedstawia się następująco (mg/dm^3): Ca 70–135; Mg 0,1–11,3; Na 2–14; K 0,5–13; HCO_3 205–310; SO_4 0,3–76; Cl 4–28; NO_3 5–45; PO_4 0,1–3; SiO_2 6,5–13,5. Obliczone wartości wskaźnika nasycenia SI_{calc} (od –0,45 do +0,22) świadczą o stanie bliskim równowagi kalcytu z wodami podziemnymi, co jest charakterystyczne dla systemu przepływu rozproszonego i stanowi efekt rozpuszczania skał węglanowych w strefie wadycznej przez zakwaszone opady (Rózkowski, 2006). Badane wody należą, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23.07.2008 r., przeważnie do II i III klasy jakości wód podziemnych, ze względu na podwyższone stężenia NO_3 .

METODYKA BADAŃ

Do badań wytypowano 21 nisz źródliskowych zlokalizowanych na obszarze OPN oraz w jego otulinie (fig. 1). W latach 2009 i 2010 wykonano w nich zdjęcia fitosocjologiczne zgodnie z metodyką Braun-Blanqueta. Powierzchnia zdjęć wynosiła od 10 (małe źródła leśne) do 50 m². Zgromadzony materiał fitosocjologiczny poddano klasyfikacji numerycznej, w celu wychwycenia różnic florystycznych między analizowanymi źródłami. Klasyfikację przeprowadzono

na podstawie składu gatunkowego zdjęć (skala 0, 1). Podobieństwa między zdjęciami policzono, opierając się na współczynniku van der Maarela, a w grupowaniu posłużono się metodą Warda (*minimum variance clustering*). Do klasyfikacji wykorzystano program MULVA 5 (Wildi, Orłoci, 1996).

Warunki siedliskowe nisz określono na podstawie ekologicznych liczb wskaźnikowych, wg Zarzyckiego i in. (2002).

