



Wpływ zrzutów wód z planowanej kopalni wapieni na Przedgórzu Iłżeckim na przepływ w ciekach od V do II rzędu

Tadeusz Ciupa^{}, Roman Suligowski^{*}, Mirosław Wiatkowski^{**}*

^{}Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach*

*^{**}Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

1. Wstęp

Eksploracja surowców skalnych w odróżnieniu od węgla brunatnego jest prowadzona na mniejszą skalę i wywołuje na ogół lokalne zmiany w środowisku wodnym (m.in. Wilk 2003, Stachowicz & Szczepiński 2007). W sytuacji, gdy eksploatacja złoża schodzi na poziomy znajdujące się poniżej zwierciadła wód podziemnych pojawia się problem drenażu tych wód i zalewania dna kopalni. Powoduje to konieczność wypompowania nadmiaru wody i jej zrzutu do najbliższych cieków powierzchniowych. Zmienia to stosunki wodne w małych zlewniach rzecznych (o powierzchni do kilkunastu km²), w których wyrobiska stanowią znaczny odsetek powierzchni. W Polsce największy wpływ zrzutu wód z kopalni surowców skalnych na wody powierzchniowe występuje w regionie świętokrzyskim, a szczególnie w tzw. Białym Zagłębiu (Szczepański 1987; Herman i in., 1991). W publikacjach tych określa się na ogół zasięg lejów depresji i ich oddziaływanie na sieć hydrograficzną (np. zanik cieków, źródeł, podmokłości, zmiana przebiegu koryt rzecznych) a także możliwości zasilania siedlisk przyrodniczych wodami ze zrzutów (Ciupa & Suligowski 2014). W ekspertyzach hydrogeologicznych i hydrologicznych określa się na ogół średnią roczną objętość zrzutu wód do cieków, a jednocześnie zaleca się analizę ich wpływu na kształtowanie przepływów. Wpływ zrzutu wód z kopalni odkrywkowych

na kształtowanie wielkości przepływów charakterystycznych w ciekach jest przedstawiany w nielicznych publikacjach. Na przykład wyraźny wzrost przepływów na skutek zrzutu udokumentowali Motyka i in. (2007), Martyniak (2011), Robam i in. (2011), Laks i in. (2013) oraz Kasperek i in. (2015). W literaturze przedmiotu brakuje prac ukazujących wpływ odwadniania kamieniołomu na kształtowanie przepływu w ciekach kolejnych rzędów.

Celem pracy jest określenie wpływu odwodnienia i zrzutu wód z wyrobiska związanego z planowaną eksploatacją złoża wapieni jurajskich Marylin I na zwiększenie odpływu cieków rzędu: od V do II.

2. Materiał, metody i obszar badań

W opracowaniu wykorzystano różnorodne metody, narzędzia i techniki badawcze, które miały charakter kameralny (opracowanie istniejących materiałów archiwalnych i kartograficznych), terenowy i studialny. Prace te dotyczyły: delimitacji zlewni rzecznych kolejnych rzędów; określenia wielkości zasilania atmosferycznego wyrobiska i jego zlewni w roku przeciętnym, miesiącu i dobie z najwyższą sumą oraz podczas ulew o czasie trwania 10 i 15 minut; wyznaczenia przepływów charakterystycznych w niekontrolowanych i kontrolowanych hydrometrycznie ciekach odwadniających wyrobisko oraz obliczenia wielkości dopływu wód (powierzchniowych i podziemnych) do wyrobiska i ich zrzutu kształtującego przepływ w kolejnych recypientach.

Obiektem badań jest wyrobisko Marylin (1,5 ha), powstałe w wyniku eksploatacji wapieni jurajskich na Przedgórzu Iłżeckim. W 1998 roku wydzielono tu złożo Marylin I, w obrębie którego jest planowane wydobycie wapieni metodą odkrywkową. Jego eksploatacja spowoduje powiększenie istniejącego wyrobiska do powierzchni ok. 4,8 ha oraz jego pogłębienie do rzędnej spągu 155 m n.p.m. W procesie odwodnienia naturalnym odbiornikiem wód kopalnianych będzie ciek od Śniadkowa (o długości 2,388 km), który odwadnia zlewnię o powierzchni 9,77 km² (V rząd). Kolejnymi jego recypientami są: Oronka (IV), Szabasówka (III) i Radomka (II).

