

Krzysztof CHUDY¹, Magdalena WORSZA-KOZAK¹

ZMIANA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH W REJONACH DAWNEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA PRZYKŁADZIE MASYWU SZKLAR

W obszarach prowadzenia działalności górnictwa najstarszym reliktem tej działalności są sztolnie i wzrostywa górnictwa. Jedną z ich funkcji było odwodnienie górotworu w celu umożliwienia eksploatacji złóż. Następstwem tego jest zmiana naturalnego układu warunków hydrodynamicznych w obszarach ich występowania. Taką sytuację obserwujemy również w masywie Szklar. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów przepływu na ciekach powierzchniowych i w sztolni odwodnieniowej i na ich podstawie wskazano miejsca zmiany naturalnego systemu krążenia wód podziemnych. Przedstawiono również model hydrogeologiczny masywu Szklar.

1. Wstęp

Sztolnie kopalniane pełniły ważne funkcje na obszarach dawnej eksploatacji górnictwa na terenie Dolnego Śląska. Z jednej strony pozwalały na odwodnienie wzrostów w grawitacyjny sposób, a z drugiej pełniły funkcje wentylacyjne i transportowe (Madziarz, 2012). W związku z tym, że nacinały głęboko górotwór zmieniały trwale stosunki wodne w obrębie masywu, w którym były wykonywane. Z taką sytuacją mamy do czynienia także w Masywie Szklar, w którym początek eksploatacji niklu sięga około 1890 r. (Furmankiewicz & Krzyżanowski, 2008). Po 1920 r. eksploatacja prowadzona była głównie metodą odkrywkową, co doprowadziło do zniszczenia części podziemnych wzrostów górnictwa. Wodę z wzrostów wykorzystywano w znacznym stopniu na potrzeby huty niklu, pozostała ilość grawitacyjnie odpływała do sztolni odwadniającej, której ujście znajduje się w dolinie położonej na północny wschód od nieczynnej kopalni w Szklarach (Furmankiewicz & Krzyżanowski, 2008). W artykule przedstawiono wyniki pomiarów przepływu wód w wybranych profilach pomiarowych

¹KGHM CUPRUM sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe, ul. Gen. Wł. Sikorskiego 2-8, 53-659 Wrocław, kchudy@cuprum.wroc.pl, mworsa@cuprum.wroc.pl.

na ciekach w otoczeniu Masywu Szklar. Na ich podstawie podjęto próbę oceny wpływu starych wyrobisk górniczych na zmianę naturalnych warunków wodnych w masywie rozciętym wyrobiskami górniczymi.

2. Warunki przyrodnicze

Obszar badań zlokalizowany jest w obrębie masywu serpentynitowego, który tworzy pasmo Wzgórz Szklarskich, wyraźnie zaznaczonych w morfologii i wydłużonych w kierunku północ – południe. W skład tego pasma wchodzi wzniesienia: Wzgórze Siodłowe (375 m n.p.m.), Szklana Góra (372 m n.p.m.), Wzgórze Tomickie (345 m n.p.m.) i Wzgórze Koźmickie (307 m n.p.m.). Wzgórza Szklarskie ograniczone są od wschodu i zachodu erozyjnymi dolinami źródłiskowych dopływów rzeki Ślęzy.

Klimat kształtowany jest pod wpływem tzw. efektu fenowego, spowodowanego sąsiedztwem bariery górskiej. Dlatego należy on do najcieplejszych w Polsce. Zima jest tu krótka, wiosna ciepła, a lato suche i ciepłe. Średnia roczna suma opadów w Bielawie (najbliższy posterunek opadowy) wynosi około 660 mm. Średnia roczna liczba dni z opadem $>0,1$ mm waha się w granicach 150–160. Region nie należy zatem do bogatych w opady. Maksymalną (w okresie 1971–2000), sumę dobową opadu o wysokości 205,6 mm, zanotowano 17 czerwca 1979 roku w Wałbrzychu (Woś, 1996). Ekstremalnie silne opady w omawianym rejonie osiągnęły 163 mm/d w Niemczy 10 sierpnia 1964 r. (Migoń, 2010).