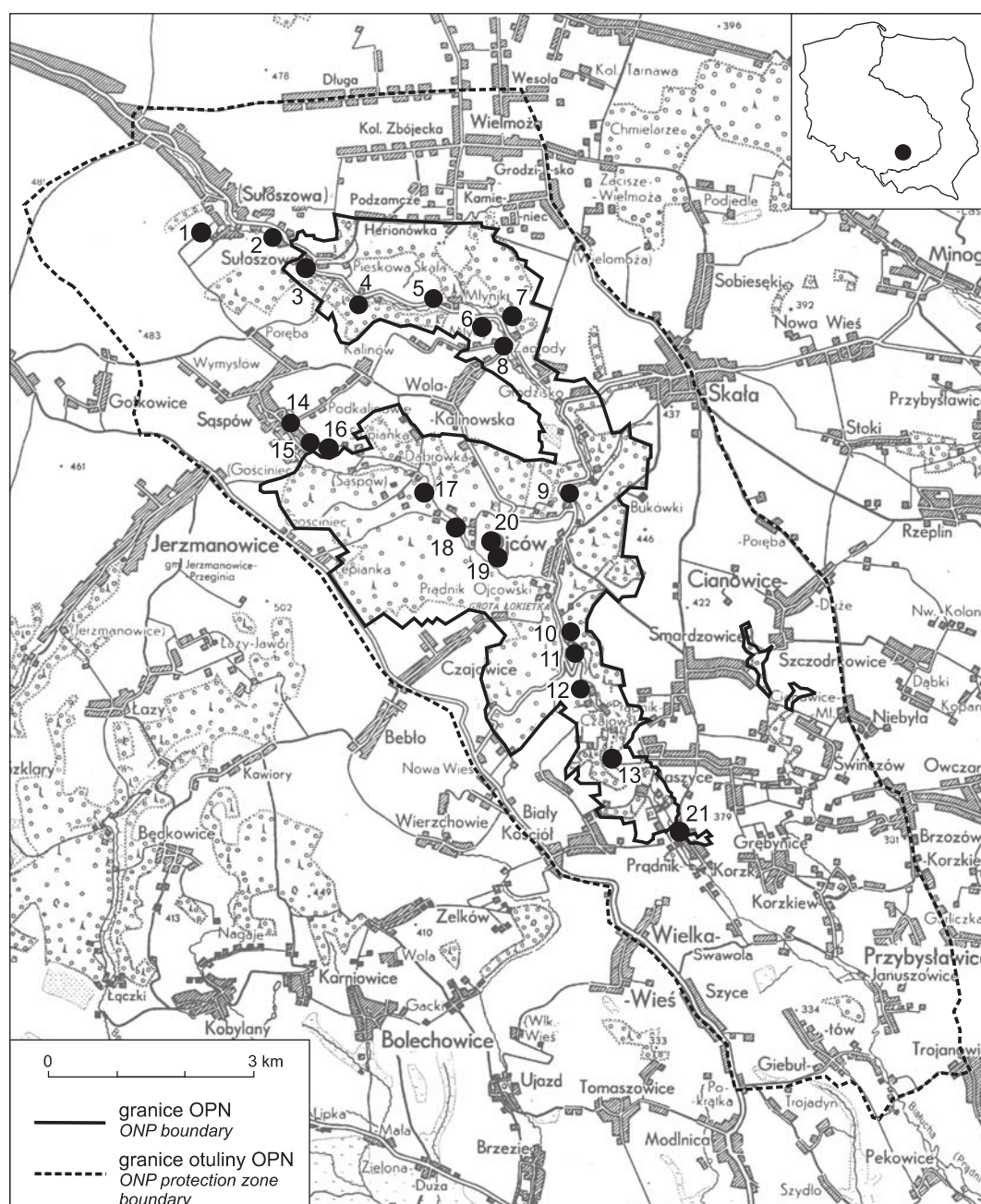


Fig. 1. Lokalizacja badanych źródeł w Ojcowskim Parku Narodowym (OPN) i jego otulinie

Location of study springs in Ojców National Park (ONP) and its protected zone

Dla wszystkich zdjęć fitosocjologicznych obliczono średnie ważone (względem ilościowości, wg sześciostopniowej skali Braun-Blanqueta; za + przyjęto wartość 0,5) wartości wskaźników: L – świetlnego (skala 1–5, od warunków głębokiego cienia do pełnego światła), T – termicznego (skala 1–5, od najzimniejszych warunków mikroklimatycznych do najcieplejszych regionów i mikrosiedlisk), W – wilgotnościowego (skala 1–6, od siedlisk bardzo suchych do wody), Tr – trofizmu (skala 1–5, od gleb, wód skrajnie ubogich do skrajnie żyznych), R – kwasowości (skala 1–5, od gleb silnie kwaśnych do zasadowych) i H – zawartości materii organicznej (skala 1–3, od gleb ubogich w humus do bogatych w materię organiczną). Następnie, dla wszystkich źródeł łącznie oraz osobno dla źródeł obszarów leśnych i zaroślowych oraz nieleśnych, obliczono parametry statystyczne wskaźników siedliskowych (wartości skrajne, średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności).

W celu uporządkowania zdjęć z badanych nisz źródłiskowych wzdłuż gradientu siedliskowego (reprezentowanego przez dwie pierwsze osie diagramu ordynacyjnego), wykonano na podstawie składu gatunkowego oraz ilościowego udziału gatunków analizę DCA (Hill, Gauch, 1980), z wykorzystaniem programu CANOCO wersja 3.12 (Ter Braak, 1991). Nazewnictwo roślin naczyniowych przyjęto za Mirkiem i in. (2002).

We wrześniu 2009 i 2010 r. wykonano kartowanie hydrogeologiczne nisz źródłiskowych w rejonie OPN, badano właściwości fizykochemiczne wód podziemnych (temperatury – powietrza i wody, PEW, pH, Eh, zawartość tlenu w wodzie), z użyciem oprzyrządowania firmy Elmetron i WTW. Uzyskane wyniki badań fitoindykacyjnych porównano z aktualnymi wynikami badań hydrochemicznych źródeł oraz z materiałami publikowanymi (Rózkowski, 2006) i niepublikowanymi z lat 1998–2008.

WYNIKI BADAŃ

Rezultaty klasyfikacji numerycznej wykazały różnice florystyczne zdjęć wykonanych w niszach źródeł leśnych i zaroślowych oraz nieleśnych (fig. 2). W dendrogramie klasyfikacyjnym dobrze wyodrębniły się grupy z tych dwóch typów źródeł. Pomimo małego obszaru i wynikającego z tego przenikania gatunków z sąsiednich siedlisk, badane nisze są florystycznie różne.

Rozkład średnich wartości wskaźników siedliskowych ilustruje figura 3. Wartości średnie są najbardziej zróżnicowane

w przypadku wskaźników: światła L – od 2,44 do 4,25 (odpowiada to siedliskom umiarkowanie cienistym i półcienistym do umiarkowanie nasłonecznionych), wilgotności W – od 2,97 do 4,50 (odpowiada to siedliskom od świeżych do wilgotnych), zawartości materii organicznej H – od 1,97 do 3,02 (odpowiada to siedliskom gleb od mineralno-próchnicznych do bogatych w materię organiczną – organogenicznych).