W celu określenia wielkości dopływu wód spływu powierzchniowego do kamieniołomu wyodrębniono zlewnię wyrobiska (obszar bezodpływowy) o powierzchni 32,25 ha. Morfologia tego obszaru sprzyja

powstawaniu spływu epizodycznego i jego koncentracji w osiach dwóch suchych nieckowatych dolin, u wylotu których istnieje już wyrobisko, a w przyszłości będzie ono powiększone.

Analizę opadów atmosferycznych, w roku przeciętnym oraz w miesiącu i dobie z najwyższą sumą, przeprowadzono na podstawie danych obserwacyjnych posterunku opadowego IMGW – Łaziska. Natężenie deszczu miarodajnego określono wzorami Błaszczyka i Reinholda (Kotowski i in. 2010) oraz modelem Bogdanowicz i Stachy'ego (1998) przyjmując czas trwania deszczu 10 oraz 15 minut a częstotliwość c : 1, 2, 5 i 10.

Rzeka Szabasówka oraz analizowane w jej zlewni cieki: Oronka i ciek od Śniadkowa są niekontrolowane hydrometrycznie. Charakterystyczne przepływy i odpływy u ich ujścia obliczono metodami: odpływu jednostkowego, Iszkowskiego i Punzeta (Byczkowski 1996). Recypientem Szabasówki jest Radomka, która jest rzeką kontrolowaną IMGW na posterunku obserwacyjnym Słowików ($A = 1006 \text{ km}^2$).

Dostępna, 40-letnia seria pomiarów wysokości opadów atmosferycznych pozwoliła stwierdzić, że ich średnia suma roczna dla roku przeciętnego (535 mm) była niższa od średniej dla Polski. Na półrocze letnie (V-X) w wieloleciu 1961-2000 przypadało 363 mm, czyli 68% sumy rocznej. Najwyższa zanotowana suma roczna wystąpiła w 1966 roku (761 mm), a najniższa – w 1969 r. (317 mm). Najbardziej wilgotnymi były miesiące letnie: od czerwca do sierpnia. Średnie sumy miesięczne przekroczyły wówczas 75 mm opadu. Stanowiły one 43% sumy rocznej. Najniższe średnie sumy miesięczne pojawiły się w styczniu i lutym (21 mm). Maksymalna suma dobowa opadów atmosferycznych w okresie 1961-2000 wynosiła tu 74,8 mm.

Średnia roczna wartość odpływu jednostkowego w zlewni Radomki osiągnęła $4,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Średni niski odpływ jednostkowy wyniósł $1,17 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, średni wysoki zaś – $42,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Największe średnie miesięczne wartości odpływu jednostkowego pojawiły się tu w marcu ($7,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$), a najmniejsze we wrześniu ($2,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$).

Przepływy charakterystyczne w zlewniach niekontrolowanych hydrometrycznie obliczono różnymi metodami, a uzyskane wartości są zbliżone. Średni przepływ Szabasówki tak obliczony kształtuje się granicach od 2,44 do 2,65 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, Oronki od 0,39 do 0,46 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a cieku od Śniadkowa od 0,034 do 0,046 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Dopływ wód do wyrobiska Marylin I