Badany obszar należy do zlewni rzeki Ślęzy. Około 500 m na południe przebiega dział wodny III rzędu pomiędzy dorzeczami Ślęzy i Nysy Kłodzkiej, będących lewo-brzeżnymi dopływami Odry. Południkowo, przez zachodnią część obszaru przebiega dział wód IV rzędu pomiędzy dopływami Ślęzy: Sulisławką na zachodzie i Potokiem Karczowickim na wschodzie. Sulisławka wpada do Ślęzy około 1,9 km na północ od Szklar, jej źródła znajdują się 2,1 km na zachód, w rejonie Brodziszowa. Karczowicki Potok wpada do Ślęzy 3,1 km na północ od Szklar, jego źródła znajdują się 2,3 km na południowy zachód, pomiędzy miejscowościami Baldwinowice i Bobolice. Są to niewielkie cieki o bardzo płytkich dolinach. Ich terasy mają małą miąższość i nieznaczną szerokość. Materiał aluwialny wszystkich cieków stanowią drobnoziarniste piaski wymieszane w różnym stopniu z materiałem organicznym (Badura & Dziemiańczuk, 1981).

W budowie geologicznej masywu wyróżnić należy serpentynity, które tworzą właściwy masyw, i skały metamorficzno-mylonityczne stanowiące jego osłonę. Serpentynity i skały osłony poprzecinane są żyłami leukokratycznymi i melanokratycznymi. Skały te przykryte są zwietrzeliną *in situ*. Całość pokrywają osady czwartorzędowe (Niśkiewicz, 1967; Badura & Dziemiańczuk, 1981).

Osady czwartorzędowe są zróżnicowane pod względem litologicznym i wykształcone w postaci glin pylastych zbudowanych z materiału ilastego z dużą domieszką

frakcji pylastej pokrywających omawiany obszar jednolitą warstwą o miąższości od kilku do kilkunastu metrów, glin morenowych, często silnie zapiaszczonych występujących w formie pojedynczych płatów oraz piasków tworzących nieregularne warstwy o kilkunastometrowej miąższości (Badura & Dziemiańczuk, 1981; Niškiewicz, 2000).

Dla zwietrzliny serpentynitów wartości wskaźnika infiltracji wyznaczył na podstawie badań terenowych Kraśnicki (2010). Z jego obserwacji i pomiarów wynika, iż średnio 9,5% opadów infiltruje w głąb zwietrzliny, a reszta paruje (tab. 1). Widoczna jest wyraźna zmienność wskaźnika infiltracji w ciągu roku, z przewagą półroczna chłodnego nad letnim. W pracy tej wykonano również porównanie średniego opadu rocznego, parowania rocznego i infiltracji efektywnej wyznaczonej różnymi metodami. Z bilansu hydrogeologicznego wynika, że dla przyjętego średniego opadu rocznego z lat 1951–1980 równego 6300 mm infiltracja efektywna wynosi 50mm, a ewapotranspiracja roczna 580 mm, co jest zgodne z obserwacjami Kraśnickiego.

Tab.1. Porównanie wielkości infiltracji do wielkości opadów i współczynnika infiltracji w latach hydrologicznych 2004–2005 (Kraśnicki, 2010)

Tab. 1. Comparison of infiltration rate and precipitation and infiltration coefficient in hydrological years 2004 and 2005 (Kraśnicki, 2010)

Pkt badawczy/ wyszcianienie strefy aeracji	Wysokość [m n.p.m.]	Parametr	Półrocze chłodne 2004	Półrocze zimne 2004	Rok 2004	Półrocze chłodne 2005
Szklary/ piasek gliniasty	365	Opad [mm]	286,8	395,2	682,0	299,9
		Infiltracja [mm]	55,0	9,9	64,9	65,7
		Wskaźnik infiltracji [%]	19,2	2,5	9,5	21,9

