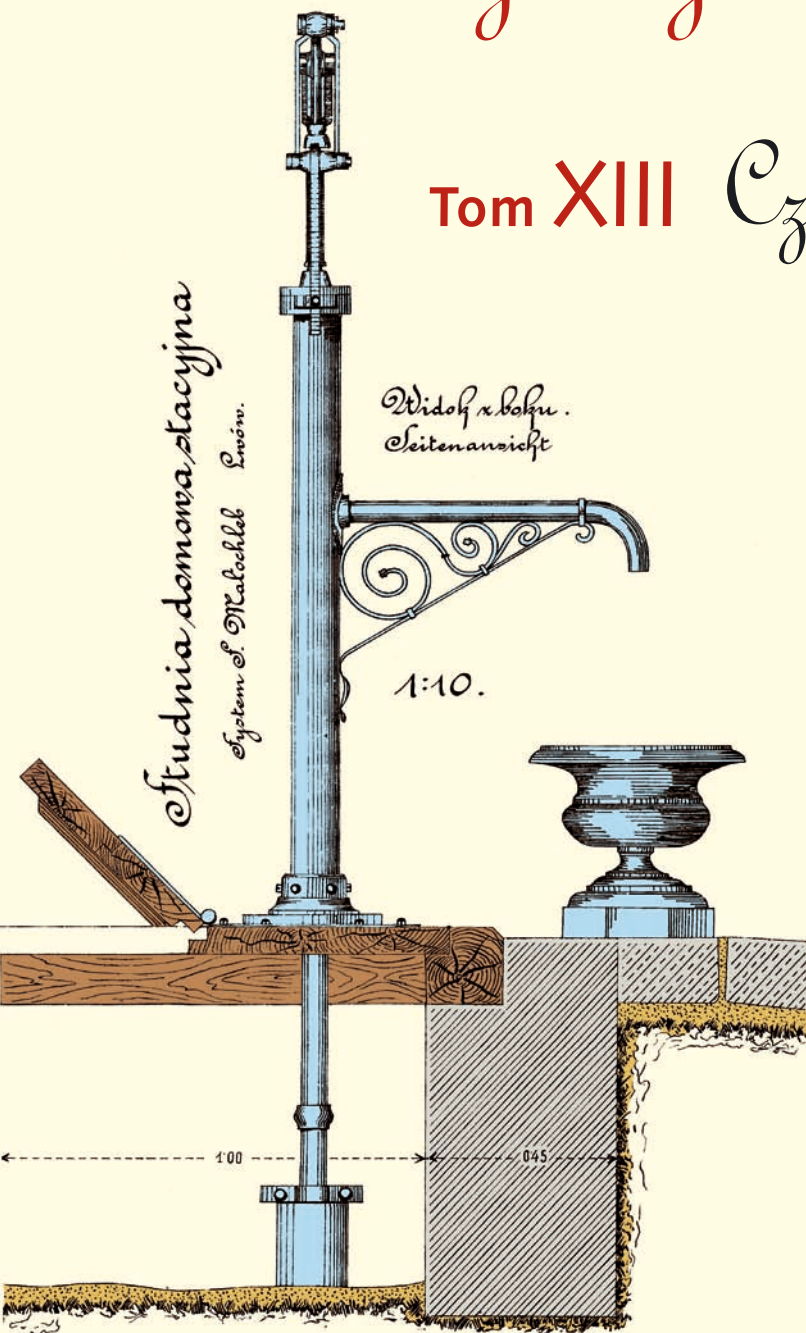


# Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 3.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez  
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska  
Wojciech Ciężkowski  
Józef Górski  
Andrzej Kowalczyk  
Ewa Krogulec  
Grzegorz Malina  
Jerzy Małecki  
Marek Marciniak  
Jacek Motyka  
Marek Nawalany  
Jan Przybyłek  
Andrzej Rózkowski  
Andrzej Sadurski  
Andrzej Szczepański  
Stanisław Staško  
Stanisław Witczak  
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku  
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ : pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, [www.pretext.com.pl](http://www.pretext.com.pl)

Druk: ROMA-POL, [www.romapol.pl](http://www.romapol.pl)

ISBN-13 978-83-88927-16-4

**Józef Chowaniec, Piotr Freiwald,  
Krzysztof Witek**

**Wahania zwierciadła wód podziemnych  
i wydajności źródeł na obszarze zachodniej  
części fliszowych Karpat Zewnętrznych**