Wielkość zasilania powierzchniowego wynika z wysokości opadów docierających bezpośrednio na wyrobisko oraz z natężenia spływu powierzchniowego ze zlewni topograficznej. W roku charakteryzującym się przeciętnymi sumami opadu atmosferycznego, wyrobisko będzie zasilane w ciągu doby średnio $141,1 \text{ m}^3$ wody, w tym $21,3 \text{ m}^3$ będzie pochodziło z opadu na samo wyrobisko. Oznacza to średni dopływ wynoszący $0,098 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. W wilgotnym miesiącu, o najwyższej sumie opadu atmosferycznego, wyrobisko w ciągu doby będzie zasilane średnio przez $492,3 \text{ m}^3$ wody, w tym $74,2 \text{ m}^3$ będzie pochodziło z opadu na samo wyrobisko. Oznacza to średni dopływ wynoszący $0,341 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Przy założeniu maksymalnej sumy dobowej opadu, wyrobisko będzie zasilane w ciągu doby średnio 7225 m^3 wody, w tym 1089 m^3 będzie pochodziło z opadu na samo wyrobisko. Oznacza to średni dopływ wynoszący $5,018 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Najwyższe natężenie deszczu miarodajnego o czasie trwania 10 i 15 minut, dla częstości $c = 1$, otrzymano wykonując obliczenia wzorem Reinholda, a najniższe modelem Bogdanowicz i Stachy'ego. Począwszy od częstości $c = 2$ lata najwyższe wartości natężenia opadu uzyskano tym ostatnim modelem, np. dla częstości $c = 10$ lat (10 minutowy – $322,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$; 15 minutowy – $293,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$) były one o ok. 50% wyższe względem modelu Błaszczyka oraz o ok. 20% względem modelu Reinholda. Dopływ całkowity do wyrobiska przy opadzie 10 minutowym i $c=10$ lat obliczony wzorem Błaszczyka wyniesie $1705,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a modelem Bogdanowicz i Stachy'ego – $2730,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, z kolei przy opadzie 15 minutowym i $c=10$ lat, odpowiednio $1237 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ oraz $2484,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przy założeniu wystąpienia opadów ulewnych, o czasie trwania 10 oraz 15 minut i prawdopodobieństwie przekroczenia 100%, 50%, 20% i 10% (odpowiednio $c = 1$, $c = 2$, $c = 5$, $c = 10$) – stosując różne metody obliczania natężenia opadu miarodajnego, wyznaczono objętość wody opadowej spadającej bezpośrednio na wyrobisko oraz docierającej do niego ze zlewni. Objętość wody docierającej do wyrobiska jest iloczynem wielkości dopływu oraz liczby sekund przy określonym czasie zasilania. Przy opadzie miarodajnym 10 minutowym, obliczonym wzorem Błaszczyka i zdarzającym się raz na 10 lat ($c = 10$) objętość ta wyniesie 1024 m^3 , natomiast modelem Bogdanowicz i Stachy'ego – 1639 m^3 . Z kolei przy założeniu opadu trwającego 15 minut ($c = 10$ lat), odpowiednio 1113 m^3 oraz 2236 m^3 .

4. Wpływ odwodnienia wyrobiska Marylin I na kształtowanie odpływu ze zlewni cieków od Śniadkowa i jego kolejnych recypientów

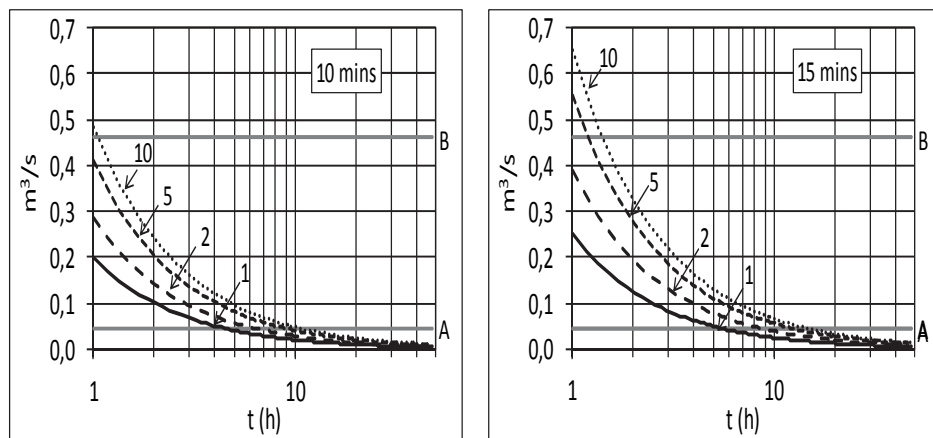
Przewidywana ilość wody dopływającej do wyrobiska kopalni, która będzie wymagała wypompowania na zewnątrz, jest sumą objętości wód z zasilania podziemnego (o charakterze statycznym i dynamicznym) oraz zasilania powierzchniowego.

