

Prognoza zatapiania wyrobiska poeksploatacyjnego Świerki

Forecast of flooding of the post-mining excavation Swierki



*Dr inż. Krzysztof Polak**



*Dr inż. Kazimierz Różkowski**



*Mgr inż. Katarzyna Pawlecka**



*Mgr inż. Karolina Kaznowska-Opala**



*Mgr inż. Wojciech Chudzik**)*

Abstract: W artykule przedstawiono prognozę czasu zatapiania, stokowo-wgłębne wyrobiska pogórnicego. Prognoza została wykonana dla nieczynnej kopalni odkrywkowej, w której prowadzono wydobycie melafiru. Rozpatrywany obiekt położony jest w Górach Suchych (Sudety). Opracowany bilansowy model obliczeniowy dostosowany został do warunków zasilania wyrobiska, do którego dopływ odbywa się poprzez opad bezpośredni, a także spływ powierzchniowy i podpowierzchniowy ze zlewni własnej. Obliczony czas trwania rekultywacji wodnej wgłębnej części wyrobiska odkrywkowego przekracza, wymagany przez ustawę o gruntach rolnych i leśnych, okres 5 lat. We wnioskach końcowych zaproponowano sposób rozliczenia rekultywacji terenów powyrobiskowych przeznaczonych do zagospodarowania jako użytki wodne.

Treść: This paper presents a forecast of flooding time of the abandoned quarry where melaphyre was mined. That mine is located in Suche Mountains (Sudeten Mountains). The presented model of water balance was adopted to the local conditions of open-pit recharge. The main source of water inflow comes with direct precipitation as well as surface and subsurface runoff from the local catchment. The estimated duration of water reclamation exceeds the period of time indicated by the Regulation on agriculture and forest land, amounting 5 years. In the conclusion the way of settling reclamation time of post-mining areas for water reservoir has been suggested.

Słowa kluczowe:

kamieniołom, rekultywacja wodna, metoda bilansowa

Key words:

quarry, water reclamation, balance method

*) AGH w Krakowie, **) Lafarge Kruszywa i Beton, Warszawa

1. Wprowadzenie

Wyrobisko górnicze „Świerki II” położone jest na terenie miejscowości Świerki, w gminie Nowa Ruda (powiat kłodzki, województwo dolnośląskie), (rys. 1). Samo złożo znajduje się ok. 500 m na południe od miejscowości Świerki Górne.

Eksploracja złoża „Świerki” została rozpoczęta jeszcze w okresie międzywojennym XX wieku. Na dzień dzisiejszy w granicach złoża znajdują się dwa wyrobiska poeksploatacyjne Świerki I, w którym rekultywacja nastąpiła w wyniku sukcesji naturalnej oraz Świerki II, gdzie eksploatację zakończono w 2012 roku.

Działalność górnicza prowadzona była na obszarze o powierzchni 40,4822 ha. Wydobywany melafir wykorzystywano do produkcji kruszyw budowlanych głównie drogowych. Eksploatacja prowadzona była metodą odkrywkową, systemem ścianowym, w wyrobisku stokowo-wgłębny. Występujące w złożu spękania tworzyły dogodny warunki do eksploatacji melafiru na kruszywo i kamień łamany [2].

W chwili obecnej w wyrobisku poeksploatacyjnym prowadzona jest działalność rekultywacyjna. Z uwagi na warunki naturalne zdecydowano się na rekultywację wodno-leśną.

2. Warunki naturalne

Złożo melafiru „Świerki” położone jest w południowej części Gór Suchych na wzniesieniu wznoszącym się na wysokość 700 m n.p.m. Góry Suche stanowią część Gór Kamiennych, należących do odrębnej jednostki morfologicznej - niecki śródsudeckiej. Zbudowane są z mniejszych i większych wzniesień ciągnących się z południowego zachodu w kierunku północno-wschodnim [2]. Typową morfologię terenu

dla otoczenia wyrobiska górniczego Świerki przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Morfologia terenu w otoczeniu wyrobiska Świerki II (Fot. W. Chudzik)

