

Edyta Sermet, Jerzy Górecki  
AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

## Ocena geologiczno-górnictwej atrakcyjności złóż kamieni łamanych i blocznych

Podstawą oceny geologiczno-górnictwej atrakcyjności złoża są liczne czynniki geologiczne, górnictwo-techniczne i środowiskowe. Wykorzystując zaproponowaną ocenę punktową szesnastu wybranych czynników dokonano zaliczenia wybranych złóż do trzech grup: atrakcyjnych, o przeciętnej skali utrudnień i ograniczeń eksploatacji, oraz nieatrakcyjnych.

Złóża kopalin skalnych mają zróżnicowane znaczenie gospodarcze ze względu na odmienne warunki geologiczne występowania poszczególnych złóż, zmienną wartość użytkową kopaliny, różne warunki górnicze (górnictwo-techniczne) eksploatacji oraz niejednakowy stopień konfliktu ze środowiskiem naturalnym.

W Polsce udokumentowano 590 złóż kamieni łamanych i blocznych (d. kamieni drogowych i budowlanych), reprezentowanych przez 32 odmiany litologiczne skał magmowych, metamorficznych i osadowych [„Bilans zasobów...”, 2007]. Złóża koncentrują się w południowej i centralnej części kraju

– na Dolnym Śląsku (głównie w Sudetach), w rejonie Gór Świętokrzyskich, na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej i w Karpatach. Ponad 98% wydobycia służy do produkcji kruszyw naturalnych łamanych i drobnych elementów kamiennych, a tylko niewielka reszta trafia do budownictwa jako kamień bloczny. Ten fakt przemawia za uprawnionym stosowaniem w odniesieniu do złóż kamieni budowlanych i drogowych pojęcia „złoża kruszywowe” [Głapa, Korzeniowski, 2005].

Zasoby bilansowe wszystkich złóż tej grupy surowcowej szacuje się na ponad 8,4 mld ton. Tylko 240 z 590 złóż to złoża zagospodarowane, a ich zasoby stanowią 47,1% całości. Wśród



Fot. 1. Kamieniołom dolomitów dewońskich „Piskrzyn” (fot. E. Sermet)

tych niezagospodarowanych przeważają złoża rozpoznane szczegółowo w kat. A, B, C<sub>1</sub>.

Rosnące potrzeby drogownictwa i budownictwa ogólnego stymulują szybki wzrost wydobywania i zainteresowania inwestorów zagospodarowaniem nowych obiektów złożowych. Skłania to do dyskusji nad oceną atrakcyjności technicznej poszczególnych złóż w formie praktycznej klasyfikacji użytkowej. Jest to szczególnie ważne w sytuacji sygnalizowanych barier rozwoju podaży kruszyw łamanych [Smakowski, 2007].

### Podstawy klasyfikacji użytkowej złóż kamieni drogowych

Sposób eksploatacji, jej bezpieczeństwo i efektywność ekonomiczna zależą od wielu czynników geologicznych (naturalnych) i górniczo-technicznych (określanych w projektach zagospodarowania złóż).

O stopniu wykorzystania udokumentowanych zasobów bilansowych decydują zarówno komplikacje budowy wewnętrznej złóż jak i zmienność parametrów jakości kopaliny wpływających na różne możliwości jej zastosowania, uwarunkowania (ograniczenia) środowiskowe oraz przyjęte rozwiązania górnicze w zakresie rozcięcia złoża (powiązane z budową geologiczną).

Określenie ilościowego wpływu poszczególnych czynników na warunki zagospodarowania złoża jest bardzo trudne, mimo iż od dawna czyniono próby różnorodnej waloryzacji złóż [Pietrzyk-Sokulska, 2002, Radwanek-Bąk, 2002, 2006, Bromowicz i in., 2005] lub oceny tzw. atrakcyjności technicznej [Górecki, Szwed, 2005]. Próby te miały na celu wskazanie możliwie wszystkich uwarunkowań zagospodarowania złóż, w tym również sozologicznych i dotyczących ochrony samych złóż.

Najbardziej wszechstronną w odniesieniu do złóż kamieni drogowych wydaje się waloryzacja wg J. Bromowicza i in. [2005]. Oczywiście – jak każde opracowanie tego typu – ma ona charakter dyskusyjny, choćby z uwagi na możliwe rozmiękanie się wyników punktacji niektórych złóż z powszechnym wśród użytkowników odczuciem atrakcyjności danego złoża. Mimo to punktowy system oceny złóż – choć nie likwiduje zazwyczaj nierównoważności uwzględnionych w niej czynników – jest użyteczny dla opisu znaczenia poszczególnych obszarów złożowych, tzn. skali trudności ich wykorzystania gospodarczego.

Autorzy niniejszej pracy sugerują maksymalne uproszczenie klasyfikacji geologiczno-górniczych i środowiskowych warunków eksploatacji [Sermet, Górecki, 2007]. Różnorodność rozpatrywanych czynników klasyfikacyjnych i trudności wyrażenia niektórych z nich w sposób ilościowy zmuszają do takiego uproszczenia, gdyż klasyfikacja zbyt rozbudowana stwarza wiele możliwości błędnego zaszeregowania. Najdogodniejszym, według autorów, jest trójstopniowy podział różnych warunków na korzystne, przeciętne i trudne (wysokie, średnie, niskie). Taki system minimalizuje błąd oceny i tym samym obiektywizuje ocenę łączną.

Jeśli każdej z tych cech przypiszemy odpowiednio ilości punktów 1, 2 lub 3, to suma punktów przypisanych wszystkim cechom będzie podstawą do łącznej oceny geologiczno-górniczej atrakcyjności złoża.

