

## Hydrogeologiczne badania krasu tatrzańskiego – stan obecny i perspektywy

Grzegorz Barczyk

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych  
02-089, al. Żwirki i Wigury 93/95*

**Słowa kluczowe:** Tatry, kras, hydrogeologia

**Keywords:** Tatra Mts., karst, hydrogeology

### Streszczenie

Badania obszarów krasowych, zwłaszcza w rejonach wysokogórskich nierozzerwalnie związane są z badaniami hydrogeologicznymi tych obszarów. Zasilanie, krążenie i drenaż masywu górskiego – w obszarach krasowięjących – uwarunkowane jest w znacznej mierze rozwojem procesów i sieci krasowej. Przebieg rozpoznania systemów wywierzyzkowych Tatr Polskich można w układzie chronologicznym podzielić na cztery etapy. Stan zaawansowania badań w przypadku poszczególnych wywierzyzk tatrzańskich nie jest jednakowy. Praktycznie badania dotyczące wszystkich wywierzyzk znajdują się na poziomie czwartego z wymienionych wyżej etapów. Jedynie w przypadku Wywierzyzk Bystrej nadal brak jest znaczących empirycznych potwierdzeń teoretycznie wyznaczonego obszaru zasilania.

Praktycznie wszystkie barwienia prowadzone na terenie Tatr Polskich miały charakter barwień jakościowych, opierających się na optycznym stwierdzeniu przepływu znacznika.

Tak jak procesy krasowe związane są z działaniem wody, tak badania obszarów krasowych nierozzerwalnie związane są z badaniami hydrogeologicznymi. Bez rozpoznania warunków hydrogeologicznych panujących na obszarze wodonośca krasowego, bez określenia dynamiki zasilania, krążenia i drenażu wód krążących w masywie – nie jest możliwe pełne poznanie dynamiki procesów krasowych, nie jest możliwa pełna charakterystyka obszaru krasowego.

Do badań hydrogeologicznych obszarów krasowych – generalnie – używa się tych samych metod, tych samych instrumentów badawczych, jakie stosowane są w praktyce hydrogeologicznej w stosunku do innych wodonośców – szczelinowych, porowych. Podstawą są wiercenia, eksperymenty badawcze prowadzone w odwiertach, studniach (próbne pompowania), badania znacznikowe dotyczące dróg krążenia w masywie, ob-

serwacje stacjonarne (monitoring), pomiary wydajności źródeł i objętości przepływu, wszelkiego rodzaju obliczenia hydrogeologiczne, modelowanie.

W przypadku Tatr, a w szczególności obszaru objętego ochroną poprzez Tatrzański Park Narodowy, praktyczne wykorzystanie znacznej części tych metod jest niemożliwe – z racji obowiązujących na terenie parku narodowego przepisów. Jedynie metody bezinwazyjne (bądź inwazyjne w stopniu minimalnym) możliwe są do wykorzystania. Do tych metod należą badania znacznikowe, pomiary wydajności źródeł, objętości przepływów, monitoring parametrów fizyko-chemicznych i składu chemicznego, badania znacznikowe czy obliczenia hydrogeologiczne oparte o wyniki prowadzonych obserwacji.

Hydrogeologiczne badania krasu tatrzańskiego – w swej istocie – sprowadzały się i nadal polegają głównie na określeniu przestrzennego rozkładu systemów wywierzyzkowych jak również badaniu zasilania, krążenia i odpływu wód cyrkulujących w ich obrębie. Badania te – od samego początku naukowego zainteresowania krasem tatrzańskim (nawet jeszcze przed utworzeniem Tatrzańskiego Parku Narodowego) opierały się głównie na eksperymentach znacznikowych (barwieniach) oraz interpretacji wyników obserwacji stacjonarnych wód podziemnych i powierzchniowych. Rozpoznanie i identyfikacja systemów wywierzyzkowych pozwala na scharakteryzowanie całego obszaru krasowego. Przebieg rozpoznania systemów wywierzyzkowych Tatr Polskich można, w układzie chronologicznym podzielić na cztery etapy:

**etap początkowy** – obejmował teoretyczne określenie obszarów zasilania i kierunków przepływów podziemnych dokonywane wyłącznie na podstawie znajomości budowy geologicznej, wykształcenia litologicznego i tektonicznego zaawansowania masywu. Etap ten trwał praktycznie od początku zainteresowania dużymi źródłami na terenie Tatr – aż do czasów współczesnych. Systematyczne badania L. Zejsznera (Głazek 1995) i innych badaczy XIX i początków XX wieku wiązały się z coraz większą ilością informacji dotyczących obszarów krasowych, źródeł, wywierzyzk. Artykulacją wiedzy

na ten temat była niewątpliwie praca A. Wrzoska (1933) dotycząca zjawisk krasowych Tatr Polskich. Przedstawione w niej zostały między innymi teoretyczne obszary zasilania dla poszczególnych wywierzysk (Barczyk 2003).