Wskaźnik L (> 4), wskazujący siedliska umiarkowanie nasłonecznione, odnotowano tylko w przypadku 4 nisz

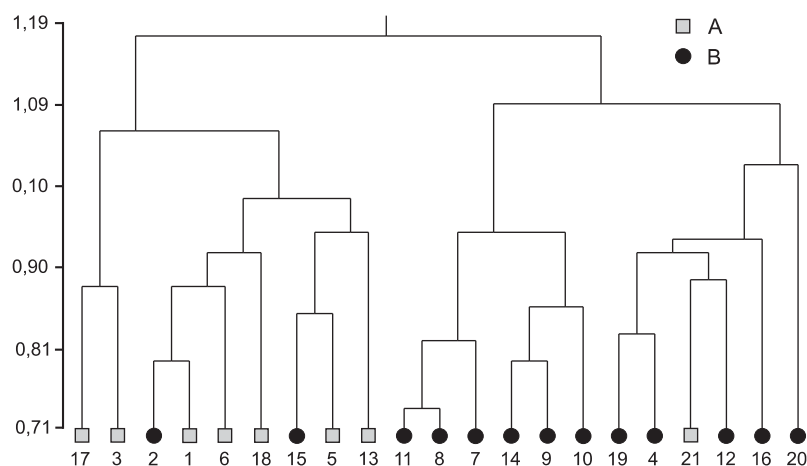


Fig. 2. Klasyfikacja numeryczna zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w otoczeniu 21 źródeł występujących w Ojcowskim Parku Narodowym i otulinie

A – źródła obszarów leśnych i zaroślowych, B – źródła obszarów nieleśnych

Numerical classification of phytosociological relevés made in surrounding of the 21 springs located in Ojców National Park and protected zone

A – springs occurred in forest and thicket areas, B – springs occurred in non-forest areas

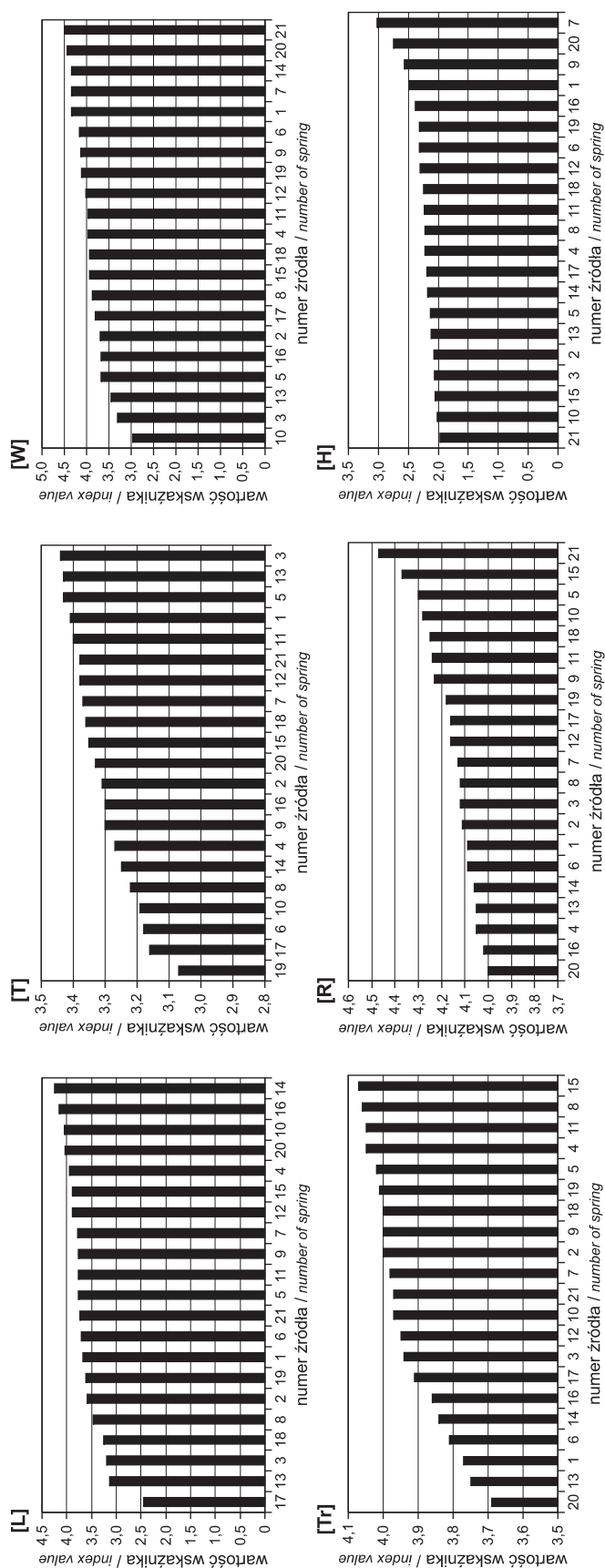


Fig. 3. Porównanie wartości wskaźników Zarzyckiego (Zarzycki i in., 2002) policzonych dla badanych źródeł na podstawie zdjęć fitosocjologicznych

Wskaźniki: L – świetlny, T – termiczny, W – wilgotności, Tr – trofizmu, R – kwasowości, H – zawartości materii organicznej

Comparison of Zarzycki indicator values (Zarzycki *et al.*, 2002) for the studied springs calculated based on phytosociological relevés

Indicators: L – light, T – temperature, W – moisture, Tr – trophic, R – acidity (pH), H – organic matter content

śródląkowych (źródła 10, 14, 16, 20). Wśród najczęściej stwierdzonych w nich gatunków preferujących siedliska słoneczne występowały: przetacznik bobowniczek *Veronica beccabunga* Linnaeus i jaskier rozłogowy *Ranunculus repens* Linnaeus. Rzadziej spotykano gatunki wymagające pełnego nasłonecznienia, jak: sit członowaty *Juncus articulatus* Linnaeus emend. K. Richter, babka zwyczajna *Plantago major* Linnaeus, rdest plamisty *Polygonum persicaria* Linnaeus czy gwiazdnica pospolita *Stellaria media* (Linnaeus) Villars.

