Zmiany natężenia przepływu w rzece Sztole (rejon olkuski) w warunkach drenażu górniczego

Damian Cień[1], Jacek Motyka[1], Kajetan d'Obyrn[1]

D. Cień

J. Motyka

K. d'Obyrn

Changes in the flow rate of the Sztoła River (Olkusz area) under mining drainage conditions. Prz. Geol., 70: 761–769; doi: 10.7306/2022.29

A b s t r a c t. The Sztoła River is a left-bank tributary of the Biała Przemsza River, into which it flows on the outskirts of the Jaworzno city. Mining of the Quaternary backfilling sands in the Szczakowa sand pit, which is located near the estuary of the Szoła River, began in the mid-1950s. At the beginning of the 1960s, the excavations of the underground Olkusz mine of zinc and lead ores, which was built to the east of the upper part of the Sztoła River, began to be drained. The excavations occurred in Triassic carbonate rocks. The gravity drainage system of the Szczakowa sand pit was moving east, up the river, and at the same time the difference between the drainage affected and the natural groundwater level in the Sztoła River basin increased. At the end of the 1960s the level and length of the main drainage excavations in the Olkusz mine were already stabilized. The changing range of the Szczakowa sand pit drainage and the quasi-fixed drainage range of the Olkusz mine had an impact on the supply conditions of the Sztoła River, which was recharged by underground water from the Olkusz-Pomorzany mine. The paper presents the results of the analysis of the drainage impact of both mines on changes in the flow rate of the Sztoła River in the years 1959–2021 and an estimated forecast of the river condition after shutting down the drainage of the Olkusz area mines in December 2021.

Keywords: *Sztoła River, Szczakowa sand pit, Olkusz-Pomorzany zinc and lead mine, mining drainage*

Problem zmiany warunków wodnych na skutek drenażu górniczego jest jednym z najistotniejszych ekologicznych zagadnień dotyczących wydobycia kopalin. Przekształcenie naturalnych warunków przepływu wód podziemnych jest efektem odwadniana górotworu, które jest konieczne w przypadku eksploatacji złóż usytuowanych poniżej poziomu zwierciadła wody. Zabezpieczenie wyrobisk górniczych przed dopływem wód może być prowadzone wieloma metodami, jednak istotę każdej z nich stanowi ujęcie strumienia wód podziemnych dopływających do kopalni i odprowadzenie ich poza obszar eksploatacji. Wody te mogą być wykorzystywane w różny sposób, ale najczęściej są one zrzucane do cieków powierzchniowych.

Temat reżimu rzek w warunkach drenażu górniczego rzadko jest poruszany w publikacjach. Podstawowym problemem takich badań, ze względu na brak możliwości skorzystania z danych pomiarowych IMGW, jest poprawne zmierzenie natężenia przepływu w rzekach, co należy wykonać w przekrojach hydrometrycznych istotnych dla prawidłowej oceny procesów hydrogeologicznych.

Górnictwo w rejonie olkuskim, początkowo ołowiu i srebra, a później także cynku, rozwijało się co najmniej od średniowiecza. Po II wojnie światowej rudy cynku i ołowiu były eksploatowane na wielką skalę w trzech kopalniach podziemnych: *Bolesław*, *Olkusz* i *Pomorzany*. Od końca lat 90. zeszłego stulecia stopniowo kończono eksploatację rud w tych kopalniach i likwidowano je przez wyłączenie systemów odwadniania i zatapianie.

W Kopalni *Olkusz-Pomorzany* pompy wyłączono ostatecznie w grudniu 2021 r. Wówczas zaczął się proces odbudowy leja depresji, który wytworzył się wokół kopalń w ciągu kilkudziesięciu lat wydobywania rud. Woda pompowana z olkuskich kopalń była zrzucana do Białej Przemszy za pośrednictwem jej lewobrzeżnych dopływów – Sztoły i Białej. Po zlikwidowaniu olkuskich kopalń rud brak zrzutu wód dołowych drastycznie zmienił reżim hydrologiczny tych cieków powierzchniowych.

Od końca lat 50. ub. wieku w dzielnicy Szczakowa w Jaworznie rozpoczęto odkrywkową eksploatację czwartorzędowych piasków podsadzkowych dla potrzeb likwidacji wyrobisk górniczych górnośląskich kopalń węgla kamiennego (Bednarczyk i in., 2015). Granice dwóch pól eksploatacyjnych, północnego i południowego, oddzielonych od siebie rzeką Sztołą, przemieszczały się w kierunku wschodnim. Front eksploatacyjny pola północnego został zatrzymany ok. 2 km na wschód od ujścia Sztoły do Białej Przemszy, natomiast powiększano pole południowe, którego front znajduje się obecnie na południe od Bukowna w rejonie olkuskim. Piaskownia jest odwadniana grawitacyjnie systemem rowów, którymi dopływa woda do zbiorczego Kanału Centralnego, łączącego się z Białą Przemszą w Maczkach.

Zanik przepływu w Sztole, który jest skutkiem likwidacji olkuskich kopalń rud i zaprzestania pompowania wody podziemnej w celu osuszenia ich wyrobisk, wzbudził gorącą dyskusję lokalnych organizacji ekologicznych, wspartych ustnymi opiniami pojedynczych naukowców. W tych opiniach jako jedyną przyczynę zmiany reżimu Sztoły z drenującego wodonośne piętro czwartorzędowe w infiltrujący w nie wskazuje się odwadnianie wyrobisk olkuskich kopalń rud cynku i ołowiu. W związku z tym postuluje się, aby zobowiązać Zakłady Górniczo-Hutnicze *Bolesław* do pompowania pewnej ilości wód kopalnianych w celu zachowania przepływu w Sztole na jakimś akcepto-

[1] AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; cien@agh.edu.pl; motyka@agh.edu.pl; dobyrn@agh.edu.pl; ORCID ID: D. Cień – 0000-0003-0819-4818, J. Motyka – 0000-0002-0718-8283, K. d'Obyrn – 0000-0002-8356-9854

walnym poziomie, niezależnie od kosztów ich pompowania i ewentualnie oczyszczania.

Publikacje na temat wpływu drenażu górniczego na natężenie przepływu w Sztole są nieliczne. Motyka i Witczak (1975) wykazali, że ucieczki wody z rzeki do czwartorzędowego podłoża są związane z odwadnianiem Kopalni Piasku *Szczakowa*. W modelu konceptualnym, opracowanym dla potrzeb numerycznej prognozy zawodnienia piaskowni, Fiszer i in. (1992), Sawicki (2000) oraz Haładus i in. (2007) uwzględnili infiltrację wody ze Sztoły do rowów odwadniających odkrywkę. Kropka i Wróbel (2001) w przeglądowej pracy na temat przekształcenia warunków hydrogeologicznych pod wpływem kopalń piasków podsadzkowych w rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego napisali, że wskutek odwadniania piaskowni *Szczakowa* obszar zlewni Sztoły zmniejszył się o ok. 37 km^2 i nastąpiło skrócenie koryta rzeki o 4,2 km. Czop i Morman (2012) podzielili wcześniejsze poglądy o wpływie piaskowni *Szczakowa* na wielkość przepływu wody w Sztole, ale dodatkowo stwierdzili, że w górnym odcinku rzeki kluczowe znaczenie ma także odwadnianie wyrobisk olkuskich kopalń rud cynku i ołowiu. Zdaniem cytowanych autorów początkowy odcinek rzeki jest pozbawiony wody w związku z objęciem go lejem depresji Kopalni *Olkusz-Pomorzany* (rud cynku i ołowiu).

Autorzy niniejszej pracy na podstawie oceny budowy geologicznej zlewni Sztoły, warunków hydrogeologicznych oraz archiwalnych i własnych wyników pomiarów młynkiem hydrometrycznym przepływów w tej rzece ponownie przeanalizowali zagadnienie wpływu odwadniania Kopalni Piasku *Szczakowa* i wyrobisk górniczych olkuskich kopalń rud cynku i ołowiu na natężenie przepływu w Sztole.

Hydrologiczna zlewnia Sztoły, wytyczona według podziału morfologicznego, ma powierzchnię 163,8 km^2 (Stachy, 1986). Należy jednak pamiętać o różnicy pomiędzy morfologiczną powierzchnią zlewni rzeki, a powierzchnią zlewni hydrogeologicznej, ukształtowanej przez zmienny w czasie drenaż kopalń (Sawicki, 2000).