Dopływ wód podziemnych do wyrobiska przy eksploatacji na poziomie 167 m n.p.m. wyniesie $229,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, zaś na poziomie 155 m n.p.m. – $473,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (Knapczyk 2014). Powyższe wartości jednostkowe zasilania wodami podziemnymi przyjęto w kolejnych okresach obliczeniowych (rok, miesiąc, doba, 10-15 minut). Całkowity dopływ wód do wyrobiska w roku o przeciętnych warunkach zasilania atmosferycznego wyniesie na poziomie eksploatacji 167 m n.p.m. – $0,066 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a na poziomie 155 m n.p.m. – $0,132 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Oznacza to średnią roczną wielkość zrzutu wód kopalnianych z wyrobiska Marylin I do cieków od Śniadkowa. Przyjmując wielkość maksymalnej sumy miesięcznej opadu na analizowanym terenie (158 mm) – całkowity dopływ do wyrobiska na poziomie eksploatacji 167 m n.p.m. osiągnie $0,070 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a na poziomie 155 m n.p.m. – $0,137 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Udział zasilania powierzchniowego wywołanego opadem atmosferycznym w stosunku do zasilania podziemnego będzie niewielki w omawianych okresach obliczeniowych. Skokowy wzrost zasilania powierzchniowego pojawi się dopiero podczas wystąpienia maksymalnych dobowych sum opadów. Największe zagrożenia, ze strony opadów atmosferycznych, dla kopalni odkrywkowej wystąpią podczas opadów ulewnych. W obliczeniach epizodycznego dopływu wód powierzchniowych do wyrobiska przyjęto wyższe wartości (najbardziej restrykcyjne) deszczu miarodajnego, tj. w przypadku $c = 1$ – uzyskane wzorem Reinholda, dla $c > 1$ – modelem Bogdanowicz i Stachy'ego. Całkowita wielkość dopływu do wyrobiska na poziomie eksploatacji 167 m n.p.m. podczas opadu 10 minutowego, o okresie powtarzalności 10 lat ($c = 10$) wyniesie $2,796 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a na poziomie 155 n.p.m. – $2,863 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Po opadzie trwającym 15 minut będzie to odpowiednio: 2,548 i $2,615 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Opady ulewne spowodują intensywne bezpośrednie zasilanie wodą wyrobiska, a także wywołają spływ powierzchniowy z jego zlewni. Wielkość tego typu zasilania będzie wówczas kilkadziesiąt razy większa od podziemnego. Z obliczeń wynika również, że zejście z eksploatacją surowca z poziomu

167 do 155 m n.p.m. nie będzie miało dużego wpływu na wielkość dopływu całkowitego do wyrobiska.

W kopalniach odkrywkowych, po opadach ulewnych przechwytuje się nadmiar wód i następuje ich wypompowanie. Jego czas zależy m.in. od objętości zgromadzonej wody na dnie wyrobiska, pojemności osadników i wydajności pomp. Przy założeniu wystąpienia deszczu miarodajnego o czasie trwania 10 minut, eksploatacji wapieni w wyrobisku Marylin na poziomie 155 m n.p.m. oraz nieprzekraczalności wartości przepływu średniego w cieku od Śniadkowa ($0,046 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) czas wypompowania nadmiaru wód będzie dodatkowo dłuższy od: 4 godzin dla $c = 1$ rok oraz 11 godzin – $c = 10$ lat (rys. 1). Opad miarodajny o trwający 15 minut spowoduje wówczas konieczność nadzwyczajnego wypompowania wody z wyrobiska przez okres odpowiednio od 5 do 14 godzin. Zrzuty wód po opadach 10 minutowych mogą spowodować przekroczenie wartości średniego rocznego przepływu Oronki ($0,461 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) jedynie raz na 10 lat ($c = 10$), a po opadach 15 minutowych – już raz na 5 lat (rys. 1). Taki sposób gospodarowania nadmiarem wód nie doprowadzi do nałożenia kulminacji fal wezbraniowych wywołanych naturalnym spływem powierzchniowym w zlewni cieku oraz zrzutem z wyrobiska. Zatem zrzut wód nie będzie powodował wzrostu zagrożenia powodziowego w dnie doliny cieku od Śniadkowa i kolejnych recypientów, a ulegnie zmniejszeniu w fazie kumulacji spływu powierzchniowego z uwagi na przechwycenie wód opadowych przez obszar bezodpływowy wyrobiska.

