Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 21(1), 2014, 151–158

www.gornictwoigeologia.pwr.wroc.pl

Mining Science
(previously Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Górnictwo i Geologia)

ISSN 2300-9586
previously 0370-0798

Received January 29, 2014; reviewed; accepted March 10, 2014

rekultywacja, skanowanie, modelowanie

Paweł MAREK [1]
Sławomir PATLA, Kamil ROGOSZ [2]

PROJEKTOWANIE REKULTYWACJI NA PRZYKŁADZIE KOPALNI WILCZA GÓRA

Artykuł stanowi podsumowanie wyników prac badawczych, dotyczących wykorzystania laserowego skaningu naziemnego w planowaniu i zarządzaniu eksploatacją i rekultywacją wyrobisk, w odkrywkowych zakładach górniczych, wydobywających kopalinę przy użyciu materiałów wybuchowych.

1. REZERWAT WILCZA GÓRA

Rezerwat przyrody Wilcza Góra położony jest na zachodnim stoku wzniesienia Wilkołak, w bezpośrednim sąsiedztwie wyrobiska górniczego Kopalni Bazaltu Wilcza Góra, należącej do Colas SA. Rezerwat obejmuje część bazaltowego wzniesienia, znajdującego się w północnej części Pogórza Kaczawskiego na krawędzi Sudetów. Jego wysokość bezwzględna wynosi 370 m n.p.m. Wilkołak jest wyraźnie wybijającym się wzniesieniem w krajobrazie. Rezerwat Wilcza Góra zajmuje fragment zachodniego stoku Wilkołaka. W 1833 roku powstało pierwsze (rozbudowane w 1877 roku), a w 1844 roku drugie schronisko zwane Wilczym. Obok pierwszego, na północnym stoku, ustawiono w 1845 roku niewielki pomnik na cześć bitwy z 1813 roku. W 1863 roku został on przebudowany na kształt kamiennej piramidy. Obiekty turystyczne znajdowały się pod opieką sekcji Towarzystwa Karkonoskiego. W latach osiemdziesiątych XIX w. południowy stok obsadzono świerkami, modrzewiami,

[1] Colas Kruszywa Sp. z o.o., 62-070 Palędzie, ul. Nowa 49, p.marek@colas.pl
[2] Poltegor-Instytut IGO, 51-616 Wrocław, ul. Parkowa 25
slawomir.patla@igo.wroc.pl kamil.rogosz@igo.wroc.pl

klonami i dębami, nieco później urządzono tor saneczkowy. Na zachodnim stoku Wilczej Góry znajduje się zbiornik wody pitnej z 1902 roku. Na początku XX w. rozpoczęto tu eksploatację bazaltu. Zbudowano zakład kruszenia kamienia i ziemną kolejkę o długości ponad 600 m. Resztki tej budowli widoczne są jeszcze dziś, przy parkingu i przejeździe kolejowym między Złotoryją i Jerzmanicami. W latach trzydziestych na tarasie położonym w południowo-zachodniej części wzgórza urządzono lotnisko szybowcowe.

Wilcza Góra (Wilkołak) jest bazaltowym nekiem, pozostałością skał stanowiących wypełnienie komina dawnego wulkanu, stąd w neogenie (środkowym miocenie) była o wiele wyższa od obecnego wzgórza. Utworzony w południowo-zachodniej części Wilkołaka rezerwat geologiczny posiada walory naukowe i dydaktyczne. Obserwować w nim można przekrój komina wulkanicznego – charakterystyczną różę bazaltową, układ słupów skalnych rozchodzących się promieniście.

Wartość przyrodnicza Wilczej Góry podkreślana jest w licznych przewodnikach turystycznych. Na przełomie lat 1980/1990. istniała ścieżka przyrodnicza z Jerzmanic Zdroju do rezerwatu na wzgórzu Wilkołak, na którym jedno ze stanowisk obserwacyjnych znajdowało się w rezerwacie. Ścieżka została jednak zdewastowana, a jej odnowienie, mimo istniejących planów, nie zostało do dziś przeprowadzone (www.wroclaw.lasy.gov.pl).