3. Badania terenowe

Prace pomiarowe w rejonie Szklar poprzedziła wizja lokalna przeprowadzona w marcu 2012 r., w trakcie której wytypowano wstępnie punkty do pomiarów przepływu wód powierzchniowych. W ramach prac terenowych wykonano pomiary przepływu (rys. 1, tab. 2) w czerwcu 2012 r., w 6 przekrojach pomiarowych na potoku Sulisławka i jego dopływach. Przekroje pomiarowe zlokalizowano w Szklarach (na SW i W od granic złoża) oraz na kierunku spływu wód powierzchniowych, w Sulisławicach, na NW od granic złoża „Szklary I”. W Szklarach, na południowy zachód od złoża, z Sulisławki zasilany jest zbiornik powierzchniowy (staw „Górny”), który użytkowany jest do celów rekreacyjnych, jako łowisko. W tym rejonie przepływ zmierzono na Sulisławce, przed rowem zasilającym staw (przekrój pomiarowy 5). W Sulisławicach

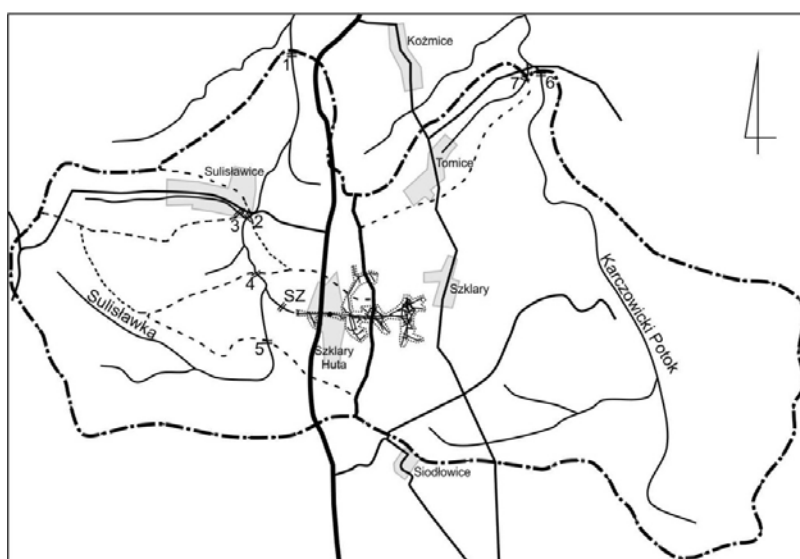
zmierzone przepływy na Sulisławce za dopływem lewobrzeżnym (przekrój pomiarowy 2) oraz przepływ w dopływie (przekrój pomiarowy 2). Najbardziej na północ zlokalizowano przekrój pomiarowy nr 1, który zamyka zlewnię powierzchnią Sulisławki niedaleko miejscowości Koźmice.

Po stronie wschodniej złoza, w zlewni Karczowickiego Potoku, przekroje pomiarowe nr 6 i 7 zlokalizowano na północny wschód od granic złoza poniżej Tomicy.

Tab. 2. Wartości przepływów w wybranych profilach pomiarowych

Tab. 2. Flow rate in selected river measurement points

Zlewnia	Punkt pomiarowy	Przepływ	
		l/s	m ³ /s
Sulisławka	1	14,7	0,0147
	2	7,3	0,0073
	3	1,3	0,0013
	4	4,8	0,0048
	5	2,5	0,0025
	SZ	2,3	0,0023
Karczowicki Potok	6	12,7	0,0127
	7	7,9	0,0079