Wskaźnik W przekracza wartość 4 w 9 niszach, co odpowiada glebom wilgotnym i mokrym. Najwyższe wartości wskaźnika zaobserwowano w przypadku źródeł przykorytowych (źródło 1), źródeł o dużej powierzchni i wydajności (źródła 9, 21) oraz w rozległych źródłiskach śródląkowych, tworzących w strefie odpływu młaki (źródła 7, 12, 19, 20). Wśród gatunków wskaźnikowych wód i siedlisk mokrych stwierdzono: *Veronica beccabunga* (9 źródeł) oraz manna fałdowana *Glyceria notata* Chevallier (7 źródeł), którym sporadycznie towarzyszyły: potoczniczek wąskolistny *Berula erecta* (Hudson) Coville, rukiew wodna *Nasturtium officinale* R. Brown, rzeżucha gorzka *Cardamine amara* Linnaeus, bodziszek błotny *Geranium paluste* Linnaeus.

Najwyższą wartość wskaźnika H (> 3) odnosi się do dużego źródłiska śródląkowego w Dolinie Zachwytu (źródło 7). Wśród gatunków wskaźnikowych dla siedlisk organogennych stwierdzono tu: *Glyceria notata*, wiaźówka błotna *Filipendula ulmaria* (Linnaeus) Maximowicz., mięta długolistna *Mentha longifolia* (Linnaeus) Linnaeus i niezapominajka błotna *Myosotis palustris* (Linnaeus) Linnaeus. emend. Reinchenbach.

Mniejsze zróżnicowanie średnich wartości wskaźników siedliskowych dotyczyło temperatury T, trofizmu Tr oraz kwasowości R (fig. 3).

Wskaźnik T mieści się w zakresie 3,07–3,44, co odpowiada warunkom mikroklimatycznym – od umiarkowanie chłodnych do pośrednich pomiędzy umiarkowanie chłodnymi, a umiarkowanie ciepłymi. Ponad 60% gatunków odnotowanych w badanych niszach źródłiskowych cechuje się pośrednimi wartościami wskaźnika termicznego (3,4–3,5). Są to m.in.: *Veronica beccabunga*, *Mentha longifolia* i *Myosotis palustris*.

Wskaźnik Tr wskazuje na żyzność wód i gleb. Jego wartość w przebadanych niszach mieści się w zakresie 3,69–4,07, co odpowiada wodom i glebom eutroficznym. Najmniejszą żyznością cechuje się turzycowa młaka w Dolinie Saspowskiej (źródło 20). Wartości wskaźnika powyżej 4, stwierdzono w przypadku źródeł położonych w sąsiedztwie zabudowań gospodarskich (źródła 8, 15) oraz na żyznych siedliskach łąk kośnych i zarośli (źródła 4, 5, 11, 19). Wartościom wskaźnika siedlisk żyznych (od 3,5–4,0) odpowiada około 83% odnotowanych w niszach gatunków. Były to m.in.: *Ranunculus repens* (w 17 niszach) oraz podagrycznik pospolity *Aegopodium podagraria* Linnaeus, ostrożeń warzywny *Cirsium oleraceum* (Linnaeus) Scopoli, *Mentha longifolia* i *Myosotis palustris* (obecne w > 50% prze-

Tabela 1

Charakterystyka statystyczna dla wskaźników ekologicznych wg Zarzyckiego (Zarzycki i in. 2002)

Statistical characteristic for indicator values by Zarzycki (Zarzycki et al., 2002)

Wskaźnik	Statystyki	Wartość wskaźnika		
		I	II	III
Świetlny L	m	3,67	3,86	3,36
	min	2,44	3,47	2,44
	max	4,25	4,25	3,76
	SD	0,41	0,23	0,46
	V = SD/m	0,11	0,06	0,14
Termiczny T	m	3,31	3,28	3,35
	min	3,07	3,07	3,16
	max	3,44	3,40	3,44
	SD	0,10	0,09	0,11
	V = SD/m	0,03	0,03	0,03
Wilgotności W	m	3,92	3,99	3,90
	min	2,97	2,97	3,31
	max	4,50	4,44	4,50
	SD	0,38	0,38	0,42
	V = SD/m	0,10	0,09	0,11
Trofizmu Tr	m	3,94	3,96	3,90
	min	3,69	3,69	3,75
	max	4,07	4,07	4,02
	SD	0,11	0,11	0,11
	V = SD/m	0,03	0,03	0,03
Kwasowości (pH) R	m	4,17	4,15	4,19
	min	4,00	4,00	4,05
	max	4,47	4,37	4,47
	SD	0,12	0,11	0,14
	V = SD/m	0,03	0,03	0,03
Zawartości materii organicznej H	m	2,28	2,33	2,19
	min	1,97	2,02	1,97
	max	3,02	3,02	2,48
	SD	0,25	0,29	0,16
	V = SD/m	0,11	0,12	0,07

