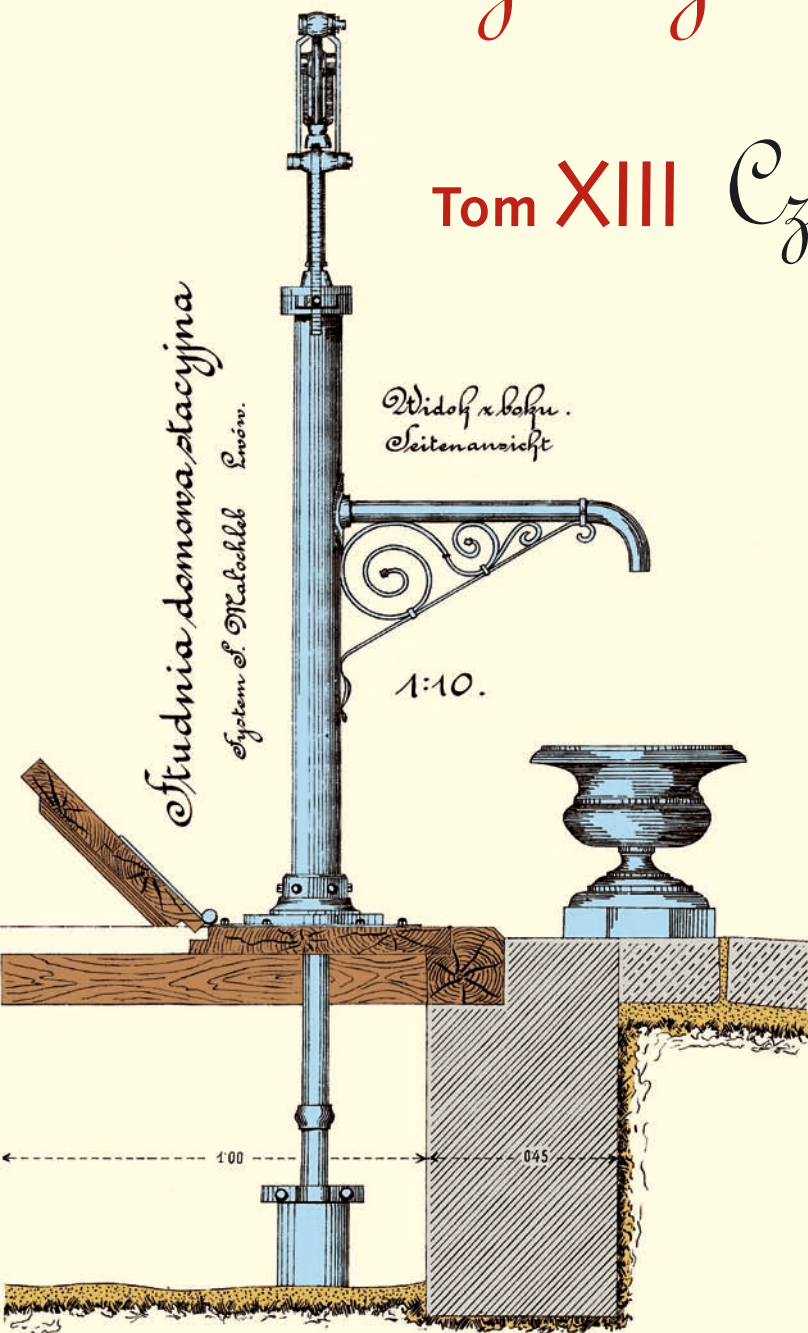


# Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 2.