**etap praktyczny** – to potwierdzenie (głównie poprzez eksperymenty znacznikowe) zakładanych na poprzednim etapie rozwiązań. W przypadku systemów wywierzyskowych Tatr Polskich etap ten rozpoczął się w latach 60-tych XX wieku. Przeprowadzono wtedy (Sobol 1959, Dąbrowski 1967, Dąbrowski, Rudnicki 1964, Dąbrowski, Głazek 1968, Solicki, Koisar 1973) szereg badań znacznikowych dokumentujących zasięg systemów wywierzysk: Goryczkowego, Olczyskiego, Lodowego i Chochołowskiego, identyfikujących poszczególne ponory związane przepływami krasowymi z wyżej wymienionymi wywierzyskami. Jedynie dla Wywierzysk Bystrej nie udało się metodami eksperymentalnymi określić obszaru zasilania (udokumentowano jedynie połączenie z jaskinią Bystrą).

**etap badań hydrogeologicznych** – to okres objęcia stałymi obserwacjami hydrologicznymi i hydrogeologicznymi przypuszczalnych obszarów zasilania wywierzysk, odnajdywanie kolejnych połączeń krasowych. Stacjonarne obserwacje hydrogeologiczne rozpoczęły się na terenie Tatr Polskich praktycznie w połowie lat 70-tych XX wieku. W tym okresie prof. D. Małecka wraz z zespołem założyła sieć posterunków wodowskazowych usytuowanych wzdłuż głównych potoków tatrzańskich (od obszarów źródłkowych aż do ich wylotu z masywu tatrzańskiego). Także przy większych źródłach, w tym przy wywierzyskach, zostały zainstalowane wodowskazy. Odczyty stanów wodowskazowych prowadzone były kilka razy w miesiącu. Interpretacja uzyskiwanych wyników stanowiła podstawę licznych opracowań dotyczących hydrogeologii Tatr (Barczyk 1993, 1994, Małecka 1984, 1985, 1993, 1996, 1997, Małecka, Humnicki 1989, Humnicki 1992, Pachla, Zaczekiewicz 1985). W latach 70-tych i 80-tych XX wieku badania dotyczące wyłącznie krasowych systemów wywierzyskowych prowadzone były jednak w bardzo ograniczonym zakresie. W tym okresie, w systemie wywierzyska Chochołowskiego wykonano pierwsze i jak dotychczas jedyne badanie znacznikowe – ilościowe (Rogalski 1984).

**etap monitoringu systemów wywierzyskowych** – to praktycznie współczesny, ostatni etap badań hydrogeologicznych krasu tatrzańskiego, łączący i jednocześnie rozszerzający zakres badań z poprzednich etapów. Etap ten obejmuje dokładne wyznaczenie obszaru zasilania poszczególnych źródeł czy wywierzysk w oparciu o barwienia, obserwacje stacjonarne z uwzględnieniem obserwacji meteorologicznych i obliczeń parametrów hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych. Od końca lat 90-tych XX wieku praktycznie wszystkie wywierzyska tatrzańskie objęte zostały stałym monitoringiem hydrogeologicznym. Sieć automatycznych rejestratorów (limnimetrów) zapisujących wahania stanów wodowskazowych w odstępach 30 minutowych pozwalała na stałą obserwację procesów hydrologicznych. Dodatkowe dane

uzyskiwane dzięki ciągle działającej sieci wodowskazowej pozwoliły na przeprowadzenie obliczeń hydrogeologicznych dotyczących dynamiki przepływów i chemiczmu wód. Od roku 2000 rozpoczęto (w przypadku większości wywierzysk) regularne barwienia mające na celu udokumentowanie wszystkich połączeń krasowych i dokładne określenie obszarów zasilania.