**Groundwater Table Fluctuation and Springs  
Discharge in the Western Part  
of the Flysch Carpathians**

**Słowa kluczowe** Karpaty zachodnie, wody podziemne, wahania zwierciadła wód podziemnych, wydajność źródeł, trendy

**Key words** Western Carpathians, groundwater, groundwater table fluctuation, springs discharge, trends

**Abstract** The paper presents the analysis of oscillations in groundwater table fluctuation and springs discharge in the period of 1989–2006. The study area comprises the western part of the Flysch Carpathians, namely the catchments of the Upper Vistula, Soła and Skawa rivers (groundwater bodies — JCWPD: no. 143 and 152). The results have been obtained from the wells and springs monitored by the Polish Geological Institute in frames of the national groundwater research-observation network (SOH database). Based on the results, trends in changes in groundwater levels and spring discharge are determined and presented in graphs.

## Wstęp

Analizą wahań zwierciadła wód podziemnych w zbiornikach porowych i szczelinowo-porowych objęto zlewnie Górnej Wisły, Soły i Skawy w obrębie zachodniej części fliszowych Karpat zewnętrznych (jednolite części wód podziemnych - JCWPd nr 143 i 152; rys. 1). Na badanym obszarze zlokalizowanych jest 10 punktów obserwacyjnych należących do krajowej sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych (baza danych SOH). Monitoring w tych punktach prowadzony jest przez Państwowy Instytut Geologiczny od 1989 roku.

Analiza zmian dynamiki wód podziemnych zachodzących w karpackich strukturach hydrogeologicznych oparta jest w przeważającej części na wynikach wydajności źródeł, a w mniejszym stopniu na obserwacji wahań zwierciadła wód podziemnych poziomu fliszowego i czwartorzędowego.

## Ogólna charakterystyka obszaru badań

Na omawianym obszarze występują prekambryjsko-paleozoiczne utwory platformowe, przykryte molasowymi utworami neogeńskimi. Oprócz dwóch wymienionych pięter strukturalnych, wyższą pozycję zajmuje piętro strukturalne Karpat fliszowych. Na utworach fliszowych zalegają utwory czwartorzędowe (Paul i in., 1996).

Utwory fliszowe zachodniej części Karpat reprezentowane są przez serię skolską, podśląską, śląską, dukielską, grybowską i magurską oraz skałki andrychowskie. Jednostki te zbudowane są głównie z utworów piaskowcowo-lupkowych wieku od górnej jury po neogen (rys. 1).

Na różnowiekowych utworach fliszowych zalegają osady czwartorzędowe. Są to przede wszystkim osady aluwialne (głównie holocenijskie piaski i żwiry) wypełniające doliny rzeczne. W kotlinach śródgórskich (Kotlina Żywiecka, okolice Suchej i Jordanowa), w miejscach poszerzania się dolin, zaistniały dogodne warunki do akumulacji miąższych osadów czwartorzędowych. Utwory aluwialne są niejednokrotnie przykryte warstwą glin i mad o miąższości dochodzącej do kilku metrów. Poza dolinami rzecznyymi występują czwartorzędowe pokrywy zwietrzelinowe o miąższości najczęściej 2-3 m.