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

**Sebastian Buczyński, Tomasz Olichwer,  
Robert Tarka, Stanisław Staśko**

**Zawodnienia formacji fliszowej Karpat  
w oparciu o wyniki badań źródeł Beskidu  
Krynickiego w rejonie Tylicza**

**Water Bearing of Carpathian Flysch Formation  
Base on Springs Research in Krynicki Beskid —  
Tylicz Region**

**Słowa kluczowe** wody podziemne, źródła, flisz, Karpaty

**Key words** groundwater, springs, flysch, Carpatian

**Abstract** Fresh and mineral water springs mapping and observation allowed to describe hydrogeological condition in flysch formation in Tylicz region (Carpathian). Based on 424 springs measurements groundwater occurrence is discussed. High groundwater runoff in range 6.9–7.21/s km<sup>2</sup> and spring density as 7.96 spring per km<sup>2</sup> are typical for mountainous terrains. However low discharge between 0.01 dm<sup>3</sup>/s–0.1 dm<sup>3</sup>/s of major springs and low value of hydraulic conductivity are resulted in low pumping well discharge. Water in the springs under observation belongs to low acid, neutral and low alkaline water considering pH value (average 7.4). Total dissolved solids of such fresh water in springs was in the range of 168 do 453 mg/dm<sup>3</sup>, with an average value of 308 mg/dm<sup>3</sup>.

## 1. Warunki geologiczne

Rejon Tylicza położony w południowo-wschodniej części płaszczowiny magurskiej leży na styku podjednostki sądeckiej (bystrzyckiej) i krynickiej. W profilu geologicznym wyróżnia się osady wieku środkowo-górno-eoceńskie. Strefa sądecka obejmuje formacje łupków pstrych z Łabowej, formację beloweską, żeleźnikowską oraz magurską. Do strefy krynickiej, gdzie dominują piaskowce, należą: formacja szczawnicka, zarzecka i magurska. Podjednostka krynicka charakteryzuje się budową fałdowo-blokową, podczas gdy południowa część podjednostki sądeckiej, jest wtórnie przefałdowaną, strefą synklinalną (Oszczypko, 1991; Oszczypko i in., 1999). W obszarze badań przebiegają dwie główne strefy tektoniczne zaznaczone uskokami o przebiegu równoleżnikowym Krynicy i prostopadłym do niego Tylicza.

## 2. Warunki hydrogeologiczne

Zgodnie z podziałem B. Paczyńskiego (1995) rejon Tylicza zaliczany jest do karpackiego regionu hydrogeologicznego (XIV). W regionie tym największe zasoby wód podziemnych stwierdza się głównie w dolinach rzecznych i kotlinach śródgórskich oraz w mniejszych ilościach w utworach facji fliszowej. Zasięg i miąższość formacji aluwialnych czwartorzędowych osadów w badanym górskim odcinku rzek Muszynki i Mochnaczki są niskie, stąd stanowią lokalne źródło wód podziemnych. Największe zasoby zwykłych wód podziemnych zawarte są w trzeciorzędowych skałach fliszu. Formacja fliszowa nie tworzy typowych poziomów wodonośnych a występowanie wód związane jest z ze strefami przypowierzchniowych spękań i zwietrzałych skał, często różnego wieku. Zgodnie z wynikami wcześniejszych badań dolna granica krążenia i wymiany słodkich wód podziemnych określana jest do głębokości 60-80 m, zależnie od typu skał (Chowaniec, 2006) lub do 100 m (Witczak, Duńczyk, 2004).

O zasobności wodnej serii fliszowych decydują ogniwa piaskowcowe, ich wykształcenie, stopień spękania i porowatość. Jak wykazują liczne prace, zakres porowatości piaskowców krynickich z Piwnicznej i z Maszkowic jest niski i wynosi od 1 do 10% maksymalnie. Intensywna tektonika oraz procesy wietrzeniowe tworzą korzystniejsze warunki dla rozwoju sieci spękań, które z kolei podnoszą własności kolektorskie serii fliszowych.

Wydajność studni wierconych w utworach fliszowych jest niska i z reguły zawiera się w przedziale 2-5 m<sup>3</sup>/h przy znacznych depresjach w granicach 10-25 m. Jedynie w strefach drożnych dyslokacji stwierdza się podwyższone zawodnienie.

Współczynniki filtracji ośrodka szczelinowo-porowego uzyskane w trakcie testów zmieniają się w granicach od  $1,13 \times 10^{-4}$  do  $1,25 \times 10^{-9}$  m/s (Nałęczki i in., 2004) i są to w większości przypadków wartości znacznie niższe o dotychczas przyjmowanych.

Wraz z głębokością intensywność wymiany wód maleje, ale rozkład ciśnień wynikający ze zróżnicowania morfologicznego terenu wskazuje na możliwość powolnej wymiany wód także na większych głębokościach, nawet rzędu 1500 m (Witczak, Duńczyk, 2004).