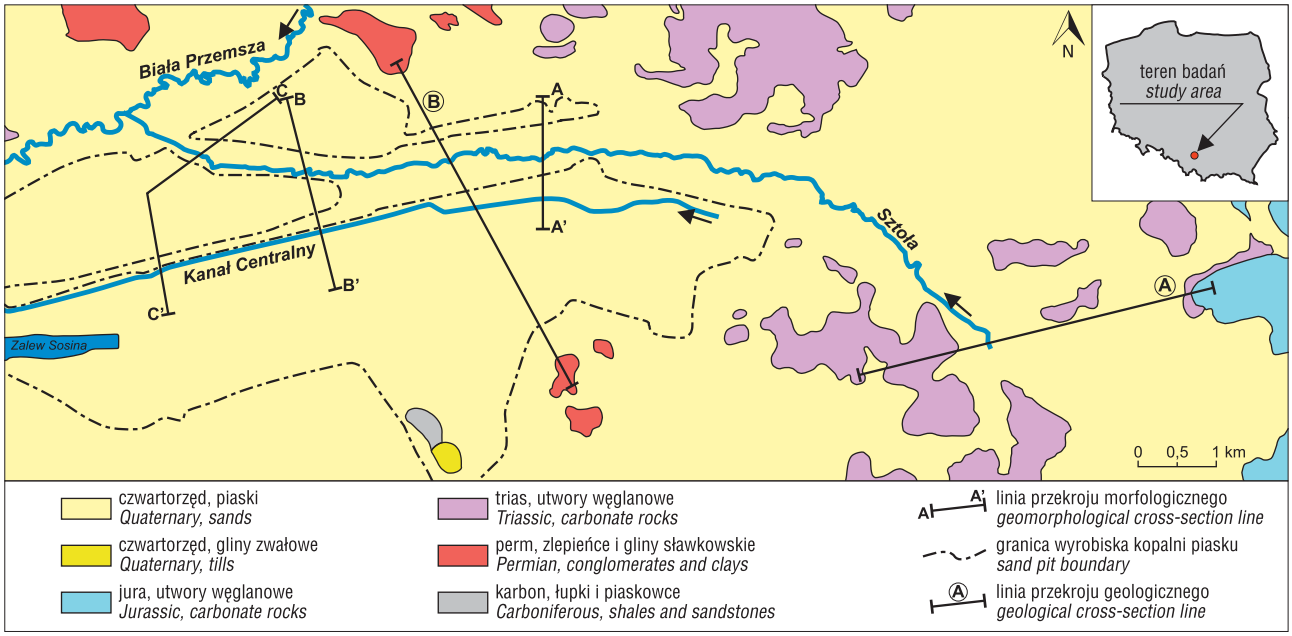
WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

W zlewni Sztoły występuje 5 pięter wodonośnych: czwartorzędowe, jurajskie, triasowe, permskie i karbońskie. Utworami czwartorzędowymi są średnioziarniste piaski, które wypełniają obniżenia erozyjne w starszym podłożu. Na przeważającej części obszaru zlewni są to klastyczne skały górnego karbonu, a w jej górnej części zlepieńce permu i węglanowe skały dolnego i środkowego triasu (ryc. 1).

Głównym elementem paleomorfologii stropu karbonu jest pradolina Przemszy, która w zlewni Sztoły ma przebieg równoleżnikowy. W osiowej partii pradoliny miąższość piasków czwartorzędowych przekracza 50 m, sięgając lokalnie ok. 70 m. Średnia wielkość współczynnika filtracji utworów czwartorzędowych, obliczona na podstawie wyników próbnych pompowań w sześciu otworach badawczych, jest równa $2{,}72 \times 10^{-4}$ m/s (Motyka, Witczak, 1975).

W niewielkim fragmencie północno-wschodniej części zlewni Sztoły, we wsi Żurada, występują wapienie górnej jury, które tworzą jurajskie piętro wodonośne. Jest to zbiornik wód podziemnych typu szczelinowo-krasowego. Średni współczynnik filtracji wapieni jurajskich w rejonie olkuskim, określony na podstawie wyników próbnych pompowań, jest równy $1{,}6 \times 10^{-5}$ m/s (Motyka, Wilk, 1976). Wodonośne piętro jurajskie jest zasilane przez infiltrację opadów atmosferycznych, a w zlewni Sztoły w sposób naturalny jest drenowane kilkoma źródłami w Żuradzie.

Triasowe piętro wodonośne rozwinęło się w dolomitach oraz wapieniach środkowego i dolnego triasu. Jest to zbiornik wód podziemnych typu porowo-szczelinowo-krasowego (Motyka, 1988; Zuber, Motyka, 1998), cechujący się bardzo dużą niejednorodnością przepuszczalności. Utwory triasu występują we wschodniej części zlewni Sztoły, gdzie tworzą wzgórza, z których wypływa źródło tej rzeki. Ich miąższość wynosi od ok. 30 do ok. 70 m, a średni współczynnik filtracji, określony na podstawie wyników próbnych pompowań, jest równy $6{,}5 \times 10^{-5}$ m/s (Motyka, Wilk, 1976).



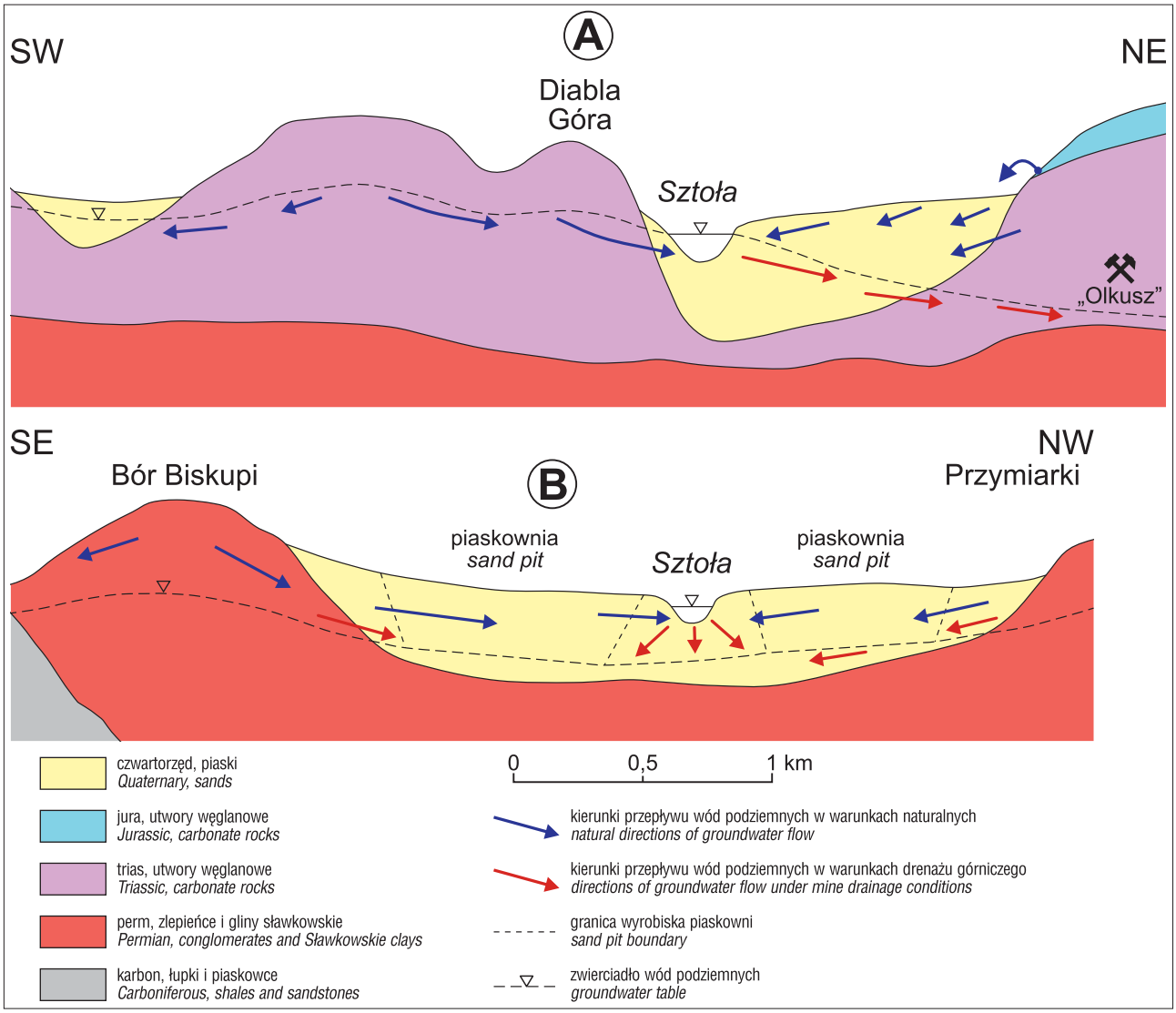
Ryc. 1. Mapa geologiczna rejonu rzeki Sztoły (na podst. Motyki, Witczaka, 1975)
Fig. 1. Geologic map of the Sztoła River area (based on Motyka, Witczak, 1975)