Fig. 2. Morphology of the area in the surroundings of the Świerki II (Photo: W.Chudzik)



Rys. 1. Lokalizacja obszaru i terenu górniczego KSS „Świerki” (Źródło: www.geoportal.gov.pl)

Fig. 1. Location of Świerki mine (Source: www.geoportal.gov.pl)

Pod względem geologicznym złoża „Świerki” stanowi część serii wulkanitów zbudowanych w przeważającej mierze z melafirów, porfirów i tufów. Budowa ta jest charakterystyczna dla zapadlisk śródgórskich. W bezpośrednim otoczeniu złoża występują tzw. piaskowce budowlane. Utwory te występują w dwóch frakcjach – piaszczystej i ilastej. Niższa część profilu geologicznego zbudowana jest z ceglanych zbitych piaskowców z wkładkami zwirowymi. W warstwach stropowych piaskowiec wykształcił się w postaci łupków piaszczysto-ilastych z cienkimi wkładkami piaskowca, które stopniowo ustępują miejsca wyłącznie łupkom ilastym. Złoża melafirów, znajdujące się powyżej piaskowca, tworzą dwie odrębne pokrywy powierzchniowe oddzielone od siebie cienką warstwą łupków ilastych. Powyżej złoża znajduje się cienka warstwa utworów pochodzenia czwartorzędowego. Taki stan jest wynikiem działania procesów degradacyjnych, które występowały po powstaniu złoża, w późniejszych okresach geologicznych. Pokrywa utworów czwartorzędowych, występuje w formie zwietrzelin o miąższości od 1 do 2 m [5]. Na rysunku 3. przedstawiono schematycznie warunki geologiczne otoczenia złoża Świerki.



Rys. 3. Zarys budowy geologicznej otoczenia złoża „Świerki” (Źródło: Interaktywna mapa Opracowania ekofizjograficznego dla województwa dolnośląskiego)

Fig. 3. Schematic geological conditions in the area of “Świerki” deposit

Warunki hydrogeologiczne złoża należą do nieskomplikowanych. W obszarze złoża melafiru Świerki nie stwierdzono występowania silnie wodonośnych utworów [2]. Utwory tworzące nadkład, a także skały magmowe budujące złoża oznaczają się niską przepuszczalnością. Przewodność hydrauliczna związana jest ze szczelinowatością skał. Seria złożowa charakteryzuje się szczelinowatością rzędu 2,5%, przy nasiąkliwości ośrodka skalnego 0,24% [1].

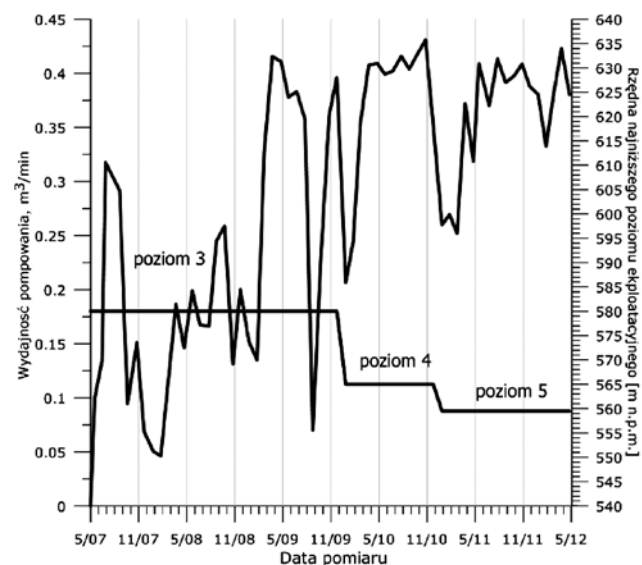
Wody powierzchniowe w obrębie złoża „Świerki” tworzą słabo urozmaiconą sieć rzeczna. Granice złoża znajdują się w obszarze cieków wodnego IV rzędu Włodzica, zlokalizowanego ok. 450 m od granicy złoża. Poza potokiem Włodzica w pobliżu wyrobiska znajduje się rów melioracyjny, który przechodzi w rów odwadniający R-123, do którego zrzucane były wody z odwodnienia wyrobiska górniczego. Ilość odprowadzanej wody zależała głównie od pory roku i związanej z tym wysokości występujących opadów atmosferycznych. Średnia roczna suma opadów na rozpatrywanym terenie waha się w granicach 700-800 mm. Teren na którym znajduje się złożo, leży w tzw. „cieniu opadowym”. Oznacza to, że na zboczach