Zwykłe wody podziemne ujmowane są również w źródłach, które stanowią liczne objawy zawodnienia skał fliszowych i stanowią obiekt rozważań.

Wskaźnik krenologiczny dla badanego obszaru ( $F = 54,2 \text{ km}^2$ ) jest wysoki i wynosi 7,9. Generalnie wydajności źródeł są niskie a ich szczegółowa charakterystyka opisana w dalszej części. Wody słodkie charakteryzują się niską mineralizacją rzędu 100-500  $\text{mg/dm}^3$  i wykazują skład  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ , typowy dla wód strefy intensywnej wymiany. Wodom słodkim towarzyszą wody mineralne i lecznicze oraz ekshalacje dwutlenku węgla.

Wody lecznicze i mineralne podlegają podobnie jak w sąsiednich obszarach Krynicy Zdrój i Muszyny mieszanii z wodami zwykłymi a model tego procesu przedstawił Ciężkowski i inni (1999). Przeprowadzone badania terenowe i laboratoryjne oraz zestawienie statystyczne materiałów archiwalnych pozwalają na sformułowanie pewnych generalnych cech i własności wód badanego regionu zestawionych w tabeli 1.

Ze względu na szeroką rozpiętość mineralizacji wód leczniczych i mineralnych zamiast wartości średnich podano zakresy ich mineralizacji.

Na opisywanym terenie badań zaznacza się wyraźna różnica pH wód podziemnych. Wyższe wartości o ponad 1 jednostkę są typowe dla wód słodkich, podczas gdy temperatura tychże wód jest niższa o 0,40-0,9 °C, niż ma to miejsce w przypadku wód leczniczych. Zależność ta jest podstawą identyfikacji w czasie prac terenowych i przy analizie modelu mieszania.

**Tabela 1.** Średnie i modalne wartości odczynu, temperatury i mineralizacji dla wód podziemnych w rejonie Tylicza

**Table 1.** Average and module value of reactivity, temperature and mineralization of groundwater in Tylicz region

Typ wody	Odczyn pH	Temperatura [°C]	Mineralizacja [ $\text{mg/dm}^3$ ]
Wody zwykłe			
studnie wiercone	7,55 (7,55)	9,1 (9,05)	452 (439)
studnie kopane	7,46 (7,13)	8,9 (8,47)	367
źródła	7,34 (7,42)	8,5 ( 8,40)	308
Wody mineralne i lecznicze			
studnie wiercone	6,4 ( 6,40)	9,4 ( 9,50)	840-3368
źródła	6,3 (6,09)	9,5	101-3327

\* ( 7,55) – wartość modalna.

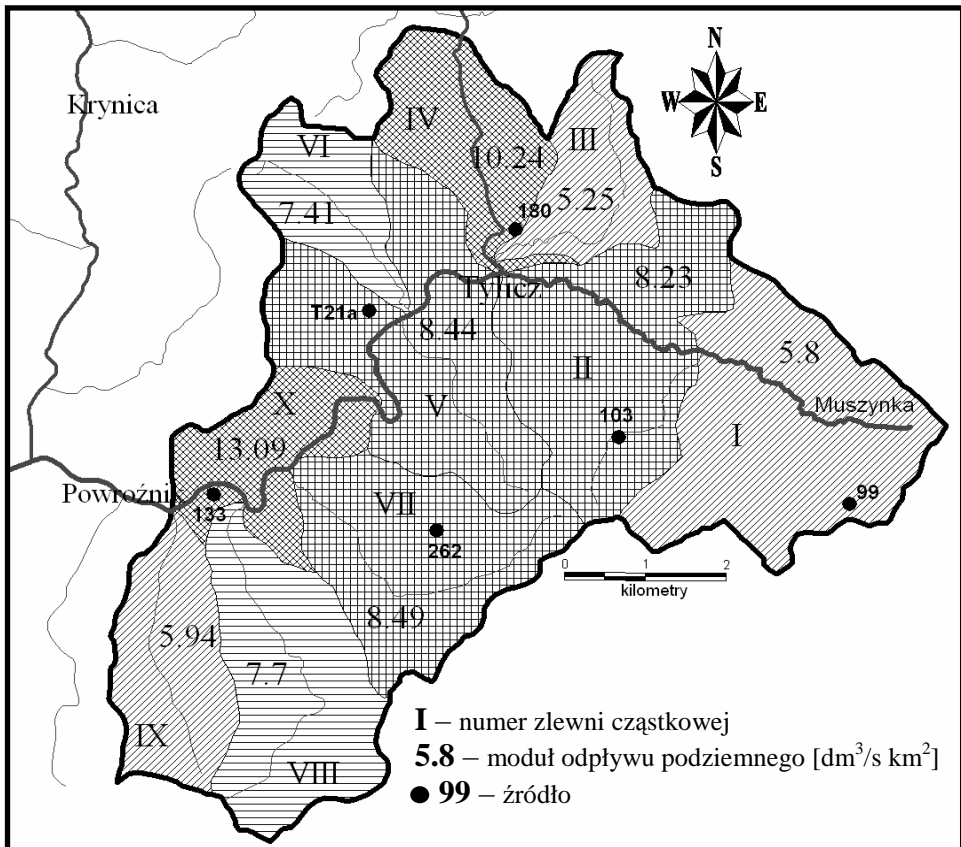
### 3. Wyniki pomiarów i badań terenowych i ich dyskusja