Utwory permu są typową molasą ze śladami działalności procesów wulkanicznych (Siedlecka, 1964). Stąd też są to głównie zlepieńce składające się z otoczaków starszych skał paleozoicznych, przeważnie wapieni i dolomitów karbońskich oraz dewońskich, ale także kwarcu, kwarcytów i skał wulkanicznych: porfirów i melafirów. Lepiszczem są różne drobne frakcje (od iłowej do piaskowej) z różnym udziałem tufów. Rola zlepieńców permskich jako utworów wodonośnych nie jest jednoznaczna. Na ogół są one traktowane jako seria izolująca pomiędzy węglanowymi skałami triasowymi i paleozoicznymi (Wilk, Motyka, 1977), ale w trakcie drążenia w tych skałach wyrobisk górniczych natrafiono na liczne wypływy wody o łącznej wydajności około 5 m^3/min (Adamczyk A.F. i in., 1978). Mieszkańcy Boru Biskupiego (dawna wieś, od 1958 r. część Bukowna, środkowa część zlewni Sztoły) są zaopatrywani w wodę ze studni wywierconej w utworach permskich. Utwory permu w zlewni Sztoły nie zostały przewiercone i ich miąższość nie jest znana. Wartości współczynników filtracji zlepieńców permu, określone metodą próbnych pompowań, mieściły się w przedziale od $2{,}5 \times 10^{-8}$ do $1{,}6 \times 10^{-5}$ m/s, a metodą zalewania w otworach wiertniczych od około $1{,}0 \times 10^{-8}$ do $1{,}0 \times 10^{-6}$ m/s (Motyka, Wilk, 1980).

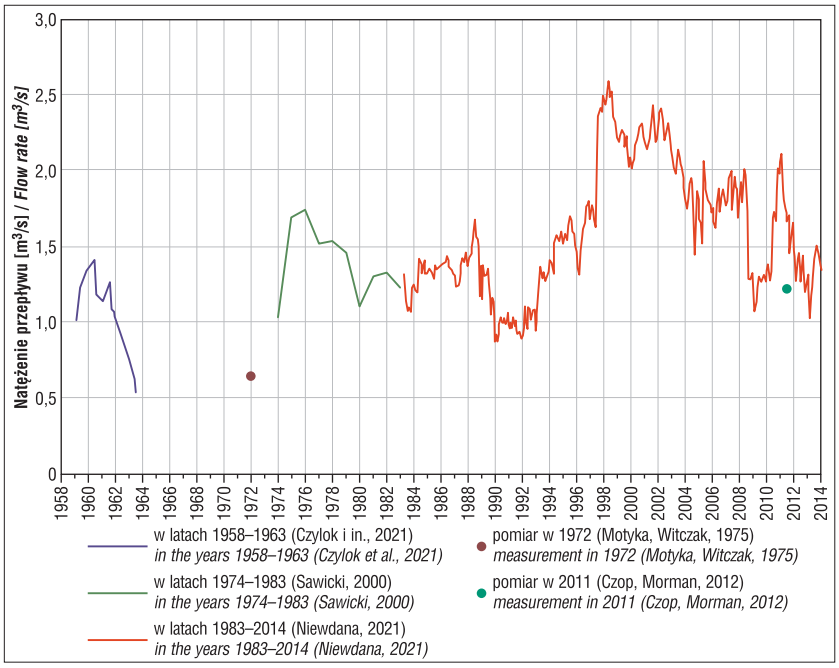
W środkowej i zachodniej części zlewni Sztoły piaski czwartorzędowe podścielają utwory karbonu produktywnego. Nielicznymi otworami wiertniczymi rozpoznano tylko ich stropową część. Pod względem litologicznym są to kompleksy piaskowcowo-łupkowe. Właściwości hydrogeologiczne skał karbońskich w zlewni Sztoły nie były badane, ale przez analogię do rejonu Sierszy można przyjąć, że w ich stropowej części współczynnik filtracji jest rzędu 10^{-4}–10^{-5} m/s, a w miarę wzrostu głębokości zmniejsza się logarytmicznie (Haładus i in., 2007). Karbońskie piętro wodonośne jest zasilane w wodę przez infiltrację opadów atmosferycznych za pośrednictwem przykrywających je piasków czwartorzędowych.

ZMIANY PRZEPŁYWU WODY W SZTOLE

W warunkach naturalnych Sztoła była zasilana głównie dopływem wody podziemnej od strony południowej. W południowo-wschodniej części zlewni, gdzie dominującym elementem morfologii terenu są wzgórza węglanowych skał triasowych, a lokalnie także zlepieńców permskich, woda spływająca z tych wzgórz zasilała Sztołę poprzez piaski czwartorzędowe, które wypełniają jej dolinę (ryc. 2). W środkowej i zachodniej części zlewni



Ryc. 2. Schematyczne przekroje hydrogeologiczne przez dolinę Sztoły (lokalizację przekrojów wskazano na ryc. 1)
Fig. 2. Schematic hydrogeological cross-sections through the Sztoła River valley (the location of the cross sections is shown on Fig. 1)



→

Ryc. 3. Natężenie przepływu wody w Sztole we wsi Ryszka
Fig. 3. Flow rates of the Sztoła River in the village of Ryszka

Sztoła była zasilana poprzez odpływ podziemny z utworów czwartorzędowych.

Naturalny reżim hydrogeologiczny Sztoły opisano na podstawie analizy morfologii powierzchni i budowy geologicznej jej zlewni, ponieważ nie dysponowano wynikami pomiarów stanów wód i przepływów. Z lat 1959–1963 zachowały się tylko wyniki pomiarów przepływu wody w Sztole w przekroju wsi Ryszka, przy ujściu rzeki do Białej Przemszy (Niewdana, 2021). Do 1961 r. przepływy w Sztole mieściły się w przedziale od 1,0 do 1,4 m^3/s, a w następnych latach bardzo szybko się zmniejszyły do około 0,5 m^3/s (ryc. 3; Niewdana, 2021). W rejonie miasta Bukowno jedynym naturalnym dopływem Sztoły jest Baba, której przepływy najczęściej mieszczą się w przedziale od 0,1 do 0,4 m^3/s (Czylok i in., 2021). W tej samej miejscowości Sztoła była zasilana wypływem ze Sztolni Południowej. Wydajność tego wypływu wynosiła ok. 0,2 m^3/s (Motyka, Witczak, 1975). W górnej części doliny Sztoły z węglanowych skał triasowych wypływa kilka źródeł. Największymi z nich są źródło dające obecnie początek Sztole i źródło Podpolis – oba o wydajności rzędu kilkunastu l/s. Zatem zasilanie Sztoły z dopływu podziemnego i spływu powierzchniowego między Bukownem a Ryszką w warunkach naturalnych należy szacować na około 1,0–1,4 m^3/s. Morfologia zlewni Sztoły, a przede wszystkim płaskie ukształtowanie rozległej doliny tej rzeki przemawiają za tym, że dominujące znaczenie w jej zasilaniu miał dopływ podziemny.

Pierwsze pomiary przepływu wody w Sztole we wsi Ryszka przy ujściu do Białej Przemszy, które wykonano na początku 1959 r., mogły być już zniekształcone przez drenaż górniczy (Czylok i in., 2021). Monitorowanie przepływu wód w Sztole w tej miejscowości przerwano w 1963 r. W latach 1974–2013 pomiary przepływu wód Sztoły w przekroju Ryszki (ryc. 3) prowadzili hydrogeolodzy ZGH *Bolesław* (Niewdana, 2021), ale opublikowano jedynie wyniki z lat 1974–1989 (Sawicki, 2000). Pojedyncze pomiary przepływów w Sztole, w tym także w miejscowości Ryszka, wykonano w 1972 r. (Motyka, Witczak, 1975) i w 2021 r. (Czylok i in., 2021) oraz w 2011 r. w pobliżu Ryszki (Czop, Morman, 2012).