I – wszystkie źródłiska, *all springs*; II – źródłiska na obszarach nieleśnych, *springs on non-forest areas*; III – źródłiska na obszarach leśnych i zaroślowych, *springs on thicket and forest areas*; m – wartość średnia, *mean value*; min – wartość minimalna, *minimum value*; max – wartość maksymalna, *maximum value*; SD – odchylenie standardowe, *standard deviation*; V – współczynnik zmienności, *variability coefficient*.

badanych nisz). Stwierdzono występowanie także wskaźników siedlisk skrajnie żyznych, jak np.: pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica* Linnaeus (16 nisz) i szczaw tępolistny *Rumex obtusifolius* Linnaeus (12 nisz).

Wartości wskaźnika R wynoszą 4,00–4,47 i wskazują na siedliska obojętne ($6,0 < \text{pH} < 7,2$). Do gatunków odpowiadających tym wartościom wskaźnika należą: *Myosotis palustris*, *Mentha longifolia*, *Veronica beccabunga*, *Rumex obtu-*

sifolius. W 6 niszach (fig. 3) stwierdzono występowanie gatunków odpowiadających siedliskom bardziej zasadowym ($\text{pH} > 7$), np.: *Nasturtium officinale*, manna gajowa *Glyceria nemoralis* (Uechtritz) Uechtritz et Körnicke i *Berula erecta*.

Porównanie wartości wskaźników Zarzyckiego, wykonane dla źródeł zlokalizowanych na obszarach leśno-zaroślowych oraz nieleśnych, pokazało, że pomimo różnic florystycznych pomiędzy tymi dwoma grupami źródeł wartości wskaźników siedliskowych są do siebie zbliżone (tab. 1). Stosunkowo największe różnice dotyczą L oraz H.

Numeryczne porządkowanie zdjęć z badanych nisz źródłiskowych pozwoliło na ich uszeregowanie od umiarkowanie cienistych (lewa strona wykresów 1 i 2) do umiarkowanie nasłonecznionych (prawa strona wykresów 1 i 2; fig. 4). Dotyczy to zarówno porządkowania oparte na obecności gatunków, jak i porządkowania na podstawie ilości gatunków (tab. 2). W obydwu przypadkach stwierdzono wysokie dodatnie korelacje między pierwszą osią DCA, a wartością wskaźnika światła (L). W porządkowaniu opartym na składzie gatunkowym stwierdzono również dodatnią korela-