Badania terenowe prowadzone w okresie od maja 2006 do września 2006 roku pozwoliły zarejestrować 424 źródła, w tym 12 źródeł wód mineralnych. W ramach prac terenowych wykonano cztery serie pomiarów hydrometrycznych w zlewniach cząstkowych. Obliczenia odpływu podziemnego dokonano w oparciu o niskie przepływy w potokach i rzekach pomierzone w listopadzie 2005 i we wrześniu 2006 roku. Przy wydzieleniu okresów niżówkowych wykorzystano hydrogram odpływu całkowitego rzeki Muszynyki. Wyniki

i obliczenia pozwalają określić wartość odpływu podziemnego w zakresie wysokich wartości 5,2-13,1  $\text{dm}^3/\text{s km}^2$  co ilustruje rysunek 1.

W porównaniu do sąsiedniej zlewni Kryniczanki, gdzie notowano wartości od 1,6 – 11,6  $\text{dm}^3/\text{s km}^2$  (Ciężkowski i in., 1999) uzyskano mniejsze zróżnicowanie wartości odpływu podziemnego. Zaznaczyć należy, że średnie wartości otrzymane dla zlewni Muszynki i Kryniczanki odpowiednio 6,9 i 7,2  $\text{dm}^3/\text{skm}^2$  są wysokie i zbliżone. Wyższą wodonośność stwierdza się w strefie krynickiej, co wynika z przewagi spękanych piaskowców.

Szczególną uwagę poświęcono źródłom jako kryterium w ocenie wodonośności w obszarach górskich. Spośród naturalnych wypływów wód podziemnych najliczniej reprezentowane są źródła (365 punktów). Stanowią one 86% populacji wypływów. Pozostała ilość wypływów reprezentowana jest przez wysięki (59 wysięków). Biorąc pod uwagę położenie źródeł i wysięków i ich stosunek do elementów morfologicznych, spośród badanej grupy źródeł największą część z nich (174) stanowią źródła zboczowe. Nieco mniej, bo 161, to źródła dolinne. Najmniejszą grupę, 89 źródeł, stanowią źródła stokowe.



**Rysunek 1.** Mapa zmienności odpływu podziemnego zlewni górnej Muszynki

**Figure 1.** Groundwater runoff map in upper Muszynka river catchment

Pod względem wydajności źródła zlewni Muszynki są głównie źródłami o bardzo małym wydatku. Pomiary wydajności wykazały, że zaledwie 39,15% to wypływy o wydajności powyżej 0,1 dm<sup>3</sup>/s. Wśród źródeł zdecydowanie dominują wypływy o wydajności od 0,01 dm<sup>3</sup>/s do 0,1 dm<sup>3</sup>/s, które stanowią 53,78% wszystkich zarejestrowanych wypływów. 35,38% to wypływy o wydajności od 0,1-1 dm<sup>3</sup>/s.