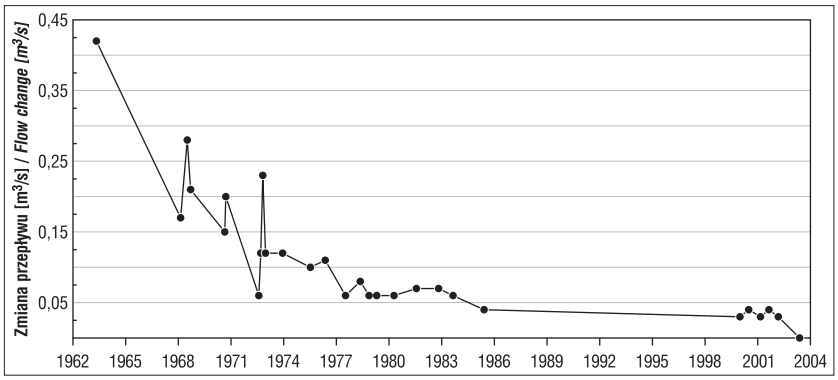
W końcu lat 50. zeszłego stulecia w celu pozyskania rud cynku i ołowiu rozpoczęto budowę Kopalni *Olkusz.* Wodę, która dopływała do wyrobisk kopalni, odprowadzano do Sztoły we wschodniej części Bukowna uszczelnionym korytem Baby. Początkowo, na etapie głębienia szybów, do rzeki zrzucano 0,1 m^3/s wody, a potem, w zależności od wielkości dopływu do kopalni, ok. 1 m^3/s, osiągając maksimum – ponad 1,5 m^3/s – w 1967 r. (Adamczyk Z., Motyka, 2000; Motyka i in., 2016).

Pod koniec lat 60. ubiegłego wieku rozpoczęto budowę Kopalni *Pomorzany.* Początkowo wyrobiska udostępniające złoże rud cynku i ołowiu drążono w słabo przepuszczalnych zlepieńcach permu, a z początkiem lat 70. w silnie zawodnionych dolomitach i wapieniach triasu. Drenaż wodonośnych skał triasowych spowodował gwałtowne zwiększenie dopływu wód do kopalni – z około 0,08 m^3/s (około 5 m^3/min) w 1972 r. do ok. 4 m^3/s (czyli 240 m^3/min) w 1974 r. (Adamczyk Z., Motyka, 2000; Motyka i in., 2016). Po nawalnych opadach deszczu w 1997 i 2010 r. maksymalny dopływ wody do Kopalni *Pomorzany* osiągnął 5 m^3/s, tj. 300 m^3/min (Adamczyk Z., Motyka, 2000; Motyka i in., 2016). Początkowo cała ilość wody dopływającej do kopalni była zrzucana do koryta rzeki Białej, lewobrzeżnego dopływu Białej Przemszy, a z początkiem lat 80. część wody pochodzącej z odwadniania wyrobisk zrzucano do Kanału Południowego, a dalej Babą, wraz z wodą z Kopalni *Olkusz,* do Sztoły. W latach 1983–2014 zrzuty wody kopalnianej miały bardzo zróżnicowaną objętość, stąd też przepływ wody w Sztole w miejscowości Ryszka był bardzo zmienny – mieścił się w przedziale od 0,8 do 2,6 m^3/s (ryc. 3; Czylok i in., 2021).

W latach 1962–2003 wyraźnie zaznaczyła się tendencja zmniejszania się przepływu wody w hydrometrycznym przekroju Sztoły k. Leśnego Dworu, powyżej ujścia Baby . Pod koniec 2003 r. nastąpił trwały zanik wody na odcinku od osady Podpolis do ujścia Baby do Sztoły (ryc. 4; Czylok i in., 2021).

W 1963 r. przepływ wody w Sztole w Leśnym Dworze nieco przekraczał 0,4 m^3/s, następnie w latach 70. oscylował wokół 0,12 m^3/s, a w latach 80. zmniejszył się – początkowo do 0,07 m^3/s i później do 0,03 m^3/s (ryc. 4; Niewdana, 2021).

Pomiary zmian przepływu w różnych przekrojach hydrometrycznych wykonywano w długich odstępach czasu. Wyniki dwóch serii pomiarów przeprowadzonych w sierpniu 1972 r. opublikowali Motyka i Witczak (1975). Pomierzono wówczas przepływy w sześciu przekrojach hydrometrycznych Sztoły oraz przepływ w Babie i Sztolni Południowej przed ich ujściem do Sztoły (ryc. 5). Wyniki tych pomiarów pokazały, że Sztoła na odcinku od ujścia Baby do przekroju hydrometrycznego poniżej drogi z Bukowna



Ryc. 4. Wykres zmian przepływu w Sztole w rejonie Leśnego Dworu (wg Czyloka i in., 2021)
Fig. 4. Diagram of the Sztoła River flow changes in the Leśny Dwór area (acc. Czylok et al., 2021)

do Boru Biskupiego miała ustrój drenujący, a poniżej tego przekroju infiltrujący. Na odcinku między punktami 5 i 11 na ryc. 5 przepływ Sztoły zwiększył się o 0,33 m^3/s. Po uwzględnieniu dopływu ze Sztolni Południowej zasilanie z dopływu podziemnego osiągnęło 0,124 m^3/s, tj. nieco ponad 11% przepływu w punkcie 7. Między przekrojami 11 i 14 na ryc. 5 rzeka traciła aż 0,8 m^3/s, co stanowiło ok. 56% przepływu wody w przekroju nr 11 w pobliżu drogi z Bukowna do Boru Biskupiego (ryc. 5). W trakcie pomiarów w sierpniu 1972 r. zasilanie Sztoły przez Babę wynosiło 1 m^3/s, a przepływ w Bukownie 1,15 m^3/s, czyli udział wód kopalnianych w przepływie w przekroju Bukowna wynosił 87% (Motyka, Witczak, 1975).

W 1999 r. Sawicki (2000) wykonał dwa pomiary przepływu w Sztole:

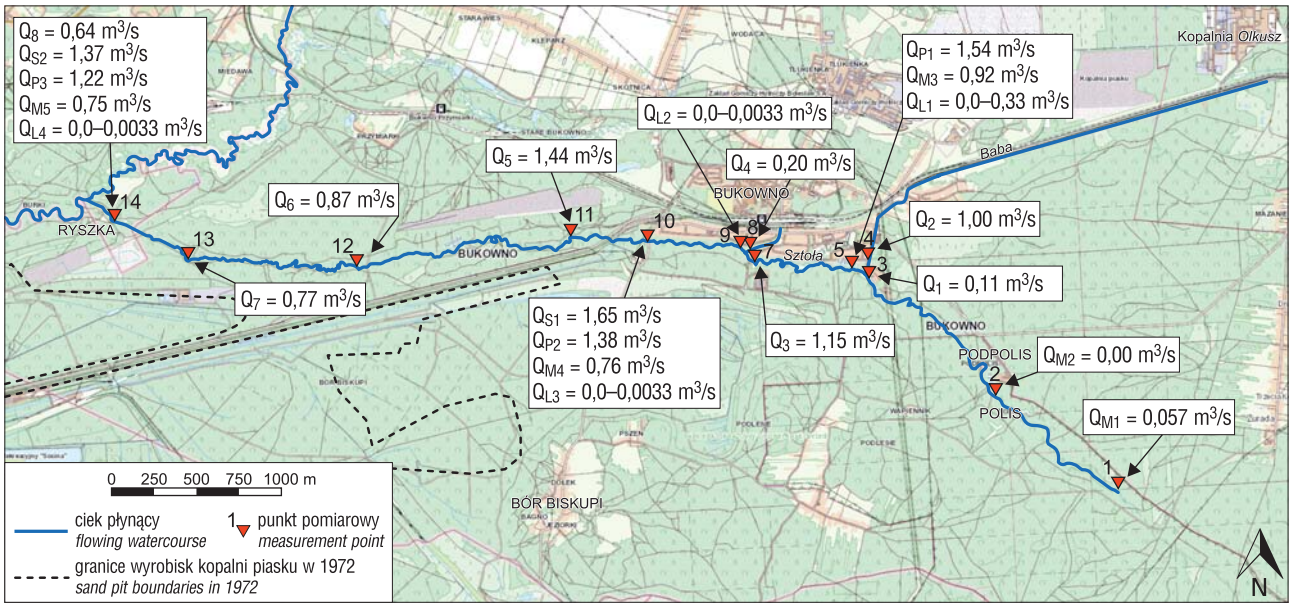
- S1 – 1,649 m^3/s, w Bukownie, 30 m poniżej mostu na drodze do Biskupiego Boru;
- S2 – 1,366 m^3/s, w Ryszce, 20 m poniżej mostu, ok. 200 m powyżej ujęcia wody.