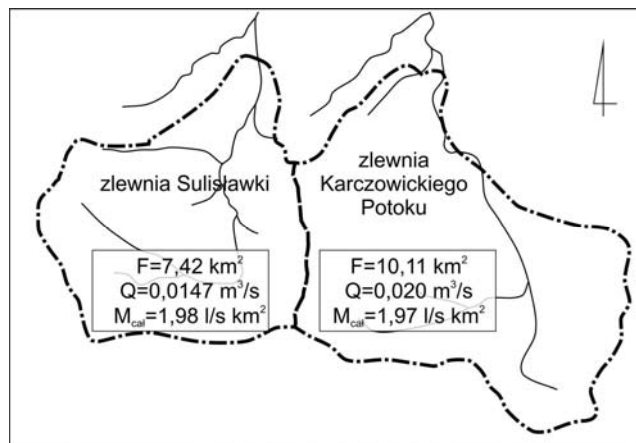
Rys. 1. Punkty pomiaru przepływu wód powierzchniowych w rejonie Masywu Szklar

Fig. 1. Measurement points of surface water flow in Szklary Massif area

4. Wpływ dawnej eksploatacji górniczej na stosunki wodne Masywu Szklar

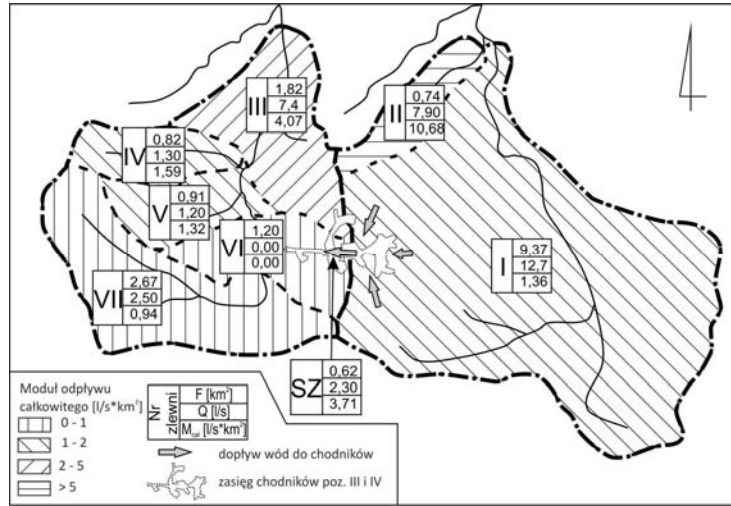
W Masywie Szklar działalność górnicza ma długą tradycję. W wyniku prowadzenia długotrwałej eksploatacji górniczej powstał system sztolni eksploatacyjnych i odwodnieniowych. System ten pochodzi sprzed 1945 r., a do dziś zachowały się poziomy III i IV oraz częściowo II. Istnienie tych sztolni i wyrobisk wpływa na zmianę/zaburzenie naturalnego układu hydrodynamicznego. Potwierdzają to dane archiwalne z dokumentacji kopalni „Szklary” (Kasprzyk, 1962) – w czasie prowadzenia eksploatacji odkrywkowej nie napotymano na objawy zawodnienia górotworu. Drenaż górniczy zmienił naturalne warunki hydrogeologiczne rejonu Szklanej Góry, obniżając pierwotny poziom zwierciadła wody i przesuując dział wód podziemnych w kierunku wschodnim. Na podstawie pomiarów terenowych przepływu wód na Sulisławce i Karczowickim Potoku oraz na wypływie z szybu obliczono moduł odpływu całkowitego, który dostarcza informacji o ilości wody odpływającej z km^2 powierzchni.