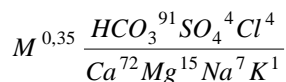
Sumaryczna wydajność źródeł na danym terenie wyniosła ponad 120,7 dm<sup>3</sup>/s, co daje wartość odpływu źródlanego 2,26 dm<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. W porównaniu do zlewni Kryniczanki gdzie na powierzchni 43,2 km<sup>2</sup> stwierdzono odpływ źródłany niemal dwukrotnie niższy - 63 dm<sup>3</sup>/s podczas pomiarów letnich w 1998 roku (Ciężkowski i in., 2001). Niemniej jednak są to kilkakrotnie wyższe wartości w porównaniu np. do obszarów Sudetów (Staško, 2002, Olichwer, 2003, Staško, Tarka, 2002).

Na terenie badań, ze względu na wydatek, zwracają uwagę cztery miejsca wypływów źródła 99 i 103, źródło 262 oraz źródło 180. Pierwsze dwa źródła 99 i 103 położone są na S-E obszaru badań w rejonie góry Bukowina i wykazywały wydajności wynoszą odpowiednio 3,63 i 3,25 dm<sup>3</sup>/s. Źródło 262 położone jest w S części zlewni, dając początek jednemu z cieków zasilających potok w Dolinie Borsuczej. Bez wątplenia najbardziej wydajnym źródłem, które zmierzono w trakcie prac terenowych było źródło 180. Wydajność tego źródła wynosiła 5 dm<sup>3</sup>/s. Źródło to położone jest w N części na S-W stoku góry Łan.

Najniżej położone źródło w zlewni znajduje się na wysokości 520 m n.p.m., najwyżej 875 m n.p.m., najwięcej źródeł wypływa w przedziale wysokości 601-650 m n.p.m. (rys. 2.). Sugeruje to duża gęstość spękań tektonicznych i wietrzeniowych u podstawy powierzchniami zrównań, jak również wynika z pojemności wyżej położonych obszarów alimentacji. Warunki takie sprzyjają gromadzeniu i krążeniu wód podziemnych. Temperatura wód źródłanych zawierała się w przedziale 6,1°C do 13°C. Przy czym wyższe temperatury miały wody wypływające w postaci wsięków oraz źródła charakteryzujące się wydajnością poniżej 0,1 dm<sup>3</sup>/s. Nie zaznaczył się efekt wysokościowy w rozkładzie temperatur. Wnioskować z tego można, że zmiany temperatury wody podziemnej wydatniejszych źródeł nie są związane ze zmianami średniej rocznej temperatury powietrza wraz z wysokością nad poziom morza.

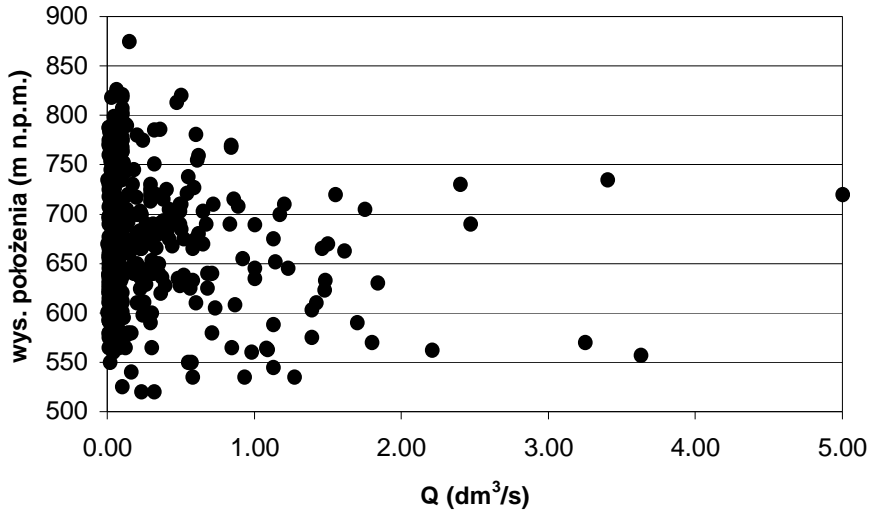
Pod względem odczynu pH charakteryzowane wody zwykle źródeł badanego obszaru należały do wód słabo kwaśnych, obojętnych i słabo zasadowych. Odczyn pH badanych wód (notowany w roku 2006) wahał się od 5,30 do 8,15, ze średnią arytmetyczną równą 7,34 i medianą równą 7,42. Mineralizacja ogólna zwykłych wód podziemnych drenowanych przez źródła na badanym obszarze zlewni Muszynki wahała się od 168 do 453 mg/dm<sup>3</sup> ze średnią arytmetyczną równą 308 mg/dm<sup>3</sup>.