występują wyższe sumy opadów niż na dnie kotliny. Średni wskaźnik parowania z powierzchni terenu na tym obszarze wynosi około 540 mm (OE; 2005).

3. Dopływ wody do wyrobiska „Świerki II” w czasie eksploatacji

W maju 2012, po zakończeniu prac wydobywczych, wyłączono system odwodnienia kopalni. Wskutek tego wglębna część wyrobiska sukcesywnie napełnia się wodą. Analiza warunków zasilania wskazuje, że wody dopływające do wyrobiska Świerki II pochodzą ze spływu powierzchniowego ze zlewni własnej. Zlewnia ta obejmuje obszar ok. 47 ha. Wyrobisko końcowe zajmuje powierzchnię 40 ha, pozostałą część zlewni porastają lasy [2].

W czasie eksploatacji woda dopływająca do wyrobiska gromadzona była w rząpiu, by następnie zostać przepompowana na wyższy poziom do rurociągów odprowadzających wodę do rowu R-123. Rząpie pełniło rolę osadnika i służyło m.in. do redukcji zawiesin, które spływały do wyrobiska wraz z wodą opadową. Kontrola ilości odprowadzanej wody prowadzona była przez odczyty z wodomierza oraz na podstawie dziennika pompowań. Poniżej znajduje się wykres obrazujący zależność pomiędzy dopływami wody a działalnością górnictwem w okresie 2007-2012 (rys. 4).



Rys. 4. Wykres odpływu wód z wyrobiska w latach 2007 - 2012 (Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów z kopalni oraz operatorów ewidencyjnych zasobów złoża melafiru „Świerki” za rok 2007-2011)

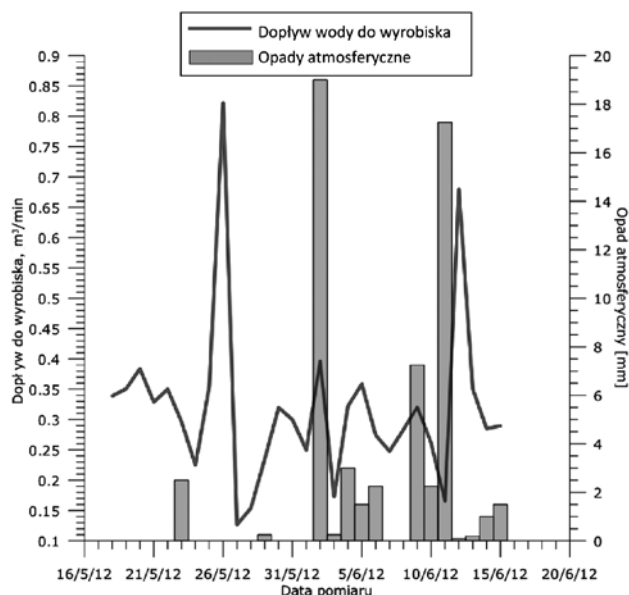
Fig. 4. Diagram of water outflow from the quarry in years 2007-2012 (Source: own elaboration on the basis of measurements from the mine and record operators of the melaphyre resources)

Analizując wykres, można zauważyć, że wraz z powiększaniem wglębnej części wyrobiska zwiększała się ilość odpompowywanych wód. Ponadto na wykresie wyróżniają się dwa okresy pogodowe ze wzrastającą i malejącą ilością dopływu wody do wyrobiska. Przyczyny takiego stanu można dopatrywać się w warunkach klimatycznych charakterystycznych dla tego regionu. Większa ilość wody wypompowywana była z wyrobiska w okresie wiosenno-letnim, głównie ze względu na roztopę pokrywy śniegowej występującej

w sezonie wiosennym oraz dużą intensywność opadów atmosferycznych w miesiącach letnich.