Wynika z nich, że pomiędzy punktami pomiarowymi S1 i S2 Sztoła traciła 0,283 m^3/s, czyli ponad 17% przepływu.

W czerwcu 2011 r. Czop i Morman (2012) zmierzyli przepływy Sztoły w Bukownie (punkt P1 na ryc. 5 – 1,54 m^3/s = 92,3 m^3/min), mniej więcej 2 km przed ujściem Sztoły do Białej Przemszy (punkt P2 – 1,38 m^3/s = 82,2 m^3/min) i w Ryszce (punkt P3 – 1,22 m^3/s = 73,5 m^3/min). Między przekrojami P1 (Bukowno) i P3 (Ryszka) Sztoła traciła 0,32 m^3/s, co stanowiło 20,8% przepływu w przekroju hydrometrycznym w Bukownie. W tym czasie, ze względu na wcześniejszy zanik Sztoły przed dopływem Baby w przekroju P1, całkowity udział (100%) miały wody dołowe Kopalni *Olkusz-Pomorzany.*

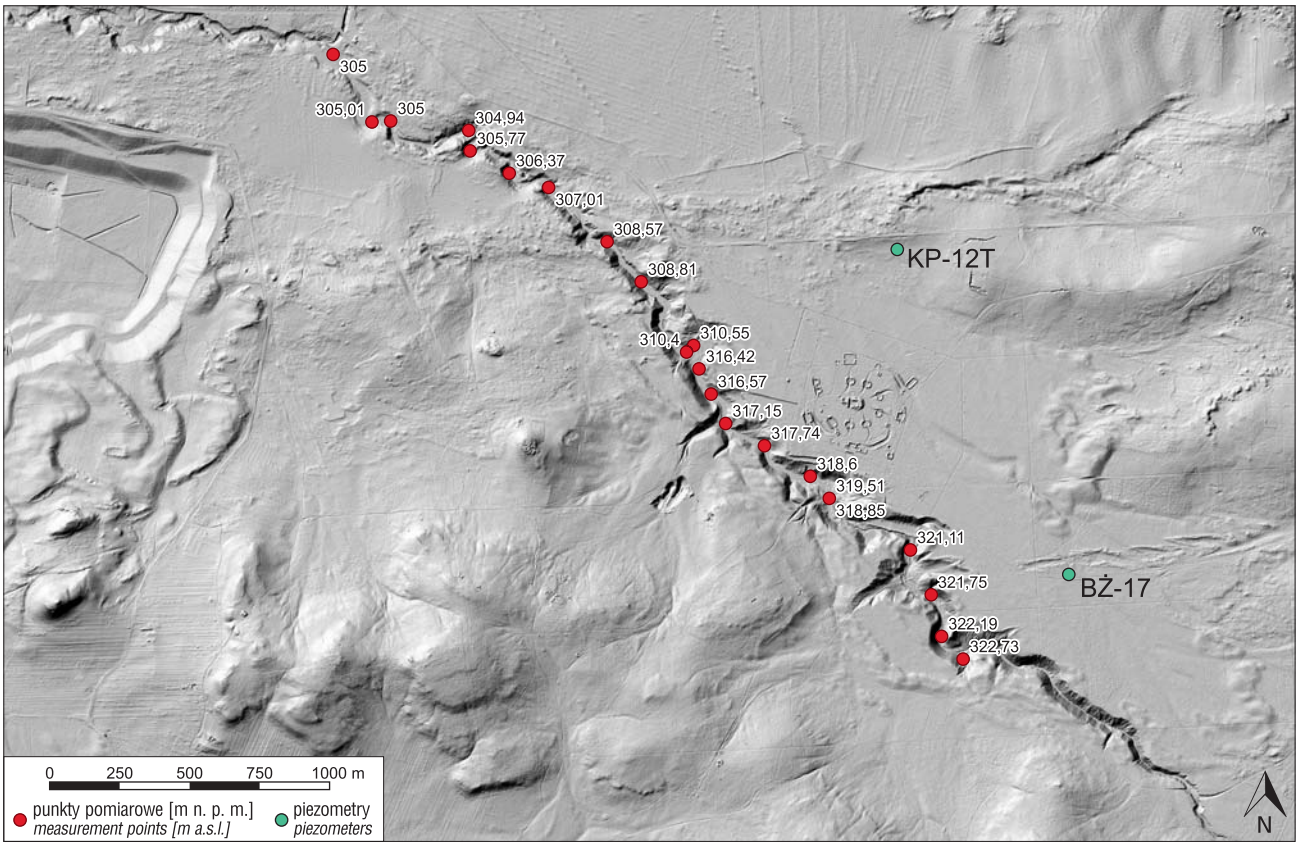
W czerwcu i lipcu 2021 r. zmierzono wydajność źródła Sztoły (punkt M1 na ryc. 5) oraz przepływy tej rzeki w trzech przekrojach hydrometrycznych: w Bukownie koło przystani kajakowej (punkt M3), przy drodze do Boru Biskupiego (punkt M4) oraz w Ryszce (punkt M5). Punkt pomiarowy nr M2 był miejscem całkowitego zaniku Sztoły. Źródło Sztoły (ryc. 6) miało wydajność Q = 57 l/s (3,4 m^3/min), natomiast w punkcie pomiarowym nr 5 przepływ wynosił Q = 0,92 m^3/s (55,3 m^3/min), w punkcie 10 – 0,76 m^3/s (45,6 m^3/min), a w punkcie 14 – 0,75 m^3/s (45,2 m^3/min). Na odcinku między punktami 5 i 10 Sztoła traciła 0,16 m^3/s wody, a na odcinku między punktami 10 i 14 – 0,01 m^3/s. Na odcinku między Bukownem a Ryszką rzeka traciła łącznie 0,17 m^3/s, co stanowiło 18,5% przepływu w Bukownie w punkcie nr 5.

Czylok i in. (2021) prognozowali, że po zakończeniu odwadniania Kopalni *Olkusz-Pomorzany* przepływy Sztoły będą bardzo małe – w przedziale od 0,0 do 0,0033 m^3/s.



Ryc. 5. Wartości przepływu Sztoły w punktach pomiarowych: $\mathbf{Q_{1-8}}$ – wg Motyki i Witczaka (1975); $\mathbf{Q_S}$ – wg Sawickiego (2000); $\mathbf{Q_P}$ – wg Czopa i Morman (2012); $\mathbf{Q_M}$ – przepływy w lipcu 2021 r. wg Czyloka i in. (2021); $\mathbf{Q_L}$ – prognozowane przepływy Sztoły po wyłączeniu odwadniania Kopalni *Olkusz-Pomorzany* wg Czyloka i in. (2021)
Fig. 5. Flow rates of the Sztoła River in the measurement points: $\mathbf{Q_{1-8}}$ – according to Motyka and Witczak (1975); $\mathbf{Q_S}$ – according to Sawicki (2000); $\mathbf{Q_P}$ – according to Czop and Morman (2012); $\mathbf{Q_M}$ – the Sztoła River flow rates in July 2021 acc. to Czylok et al. (2021); $\mathbf{Q_L}$ – the Sztoła River expected flow rates after turning off the drainage system of the *Olkusz-Pomorzany* mine acc. to Czylok et al. (2021)

Ryc. 6. Źródło Sztoły między Żuradą a Podlesiem – wrzesień 2022 r. Fot. D. Cień
Fig. 6. The Sztoła spring located between Żurada and Podlesie – September 2022. Photo by D. Cień



Ryc. 7. Rzędne dna koryta Sztoły oraz lokalizacja piezometrów KP-12T i BŻ-17
Fig. 7. Elevations of the Sztoła River bed and location of piezometers KP-12T and BŻ-17

Przepływ w punkcie L1 może wynosić 0,0–0,33 m^3/s, a w punktach L2, L3 i L4 od 0,0 do 0,0033 m^3/s.