Typowy skład chemiczny wód źródłanych w zapisie wg. Kurlowa wyrażonym w % mvali dla źródła 133 wygląda następująco:



Analizując skład jonowy wód zwykłych 8 źródeł rejonu badań, z roku 2006, zaliczono je do dwóch typów chemicznych. Były to wody o przewodze jonu wodorowęglanowego. Wśród

kationów dominował jon wapniowy, w mniejszym stopniu jon magnezowy. Wody typu  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  (I typ) występowały w dwóch z badanych źródeł. Wody typu  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  (II typ) występowały w pozostałych sześciu badanych źródłach.



**Rysunek 2.** Wykres wydajności źródeł i ich wysokości położenia

**Figure 2.** Graph of spring's discharge versus elevation

Opisując źródła rejonu Tylicza warto odrębnie scharakteryzować źródła szczaw (tab. 2). Interesująca jest wysokość położenia ich wypływu a szczególnie ich występowanie w najniższych partiach zlewni wskazuje, że związane są one najczęściej z dnami dolin (stref tektonicznych). Pod względem wydajności źródła szczaw zaliczyć można wg podziału O. Meinzera w większości do klasy VII (podobnie źródła wód zwykłych),

**Tabela 2.** Charakterystyka źródeł szczaw w zlewni Muszynki na podstawie wyników prac terenowych

**Table 2.** Characteristic of springs with high carbon dioxide contains in Muszynka catchment base on field measurements results

Parametr	Jednostka	Liczba zbadanych źródeł	Wartości		
			Minimum	Średnia	Maximum
Wydajność	$\text{dm}^3/\text{s}$	14	0,01	0,07	0,51
Zawartość $\text{CO}_2$	$\text{mg}/\text{dm}^3$	14	550	1198,45	2580
pH		14	4,19	5,82	7,13
PEW	$\mu\text{S}/\text{cm}$	14	740	1270	2800
Wysokość położenia	m n.p.m.	14	561	591	630



nieliczne tylko do klasy VI. Średnia całkowita wydajność szczaw jest prawie dwukrotnie niższa od źródeł wód zwykłych, a ich sumaryczna wydajność wynosi tylko nieco ponad  $0,96 \text{ dm}^3/\text{s}$ . W tej sytuacji wyjątkowe jest ujęte źródło T-21a (ok.  $0,51 \text{ dm}^3/\text{s}$ ). W sumie daje one ponad połowę wydajności sumarycznej szczaw w całej zlewni Muszynki.

Nie stwierdzono korelacji pomiędzy wydajnością źródeł szczaw a ich temperaturą, zawartościami jonu  $\text{HCO}_3$  i  $\text{CO}_2$ . Niewidoczne są również związki pomiędzy wysokością (w m.n.p.m) wypływu szczaw a ich wydajnością, temperaturą i mineralizacją.

Obecnie tylko cztery źródła szczaw (T-1, T-7, T-11 i T-21) posiadają odpowiednie ujęcia. Prymitywnie obudowane są 2 inne źródła (T-10 i Powroźnik) pomimo, że źródła takie mogą stanowić dużą dodatkową atrakcję miejscowości.

W porównaniu do badań archiwalnych (Porwisz i in., 1995,1998, Poprawski i in., 1998) prowadzonych na tym terenie zarejestrowano zanik 17 źródeł co stanowi 4 % badanej populacji. Z wywiadu terenowego wynika, że fakt ten obserwowano po wielkiej powodzi z 1997 i mniejszej z 1998 roku. Potwierdziły to obserwacje terenowe w odniesieniu do źródeł z wodami typu szczaw. Pomimo bardzo dokładnego kartowania obszaru badań w 2006 roku, nie stwierdzono źródeł szczaw w miejscach które wskazywał Porwisz w swojej dokumentacji. Źródła, które zanikły oznaczone były w dokumentacji Porwisza i inni (1995) jako 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 38, 39, 40, T-15, T-18, M-2, T-14, T-14a, T-14b, T-2.