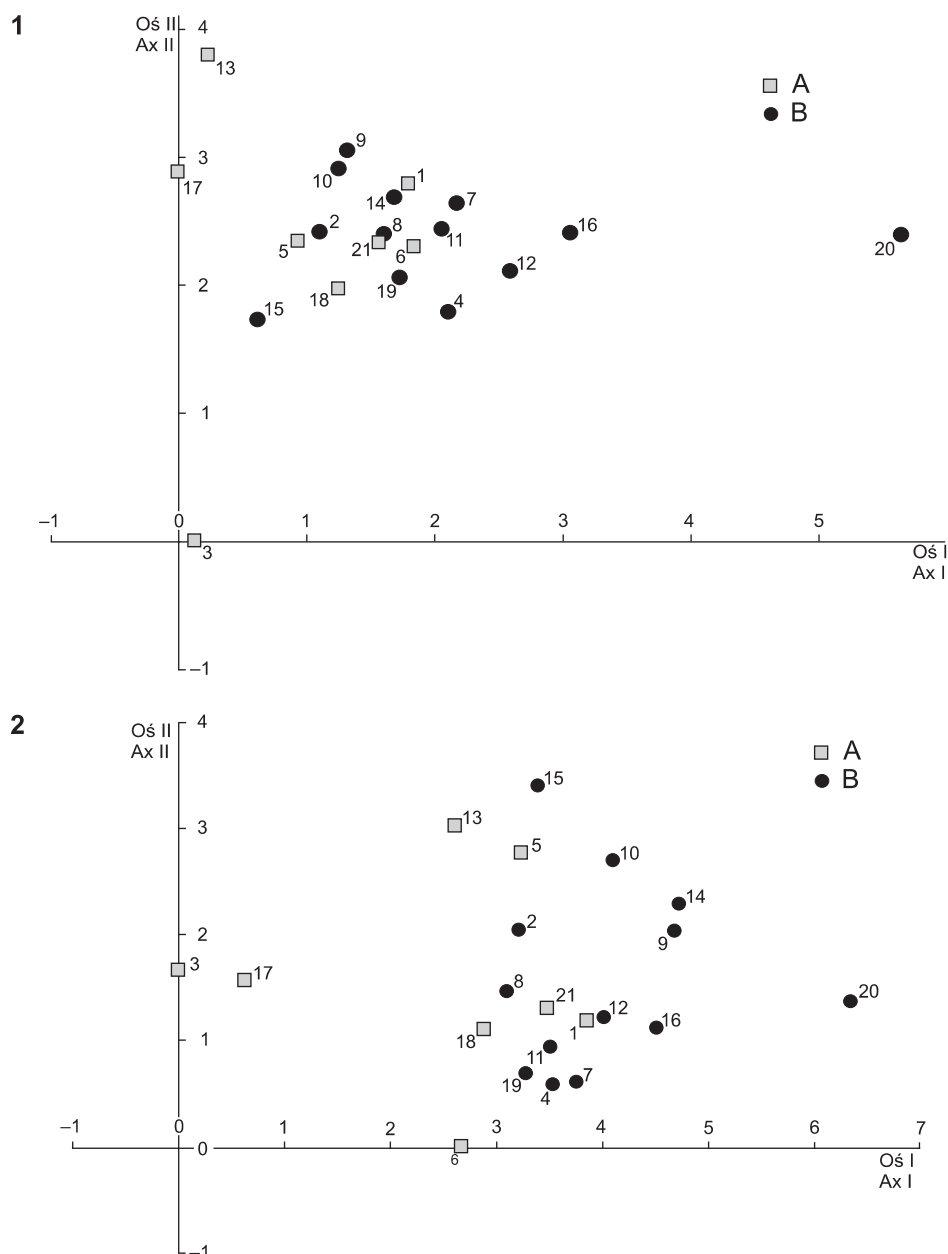


Fig. 4. Porządkowanie zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w otoczeniu źródeł wzdłuż I i II osi DCA

1 – na podstawie składu gatunkowego, 2 – na podstawie ilościowości gatunków; A – źródła obszarów leśnych i zaroślowych, B – źródła obszarów nieleśnych

Ordination of phytosociological relevés made in surrounding of springs according I and II axes DCA

1 – based on species presence, 2 – based on species abundance; A – springs occurred in forest and thicket areas, B – springs occurred in non-forest areas

Tabela 2

Wartości korelacji Pearsona (r) między osiami DCA i średnimi wartościami wskaźników wg Zarzyckiego (Zarzycki i in., 2002), policzone dla zdjęć fytosocjologicznych z otoczenia źródeł w OPN; kolorem szarym zaznaczono najwyższe wartości korelacji

Pearson's correlations values (r) between DCA axes and average indicator values by Zarzycki (Zarzycki *et al.*, 2002), calculated for phytosociological relevs made in surrounding of springs in Ojców National Park; the highest values of the correlation were distinguished with grey colour

Wskaźniki wg Zarzyckiego:	DCA wg składu gatunkowego		DCA wg ilościowości gatunków	
	Oś – I	Oś – II	Oś – I	Oś – II
L – świetlny	0,63	–0,11	0,83	0,02
T – termiczny	–0,07	0,05	0,01	0,29
W – wilgotności	0,45	–0,01	0,30	–0,47
Tr – trofizmu	–0,31	–0,42	–0,17	0,14
R – kwasowości (pH)	–0,40	–0,18	–0,15	0,44
H – zawartości materii organicznej	0,57	0,16	0,34	–0,54

cje zawartości materii organicznej (H) z pierwszą osią DCA, co dodatkowo porządkuje analizowane zdjęcia od występujących na glebach mineralno-próchnicznych (lewa strona wykresu 1) do występujących na glebach organogenicznych (prawa strona wykresu 1; fig. 4).

Badania terenowe wód nisz źródliskowych wykonane w 2009 i 2010 r. udokumentowały wody o temperaturze 7,6–10°C, PEW w zakresie 270–723 $\mu\text{S}/\text{cm}$, odczynie obojętnym i słabo zasadowym (pH 7,0–7,5), o zawartości tlenu

typowej dla wód gruntowych (O_2 6,8–11,0 mg/dm^3), reprezentujących warunki redoks słabo utleniające (Eh 328–527 mV). Tło hydrogeochemiczne dla omawianych wskaźników stanu środowiska wód podziemnych, wg Witczaka i Adamczyka (1995) kształtuje się następująco: PEW 200–700 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 6,5–8,5; O_2 0–5 mg/dm^3 , Eh –50 do +400 mV. Oznacza to, że uzyskane wyniki badań są typowe dla naturalnych wód podziemnych.

DYSKUSJA

Rozmieszczenie roślin naczyniowych jest związane z rodzajem podłoża oraz warunkami mikroklimatycznymi panującymi w danym siedlisku. Zbieżność pomiędzy wskaźnikami ekologicznymi, a wynikami pomiarów parametrów siedliskowych dokumentują liczne publikacje naukowe (Dzwonko, Loster, 2000; Wamelink i in., 2002). W pracy stwierdzono współzależności pomiędzy rezultatami badań wskaźników ekologicznych oraz badań chemizmu wód stref źródliskowych.