2. BUDOWA GEOLOGICZNA

Bazalty okolic Złotoryi należą do środkowoeuropejskiej prowincji wulkanicznej, ciągnącej się ponad 500 km łukiem od Morawskiej Ostrawy, poprzez Śląsk Opawski i Opolski, Sudety, Góry Łużyckie aż po Ren i Holandię. Najstarszymi skałami występującymi w rejonie Wilczej Góry są łupki kwarcytowo-serycytowe oraz fyllity serycytowe wieku ordowickiego. Złoże bazaltu Wilcza Góra jest stosunkowo małym powierzchniowo, głęboko zalegającym wylewem. Ma kształt pnia wulkanicznego o stromych ścianach. Wylew przebija utwory kredy, piaskowce wieku turońskiego. Piaskowce te są silnie zwietrzałe, barwy kremowej z odcieniem rdzawym, widoczne we wschodniej ścianie, środkowej części II poziomu eksploatacyjnego (300 m n.p.m.). W kamieniołomie występują dwie odmiany bazaltu. Pierwsza to bazalt wykształcony w postaci zwartego monolitu i bloków silnie spojonych ze sobą oraz w postaci słupków pięcio- lub sześciobocznych. Odmiana ta wykazuje liczne spękania, przebiegające nieregularnie i w różnych kierunkach, a płaszczyzny spękań pokryte są często rdzawymi naciekami. Większe spękania powodują powstanie szczelin skalnych, wypełnionych ilastymi materiałami zwietrzelinowymi. Druga odmiana obejmuje bazalt silnie spękany, wykształcony najczęściej w formie drobnych ostrokrawędzistych fragmentów wielkości drobnej kostki, silnie ze sobą spojonych (http://lasy.n2.nor.pl).

Eksploatacja złoża budzi wiele kontrowersji wśród organizacji ekologicznych. Planowane roboty wydobywcze dla potrzeb produkcji kruszyw bazaltowych, według niektórych źródeł, mogą negatywnie wpływać na stan przyrody rezerwatu. Zaproponowany przez przedsiębiorcę sposób eksploatacji kopaliny zakłada utworzenie końcowych zboczy wyrobiska, zbliżonych do profilu „komina". W celu ochrony rezerwatu przed oddziaływaniami środowiskowymi od robót strzałowych, określony został efektywny sposób prowadzenia tych prac z podaniem wytycznych technologicznych, które gwarantują bezpieczne oddziaływania środowiskowe.

3. DOTYCHCZASOWE ROZWIĄZANIA REKULTYWACJI

Dotychczasowa koncepcja rekultywacji i zagospodarowania terenów poeksploatacyjnych Kopalni Wilcza Góra przewiduje kierunek leśny oraz rekreacyjno-turystyczny (Biproskal 1992). Po zakończeniu działalności górniczej obszar wyrobiska poeksploatacyjnego ma wejść w skład rezerwatu geologiczno-florystycznego. Południowo-zachodnie tereny znajdujące się w sąsiedztwie rezerwatu oraz wschodnie tereny kopalni, obejmujące między innymi obecny zakład przeróbczy, poddane będą zakrzewianiu i zadrzewianiu. Projekt rekultywacji narzuca obowiązek właściwego ukształtowania skarp z pochylnią dla celów komunikacyjnych w zachodniej części wyrobiska. Wykorzystanie terenu kopalni wraz z sąsiadującym rezerwatem dla celów rekreacyjno-dydaktycznych przewiduje wprowadzenie elementów zagospodarowania turystycznego w formie: ścieżek, punktów widokowych, pola biwakowego u podnóża Wilkołaka, placów parkingowych wraz z punktem gastronomicznym oraz ekspozycję elementów przyrody nieożywionej (róża bazaltowa, różnokierunkowy układ słupów bazaltowych). Punkty widokowe miałyby się znajdować na spągu wyrobiska poeksploatacyjnego (dwa), w tym jeden na piaskowcu w centralnej części poziomu oraz poza wyrobiskiem (trzy); jeden w odległości umożliwiającej pełen obraz góry Wilkołak, pozostałe dwa w bliskim sąsiedztwie góry. Z miejsc tych możliwa będzie obserwacja form geologicznych.