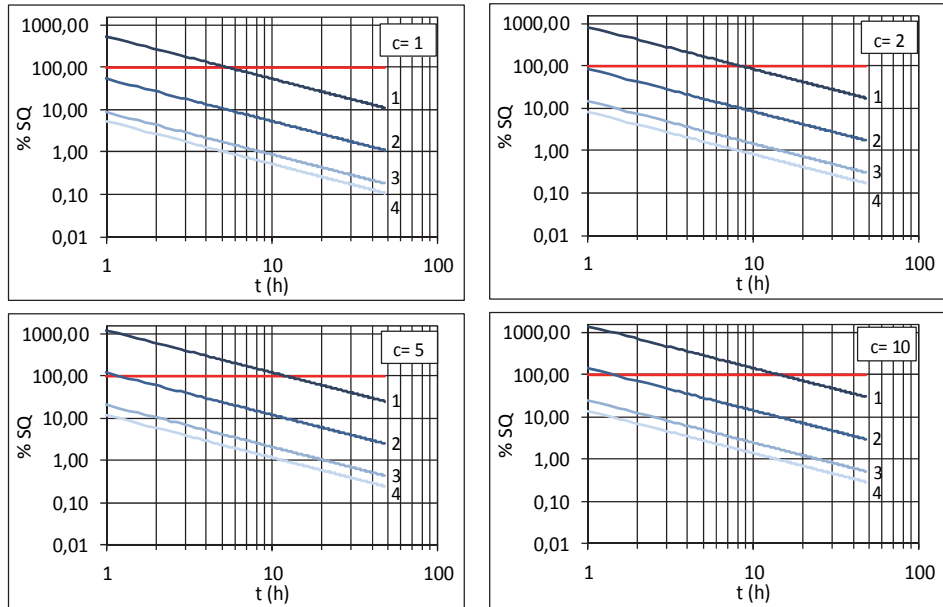
Porównano natężenie przepływów: cieku od Śniadkowa, Oronki, Szabasówki i Radomki z wielkością zrzutów z wyrobiska i określono ich wpływ (%) na wzrost przepływów ww. cieków. Przewiduje się, że w roku ze średnimi sumami opadów atmosferycznych udział procentowy wód odpompowywanych z wyrobiska Marylin I na poziomie eksploatacji 167 m n.p.m. będzie wynosił ponad 143% średniego przepływu rocznego w korycie cieku od Śniadkowa, a na poziomie 155 m n.p.m. – prawie 290%. Niewiele wyższy wzrost przepływów w tym cieku prognozuje się w najwilgotniejszym miesiącu, natomiast znaczny – po maksymalnych opadach dobowych (167 m n.p.m. – ok. 322%; 155 m n.p.m. – 467%). Omawiane sytuacje hydrometeorologiczne będą miały jeszcze pewien wpływ na kształtowanie przepływu Oronki (do ok. 47%), ale już nieistotny – Szabasówki (do ok. 8%) i Radomki (do ok. 5%).



Rys. 1. Prognozowany zrzut wód ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) po opadach ulewnych (10-15 minut) w czterech okresach powtarzalności (od $c = 1$ rok do $c = 10$ lat), w odniesieniu do średniego rocznego przepływu cieku od Śniadkowa (A) i Oronki (B).

Fig. 1. The predicted discharge ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) after torrential rains (10-15 minutes) in four return periods (from $c = 1$ year to $c = 10$ years), in relation to the average annual discharge of the stream from Śniadków (A) and Oronka river (B).

Po wystąpieniu opadów ulewnych (10-15 minut) zrzut wód kopalnianych z głębszego poziomu eksploatacji (155 m n.p.m.) spowoduje wyraźny wzrost przepływów w cieku od Śniadkowa, uzależniony jednak od czasu wypompowywania nadmiaru wód w wyrobisku. W rozpatrywanej ekstremalnej sytuacji tj. pracy pomp przez 1 godzinę po wystąpieniu 15 minutowego opadu miarodajnego przepływ średni roczny w cieku od Śniadkowa będzie większy ponad: 5-krotnie ($c = 1$) lub nawet 14-krotnie ($c = 10$). Niewielkie przekroczenia przepływu średniego rocznego, w identycznej sytuacji hydrometeorologicznej mogą pojawić się jeszcze tylko w korycie Oronki. Pozostałe recypienty tylko w niewielkim stopniu zareagują na tej wielkości zrzut (rys. 2).