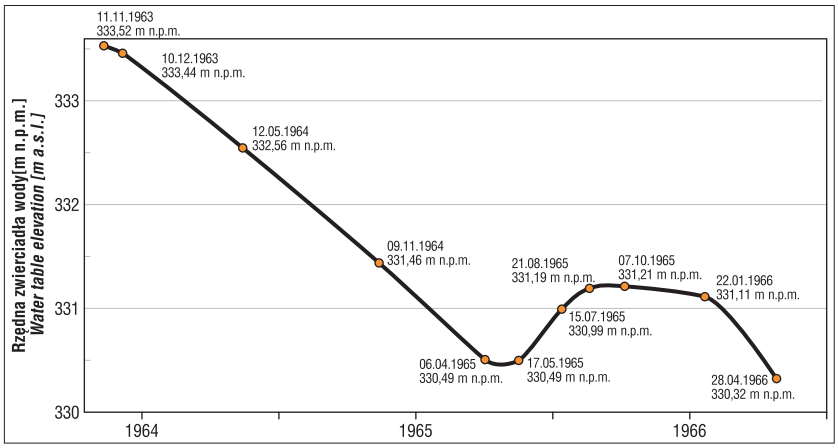
Określony przez Sawickiego (2000) moduł zasilania Kanału Centralnego i jego dopływów ($dm^3/s \times km^2$) we wszystkich punktach pomiarowych przyjmował zdecydowanie większe wartości, niż wynikające z opadów atmosferycznych przeliczonych na moduł. Tak duży dopływ wód do kanału jest tłumaczony filtracją wody z rzek otaczających piaskownię, w tym Sztoły.

DYSKUSJA WYNIKÓW

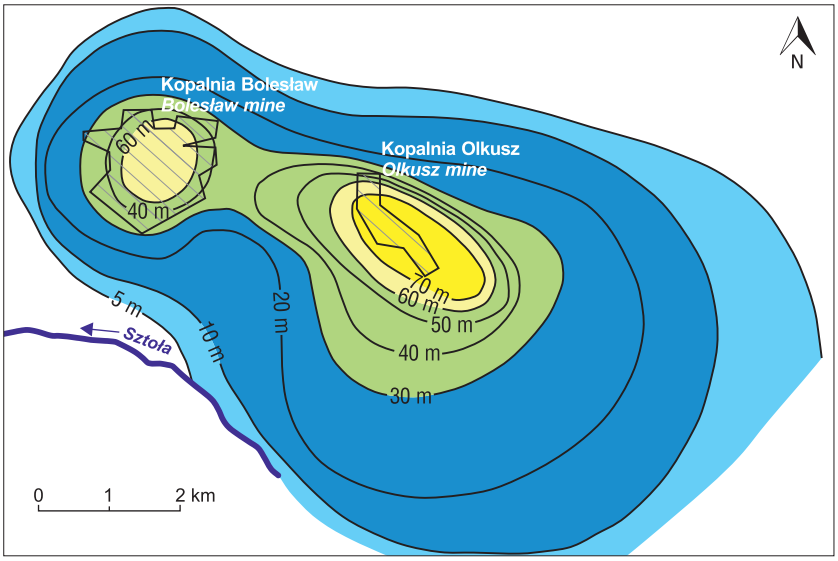
Naturalne natężenie przepływu wody w Sztole (jakie występowało przed rozpoczęciem zrzutu wód kopalnianych) nie jest znane. Na podstawie przesłanek wynikających z budowy geologicznej i ukształtowania powierzchni zlewni można wnioskować, że rzeka ta na całej długości miała reżim drenujący. W 1954 r. w Jaworznie-Szczakowej zaczęto wydobywać piaski czwartorzędowe w celu podsadzania wyrobisk poeksploatacyjnych w śląskich kopalniach węgla kamiennego (Bednarczyk i in., 2015). Zgodnie z pierwotnymi założeniami eksploatacja piasku miała sięgać naturalnego zwierciadła wody w tych utworach. Jednak w związku z naturalnymi wahaniami zwierciadła wody i wynikającą z nich koniecznością odwadniania odkrywki wykonano systemy rowów odwadniających, które w miarę zwiększania obszaru piaskowni rozwinęły się w swoistą sieć rzeczną. Jej głównym ciekiem stał się Kanał Centralny. W miarę postępu eksploatacji w kierunku wschodnim rozbudowywano system rowów odwadniających, który znajdował się coraz niżej w stosunku do naturalnego poziomu wody w piaskach czwartorzędowych. Rosnącej depresji towarzyszył coraz większy zasięg drenażu, spowodowany odwadnianiem piaskowni *Szczakowa*.

W 1958 r. rozpoczęto budowę podziemnej Kopalni *Olkusz* (rud cynku i ołowiu), wraz z systemem odwadniającym węglanowe skały triasowe. Jej wyrobiska znajdują się w odległości 5 km na północny wschód od górnego odcinka Sztoły. Do 1961 r. dopływy wody do budowanej kopalni, wynoszące 5 m^3/min, pochodziły głównie z odwadniania szybów (Adamczyk Z., Motyka, 2000). Po rozpoczęciu drążenia wyrobisk udostępniających dopływy zwiększyły się do 16 m^3/min w 1961 r. i 46 m^3/min w 1962 r., a w następnych latach szybko rosły, osiągając maksimum 82 m^3/min w 1968 r. (Adamczyk A.F., Wilk, 2003). Można więc przyjąć, że intensywny drenaż węglanowych skał triasowych wyrobiskami górniczymi Kopalni *Olkusz* rozpoczął się w 1961 r.

Poziom wód podziemnych w wapieniach gogolińskich (dolny wapień muszlowy) monitorowano w latach 1963–1966 w piezometrze BŻ-17, wywierconym ok. 0,5 km na wschód od źródła Sztoły (ryc. 7). Źródło wybija na wysokości 322,7 m n.p.m., a zwierciadło wody w tym piezometrze w listopadzie 1963 r. znajdowało się na wysokości 333,5 m n.p.m., tj. około 11 m powyżej poziomu wody w Sztole (wg pomiarów J. Motyki). W ciągu 2,5 roku poziom wody w piezometrze BŻ-17 obniżył się do rzędnej 330,3 m n.p.m., tj. o 3,2 m (ryc. 8), co dowodzi, że zasięg odwadniania wyrobisk górniczych Kopalni *Olkusz* osiągnął sąsiedztwo górnego odcinka doliny Sztoły. Niemniej jednak poziom wody w utworach triasu utrzymywał się jeszcze 7,6 m powyżej lustra rzeki, co wskazuje, że obserwowane w połowie lat 60. zmniejszenie przepływu wód Sztoły w Leśnym Dworze z 0,4 do 0,3 m^3/s, tj. o ok. 0,1 m^3/s (ryc. 4), było spowodowane zmniejszeniem się powierzchni północno-wschodniej części jej zlewni. Wyniki pomiarów Czyloka i in. (2021; ryc. 4) świadczą o tym, że przepływ wody w Sztole ustabilizował się w tym przekroju hydrometrycznym na poziomie ok. 0,1 m^3/s, co potwierdza także wynik pomiaru przepływu w sierpniu 1972 r. (Motyka, Witczak, 1975).