4. Dopływ wody do wyrobiska „Świerki II” w trakcie zatapiania

Po zakończeniu eksploatacji i wyłączeniu systemu odwadniania rozpoczęto zatapianie wyrobiska. Kontrola poziomu wody w wyrobisku odbywała się przy pomocy łaty pomiarowej umieszczonej w rzępiu. Zależność pomiędzy wielkością opadu atmosferycznego a wielkością dopływu przedstawiono na rysunku 5 (dane dotyczą pierwszego miesiąca trwania zatapiania wgłębszej części wyrobiska).



Rys. 5. Wykres dopływu wody do wyrobiska po wyłączeniu odwadniania oraz sumy dzienne opadu atmosferycznego (Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów z kopalni)

Fig. 5. Figure of water inflow into the mine pit after excluding the dewatering system and total daily rainfall (Source: own elaboration on the basis of measurements from the mine)

Na wykresie widoczna pozostaje zależność pomiędzy wielkością dopływu wody a sumą dzienną opadów atmosferycznych. Średni dopływ w rozpatrywanym okresie czasu wody wyniósł $0,32 \text{ m}^3/\text{min}$ ($461 \text{ m}^3/\text{dobę}$).

5. Prognoza wzniosu zwierciadła wody

W celu określenia całkowitego czasu trwania zatapiania wyrobiska oraz stanu rekultywacji po okresie 5 lat od zaprzestania działalności wydobywczej, wykonano obliczenia prognostyczne. Mając na uwadze uwarunkowania zasilania wodami wyrobiska do prognozy wykorzystano analityczną metodę bilansową. Opierając się na założeniach ogólnych, a także na obserwacjach własnych, równanie bilansu dla zlewni własnej wyrobiska można zapisać w postaci

$$O = Od + P + R \quad (1)$$

gdzie:

- O – suma opadu, mm
- Od – odpływ podziemny / powierzchniowy, mm
- P – straty na parowanie, mm
- R – retencja, mm.

Natomiast w celu określenia ilości retencjonowanych w wyrobisku wód można zapisać równanie w następującej postaci

$$Q = Sp \pm I - P_p + O_z \quad (2)$$

gdzie:

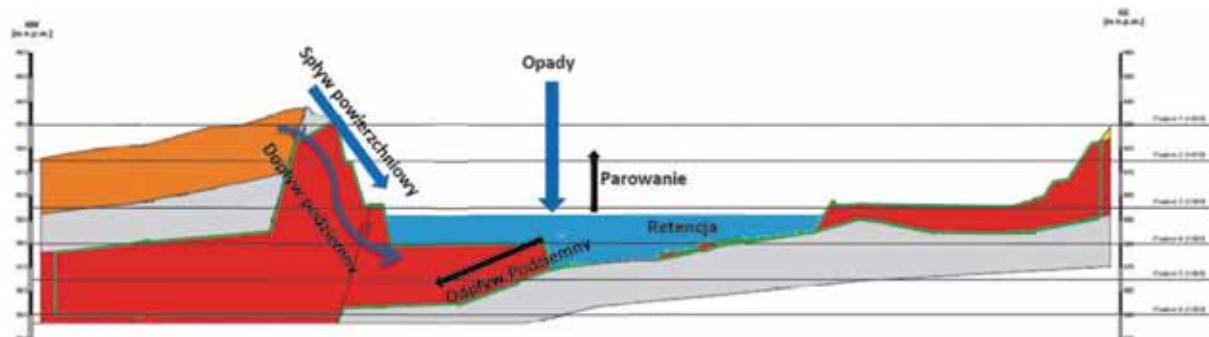
- Q – dopływ do wyrobiska, m^3/min
- Sp – spływ powierzchniowy, m^3/min
- I – strata/dopływ na/z infiltracji, m^3/min
- P_p – parowanie z powierzchni lustra wody, m^3/min
- O_z – opad na powierzchnię zbiornika, m^3/min .