Moduł odpływu całkowitego dla zlewni Sulisławki pomierzony w punkcie pomiarowym nr 1 wynosi $1,98 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$, natomiast dla Karczowickiego Potoku wynosi $1,56 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ – są to wartości średnie dla całego obszaru (rys. 2, tab. 3). Analiza wyników uwidacznia silną asymetrię wartości modułu – bardzo niskie wartości, rzędu $0,94 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$, zanotowano w zlewni cząstkowej nr VII, którą zamyka punkt pomiarowy nr 5 (rys. 3, tab. 3). Wysokie wartości, dochodzące do $4,07 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$, notuje się dla zlewni cząstkowej nr III, a dochodzące do $10,68 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ dla zlewni cząstkowej II. W zlewni cząstkowej nr VI, w której znajduje się wylot sztolni odwodnieniowej wyniki wskazują iż brak tam jest dopływu wód podziemnych a Sulisławka na tym odcinku ma charakter neutralny, w przeciwieństwie do pozostałych części gdzie ma charakter drenujący.



Rys. 2. Moduł odpływu całkowitego dla zlewni Sulisławki i Karczowickiego Potoku

Fig. 2. Total runoff modulus in Sulisławka nad Karczowicki Potok catchments



Rys. 3. Moduł odpływu całkowitego dla zlewni częściowych
Fig. 3. Groundwater total runoff modulus in sub-catchments

Tab. 3. Moduł odpływu całkowitego obliczony dla zlewni częściowych
Tab. 3. Total runoff modulus in sub-catchments in partial catchments

Zlewnia	Zlewnia częściowa	Q l/s	F km ²	Moduł odpływu całkowitego l/s km ²
Karczowicki Potok	I	14,7	9,37	1,57
	II	7,9	0,74	10,68
	Σ	20,6	10,11	1,97
Sulisławka	III	7,4	1,82	4,07
	IV	1,3	0,82	1,59
	V	1,2	0,91	1,32
	VI	0	1,2	0
	VII	2,5	2,67	0,94
	SZ	2,3	0,62	3,71
	Σ	14,7	7,42	1,98

Dla sztolni odwodnieniowej przyjęto wielkość zlewni powierzchniowej jako kontur maksymalnego zasięgu poziomu eksploatacyjnego III i odwodnieniowego IV, rzutowany na powierzchnię terenu – tak wyznaczony obszar ma wielkość 0,62 km². Dla tego obszaru otrzymujemy moduł odpływu całkowitego wynoszący 3,71 l/s*km², a więc prawie dwukrotnie większy niż wartość średnia. Wskazuje to na większą powierzchnię drenowaną przez sztolnię odwadniającą niż wynika to z zasięgu wyrobisk. Przyjmując pewne uproszczenia i zakładając jednorodność ośrodka skalnego, drenowanego przez Sulisławkę i Karczowicki Potok, można obliczyć powierzchnię, dla któ-

rej wartość modułu odpływu całkowitego pomierzona na wypływie ze sztolni miałyby wartość średnią dla całej zlewni tj. ok $1,98 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Dla takiego średniego modułu powierzchnia drenowana przez sztolnie musiałaby wynosić od 1,2 do $1,3 \text{ km}^2$, a więc dwukrotnie więcej niż wynika to z zasięgu wyrobisk poziomu III i IV. Wyniki te wskazują jednoznacznie na przesunięcie granic zlewni podziemnej ku wschodowi i przechwytywaniu wód podziemnych z większości Masywu Szklar oraz części zlewni Karczowickiego Potoku przez stary system wyrobisk górniczych.