Ryc. 8. Rzędna zwierciadła wody w piezometrze BŻ-17. Pomiary J. Motyki
Fig. 8. Elevation of the water table in the BŻ-17 piezometer. Measurements by J. Motyka

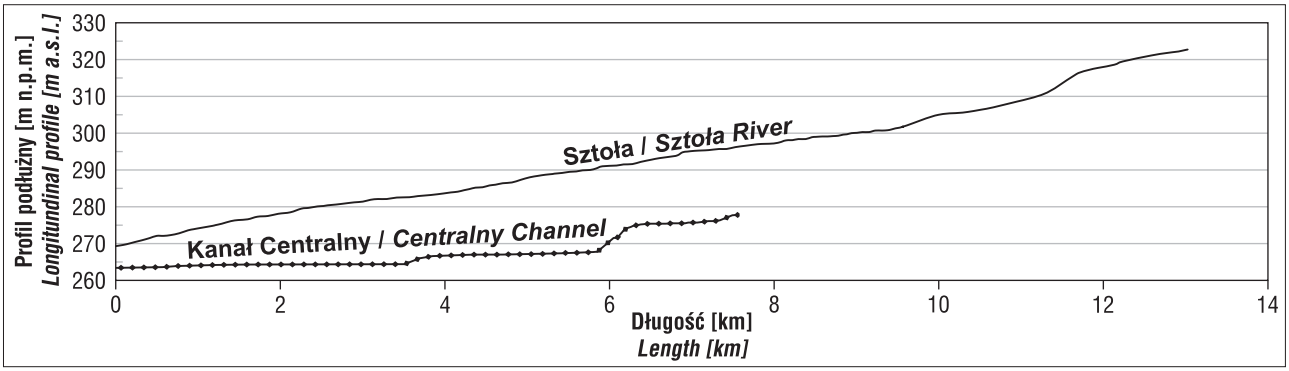


Ryc. 9. Mapa obniżeń [m] zwierciadła wód podziemnych w rejonie kopalń *Bolesław* i *Olkusz* – stan na 1967 r. (Motyka, Wilk, 1980)
Fig. 9. Map of the groundwater table depression [m] in the area of the Bolesław and Olkusz mines – as of 1967 (Motyka, Wilk, 1980)

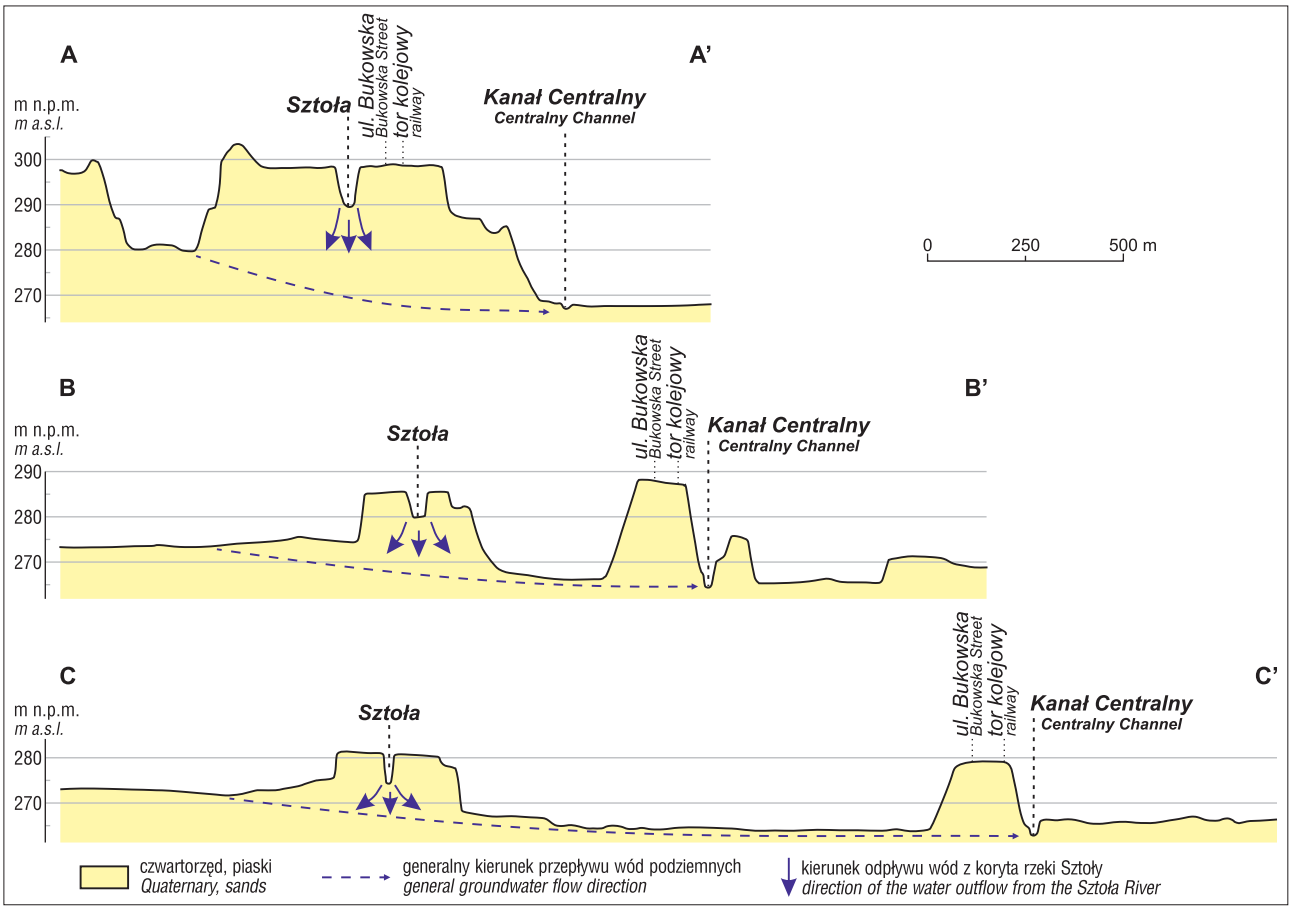
W lutym 2021 r. w piezometrze KP-12T, zainstalowanym w węglanowych skałach triasowych w odległości ok. 0,75 km na wschód od Sztoły, zanotowano rzędną zwierciadła wody 305,4 m n.p.m. Na tym odcinku suchego koryta rzeki rzędna dna zmienia się od 310 do 307 m n.p.m. (ryc. 7).

Według Motyki i Wilka (1980) w 1967 r. poziom wód podziemnych w węglanowych skałach triasowych sąsiadujących ze Sztołą był obniżony o kilka metrów, a w rejonie piezometru KP-12T o kilkanaście metrów (ryc. 9). Na początku lat 70. ubiegłego wieku połączony lej depresji wokół kopalń *Bolesław* i *Olkusz* ustabilizował się. W tych quasi-ustalonych warunkach drenażu górniczego Sztoła nadal płynęła w górnym odcinku, ponieważ zasilanie od strony południowo-zachodniej przeważało nad ucieczką wody z rzeki w kierunku północno-wschodnim – do wyrobisk Kopalni *Olkusz* (ryc. 2A).

W przeciwieństwie do ustabilizowanych systemów drenażu kopalń *Bolesław* i *Olkusz* sieć kanałów odwadniających piaskownię *Szczakowa*, wraz z jej głównym kolektorem (Kanałem Centralnym), rozrastała się w kierunku wschodnim. W miarę przemieszczania się Kanału Centralnego na wschód powiększała się różnica jego rzędnej w stosunku do rzędnej koryta Sztoły. W okolicy miejscowości Ryszki Kanał Centralny znajduje się 5 m poniżej Sztoły, a w Bukownie różnica ta wynosi już 18 m (ryc. 10). Sawicki (2000) stwierdził, że lej depresji kopalń rud Zn-Pb wkroczył częściowo na teren zlewni górnego biegu Sztoły i połączył się z lejem depresji piaskowni Szczakowa, co



Ryc. 10. Profile podłużne rzeki Sztoły i Kanału Centralnego
Fig. 10. Longitundinal profiles of the Sztoła River and Centralny Channel



Ryc. 11. Przekroje morfologiczne przez dolinę Sztoły (lokalizacja na ryc. 1)
Fig. 11. Terrain morphology cross-sections of the Sztoła valley (for location see Fig. 1)

spowodowało obniżenie zwierciadła wody na hydrogeologicznym dziale wodnym zlewni piaskowni i kopalń olkuskich. Tak więc pogląd wyrażony w pracy Czopa i Morman (2012), że przyczyną zaniku Sztoły w jej górnym biegu jest odwadnianie wyrobisk Kopalni *Olkusz-Pomorzany* nie znajduje potwierdzenia w wynikach opisywanych przez nas badań.