Schematycznie retencjonowanie wody oraz jej krążenie w obrębie zlewni własnej wyrobiska przedstawiono na rysunku 6.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- średnia wartość parowania z powierzchni lustra wody wynosi $540 \text{ mm}/\text{rok}$,
- średnia ilość opadów wynosi $800 \text{ mm}/\text{rok}$ (OE, 2005)
- dopływ początkowy do wyrobiska, oszacowany jako średnia wielkość odprowadzanej wody z wyrobiska podczas eksploatacji poziomu VI i V, wynosi $Q = 0,4 \text{ m}^3/\text{min}$
- w czasie zatapiania wyrobiska powierzchnia lustra wody przyrasta, co powoduje wzrost strat związanych z parowaniem z otwartego lustra wody,
- odpływ ze zbiornika związany jest jedynie z infiltracją wody w górotwór; zwiększa się nieznacznie na kolejnych rzędnych piętrzenia w związku ze zwiększeniem kontaktu retencjonowanej wody z ociosem wyrobiska.

Przyjęte do modelu obliczeniowego wartości zestawiono w tabeli 1.



Rys. 6. Elementy bilansu wodnego dla wyrobiska Świerki II (źródło: Opracowanie własne na podstawie przekroju geologicznego 6-6')

Fig. 6. Elements of the water balance model for Swierki II pit (Own elaboration on the basis of geological cross-section 6-6')

Tabela 1. Prognozowana powierzchnia zbiornika oraz straty na infiltrację (Źródło: opracowanie własne)
Table 1. Forecasted surface of reservoir and infiltration losses (Source: own elaboration)

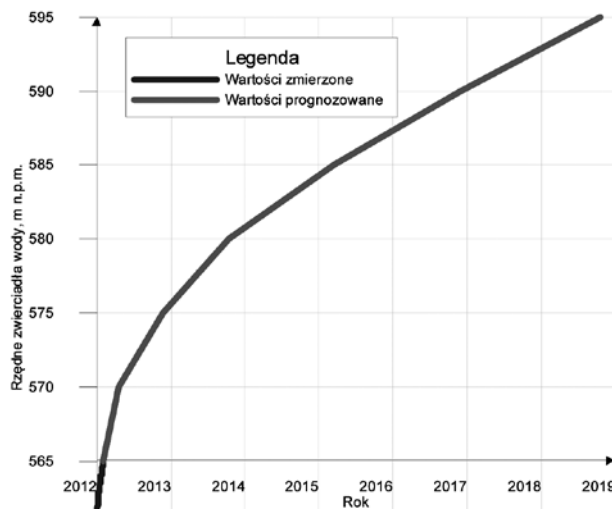
Rzędna zwierciadła wody m n.p.m.	Powierzchnia zbiornika ha	Straty w dopływie na infiltrację %
565	0,5	2
570	1,9	2,5
575	2,9	3
580	3,9	3,5
585	5,6	4
590	6,1	4,5
595	6,7	5

Obserwacje z pierwszych dni trwania zatapiania wyrobiska wskazują, że wahania dopływu, a więc przyrosty dzienne rzędnej lustra wody, wynikają z występowania okresów z większą ilością opadów lub też dłuższych okresów bezdeszczowych. W początkowym okresie nie zaobserwowano innych przyczyn wahań stanu wody.

Uwzględniając powyższe założenia, oszacowano dopływ wody do kolejnych poziomów oraz określono czas w jakim zwierciadło wody osiągnie docelową rzędną. Prognozę czasu napełniania zbiornika poeksploatacyjnego wodą, od rzędnej 565 m n.p.m. do 590 m n.p.m., przedstawiono na wykresie.

Z wyników obliczeń przedstawionych na wykresie wynika, iż zwierciadło wody po upływie 5 lat osiągnie rzędną ok. 590 m n.p.m. (rys. 7).