5. Model hydrogeologiczny krążenia wód podziemnych w Masywie Szklar

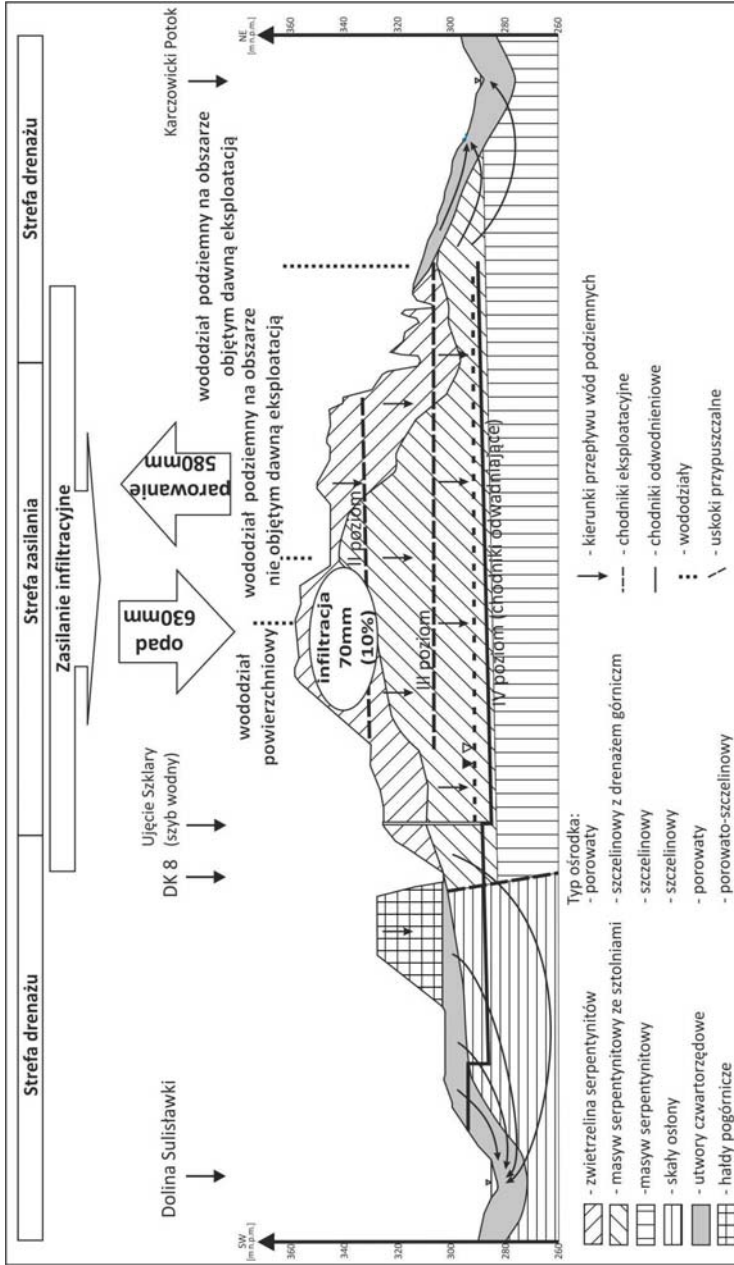
W oparciu o bogaty zbiór danych archiwalnych oraz badania terenowe, w tym pomiary hydrologiczne i hydrogeologiczne, przeanalizowano warunki krążenia wód podziemnych w masywie Szklar i jego otoczeniu oraz opracowano koncepcyjny model hydrogeologiczny (rys. 4).

W profilu pionowym uwidacznia się zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych, które są odmienne dla górnych części Masywu Szklar, zbudowanych ze zwierzeliny skał serpentynitowych, oraz dla dolnych partii obszaru zbudowanych z niezwiertzałych skał serpentynitowych. Dodatkowo partie masywnego serpentynitu dzielą się na dwie strefy: górną, w której masyw jest porożcinany siatką starych wyrobisk górniczych oraz dolną gdzie eksploatacja górnicza nie sięgała.

Na obszarze badań górne partie reprezentowane są przez różne odmiany zwierzeliny skał serpentynitowych. Przepływ w nich następuje na drodze infiltracji wód opadowych przez ośrodek porowaty, zgodnie z gradientem hydraulicznym od obszarów wyżej położonych do obszarów niżej położonych. Przepływ ma charakter grawitacyjny, determinowany głównie własnościami filtracyjnymi zwierzeliny.