W grudniu 2021 r., po wyłączeniu systemu odwadniania Kopalni *Olkusz-Pomorzany,* Sztoła wyschła od osady Polis do ujścia do Białej Przemszy. Po opadach atmosferycznych w rejonie Bukowna pojawiają się w korycie rzeki niewielkie ilości wody, która na krótkim odcinku ginie w podłożu. Obecnie toczy się dyskusja dotycząca wielkości możliwego przepływu w rzece po odbudowaniu się naturalnych stosunków wodnych w obszarze leja depresji wokół Kopalni *Olkusz-Pomorzany*. Na podstawie cytowanych w artykule danych archiwalnych można sądzić, że przepływ w górnym odcinku Sztoły zwiększy się, trudno jednak przewidzieć o ile, ze względu na wpływ odwadniania Kopalni Piasku *Szczakowa*. Przypuszczalnie zwiększy się długość odcinka rzeki z przepływem wody, ale nadal fragment koryta do ujścia Baby będzie suchy. Po odtworzeniu naturalnego przepływu Baby i wypływu ze Sztolni Południowej oraz uwzględnieniu ucieczek wody do systemu rowów odwadniających piaskownię *Szczakowa* (ryc. 11) szacuje się, że w zależności od wysokości opadów atmosferycznych, okresowy przepływ wody w Sztole w przekroju Ryszki może dochodzić do kilku l/s (ryc. 5; Czylok i in., 2021).

PODSUMOWANIE

Od połowy lat 50. XX w. rzeka Sztoła jest pod wpływem drenażu górniczego odkrywkowej Kopalni Piasku *Szczakowa*, a od początku lat 60. także podziemnej Kopalni *Olkusz,* z której wydobywano rudy cynku i ołowiu. System drenażu piaskowni *Szczakowa* wraz z frontem eksploatacji przemieszczał się z zachodu na wschód – od ujścia Sztoły do Białej Przemszy w kierunku jej górnego odcinka. W miarę przesuwania się eksploatacji piasku w kierunku wschodnim poziom Kanału Centralnego, głównego kolektora piaskowni, usytuowanego w pobliżu Sztoły, znajdował się coraz niżej w stosunku do rzędnej rzeki (ryc. 10). Zmiana geometrii systemu drenażu piaskowni implikowała ciągłe powiększanie się powierzchni leja depresji w utworach czwartorzędowych w jej otoczeniu. W przeciwieństwie do piaskowni *Szczakowa* poziom odwadniania wyrobisk Kopalni *Olkusz* był na stałej rzędnej i jego geometria była już ustabilizowana pod koniec lat 60. ubiegłego wieku, a kilka lat później zasięg leja depresji w odwadnianych skałach triasowych był już quasi-ustalony.

Odwadnianie piaskowni *Szczakowa* było przyczyną spadku przepływu wody w Sztole w miejscowości Ryszka, przy jej ujściu do Białej Przemszy (ryc. 11C). Postęp wyrobisk piaskowni na wschód spowodował zmianę reżimu rzeki z drenującego na infiltrujący na coraz dłuższym jej odcinku. Na skutek drenażu węglanowych skał triasowych wyrobiskami Kopalni *Olkusz* zmniejszył się przepływ w górnym odcinku Sztoły (ryc. 9). Na tym odcinku wraz z rozwojem leja depresji Kopalni *Olkusz* zmniejszał się przepływ w Sztole, a rzeka z drenującej przekształciła się od strony północno-wschodniej w infiltrującą, ale w dalszym ciągu prowadziła wody. Nadal w jej korycie są czynne źródła, które wypływają z węglanowych skał triasowych. Ostatecznie przejęcie południowo-zachodniego strumienia wód podziemnych przez system drenażu piaskowni *Szczakowa* spowodował wyschnięcie Sztoły w jej górnym biegu, między przysiółkiem Polis a ujściem Baby do Sztoły w Bukownie.

Składamy podziękowania Recenzentom za poświęcony czas oraz cenne uwagi dotyczące artykułu. Praca została częściowo sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach subwencji dla Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH (16.16.140.315).

LITERATURA

ADAMCZYK A.F., WILK Z. 2003 – Rejon olkuski. Rozwój dopływów do kopalń. [W:] Wilk Z., Bocheńska T. (red.), Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa. AGH, Kraków: 281–289.
ADAMCZYK A.F., MOTYKA J., WILK Z., WITCZAK S. 1978 – Słone wody w osadach permskich północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Rocz. Pol. Tow. Geol., 48 (3–4): 537–558.
ADAMCZYK Z., MOTYKA J. 2000 – Rozwój dopływów do kopalń rud cynku i ołowiu w rejonie Olkusza. Prz. Geol., 48 (2): 171–175.
BEDNARCZYK S., GALINIAK G., RÓŻKOWSKI K., KAZNOWSKA-OPALA K. 2015 – Charakterystyka rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w Kopalni Piasku *Szczakowa* w Jaworznie. Prz. Gór., 9: 85–91.
CZOP M., MORMAN J. 2012 – Antropogeniczne przeobrażenia reżimu hydrogeologicznego rzeki Sztoły w południowej części rejonu olkuskiego. Prz. Gór., 7: 126–132.
CZYLOK A., MOTYKA J., D`OBYRN K., TYC A., NIEWDANA J., ADAMCZYK Z., ROZMUS F. 2021 – Ocena wpływu zaprzestania odprowadzania wód z odwadniania Kopalni *Olkusz-Pomorzan*y należącej do ZGH *Bolesław* S.A. na ekosystemy rzek: Biała i Sztoła oraz ewentualnych działań w przypadku wskazania istotnych zagrożeń dla tych ekosystemów. Stowarzyszenie Szansa Białej Przemszy, Olkusz. Arch. ZGH *Bolesław* S.A., nr arch. 1.6.3.
FISZER J., SAWICKI J., ŚLIFIRSKI M. 1992 – Prognoza dopływów i rozwoju leja depresji dla Kopalni Piasków *Szczakowa* przy pogłębionej eksploatacji. [W:] Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski. Wyd. Sudety, Wrocław-Pokrzywna: 165–171.
HAŁADUS A., KANIA J., KULMA R. 2007 – Badania modelowe zmian stosunków wodnych w obrębie złoża piasków na obszarze górniczym Szczakowa III. Gosp. Sur. Miner., 23 (1): 139–152.
KROPKA J., WRÓBEL J. 2001 – Przekształcenia warunków hydrogeologicznych w obszarach odkrywkowej eksploatacji piasków podsadzkowych w rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Prz. Geol., 49 (7): 631–638.
MOTYKA J. 1988 – Węglanowe osady triasu w olkusko-zawierciańskim rejonie rudnym jako środowisko wód podziemnych. Zesz. Nauk. AGH, nr 1157, Geologia, 36: 109
MOTYKA J., WILK Z. 1976 – Pionowe zróżnicowanie wodoprzepuszczalności węglanowych skał triasowych w świetle statystycznej analizy wyników próbnych pompowań (monoklina śląsko-krakowska). Kwart. Geol., 20 (2): 381–399.
MOTYKA J., WILK Z. 1980 – Olkuski rejon złożowy. Piętra wodonośne i ich charakterystyka. [W:] Różkowski A., Wilk Z. (red.) – Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego. Pr. Inst. Geol., 310: 151–159.
MOTYKA J., WITCZAK S. 1975 – Zasięg drenażu jednej z kopalń piasku podsadzkowego w warunkach zasilania poziomu wodonośnego przez rzekę. Zesz. Nauk. AGH nr 524, Geologia, z. 24: 65–76.
MOTYKA J., ADAMCZYK Z., JUŚKO K. 2016 – Dopływy wody do olkuskich kopalń rud cynku i ołowiu w ujęciu historycznym. Prz. Gór., 6: 49–58.
NIEWDANA J. 2021 – Dziennik obserwacji hydrogeologicznych. Arch. ZGH Bolesław S.A., nr arch. 310.
SAWICKI J. 2000 – Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego, górniczego drenażu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław: 84–86.
SIEDLECKA A. 1964 – Osady permu na północno-wschodnim obrzeżeniu Zagłębia Górnośląskiego. Rocz. Pol. Tow. Geol., 34 (3): 309–386.
STACHY J. (red.) 1986 – Atlas Hydrologiczny. Wyd. Geol., Warszawa.
WILK Z., MOTYKA J. 1977 – Kontakty między poziomami wodonośnymi w olkuskim rejonie kopalnictwa rud. Rocz. Pol. Tow. Geol., 47 (1): 115–143.
ZUBER A., MOTYKA J. 1998 – Hydraulic and solute velocities in triple – porosity karstic-fissured-porous carbonate aquifers: case studies in southern Poland. Environ. Geol., 34 (2/3): 243–250.

Praca wpłynęła do redakcji 1.06.2022 r.
Akceptowano do druku 23.09.2022 r.