Poprawność przyjętej metody i założeń zweryfikowano po upływie 5 oraz 15 miesięcy. Weryfikacja dokładności przyjętego modelu obliczeniowego odbyła się poprzez porównanie wyników prognozy sporządzonej w czerwcu 2012 roku z pomiarami wzniosu wody wykonanymi w okresie od czerwca do września 2013 r. Wyniki zestawiono na rysunku 8. Na wykresie przedstawiono wartości pomiarowe wzniosu zwierciadła wody oraz prognozowany w czerwcu 2012 roku przebieg napełniania się przestrzeni poeksploatacyjnej wodą.

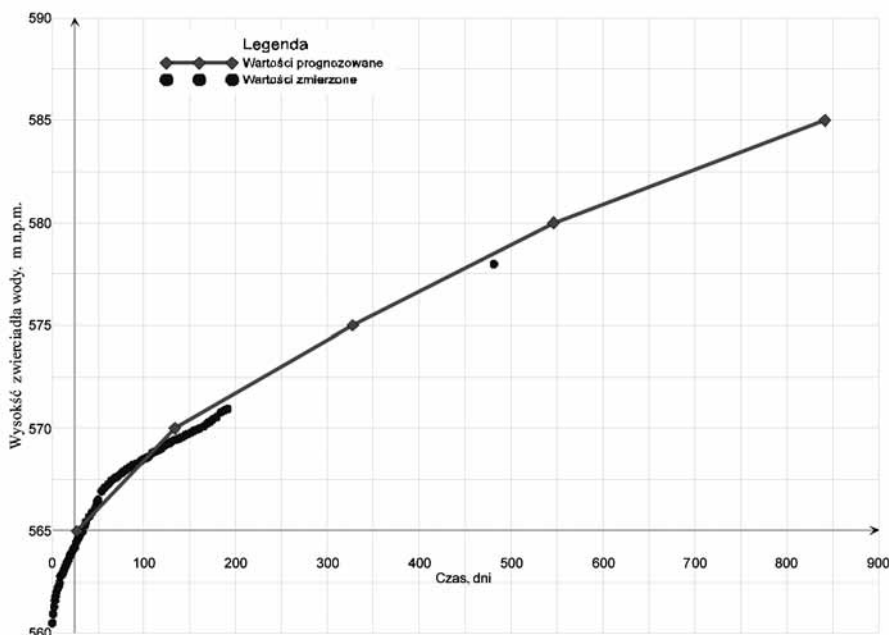


Rys. 7. Prognoza czasu dopływu wody do wyrobiska Świerki II do docelowej rzędnej 595 m n.p.m. (źródło: Opracowanie własne)

Fig. 7. Forecast of water inflow into Swierki II pit to the planned datum of 595m n.p.m (Source: own elaboration)

Korelacja modelu obliczeniowego z danymi pomiarowymi przedstawionymi na wykresie potwierdza poprawność przyjętych założeń we wstępnej prognozie przebiegu zatapiania wyrobiska odkrywkowego. Niewielkie odchylenia dające się zauważyć na wykresie, maksymalnie rzędu 1 m. wynikają z faktu, iż prognoza przedstawia uśredniony trend zmian, natomiast dane pomiarowe pokazują rzeczywisty stan bazujący na wahańach sezonowych.

Średnie dzienne przyrosty słupa wody w analizowanym okresie wyniosły około 4 cm. Wraz z upływem czasu oraz zwiększającą się całkowitą objętością zbiornika na wyższych poziomach wyrobiska, tempo wzniosu zwierciadła wody ulegnie zmniejszeniu. Szacuje się, że końcowa powierzch-



Rys. 8. Weryfikacja prognozy wzniosu zwierciadła wody z pomiarami rzeczywistymi (źródło: opracowanie własne)

Fig. 8. Verification of forecast of water uplift with actual measurements (Source: own elaboration)



Rys. 9. Wysokość zwierciadła wody w wyrobisku poeksploatacyjnym kopalni Świerki II – wrzesień 2013 r.
Fig. 9. Level of water mirror in Świerki II – September 2013

nia zbiornika wyniesie około 7 ha. Po napełnieniu wgłębnej części wyrobiska wodą, jej odpływ będzie odbywał się przez przelew zlokalizowany w rejonie rowu odwadniającego na rzędnej +595 m n.p.m.