Rys. 2. Udział procentowy wielkości zrzutu wody z wyrobiska na poziomie eksploatacji 155 m n.p.m., po opadach ulewnych trwających 15 minut, w odniesieniu do średniego rocznego przepływu cieką od Śniadkowa (1) i kolejnych jego recypientów (Oronka – 2, Szabasówka – 3, Radomka – 4)

Fig. 2. Total percentage of water discharge from the excavation at 155 m a.s.l. exploitation level, after torrential rains (15 minutes) in relation to the average annual discharge of the stream from Śniadków (1) and subsequent rivers (Oronka – 2, Szabasówka – 3, Radomka – Słowików – 4)

Wydłużenie do 8 godzin okresu pompowania wody pochodzącej z 15 minutowych opadów ulewnych spowoduje, że udział procentowy wód kopalnianych w przepływie średnim rocznym cieką od Śniadkowa wyniesie od 67,4% ($c = 1$) do 178,3% ($c = 10$), a przy czasie pompowania 16 godzin istotnie obniży się (odpowiednio: 32,6% i 89,1%).

5. Wnioski

1. Dopływ wód do wyrobiska Marylin I (z uwzględnieniem zasilania podziemnego), na głębszym poziomie eksploatacji (155 m n.p.m.) średnio w ciągu doby osiągnie: w roku z przeciętnymi opadami – $0,132 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, w miesiącu o najwyższej sumie opadu – $0,137 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, w dobie z maksymalną sumą opadu – $0,215 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
2. Prognozuje się, że znacznie wyższe dopływy do wyrobiska wystąpią po opadach ulewnych. W sytuacji 10 minutowego opadu miarodajnego o częstotliwości $c = 10$ lat – dopływ ten wyniesie $2,863 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a opadu 15 minutowego – $2,615 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Oznacza to, że objętość wód docierających do wyrobiska po takich epizodach opadowych, wraz z wodami podziemnymi, osiągnie odpowiednio: 1718 m^3 oraz 2354 m^3 ,
3. Czas wypompowania wody z wyrobiska po wystąpieniu opadu trwającego 15 minut i okresie powtarzalności 10 lat, niezależnie od przyjętego poziomu eksploatacji złoża, powinien wynosić 14 godzin, aby wielkość zrzutu wód z kopalni nie przekroczyła średniego rocznego przepływu w cieku od Śniadkowa,
4. Znaczenie zasilania powierzchniowego będzie największe podczas opadów ulewnych, ale wypompowywanie wody rozłożone w czasie od kilku do kilkunastu godzin nie spowoduje nakładania się fali wezbraniowej w cieku z falą wywołaną zrzutem wód z wyrobiska. Wystąpienie maksymalnych opadów ulewnych (10-15 minut), a w konsekwencji zrzutu wód kopalnianych z głębszego poziomu eksploatacji (155 m n.p.m.), spowoduje wyraźny wzrost przepływów jedynie w cieku od Śniadkowa, będzie on jednak uzależniony od czasu wypompowywania. W praktyce, czas wypompowania jest dostosowywany do przepustowości koryt cieków.

Literatura

- Bogdanowicz, E., Stachy, J. (1998). Maksymalne opady deszczu w Polsce. Charakterystyki projektowe. *Materiały Badawcze IMGW, seria Hydrologia i Oceanologia, 23*.
- Byczkowski, A. (1996). *Hydrologia – tom 2*. Warszawa: Wyd. SGGW.
- Ciupa, T., Suligowski, R. (2014). The possibilities of wetland preservation within the depression cones of limestone and marl mines at Leńnica-Małoszycz and Bukowa in the circumstances of deepening the level of exploitation. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Land Reclamation, 46, 4, 337-351*.