4. EKSPLOATACJA ZŁOŻA Z UWZGLĘDNIENIEM ODDZIAŁYWAŃ ŚRODOWISKOWYCH

W związku z osiągnięciem docelowego stanu zboczy wyrobiska, postanowiono kontynuować wydobywanie kopaliny z nieobjętej dotychczas eksploatacją części złoża. Osiągnięcie stanu końcowego wiązać się będzie ze zbliżeniem robót strzałowych na odległość do około 25 m od granicy rezerwatu. Aktualnie pas ochronny wynosi 50 m. W związku z planowanym zbliżeniem się do rezerwatu należy określić parametry prowadzenia robót wiertniczo-strzałowych, zapewniające dotychczasowe warunki bezpieczeństwa. Prowadzenie robót strzałowych niesie za sobą emisję drgań parasej-

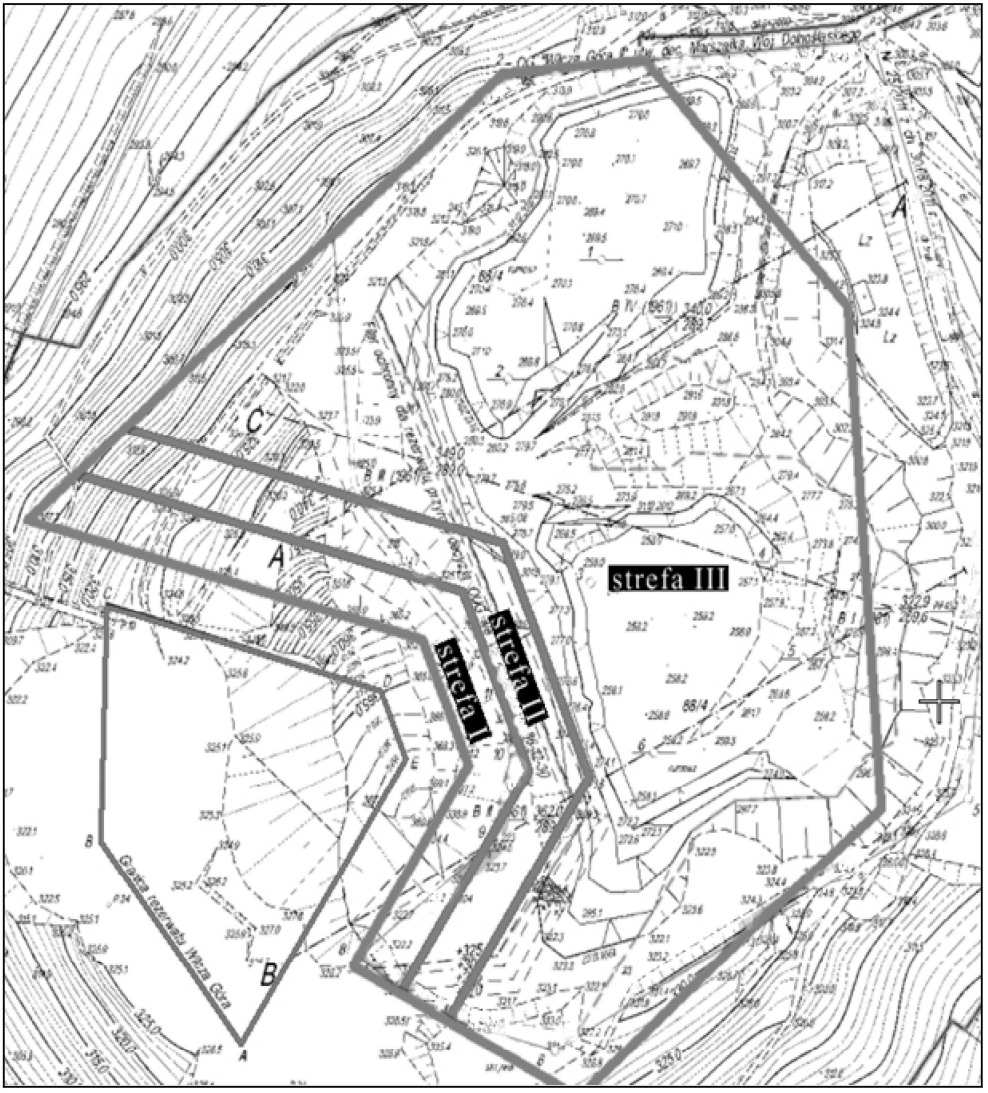
smicznych, rozrzut odłamków skalnych oraz oddziaływanie powietrznej fali udarowej (PFU).