6. Podsumowanie

Przebieg i całkowity czas trwania rekultywacji wodnej wgłębnych wyrobisk odkrywkowych uzależnione są od wielkości dopływu wód do zatapianego wyrobiska. Ustawa o gruntach rolnych i leśnych wymaga, aby przedsiębiorca dokonał rekultywacji w przeciągu 5 lat po zakończeniu działalności na terenach poprzemysłowych.

Dla potrzeb określenia prognozy czasu trwania rekultywacji wodnej wyrobiska pogórniczego „Świerki” opracowano model obliczeniowy. Model bazuje na istocie zjawiska i został pozytywnie zweryfikowany po wstępnym etapie zatapiania. Rozpatrywane wyrobisko zasilane jest opadami atmosferycznymi, bezpośrednio poprzez spływ wody z obszarowo niewielkiej zlewni własnej wyrobiska. Obliczenia prognozy wykonane na bilansowym modelu obliczeniowym, dla warunków kopalni melafiru „Świerki” wskazują, że czas trwania rekultywacji terenu przeznaczonego pod zbiornik wodny zajmie około 7 lat. Po tym okresie zwierciadło wody osiągnie rzedną przelewu, zlokalizowanego w obniżeniu morfologicznym wgłębnej części wyrobiska.

W związku z brakiem możliwości pozyskania dodatkowej ilości wód, rekultywacja wodna odbywać się musi w sposób naturalny. Przykład zbiornika powyrobiskowego „Świerki” jest jednym z wielu spotykanych w górnictwie surowców skalnych.

Ustawa o gruntach rolnych i leśnych dotyczy bezpośrednio gruntów poprzemysłowych rekultywowanych w kierunku rolnym bądź leśnym. Warto podkreślić, że zbiornik wodny może być użytkiem rolnym jedynie wtedy, gdy jest wykorzystywany na potrzeby gospodarki rybackiej. W rozpatrywanym przypadku zrehabilitowany użytek będzie musiał zostać zaklasy-

fikowany jako zbiornik wodny o charakterze nierolniczym.

Omówiony przykład wskazuje na konieczność zmiany zapisów ustawy tak, aby dostosować jej zapisy do uwarunkowań naturalnych, determinujących czas trwania rekultywacji terenów pogórnicznych przeznaczonych na zbiorniki wodne.

Z przedstawionego przykładu wynika, że rekultywacja wodna, nawet niedużych wyrobisk wgłębnych, może trwać niekiedy dłużej niż wymagany przez ustawę okres 5 lat. Wydaje się zatem zasadne uznanie rekultywacji za zakończoną na terenie całego zbiornika, o ile zakończona zostanie faza techniczna rekultywacji, mająca na celu przygotowanie wgłębnej części wyrobiska górniczego do pełnienia funkcji wodnych. Mając na względzie fakt braku możliwości przyspieszenia procesu rekultywacji, napełnianie zbiornika do docelowych rzędnych odbywać się będzie w dalszym ciągu w sposób naturalny, w tempie zależnym od warunków hydrometeorologicznych.

Praca zrealizowana została w ramach badań statutowych Katedry Górnictwa Odkrywkowego opracowanych w ramach prac statutowych na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH nr 11.11.100.597

Literatura

1. Kozłowski S.: Surowce skalne Polski. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1986.
2. Nowak P.: Operat wodnoprawny. Odprowadzanie wód opadowych z terenu Kopalni Surowców Skalnych „Świerki” Spółka z o.o. Tech – Eko, Szczawno Zdrój 2006.
3. Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego (OE), Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne, Wrocław 2005.
4. Operat ewidencyjny zasobów złoża melafiru Świerki za rok 2007, 2009, 2010, 2011, skala 1:1000, Kopalnie Surowców Skalnych Świerki, Mapa wyrobisk górniczych, Mat. Arch. KSS „Świerki”.
5. Polak K.: Analiza docelowych warunków hydrogeologicznych w związku z zakończeniem odwodnienia złoża Melafiru „Świerki”, Kraków 2012.