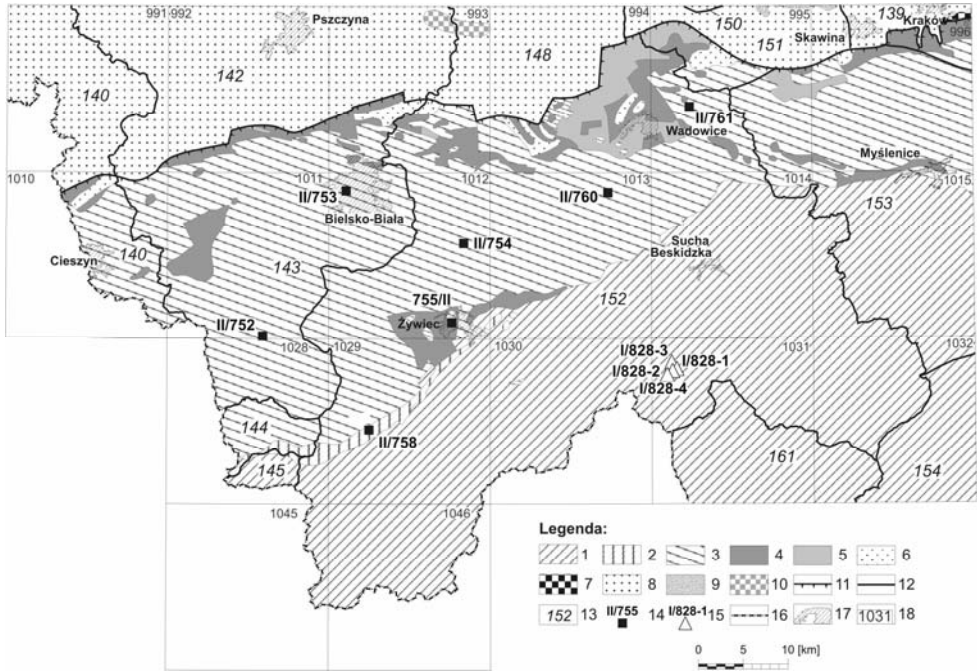
Pod względem hydrogeologicznym teren badań należy do makroregionu południowego, regionu karpackiego XIV (Paczyński, 1993). Na badanym obszarze wyróżnia się dwa podstawowe piętra wodonośne wód zwykłych (Chowaniec, 2006; Chowaniec i in., 2006; MhP 1:50 000, 1997-2000):

- czwartorzędowe – związane ze zwirowo-piaszczystymi osadami akumulacji rzecznej,
- fliszowe (kredowe i paleogeńskie) – związane ze strefą przypowierzchniową.

## Czwartorzędowe piętro wodonośne

W obrębie piętra czwartorzędowego miąższość warstwy wodonośnej jest zróżnicowana (3-10 m). Wydajności potencjalne dochodzą do 50 m<sup>3</sup>/h, lokalnie do ponad 200 m<sup>3</sup>/h, a współczynniki filtracji zawierają się w przedziale od  $n \cdot 10^{-2}$  do  $n \cdot 10^{-7}$  m/s. Zwierciadło występuje

plytko pod powierzchnią terenu (1-3 m) i ma na ogół charakter swobodny. Wody charakteryzują się mineralizacją w granicach 150 - 400 mg/dm<sup>3</sup> i są dobrej jakości; niekiedy wymagają prostego uzdatniania (Chowaniec, 1998-1999; MhP 1:50 000, 1997-2000).



**Rysunek 1.** Mapa lokalizacji obszaru badań na tle jednostek tektoniczno-strukturalnych.

Objaśnienia: Geologia: 1 — Jednostka magurska; 2 — jednostka przedmagurska; 3 — jednostka śląska; 4 — jednostka podśląska; 5 — jednostka skolska; 6 — utwory miocenu na Karpatach; 7 — jednostka zgłobicka; 8 — utwory miocenu zapadliska przedkarpackiego; 9 — utwory jury monokliny śląsko-krakowskiej; 10 — utwory paleozoiku basenu górnośląskiego; 11 — granica nasunięcia karpackiego; 12 — zasięg jednolitych części wód podziemnych (JCWPd); 13 — numer JCWPd; 14 — punkty II rzędu należące do krajowej sieci badawczo-obszaryjnej wód podziemnych (numer zgodny z bazą danych SOH); 15 — punkty I rzędu należące do krajowej sieci badawczo-obszaryjnej wód podziemnych (numer zgodny z bazą danych SOH); 16 — granica państwa; 17 — miasta; 18 — granice arkuszy map 1 : 50 000

**Figure 1.** Location map of the studied area against the background of tecto-structural units.

Explanation: Geology: 1 — Magura Unit; 2 — Fore-Magura Unit; 3 — Silesian Unit; 4 — Sub-Silesian Unit; 5 — Skolska Unit; 6 — Miocene deposits; 7 — Zgłobice Unit; 8 — Miocene deposits of the Carpathian Foredeep; 9 — Silesian-Cracow Monocline; 10 — Paleozoic of the Upper Silesian Basin; 11 — Carpathian overthrust; 12 — limits of the groundwater bodies; 13 — number of JCWPd; 14 — secondary points of the national groundwater-monitoring network; 15 — primary points of the national groundwater-monitoring network (number consistent with SOH database); 16 — international boundary; 17 — towns; 18 — Detailed Hydrogeological Map of Poland 1:50 000 sheet boundaries