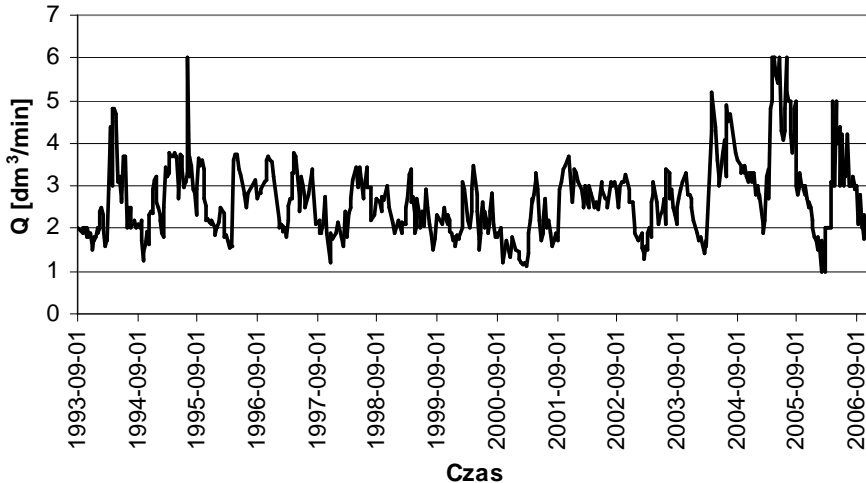
W ostatnich czasach podnoszony jest problem racjonalnego (zrównoważonego) wykorzystania zasobów wodnych tego regionu (Szczepański, Szklarczyk, 2005) oraz zagrożenia w gospodarowaniu zasobami wód leczniczych. W zlewni Kryniczanki i Muszynki wieloletnie eksploatacje wód słodkich i leczniczych wprowadzają pewne modyfikacje systemów przepływu. Obserwował to między innymi Ciężkowski i inni (2001) w zlewni Kryniczanki gdzie na 69 źródeł szczaw (sumaryczny wydatek  $2,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ ) w 19 % zaobserwowano ich zanik. Nie istniejące źródła szczaw stanowiły kilka procent sumarycznego wydatku szczaw.

Takich relacji nie stwierdza się w przypadku zlewni Muszynki, zanik wypływów wód leczniczych nie przekracza błędu pomiarowego tj. 2 %. Z drugiej strony zmiany obserwowane np. w wydajności źródła T-1 nie wskazują na obniżenie wydajności, a wprost przeciwnie w ostatnich latach 2004-2006 obserwowano wzrost wypływu w tym miejscu (rys. 3).

## 4. Wnioski

Przeprowadzone badania hydrologiczne i krenologiczne wskazują iż średni odpływ podziemny z formacji fliszowej w rejonie Tylicza wykazuje wysokie wartości rzędu  $6,9-7,2 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{km}^2$  (zlewnie Muszynki-Kryniczanki) z czego aż  $2,2 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{km}^2$  zachodzi poprzez źródła. Zbiorniki wód podziemnych mają znaczną pojemność i gromadzą wysokie zasoby. Wysokim wartościom odpływu podziemnego ze szczelinowo-porowego zbiornika towarzyszą niskie wartości współczynnika filtracji oraz niskie wydajności studni typowej. Świadczy to o rozproszonym strumieniu wód podziemnych skupiającym się, w strefie drenażu, w skomplikowanej sieci szczelin i spękań trudnej do ujęcia otworem pionowym.

Przedstawione fakty i porównania wskazują na potrzebę specyficznego (odmiennego) podejścia do zagadnień klasyfikacji obszarów górskich Karpat podobnie jak i Sudetów pod względem wodonośności.