Rozrzut odłamków skalnych to niekontrolowane przemieszczanie się fragmentów skalnych poza rejon strzelania. Przy prawidłowo wykonywanych robotach wiertniczo-strzałowych odłamki skalne nie powinny przemieszczać się na odległość większą niż około 50 m. Przyjęty na podstawie przepisu rozporządzenia z dnia 1.04.2003 r. *ws. nabywania, przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w zakładach górniczych* zasięg odłamków skalnych 200 m gwarantuje bezpieczeństwo osobom i obiektom znajdującym się w dalszej odległości. W celu zapewnienia bezpieczeństwa teren objęty tym zasięgiem, na czas strzelania, zabezpiecza się przed osobami postronnymi. Strzelanie poprzedzone jest serią sygnałów ostrzegawczych, opisanych na tablicach informacyjnych, rozmieszczonych na granicy oddziaływania. Odłamki skalne nie stanowią także zagrożenia dla eksponowanych ociosów skalnych.

Zasięg powietrznej fali udarowej określono według ww. wymagań, z zaznaczeniem, że podane wartości stosowane są dla budynków. Odporność na PFU masywu skalnego jest wielokrotnie większa. Obecne przepisy oraz dostępna literatura nie określają odporności masywów skalnych. Stąd w wyniku stosowania techniki strzelniczej do urabiania złoża nie prognozuje się zagrożenia dla rezerwatu pod względem PFU.

Realnym zagrożeniem dla powierzchni ociosów utworów skalnych, głównych elementów chronionych w rezerwacie, tj. „róż bazaltowych" mogą być drgania parasejsmiczne wywoływane urabianiem MW. Parametrem wpływającym głównie na poziom drgań jest ładunek odpalany na opóźnienie milisekundowe (Q_z). W przypadku zwiększonych zabiorów oraz zbyt dużego przewiertu otworu strzałowego, rzeczywista prędkość drgań może być większa od zakładanej. Stąd w związku z istotnym wpływem tych wielkości na emisję drgań należy ściśle przestrzegać zaleceń dotyczących parametrów siatki otworów.