## Fliszowe (kredowe i paleogeńskie) piętro wodonośne

Fliszowe piętro wodonośne związane jest ze stropową, spękaną częścią utworów fliszowych wykształconych w postaci piaskowców grubo- i średnioławicowych z wkładkami łupków. Średnią miąższość warstwy wodonośnej oceniono na 15 m, a średni współczynnik filtracji przyjęto na poziomie 1,0 m/24h (MhP 1:50 000, 1997–2000). Strefa aktywnej wymiany zwykłych wód podziemnych sięga do głębokości 60–80 m p.p.t. Największe dopływy pochodzą głównie ze strefy przypowierzchniowej o miąższości 30–40 m (Chowaniec, 1998–1999; Jetel, 1994; Nałęczki i in., 2004; Witczak, Duńczyk, 2004).

Zwierciadło wody w utworach fliszowych występuje pod niewielkim napięciem. Współczynnik filtracji zawiera się w granicach  $n \cdot 10^{-5} - n \cdot 10^{-7}$  m/s. Zwykłe wody podziemne charakteryzują się mineralizacją w granicach od kilkudziesięciu do ponad 500 mg/dm<sup>3</sup> i są dobrej i bardzo dobrej jakości (MhP 1:50 000, 1997–2000).

## Charakterystyka punktów obserwacyjnych

Analizowane punkty obserwacyjne należą do sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych (baza danych SOH), prowadzonej przez Państwowy Instytut Geologiczny od 1972 r. (Kazimierski, 2007). Na terenie Karpat sieć istnieje od roku 1989. Jej zadaniem jest dokumentowanie dynamiki i chemizmu wód podziemnych celem ochrony zasobów przed nadmierną eksploatacją i degradacją. Zadanie to realizowane jest poprzez obserwacje głębokości występowania zwierciadła wód podziemnych w wybranych otworach hydrogeologicznych i studniach kopanych, wydajności źródeł oraz opróbowania hydrochemicznego punktów badawczych.

Punktami pomiarowymi są:

- otwory badawcze wchodzące w skład stacji hydrogeologicznej Państwowego Instytutu Geologicznego (punkty obserwacyjne I-go rzędu – stacja w Zawoi);
- pojedyncze otwory hydrogeologiczne i źródła stanowiące punkty obserwacyjne II-go rzędu (tab. 1).

Badania zmienności wydajności źródeł i zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w wymienionych punktach prowadzone są od roku 1989, natomiast wody podziemne w otworach hydrogeologicznych zlokalizowanych na terenie Stacji Hydrogeologicznej Zawoja obserwowane są od końca 1998 roku (Witek, 2006).

Obserwacje wykonywane są w cyklu tygodniowym (pomiar w każdy poniedziałek o godzinie 7:00) przez przeszkolonych obserwatorów–rezydentów, którymi najczęściej są osoby mieszkające w pobliżu punktu badawczego i spełniające określone kryteria kwalifikacyjne.