Wyniki badań geologicznych masywu tatrzańskiego, uzupełnione o rezultaty uzyskane na poszczególnych, przedstawionych powyżej etapach, pozwoliły wyróżnić na obszarze Tatr Polskich pięć głównych systemów wywierzyskowych: wywierzyska Chochołowskiego, Lodowego, wywierzysk Bystrej, Goryczkowego i Olczyskiego.

Niestety – w stosunku do poszczególnych systemów stopień ich rozpoznania jest różny. Odnosząc się do wymienionych powyżej etapów można stwierdzić, że dla każdego z tych systemów zrealizowane zostały niektóre elementy związane z poszczególnymi etapami – jednak dla różnych wywierzysk stopień ich realizacji jest różny.

W oparciu o badania terenowe udało się określić podstawowe parametry tych systemów takie jak: rzędne stref ponorowych (z wyjątkiem systemu wywierzyskowego Bystrej), rzędne stref wypływów, odległości (w linii prostej) pomiędzy tymi strefami, stopień nachylenia, średnie prędkości pozorne przepływu pomiędzy nimi (Barczyk 2008). Na podstawie monitoringu wypływów i przeprowadzonych obliczeń hydrogeologicznych możliwe było określenie prawidłowości związanych z reakcją wywierzysk na zasilanie, dynamiką krążenia i drenażu, wyznaczenie zależności pomiędzy stanem zawodnienia masywu, a czasem krążenia wody w systemie. Oszacowane zostały (w przypadku czterech z wymienionych systemów) teoretyczne powierzchnie zasilania, określono szacunkowe objętości wody magazynowanej w zbiornikach lokalnych. Całościowa charakterystyka poszczególnych systemów została przedstawiona w wydanej w 2008 roku przez TPN monografii „Tatrzańskie wywierzyska. Krasowe systemy wywierzyskowe Tatr Polskich.” autorstwa G. Barczyka. Konkluzją tej monografii – w odniesieniu do rozwijających się współcześnie, na terenie Polskich Tatr procesów krasowych – jest stwierdzenie, że w Tatrach mamy do czynienia z trzema odrębnymi, pojedynczymi systemami wywierzyskowymi (wyw. Lodowego, Chochołowskiego i Bystrej) odwadniającymi osobne (współcześnie) obszary krasowe i z jednym, podwójnym systemem (wywierzysk Goryczkowego i Olczyskiego) odwadniającym obszar wspólny. W takim ujęciu obszary odwadniane przez te systemy wywierzyskowe odpowiadają pojęciu zbiornika lokalnego określanego przez Mangine'a (1975). Jednocześnie wyraźne podobieństwa w objętościach zbiorników regionalnych określanych dla poszczególnych wywierzysk mogą świadczyć, że w istocie cały obszar krasowy związany z utworami serii wierzchowych stanowił w przeszłości jeden zbiornik krasowy odwadniany wspólnie przez pięć systemów wywierzyskowych, których separacja – związana z pogłębianiem dolin – dobiega powolnego końca.

Jak wspomniano wyżej – stopień rozpoznania systemów wywierzyzkowych na terenie Tatr Polskich nie jest jednakowy. W przypadku każdego z systemów „brakuje” pewnych elementów, które pozwoliłyby na jeszcze pełniejsze i dokładniejsze scharakteryzowanie zarówno hydrogeologii obszaru krasowego Tatr Polskich, jak i poszczególnych systemów.

Lista tych „braków” – to jednocześnie spis tematów badawczych jakie należałoby niezbędnie podjąć.

Do najważniejszych, priorytetowych należy zaliczyć jak najdokładniejsze wyznaczenie obszarów zasilania poszczególnych wywierzyisk. Spora liczba barwień jaka została do czasów dzisiejszych wykonana w systemach wywierzyisk Chochołowskiego czy Goryczkowego – dotyczy głównie pojedynczych połączeń ponor-wywierzyisko i nie pozwala na dokładne wyznaczenie granicy obszarów zasilania. W przypadku systemu wywierzyiska Lodowego – nadal nie zostały potwierdzone połączenia krasowe ze znaczną liczbą dużych systemów jaskiniowych. Połączenie pomiędzy strefą ponorową w Dolinie Pańszczyca, a wywierzyiskiem Olczyskim wykazane w latach 60-tych XX wieku przez Głazka – doczekało się jedynie pojedynczego powtórzenia, a w przypadku systemu wywierzyiskowego Wywierzyisk Bystrej – praktycznie nie ma udokumentowanego barwieniami połączenia typu ponor-wywierzyisko.