Nisze źródliskowe na terenie OPN i jego otuliny wykazują głównie ekspozycję NE, ENE, SW, SSW. Wpływ termiki objawia się niższymi średnimi wartościami wskaźnika T dla ekspozycji N (3,22) w porównaniu z sektorem E i S (3,32) oraz W (3,38). W źródłach wyprowadzających wody o wyższej temperaturze (8,6–10,0°C) średnia wartość wskaźnika T (3,40) jest także wyższa w porównaniu z zimniejszymi źródłami (temperatury 7,68,5°C, T 3,26). Wartości wskaźnika W pozostają w ścisłej relacji z głębokością i charakterem występowania pierwszego poziomu wodonośnego, co dokumentowali już Diekmann (1995), Schaffers i Sykora (2000), wykazując jednocześnie, iż rośliny z opóźnieniem reagują na warunki suszy. Najwyższe wartości wskaźnika W zaobser-

wowano w rozległych źródłach śródłakowych i źródłach przykorytowych, niższe w źródłach podzboczowych. Wartości wskaźnika Tr, wskazujące na środowisko eutroficzne wód i gleb, odpowiadają podwyższonym stężeniom NO_3 w wodzie (11–45 mg/dm^3). Nie stwierdzono zbieżności wskaźnika Tr ze stężeniami K w wodzie, natomiast występuje niewielka zbieżność w stosunku do stężeń PO_4 w wodzie.

Skład gatunkowy fitocenoz dobrze odzwierciedla warunki kwasowości siedliska, opisywane przez wskaźnik R, który świadczy o występowaniu wód podziemnych w środowisku obojętnym i słabo zasadowym skał węglanowych jury górnej (pH 7,0–7,5).

Stan bliski równowagi kalcytu z wodami podziemnymi warunkuje brak istotnego związku pomiędzy zmiennością wartości SI_{calc} oraz R.

Badania fitoindykacyjne pokazały, że na zróżnicowanie roślinności badanych nisz największy wpływ mają dostępność światła i zawartość w podłożu materii organicznej (fig. 4, tab. 2). Stwierdzono związek pomiędzy wskaźnikiem H, a wartością Eh. Środowisku bogatszem w materię organiczną towarzyszy spadek wartości Eh w wodzie. Zakresom wartości Eh 328–420 i 420–527 mV odpowiadają średnie

wartości wskaźnika H 2,48 i 2,27. Należy jednocześnie pamiętać, że rośliny reagują na zmiany środowiska z pewnym opóźnieniem i mogą dłużej utrzymywać się w siedlisku po

zaprzestaniu oddziaływania optymalnego dla nich czynnika, czy warunków środowiskowych.

WNIOSKI

1. Rośliny wskaźnikowe umożliwiają charakterystykę warunków siedliskowych (edaficznych i troficznych), panujących w strefach źródłiskowych, łącznie ze wskazaniem czynników ekologicznych wpływających na zróżnicowanie szaty roślinnej w tych strefach.

2. W OPN występowanie roślinności w obrębie nisz źródłiskowych skorelowane jest zwłaszcza z nasłonecznieniem i zawartością materii organicznej w siedlisku.

3. Uzyskane wartości wskaźników ekologicznych wykazują współzależność z głębokością i charakterem występo-

wania pierwszego poziomu wodonośnego (wskaźnik W), termiką wód źródeł (wskaźnik T), odczynem wód podziemnych (wskaźnik R), podwyższonymi stężeniami NO_3 w wodzie (wskaźnik Tr), potencjałem redoks (wskaźnik H).

4. Metoda fitoindykacyjna umożliwia szybką i taną ocenę stanu siedliska biotycznego nisz źródłiskowych, powiązanego z właściwościami fizykochemicznymi wód (zwłaszcza z odczynem wód), a także obecnością w nich azotu.