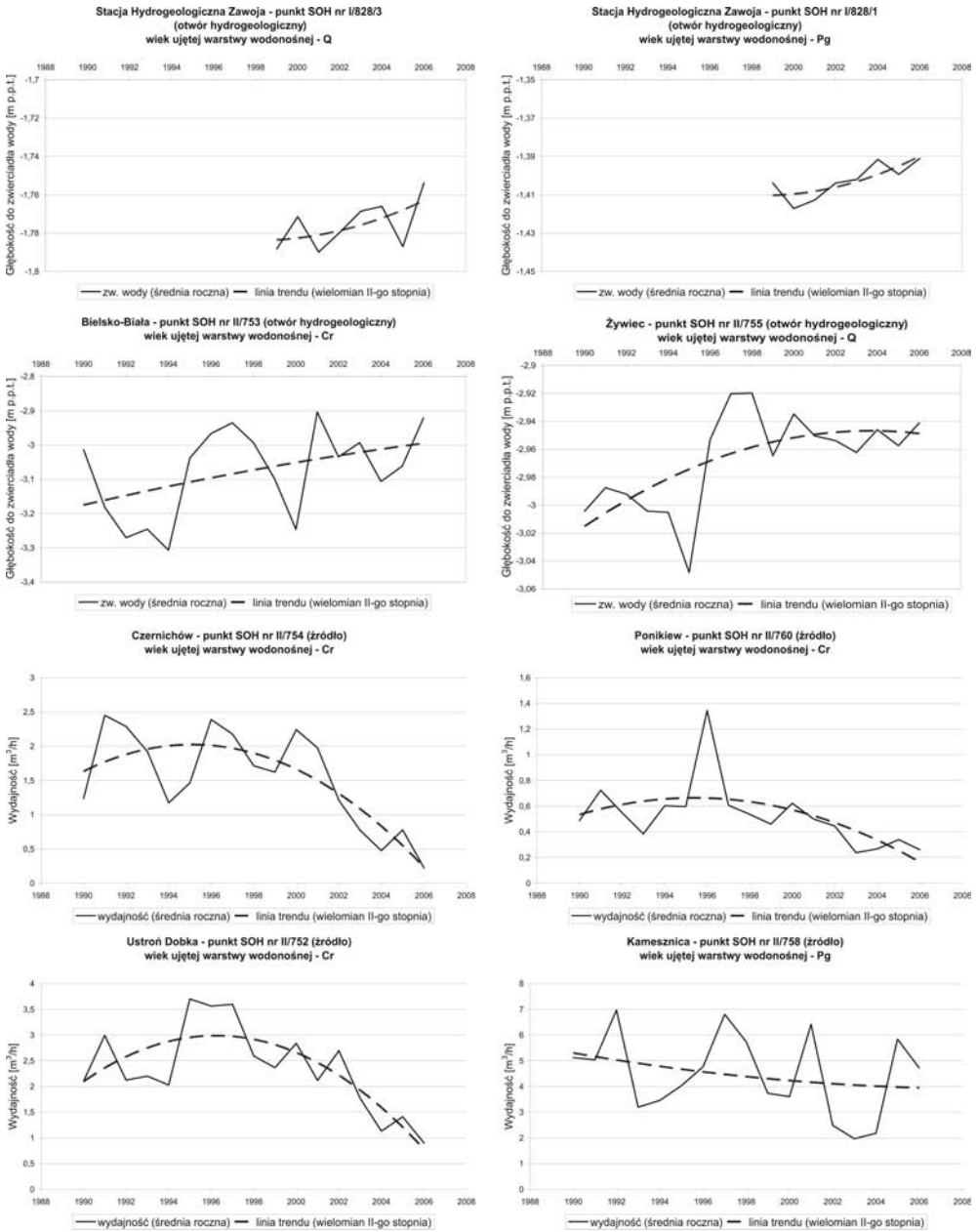
## Obserwacje wieloletnich zmian dynamiki wód podziemnych

Analizę zmian dynamiki wód podziemnych oparto na 850 pomiarach w punktach II-go rzędu, natomiast w punktach I-go rzędu zlokalizowanych na terenie stacji hydrogeologicznej w Zawoi na 420.

**Tabela 1.** Zestawienie punktów obserwacyjnych  
**Table 1.** Points of monitoring wells and springs

Lp.	Rząd/nr punktu (SOH)	Miejscowość	Typ punktu	Wiek ujętej w-wy wodonośnej	Charakter zbiornika	Nr JCWPd
1.	I/828/1	Zawoja	otwór hydrogeologiczny	paleogen	szczelinowo-porowy	152
2.	I/828/2	Zawoja	otwór hydrogeologiczny	paleogen	szczelinowo-porowy	152
3.	I/828/3	Zawoja	otwór hydrogeologiczny	czwartorzęd	porowy	152
4.	II/753	Bielsko-Biała	otwór hydrogeologiczny	kreda	szczelinowo-porowy	143
5.	II/755	Żywiec	otwór hydrogeologiczny	czwartorzęd	porowy	152
6.	II/752	Ustroń Dobka	źródło	kreda	szczelinowo-porowy	143
7.	II/754	Czernichów	źródło	kreda	szczelinowo-porowy	152
8.	II/758	Kamesznica	źródło	paleogen	szczelinowo-porowy	152
9.	II/760	Ponikiew	źródło	kreda	szczelinowo-porowy	152
10.	II/761	Babica	źródło	kreda	szczelinowo-porowy	152