Kolejnym – bardzo ważnym zadaniem jakie powinno być realizowane w badaniach dotyczących hydrogeologii krasu tatrzańkiego – jest przeprowadzenie barwień ilościowych (lub pół-ilościowych) i rezygnacja z powtarzania barwień znacznikowych. Pomijając „estetyczną” szkodliwość tych ostatnich (barwnik wprowadzany do wody obserwowany jest organoleptycznie – czyli musi być użyty w dużym stężeniu), badania ilościowe pozwalają na bezpośrednie uzyskanie wielu informacji dotyczących samego zbiornika alimentacyjnego (pojemność, czas wymiany) i jednocześnie są o wiele bardziej czułe i dokładniejsze – zwłaszcza w wyznaczaniu wszelkich możliwych połączeń.

Wymienione wyżej problemy badawcze dotyczą wszystkich pięciu systemów wywierzyzkowych, choć w różnym stopniu. Poza nimi, w odniesieniu do poszczególnych systemów traktowanych indywidualnie można – na zasadzie zasygnalizowania – wymienić kilka ciekawych i perspektywicznych tematów wartych zainteresowania.

W przypadku systemu wywierzyiska Chochołowskiego takim interesującym tematem badawczym z pewnością jest wykazanie połączenia krasowego pomiędzy systemem jaskini Bańdzioch Kominiarski a Wywierzyiskiem Chochołowskim, jak również potwierdzenie (lub wykluczenie) połączenia z Wywierzyiskiem Lodowym, która to możliwość sugerowana była na podstawie przeprowadzonego w latach 80-tych XX wieku przez Rogalskiego (1984), jedyne dotychczas w Polskich Tatrach barwienia pół-ilościowego.

Dla systemu Wywierzyiska Lodowego z pewnością ważnym problemem będzie wyznaczenie granicy po-

między obszarem zasilającym to wywierzyisko, a rejonem odwadnianym przez system jaskini Wodnej pod Pisaną. Istotne informacje dotyczące hydrogeologii całego masyw Czerwonych Wierchów z pewnością mogą zostać uzyskane podczas barwień prowadzonych w wielkich systemach jaskiniowych tego masywu, między innymi w jaskini Małej w dol. Mułowej, systemie Śnieżnej i innych.

Badania systemu wywierzyiskowego wywierzyisk Bystrej i wywierzyiska Goryczkowego powinny pozwolić na wyznaczenie granicy pomiędzy obszarami zasilającymi te wywierzyiska. W stosunku do systemu Wywierzyiska Goryczkowego zarówno badania znacznikowe, monitoring wód po południowej stronie Tatr, a także szczegółowa analiza tektoniki obszaru alimentacyjnego – powinno umożliwić potwierdzenie (lub wykluczenie) istnienia krasowych przepływów trans granicznych, jak również przepływów krasowych realizowanych na granicy pomiędzy utworami krystalicznej „wyspy Goryczkowej” i utworami serii wierchowej.

Przedstawiona powyżej lista tematów/problemów badawczych jakie oczekują na realizację to oczywiście ogólny zarys problematyki – jaka powinna zostać podjęta w stosunku do obszarów krasowych Tatr Polskich.

Badania hydrogeologiczne krasu tatrzańkiego – które pozwoliły uzyskać odpowiedzi na wiele pytań dotyczących krasowego wodonośca, genezy, współczesnych procesów zachodzących na tym obszarze – nadal powinny być kontynuowane.

### **Hydrogeological investigation of the karst areas in the Tatra Mountains (Poland) – present state and perspectives**

Investigation of karst areas, especially in alpine regions, is inseparably connected with hydrogeological investigations in these areas. Feed circulation and drainage of mountain massif – in karst areas – is conditioned to a large degree by the development of the karst processes and the karstic net. Recognition process of karst springs systems of Polish Tatra Mts. can be divided into four stages in chronological arrangement. Progress status of investigations in the case individual karst springs of the Tatra Mountains is not identical. In practice investigations related to all springs are on level fourth from the stages listed above. Only in the case of Wywierzyiska Bystrej still there are no significant empirical confirmations to theoretically determined feed area.

Practically all dyeing operations on the territory of Polish Tatra Mts. were qualitative dyeing, basing on the optical confirmation of flow of gauge.