**Rysunek 3.** Wykres wydajności źródła wód mineralnych T-1

**Figure 3.** Graph showing mineral water spring T-1 discharge

## 5. Literatura

- Chowaniec J., 2006: *Hydrogeologia Karpat*. PG vol. 54, nr 10: 846-845.
- Ciężkowski W., Kozłowski J., Liber- Madziarz E., Przylibski T. A., Żak S., 1999: *Zróżnicowanie modułu odpływu podziemnego w zlewni Kryniczanki w okresie niżówkowym*. PG vol 47, nr 6: 564-566.
- Ciężkowski W., Józefko I., Schmalz A., Witczak S., 1999: *Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i dwutlenku węgla (jako kopaliny towarzyszącej) oraz ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (zwykłych oraz leczniczych i o właściwościach leczniczych) w zlewni Kryniczanki*. Politechnika Wrocławska (niepublikowana).
- Ciężkowski W., Schmalz A., Żak S., 2001: *Charakterystyka krenologiczna zlewni Kryniczanki w Beskidzie Sądeckim*. WPH t. X 141-148. Wrocław.
- Nałęcki P., Reško D., Schmalz A., Witczak S., 2004: *Charakterystyka parametrów hydrogeologicznych szczelinowo-porowego złoża wód leczniczych w Krynicy*. Biuletyn PIG, 404: 144-164.
- Oszczypko N., 1991: *Stratigraphy of the Palaeogene Deposits of the Bystrica subunit (Magura Nappe, Polish Outer Carpathians)*. Biul. Pol. Acad. Sc., Earth Scs., vol. 39, 4: 415-431.

- Oszczypko N., Malata E., Oszczypko-Clowes M., Duńczyk L., 1999: *Budowa geologiczna Krynicy (płaszczowina magurska)*. PG vol. 47 nr 6: 549-559.
- Olichwer T., 2003: *Zasoby wodne w obszarach górskich na przykładzie Masywu Śnieżnika oraz Gór Bystrzyckich*. WPH XI, tom 2:39-42 Wyd. Politechnika Gdańska, Gdańsk.
- Paczyński B., (red ) 1995: *Atlas hydrogeologiczny Polski 1 500 000 cz. II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód*. PIG Warszawa.
- Poprawski L., Biniak G., Gurwin J., Jasiak T., 1998: *Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych (zwykłych i leczniczych) na obszarze gmin uzdrowiskowych Krynica, Muszyna i Piwniczna*. Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Usługowo-Handlowe "Hydrogeo" Ltd. Wrocław (niepublikowana).
- Porwisz B., Radwan J., Zuber A., Kowalski J., Mądry J., Cisek J., 1995: *Określenie obszarów alimentacji złóż wód podziemnych (zwykłych, mineralnych i leczniczych) eksploatowanych otworami studziennymi przez Zakład Produkcji Wód Mineralnych „Multico”*. Archiwum PG Kraków (niepublikowana).
- Porwisz B., Radwan J., Zuber A., Kowalski J., Mądry J., Cisek J., 1998: *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych z utworów trzeciorzędowych ujętych dla potrzeb ZPWW "Multico" w Tyliczu*. Przedsiębiorstwo Naukowo-Techniczne "OMEGA" Kraków (niepublikowana).
- Staśko S., 2002: *Zawodnienie szczelinowych skał krystalicznych w Sudetach*. Biuletyn PIG, 404; 249-262 Warszawa.
- Staśko S., Tarka R., 2002: *Zasilanie i drenaż wód podziemnych w obszarach górskich na podstawie badań w masywie Śnieżnika*. Prace Geol.-Mineral.: 1-86, Wyd. Uniw. Wrocław.
- Szczepański., Szklarczyk T., 2005: *Zagrożenia w gospodarowaniu zasobami wód leczniczych na przykładzie rejonu Krynicy i Muszyny*. WPH t.XII: 696-700 Toruń.
- Witczak S., Duńczyk L., 2004: *Regionalny wielowarstwowy model pola hydrodynamicznego w utworach fliszu karpackiego na przykładzie zlewni kryniczanki (płaszczowina magurska)*. Biuletyn PIG, 404: 263-290.

*Autorzy wyrażają podziękowanie spółce „MULTIVITA” Sp. z o. o. za wsparcie finansowe badań naukowych.*