W okresie prowadzenia badań (lata 1989-2006) nie stwierdzono cykli (okresy mokre i посуszne) wahań zwierciadła wód podziemnych w otworach hydrogeologicznych. Obserwuje się natomiast jego ciągłe, lecz bardzo niewielkie podnoszenie. W skali wielolecia amplituda zmian położenia zwierciadła wody (średnia roczna) jest bardzo mała (rys. 2). W przypadku otworu nr II/753 ujmującego fliszowy poziom wodonośny zlokalizowanego w Bielsku-Białej, amplituda wynosi 0,4 m (od 3,3 m p.p.t. w 1994 r. do 2,9 m p.p.t. w 2001 r.). W otworze nr II/755 w Żywcu, w którym obserwowany jest czwartorzędowy poziom wodonośny, amplituda zmian położenia zwierciadła wody jest mniejsza i wynosi 0,13 m (od 3,05 m p.p.t. w 1995 r. do 2,92 m p.p.t. w 1998 r.). W otworach obserwacyjnych zlokalizowanych na stacji hydrogeologicznej w Zawoi amplituda zmian jest jeszcze mniejsza i nie przekracza kilku centymetrów. Tak niewielkie zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych przypadają na okres lat 1999–2006.



**Rysunek 2.** Linie trendu na tle średnich rocznych wahań zwierciadła wód podziemnych i wydajności źródeł

**Figure 2.** Trend lines against the background of annual groundwater table and spring yield fluctuations



W tym samym okresie w otworach w Bielsku-Białej i Żywcu również obserwowano niewielkie wahania, a od roku 2001 obserwuje się okres względnej równowagi hydrodynamicznej (punkt II/755), ewentualnie okres nieznacznego podnoszenia się zwierciadła (punkty II/753, I/828-2, I/828-3). Ilustrują to linie trendu (wielomian drugiego stopnia) wykreślone w oparciu o średnie roczne wahania zwierciadła wód podziemnych (rys. 2).

Dynamika zmian zasilania piętra czwartorzędowego w obrębie dolin rzecznych jest ściśle związana ze stanem wód powierzchniowych. Przy intensywnych opadach atmosferycznych następuje szybki przybór wód w rzekach przy jednoczesnym podnoszeniu się zwierciadła wód podziemnych. W okresie bezopadowym odpływ podziemny jest dużo wolniejszy. Są to jednak zmiany krótkookresowe i przy analizie średnich rocznych wahań zwierciadła wód podziemnych słabo widoczne. Brak wyraźnych zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w otworach badawczych (szczególnie w otworach ujmujących fliszowe piętro wodonośne) w okresie wielolecia można tłumaczyć zasilaniem warstwy wodonośnej nie tylko wodami płytkiego krążenia, lecz również dopływem z głębszych stref aktywnej wymiany wód podziemnych.

W przypadku wydajności źródeł, biorąc pod uwagę średnie roczne wydajności w okresie wielolecia, zauważa się podobne trendy zmian w każdym z nich (rys. 2). W pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku obserwowano tendencję wzrostu wydajności w źródłach: w Ustroniu Dobce (punkt SOH nr II/752), Czernichowie (punkt SOH nr II/754) i Ponikwi (punkt SOH nr II/760), po czym następuje systematyczny spadek wydajności do wartości najniższych notowanych w okresie prowadzonych badań. Amplituda wahań wydajności poszczególnych źródeł (średnia roczna) jest zróżnicowana i wynosi: 2,8 m<sup>3</sup>/h w źródle nr II/752, 1,8 m<sup>3</sup>/h w źródle nr II/754 i 1,11 m<sup>3</sup>/h w źródle nr II/760.

Analiza zmian wydajności trzech wyżej wymienionych źródeł w odniesieniu do zasilania wskazuje na płytkie krążenie wód podziemnych, które jest ściśle związane z wielkością opadów atmosferycznych. Przy słabszych parametrach hydrodynamicznych odbudowywanie pojemności warstwy wodonośnej trwa o wiele dłużej.