### **Literatura**

Barczyk G., 1993. Zastosowanie metody Radczuk & Szarskiej do obliczania odpływu podziemnego w górskich obszarach krasowych. Współczesne Problemy Hydrogeologii 6, 341–345, Wrocław.

- Barczyk G., 1994. Wody krasowo-szczelinowe Tatr Zachodnich i problemy ich ochrony. niepublikowana praca doktorska, arch. IHiGI WG UW. Warszawa.
- Barczyk G., 2003. Circulation in present-day karst systems sourcing the vaucluse springs in the Polish Tatra Mts., based on tracer methods and limnometric observations, *Geological Quarterly*, 47 (1), 97–106 Warszawa.
- Barczyk G., 2008. Tatrzańskie wywierzyska, Krasowe systemy wywierzyskowe Tatr Polskich. Wydawnictwa TPN, 1–175.
- Dąbrowski T., 1967. Zagadnienia Hydrogeologii krasu Wyżniej Bramy Chochołowskiej. *Prace Muzeum Ziemi* 11, 267–270, Warszawa.
- Dąbrowski T., Głazek J., 1968. Badania przepływów krasowych we wschodniej części Tatr Polskich. *Speleologia*, 3 (2), 85–98, Warszawa.
- Dąbrowski T., Rudnicki J., 1964. Obserwacje nad warunkami hydrogeologicznymi krasu w obrębie serii Kominów Tylkowych i Czerwonych Wierchów w Tatrach Zachodnich. *Seminarium Speleologiczne I Ogólnopolskiego Zjazdu Badaczy Krasu*. 21–35, Kielce.
- Głazek J., 1995. Hydrografia krasowa Tatr Polskich. W: Grodzicki J. (red.), *Jaskinie Tatrzańskiego Parku Narodowego*, 4, 11–30, Warszawa.
- Humnicki W., 1992. Współzależność wód podziemnych i powierzchniowych zlewni Białki w Tatrach na tle budowy geologicznej. niepublikowana praca doktorska, arch. IHiGI WG UW. Warszawa.
- Małecka D., 1984. Rola masywu tatrzańskiego w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych górnej części zlewni Dunajca. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*, 5 (1), 129–147, Białowieża.
- Małecka D., 1985. *Studia hydrogeologiczne krasu Tatr Polskich*. Gacek. 2/41, 14–30, Kraków.
- Małecka D., 1993. *Hydrogeologia Krasu Tatrzańskiego*. W: Grodzicki J. (red.) *Jaskinie Tatrzańskiego Parku Narodowego*, 3, 11–35, Warszawa.
- Małecka D., 1996. *Hydrogeologiczna charakterystyka Tatr w świetle badań monitoringowych*. W: Kotarba A. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*, I, 19–30, Zakopane.
- Małecka D., 1997. Źródła masywu tatrzańskiego. *Acta Universitatis Lodzianensis*, 2, 9–25, Łódź.
- Małecka D., Humnicki W., 1989. Rola warunków hydrodynamicznych w kształtowaniu reżimu wywierzyska Olczyskiego. *Przegląd Geologiczny*, 2, 78–84, Warszawa.
- Mangine A., 1975. Contribution a l'etude hydrodynamique des aquiferes karstiques. *Ann. Speleol.*, 29 (3, 4), 283–332, 495–601, 30 (1), 21–124, Moulis.
- Pachla J., Zaczekiewicz W., 1985. Drogi krążenia wód krasowych na przykładzie zlewni potoku Sucha Woda. *Gacek*, 2, 39–44, Kraków.
- Rogalski R., 1984. *Badania znacznikowe przepływów podziemnych w Dolinie Chochołowskiej w Polskich Tatrach Zachodnich*. *Przegląd Geologiczny*, 32(4), 223–225, Warszawa.
- Sobol H., 1959. *Badania stosunków wodnych i zjawisk krasowych na terenie cieplicy w Jaszczurówce*. *Speleologia*, 1 (1/2), 13–27, Warszawa.
- Solicki T., Koisar B., 1973. *Zagadka Wywierzyska Chochołowskiego*. *Taternik*. 1 (218), Warszawa.
- Wrzosek A., 1933. *Z badań nad zjawiskami krasowymi Tatr Polskich*. *Wiadomości Służby Geograficznej* 7: 235–270, Warszawa.