LITERATURA

- ALEKSANDROWICZ S.W., WILK Z., 1962 — Budowa geologiczna i źródła doliny Prądnika w Ojcowskim Parku Narodowym. *Ochrona Przyrody*, **28**: 187–210.
- DIEKMANN M., 1995 — Use and improvement of Ellenberg's indicator values in deciduous forests of the Boreo-nemoral zone in Sweden. *Ecography*, **18**: 178–189.
- DZWONKO Z., LOSTER S., 2000 — Testing of Ellenberg and Zarzycki indicator values as predictors of soil and light conditions in woodlands. *Fragm. Flor. Geobot.*, **45**, 12: 2–49.
- ELLENBERG H., WEBER H., DULL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D., 1992 — Zegerverte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobot.*, **18**: 1–258.
- HILL M., GAUCH H.G., 1980 — Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio*, **42**: 47–58.
- HUMPHREYS W.F., 2009 — Hydrogeology and groundwater ecology: Does each inform the other? *Hydrogeol. J.*, **17**, 1: 5–21.
- KONDRACKI J., 2000 — Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- MIREK Z., PIĘKOŚ-MIRKOWA H., ZAJĄC A., ZAJĄC M., 2002 — Flowering plants and Pteridophytes of Poland a checklist. Biodiversity of Poland. W: Szafer Institute of Botany, Pol. Acad. of Sciences, Kraków.
- PARTYKA J., 2009 — Analiza działalności Ojcowskiego Parku Narodowego za rok 2008. Manuskrypt. Ojców.
- PAWLIK O., 1998 — Wybrane problemy hydrologiczne rejonu Ojcowskiego Parku Narodowego. Arch. Wydz. Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec.
- ROO-ZIELIŃSKA E., 2004 — Fitoindykacja jako narzędzie oceny środowiska fizycznogeograficznego. Podstawy teoretyczne i analiza porównawcza stosowanych metod. *Pr. Geogr.*, **199**.
- RÓŻKOWSKI J., 2006 — Wody podziemne utworów węglanowych południowej części Jury Krakowsko – Częstochowskiej i problemy ich ochrony. *Prace Nauk. UŚ* **2430**.
- RÓŻKOWSKI J., KOWALCZYK A., RUBIN K., WRÓBEL J., 2001 — Odnawialność wód szczelinowo-krasowych poziomu górnokraskowskiego w obszarze Wyżyny Krakowskiej – na podstawie modelowania matematycznego. W: Współczesne problemy hydrogeologii, (red. T. Bocheńska, S. Staśko) t. 10: 245–252. UWroc., Wrocław.
- SCHAFFERS A.P., SYKORA K.V., 2000 — Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *J. Vegetat. Sci.*, **11**: 225–244.
- SOŁTYS-LELEK A., RÓŻKOWSKI J., LELEK K., 2010 — Wpływ antropopresji na środowisko biotyczne i abiotyczne stref źródłiskowych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego i jego otuliny Prądnik. *Pr. Muz. Szafera*, **20**: 337–396.
- SPRINGER A.E., STEVENS L.E., 2009 — Spheres of discharge of springs. *Hydrogeol. J.*, **17**, 1: 83–94.
- TER BRAAK C.J.F., 1991 — CANOCO-a FORTRAN program for CANONical Community Ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis. 3.12. Microcomputer Power. New York.
- WAMELINK G.W.W., JOOSTEN V., VAN DER DOBBEN H.F., BERENDSE F., 2002 — Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements. *J. Vegetat. Sci.*, **13**, 2: 269–278.
- WILDI O., ORLÓCI L., 1996 — Numerical exploration of community patterns. A guide to use of MULVA5. SPB Academic Publishing. 2 ed. The Hague.
- WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1995 — Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania, T. II. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- ZARZYCKI K., TRZCIŃSKA-TACIK H., RÓŻAŃSKI W., SZELĄG Z., WOŁEK J., KORZENIAK U., 2002 — Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Różnorodność biologiczna Polski. Vol. 2. Kraków.

SUMMARY

The paper presents problem from the field of hydro-geo-ecology. It shows the results of phytoindicational study of the habitat conditions of spring niches and hydrochemical investigations in Ojców National Park and its protection zone. Springs are treated as complex hydrologic-biotic ecosystem. Investigated springs are located in the Prądnik and Sąpówka river valleys which are drainage zone of groundwater flow systems of the Upper Jurassic carbonate rocks. In the years 2009–2010 floristic investigations and hydrologic mapping of 21 spring niches were done. Habitat conditions were determined basing of ecologic index scale for Poland by Zarzycki *et al.* (2002). There were calculated mean index values of: T – temperature, W – moisture, Tr – trophy, R – acidity (pH), H – organic matter content, L – light. Results of hydrochemical spring investigations from the years 1998–2010 were also compared with the results of phytoindication study. T index values (3.07–3.44) correspond to microclimate from cold to moderately warm one. They indicate interdependence with spring exposure. W index values (3.31–3.97) correspond to intermediate habitats between fresh and moist ones. Tr index values (3.69–4.07) indicate abundance of nitrogen

compounds in the water. R index values (4.00–4.47) correspond with neutral or slightly alkaline habitat. H index values are characteristic for soils from mineral-humus type to organogenic one. T index values are connected with longer exposure of spring niches to sun radiation as well as with higher spring water temperature. W index values are in close relation with depth and character of the first aquifer occurrence. Tr values show eutrophic environment of water and soil confirmed by higher concentration of NO_3 in the water what causes lower quality of investigated groundwater. R index values testify groundwater occurrence in neutral or slightly alkaline environment of carbonate rocks. Increase of organic matter in the water is accompanying by decrease of Eh value what is connected with transition – from oxidizing to intermediate and slightly reduction conditions. The obtained results allow to state usefulness of index vascular plants for estimation of the habitat conditions of spring niches. Making up hydrogeological investigations with phytoindication ones will widen range of recognition of the Jurassic hydrogeological environment.