- Herman, G., Kaczorowski, Z., Malicki, W., Prażak, J., Szczepański, J. (1991). *Modelowa analiza wpływu odwodnień złóż surowców skalnych w Białym Zagłębiu na regionalne stosunki wodne*. W: V Ogólnopolskie Sympozjum Współczesne problemy hydrogeologii. Warszawa-Jachranka: Wyd. SGGW, 122-126.
- Kasperek, R., Mokwa, M., Wiatkowski, M. (2013). Modelling of pollution transport with sediment on the example of the Widawa River. *Archives of Environmental Protection*, 39/2, 29-43, doi: 10.2478/aep-2013-0017.
- Kasperek, R., Wiatkowski, M., Rosik-Dulewska, C. (2015). Investigations of hydrological regime changes in an area adjacent to a mine of rock raw materials. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 17, 256-274.
- Knapczyk, R. (2014). *Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z zamierzonym wykonywaniem odwodnień w celu wydobywania kopaliny ze złoża wapieni jurajskich „MARYLIN I”*, Kielce.
- Kotowski, A., Kaźmierczak, B., Dancewicz, A. (2010). *Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji*. Warszawa: Polska Akademia Nauk.
- Laks, I., Kałuża, T., Sojka, M. (2013). Problems with modelling water distribution in open channels with hydraulic engineering structures. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 245-257.
- Martyniak, K. (2011). Ważniejsze uwarunkowania przyrodnicze a wydobywanie kruszyw. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, 132, *Studia i Materiały*, 39, 199-206.
- Motyka, J., Czop, M., Jończyk, W., Stachowicz, Z., Jończyk, I., Martyniak, R. (2007). Wpływ głębokiej eksploatacji węgla brunatnego na zmiany środowiska wodnego w rejonie kopalni „Bełchatów”. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 31, 2, 477-487.
- Robam, K., Valgma, I., Iskül, R. (2011). Influence of water discharging on water balance and quality in the Toolse River in Ubjia oil shale mining region. *Oil Shale*, 28, 3, 447-463, doi: 10.3176/oil.2011.3.07.
- Stachowicz, Z., Szczepiński, J. (2007). Ocena wpływu odwadniania przyszłej odkrywki „Piaski” KWB „Konin” SA na środowisko wodne. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 2, 567-574.
- Szczepański, A. (1987). Bezpośredni i pośredni wpływ odwadniania kopalń w Białym Zagłębiu na ilość i jakość wód poziomu dewońskiego. W: *Ochrona i zanieczyszczenie wód podziemnych*. Wrocław, 360-369.
- Wilk, Z. (red.) (2003). *Hydrogeologia polskich złóż kopalni i rejonów górniczych, 1*. Kraków: AGH.

The Influence of Water Discharge from Planned Limestone Mine in *Ilża* Foothills on Runoff of 5th to 2nd Order Streams

Abstract

In the paper, the influence of predicted mine water discharge from the planned excavation of Jurassic limestone from Marylin 1 deposit (*Ilża* Foothills) on two levels of exploitation (167 and 155 m a.s.l.) on runoff of 5th to 2nd streams order (5th – stream from Śniadków, 4th – Oronka river, 3rd – Szabasówka river, 2nd – Radomka river) was examined. Excavation with its surface catchment creates endorheic area of 32.25 hectares, which will be dewatered. The source material consisted of: topographic and thematic maps, digital elevation model, hydrogeological documentation and field survey results. The analysis included river catchments delimitation, rainfall calculation in the area of the planned excavation mine and its catchment during the average year, month and day with the highest total precipitation during the 10 and 15 minute storms, calculation of specific discharge in gauged and ungauged streams which drains the excavation pit, calculation of the amount of runoff entering the excavation pit and the mine water discharge forming the runoff in subsequent streams. Unreliable rainfall intensity was determined by various methods: Błaszczyk equation, Reinhold formula, Bogdanowicz-Stachy probabilistic model. Specific discharges and runoff of the stream of Śniadków, Oronka river and Szabasówka river were obtained using specific runoff methods, Iszkowski equation and Punzet formula. Runoff of the Radomka river was calculated based on IMGW data (Słowików water gauge). The total percentage of surface water and groundwater at the 155 m a.s.l. exploitation level conditions will reach: 287.0% (year), 297.8% (month) and 467.4% (day) of the average runoff. In the following streams this influence will be moderate: Oronka (up to about 47%), Szabasówka (up to 8%) and Radomka (up to 5%). The biggest hydrological consequences, as a result of surface inflow, will occur after the torrential rain (10-15 minutes) in the stream from Śniadków. The resulting discharge will depend on the time required to pump out water from the excavation mine. In the scenario of the most intensive 15 minutes rainfall (return period 10%), the optimal duration of pumping out the water in the 155 m exploitation level conditions will be about 14 hours. Then, the mine water discharge will not exceed the average year discharge in the stream from Śniadków.

Słowa kluczowe:

wyrobisko, zrzut wód kopalnianych, odpływ rzeczny

Keywords:

mine excavation, mine water discharge, river runoff