W celu ochrony składników przyrody nieożywionej przeprowadzono badania oddziaływań (Poltegor-Instytut IGO, 2013). Wykonano pomiary drgań podłoża gruntowego podczas strzelań w rejonie dotychczasowego wyrobiska. Zarejestrowany poziom drgań uzależniono od wielkości Q_z i odległości między miejscem strzelania, a punktem pomiarowym. Pozwoliło to na określenie matematycznego modelu rozprzestrzeniania się drgań w podłoża rejonu rezerwatu. Według różnych opracowań, jako prędkość drgań na granicy szkodliwego, dla rezerwatu, oddziaływania przyjmowano na poziomie 3,6–10 cm/s. W cytowanych badaniach, jako nieszkodliwe, przyjęto, drgania wynoszące 3,6 cm/s. Określając odpowiednie odległości od granicy rezerwatu i wielkości ładunków dla danej odległości można utrzymać poziom drgań o założonej, bezpiecznej wartości. Wyznaczone, zlokalizowane wewnątrz przewidzianego do eksploatacji rejonu, strefy ograniczające wielkości strzelań MW przedstawia rysunek 1. Eksploatacja prowadzona w bezpośrednim sąsiedztwie rezerwatu wymagać będzie okresowych pomiarów kontrolnych wielkości drgań.



Rys. 1. Lokalizacja stref ograniczających wielkości MW (Poltegor-Instytut IGO, 2013)
Fig. 1. Location of zones restricting the size of explosives (Poltegor-Instytut IGO, 2013)

Z praktyki górniczej wiadomo, że opracowanie docelowego modelu wyrobiska i określenie parametrów robót strzałowych pozwala na takie prowadzenie eksploatacji, aby precyzyjnie i bezpiecznie uzyskać zaplanowane zbocza wyrobiska, uwydatniające naturalne piękno wulkanicznego komina.

5. PROPONOWANY KIERUNEK REKULTYWACJI

Przed przystąpieniem do prac mających na celu pozyskanie informacji przestrzennych z wyrobiska Kopalni Wilcza Góra oraz terenów przyległych, wyznaczono przy użyciu odbiorników GPS stanowiska pomiarowe dla skanera laserowego. W wyniku skanowania otrzymano chmurę dwóch milionów punktów przedstawiającą z rozdzielczością 5 cm wierny obraz wyrobiska i góry. Na podstawie kompilacji skanów ze wszystkich stanowisk pomiarowych utworzono numeryczny model terenu oraz zamodelowano docelowy kształt obszaru, który zostanie poddany procesowi rekultywacji.

Przeprowadzone badania propagacji drgań sejsmicznych oraz badania geotechniczne stały się podstawą dla nowych rozwiązań rekultywacyjnych terenów Kopalni Wilcza Góra. Opracowywany na podstawie numerycznego modelu terenu projekt przewiduje dydaktyczno-rekreacyjny, leśny i wodny kierunek rekultywacji. W celu wizualizacji tej propozycji wykorzystano ww. model w oparciu o aktualny stan wyrobiska wraz z terenami przyległymi oraz w oparciu o stan prognozowany dla nowego projektu rekultywacji (rys. 2).

Rys. 2. Numeryczny model rekultywowanego obszaru
Fig. 2. Numerical model of mine reclamation area

W zgodzie z założeniami technologicznymi ekspertyzy, dotyczącej wpływu robót strzałowych na rezerwat Wilcza Góra i inne obiekty chronione, zamodelowano przebieg zboczy stałych wyrobiska wraz z pochylnią komunikacyjną. Optymalizacja robót strzałowych z wykorzystaniem skanera laserowego i sondy profilującej umożliwia sterowanie eksploatacją, która w sposób nieszkodliwy dla otoczenia będzie zmierzała do rekultywacji kamieniołomu, uzyskując zadany kształt i wysokość ścian oraz poziomów kopalni. W trakcie modelowania matematycznego wykorzystano dotychczasowe doświadczenia autorów (Brych, Rogosz 2012).