Poniżej zwierzeliny o charakterze przepływu decydują własności skał budujących właściwy Masyw Szklar. O przepływie decyduje tu głównie szczelinowatość środowiska, na którą mają wpływ czynniki związane z własnościami fizykochemicznymi, litologiczno-strukturalnymi oraz historią geologiczną. Przepływ ma charakter grawitacyjny ku bazie drenażu, która jest dwojakiego rodzaju. W masywie nienaruszonym dawną eksploatacją górniczą bazą drenażu będą źródła lub ciekły powierzchniowe okalające masyw, a zwierciadło wód podziemnych determinowane jest głównie przez ukształtowanie terenu. W masywie, w którym wydrążono chodniki poszukiwawcze, eksploatacyjne i odwodnieniowe bazą drenażu są chodniki odwodnieniowe IV, najniższego poziomu.

Ważnym elementem wpływającym na ogół warunków hydrogeologicznych może być również tektonika nieciągła przejawiająca się w postaci spękań i uskoków, lecz jest ona w masywie słabo rozpoznana.



Rys. 4. Model warunków hydrogeologicznych w Masywie Szklary
Fig. 4. Conceptual hydrogeological model of Szklary Massif

W trakcie trwania eksploatacji podziemnej i powierzchniowej drenaż górotworu prowadzony był systemem sztolni. Efektem tego drenażu jest lej depresji, który objął swym zasięgiem zwietrzelinę serpentynitów oraz masyw krystaliczny o prawdopodobnej powierzchni 1,16–1,20 km². W wyniku drenażu górniczego nastąpiły zmiany pierwotnych, naturalnych kierunków przepływu oraz prawdopodobne całkowite szczypanie zasobów statycznych w masywie rozciętym wyrobiskami. Zmianie uległy również granice zlewni podziemnych na terenach objętych dawną eksploatacją i drenażem górniczym.

Literatura

- BADURA J., DZIEMIAŃCZUK E. *Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:25 000, arkusz Żąbkowice Śląskie (869A)*. Wyd. PIG. 1981.
- FURMANKIEWICZ M., KRZYŻANOWSKI K. *Podziemne relikty kopalni niklu w Szklarach*. [w:] Zagożdżon P. P., Madziarz M., *Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury*. Ofic. Wyd. PWr. Wrocław 2008.
- KASPRZYK J. *Wstępna opinia o stosunkach hydrogeologicznych w rejonie Zakładów Górniczo-Hutniczych „Szklary” w Szklarach Żąbkowickich*. Przeds. Geol. Kraków 1962.
- KRAŚNICKI S. *Wielkość infiltracji w strefie aeracji rozwiniętej na skalach krystalicznych Sudetów i Przedgórze Sudeckiego*. Przegl. Geol. vol. 58, nr. 2. 2010.
- MADZIARZ M. *Zadania i znaczenie sztolni w historycznej eksploatacji górniczej na przykładzie zachowanych wyrobisk dawnego górnictwa rud cyny i kobaltu okolic Gierczyna*. [w:] Zagożdżon P. P., Madziarz M. (red.), *Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury 4*. Ofic. Wyd. PWr. Wrocław 2012.
- MIGOŃ P. (red.), *Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki*. Wyd. UWr. Wrocław 2010.
- NIŚKIEWICZ J. *Budowa geologiczna masywu Szklar (Dolny Śląsk)*. Rocznik PTG t. 37, z. 3. :387-416, 1967.
- NIŚKIEWICZ J. *Pokrywa zwietrzelinowa masywu Szklar i jej nikloność*. Geologia Sudetica z.33. 2000, 107–130.
- WOŚ A. *Zarys klimatu Polski*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań 1996.

HYDROGEOLOGICAL CHANGES IN OLD MINING AREA IN SZKLARY MASSIF

One of the main functions of mines excavation is dewatering rocks. Natural hydrodynamic conditions in rock massifs are changed in consequence of this dewatering. Such situation is also observed in the Szklary Massif. The paper presents the results of measurements of flow rates on surface streams and outflow from the mine adit. This paper also presents a conceptual hydrogeological model of the Szklary Massif.