Od opisanego schematu odbiega źródło w Kamesznicy (punkt SOH nr II/758; rys. 1, 2), w którym przez cały okres obserwacyjny notuje się niewielki lecz stały spadek wydajności. Prawdopodobnie spowodowane jest to specyficzną w tym rejonie budową geologiczną. Źródło wypływa na obszarze występowania utworów paleogenu jednostki dukielsko-grybowskiej silnie zaangażowanej tektonicznie. Takie uwarunkowania wpływają na łączność hydrauliczną wód strefy płytkiego krążenia z wodami występującymi na większych głębokościach. Jest to źródło o stosunkowo dużej wydajności (średnia z wielolecia 4,5 m<sup>3</sup>/h) i nawet w okresach niskich opadów atmosferycznych jego wydajność rzadko spada poniżej 1 m<sup>3</sup>/h. Świadczy to o dużej pojemności warstwy wodonośnej. Amplituda wahań wydajności w źródle nr II/758 wynosi 5,0 m<sup>3</sup>/h. W przypadku źródeł karpackich taka sytuacja jest obserwowana sporadycznie.

Linie trendu wyznaczone dla wydajności źródła nr II/761 położonego w Babicy oraz dla zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w otworze hydrogeologicznym nr I/828/2 zlokalizowanym na Stacji Hydrogeologicznej w Zawoi nie odbiegają od przedstawionych na rysunku 2.

## Wnioski

Obserwacje zmian hydrodynamiki wód podziemnych na obszarze zachodniej części Karpat fliszowych prowadzone w otworach i źródłach nie pozwalają na stwierdzenie cykliczności tego procesu w okresie badawczym (16 lat i 8 lat w przypadku Stacji Hydrogeologicznej w Zawoi).

W otworach hydrogeologicznych, w których prowadzone są obserwacje wahań zwierciadła wód podziemnych piętra fliszowego i czwartorzędowego zauważa się, że w chwili obecnej występuje okres względnej równowagi hydrodynamicznej, ewentualnie okres nieznacznego podnoszenia się zwierciadła wód podziemnych, natomiast w źródłach zauważa się spadek wydajności w okresie wielolecia.

## Literatura

- Chowaniec J., 1998–1999: *Wody podziemne polskich Karpat fliszowych*. Folia Geographica, 29-30, s. 112–133.
- Chowaniec J., 2006: *Hydrogeologia Karpat*. Przegląd Geologiczny nr 10, s. 846–847.
- Chowaniec J., Freiwald P., Patorski R., Witek K., 2006: *Zwykłe wody podziemne w zachodniej części polskich Karpat fliszowych*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 11, s. 14–17.
- Jetel J., 1994: *Priepustnost' a prietočnost' pripovrchovej zony zapadneho useku flyšoveho pasma Zapadnych Karpat*. Zapadne Karpaty, ser. Hydrogeologia a inżynierska geologia. Geologický Ustav D. Štura. Bratislava.
- Kazimierski B. (red.), 2007: *Rocznik hydrogeologiczny Państwowej Służby Hydrogeologicznej. Rok hydrologiczny 2006*. Warszawa. PIG.
- Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusze: Pszczyna, Kęty, Wadowice, Kalwaria Zebrzydowska, Myślenice, Cieszyn, Skoczów, Bielsko-Biała, Lachowice, Sucha, Osielec, Wisła, Milówka, Jeleśnia, Zawoja, Rabka, Czadca, Ujsoły*. 1997–2000. Warszawa. PIG.
- Nałęcki P., Reško D., Schmalz A., Witczak S., 2004: *Charakterystyka parametrów hydrogeologicznych szczelinowo-porowego złoża wód leczniczych w Krynicy*. Biuletyn PIG nr 404, s. 145–164.
- Paczyński B. (red.), 1993: *Atlas hydrogeologiczny Polski 1 : 500 000. Część I. Systemy zwykłych wód podziemnych*. Warszawa. PIG.
- Paul Z., Ryłko W., Tomáš A., 1996: *Zarys budowy geologicznej zachodniej części Karpat polskich (bez utworów czwartorzędowych)*. Przegląd Geologiczny nr 5, s. 469–476.
- Witczak S. Duńczyk L., 2004: *Regionalny wielowarstwowy model pola hydrodynamicznego w utworach fliszu karpackiego na przykładzie zlewni kryniczanki (płaszczowina magurska)*. Biuletyn PIG nr 404, s. 263–290.
- Witek K., 2006: *Pierwsza w polskich Karpatach Stacja Hydrogeologiczna*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 11, s. 67–69.