Wykonywany projekt rekultywacji przewiduje na spągu wyrobiska umieszczenie elementów dydaktyczno-rekreacyjnych, mających na celu zwiększenie walorów turystycznych rekultywowanego terenu. We wschodniej części wyrobiska ma powstać geologiczne lapidarium z przykładami skał występujących na Dolnym Śląsku, zaś w sąsiedztwie ogrodu kamiennego przewidziano zbiornik wodny. W centralnej części wyrobiska, na piaskowcu przewiduje się zadaszony punkt widokowy z miejscami umożliwiającymi odpoczynek zwiedzającym i obejrzenie różnokierunkowego ułożenia słupów bazaltowych na zachodnich zboczach wyrobiska. Rozpatrywana jest również budowa niewielkiego amfiteatru w północnej części kamieniołomu. Zrekultywowany obszar objęty będzie wytyczonymi ścieżkami dydaktycznymi wraz z punktami widokowymi na różne ujęcia form geologicznego krajobrazu góry Wilkołak i zboczy wyrobiska. W północno-wschodniej części przewiduje się budowę parkingu dla samochodów osobowych i autobusów. Wszystkie zaprojektowane obiekty mają odniesienie przestrzenne, co umożliwia ich precyzyjne umiejscowienie w terenie.

Rys. 3. Model geologicznego lapidarium na spągu wyrobiska
Fig. 3. Geological model of lapidary

Dla umożliwienia prezentacji i oceny projektowych rozwiązań rekultywacji przez zainteresowane środowiska, instytucje, władze lokalne i organizacje ekologiczne, opracowano wizualizację terenów poeksploatacyjnych, opartą na obrazach z wielu perspektyw. Stworzono też animację tzw. „wideoprzelotu" nad wyrobiskiem i rezerwatem, ze szczególnym uwzględnieniem elementów przestrzennych nowej koncepcji rekultywacji. Ze względu na formę i poziom uszczegółowienia opracowywanie to należy traktować w kategoriach projektu wstępnego.

6. PODSUMOWANIE

Zastosowanie nowoczesnych narzędzi projektowo-pomiarowych pozwala na opracowanie projektu w sposób czytelny i przejrzysty dla osób związanych z rekultywowanym obszarem. Dzięki pozyskaniu obrazu wyrobiska w postaci chmury punktów oraz przypisaniu jej do współrzędnych geodezyjnych można wiernie odwzorować aktualny stan wyrobiska i terenów przyległych.

Narzędzia animacji komputerowej umożliwiają przedstawienie stanu aktualnego oraz docelowego zakresu wyrobiska wraz z projektem zagospodarowania terenu. Zastosowanie współczesnych metod projektowania i monitorowania robót strzałowych pozwala na prowadzenie eksploatacji kopalin i formowania skarp i zboczy końcowych wyrobisk bez szkody dla obiektów chronionych.

LITERATURA

Biproskal, 1992, *Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych Kopalnia Bazaltu Wilcza Góra*, Wrocław.

BRYCH M., ROGOSZ K., 2012, *Wykorzystanie laserowego systemu skanującego w optymalizacji parametrów prowadzenia robót strzałowych*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., nr 134, s. Studia i Materiały, nr 41, Wrocław.

PATLA S., 2009, *Zastosowanie skaningu laserowego do wyznaczania objętości zwałowisk i składowisk produktów na przykładzie Kopalni Piława Górna*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., nr 125, s. Studia i Materiały, nr 35, Wrocław.

Poltegor-Instytut IGO, 2013, *Określenie wpływu robót strzałowych na rezerwat Wilcza Góra oraz wyznaczenie warunków prowadzenia eksploatacji w Kopalni Bazaltu Wilcza Góra*, Wrocław.

Rozporządzenie MGPiPS z dnia 1.04.2003 r. *ws. nabywania, przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w zakładach górniczych*, Dz.U.2003.72.655.

Praca zrealizowana w ramach projektu rozwojowego NR09-0061-10/2011 pt. „Zintegrowany system sterowania technologią odkrywkowa wydobycia surowców skalnych", finansowanego przez NCBiR

RECLAMATION DESIGN FOR "WILCZA GÓRA" QUARRY EXAMPLE

The article is a presentation of the research results on the use of laser scanning for the planning and management of mining and reclamation in the opencast mining companies.