Czynniki klasyfikacyjne dzielimy na kilka grup, ale bez wskazywania priorytetów dla jakiegokolwiek z nich. Chodzi o podkreślenie, iż wszystkie czynniki należy analizować z równą starannością. Ważne jest jednak to, aby w systemie klasyfikacyj-

nym znalazły się czynniki o porównywalnym stopniu ogólności; przykładowo, żeby pojedynczy parametr fizyczno-mechaniczny kopaliny (np. nasiąkliwość wagowa czy ścieralność) nie był równoważny ze znaczącym czynnikiem środowiskowym (np. położeniem złoża w obrębie Głównego Zbiornika Wód Podziemnych).

### Zasady punktacji warunków eksploatacji

Dla oceny atrakcyjności warunków eksploatacji złóż kruszywowych przyjęto ogółem 16 czynników klasyfikacyjnych, w tym 12 geologicznych i górniczo-technicznych oraz 4 związane z konfliktowością złóż ze środowiskiem. Ich przyjęcie poprzedzono analizą materiałów dokumentacyjnych, projektów zagospodarowania złóż i ocen (raportów) oddziaływania eksploatacji na środowisko.

#### Do czynników geologicznych zaliczono:

- Stopień komplikacji budowy wewnętrznej złoża, udział przerostów nieużytecznych (płonnych) i utworów krasowych, zaburzenia tektoniczne ciągłe i nieciągłe decydujące zasadniczo o zaliczeniu złoża do jednej z trzech grup (I, II, III [wg Niecia i in., 2002]). Czynniki te rzutuje m.in. na efektywność prowadzenia robót górniczych i stateczność skarp (bezpieczeństwo eksploatacji).
  - Kategorię dokładności poznania złoża. W razie niskiego stopnia rozpoznania, w kat. C<sub>2</sub> lub C<sub>2</sub>+C<sub>1</sub>, konieczne jest lepsze rozpoznanie, w stopniu umożliwiającym opracowanie projektu zagospodarowania złoża.
  - Zasoby bilansowe. Ich wielkość, determinująca możliwość wydzielenia z nich zasobów przemysłowych, decyduje o żywotności kopalni. W wielu przypadkach nie ma możliwości poszerzenia bazy zasobowej, w innych konieczne jest ponowne dokumentowanie złoża w rozszerzonych granicach „poziomych” i „pionowych”.
  - Jakość kopaliny. Przesądza o wartości użytkowej i zastosowaniu surowcowym wydobytej kopaliny. Klasy (kategorie) produkowanych kruszyw zależą od podstawowych własności fizyczno-mechanicznych: nasiąkliwości, wytrzymałości na ściskanie po nasyceniu wodą, mrozoodporności i ścieralności w bębnie Los Angeles.
  - Grubość nadkładu złoża. To nie stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża N/Z (malejący przy wzroście głębokości dokumentowania [Górecki, Szwed, 2005]), ale raczej gruby nadkład ma istotne znaczenie dla użytkowników złóż. Oznacza on konieczność formowania wysokich skarp nadkładowych i kosztowne zwałowanie utworów budujących nadkład.
- Jest to bardzo ważny – zdaniem użytkowników złóż – czynnik oceny efektywności funkcjonowania zakładu górniczego.
- Zawodnienie złoża. Czynniki naturalny oznaczający – w przypadku wielkich dopływów wód – kosztowne działania odwodnieniowe (rzapie, system pomp i rurociągów, procedury formalne związane ze zrzutem wód).
  - Maksymalną głębokość eksploatacji, czyli określoną w dokumentacji geologicznej dolną granicę udokumentowania, w PZZ opisaną jako możliwa do osiągnięcia głębokość wyrobiska. Czynniki częściowo kojarzone z budową złoża i wielkością zasobów. Głębokie kopalnie powstają na wielkich i możliwie prostych w budowie obszarach złożowych.

- Stopień zagospodarowania złoża. Typowy czynnik górniczo-techniczny. Złóża już zagospodarowane są łatwiejsze do wykorzystania od złóż zaniechanych lub tylko udokumentowanych, często w niskich kategoriach rozpoznania.
  - Sposób otwarcia złoża. Kamieniołomy stokowe umożliwiają np. w dużym stopniu energooszczędny transport grawitacyjny, kamieniołomy wgłębne są trudniejsze do prowadzenia.
  - Przydatność rekultywacyjną gruntów. Niedoceniany czynnik zagospodarowania terenów poeksploatacyjnych. Łatwość pożądaną rekultywacji zapewniają zwałowane grunty potencjalnie produktywne (żyzne). Grunty nieproduktywne – jałowe, a zwłaszcza toksyczne, utrudniają działania rekultywacyjne [Skawina, 1968].
  - Zakład przeróbczy. Nie na wszystkich złożach projektuje się i nie we wszystkich kopalniach funkcjonują zakłady przeróbcze. Ich brak lub niemożność zbudowania obniża atrakcyjność obiektu złożowego.
  - Dojazd do złoża. Dla klientów ważnym atutem są dobre połączenia kolejowe i drogowe. Dostępność komunikacyjna zakładów górniczych różnicuje zainteresowanie odbiorców kruszywami z poszczególnych złóż. Szczególnie ważna jest bliskość dróg krajowych i wojewódzkich oraz linii kolejowych. Czynnik kojarzony z uwarunkowaniami środowiskowymi – utrudnieniami wywozu kruszyw drogami lokalnymi o dużym natężeniu ruchu i w terenie zabudowanym.
- Relacje między złożem a środowiskiem naturalnym (konfliktowość złoża) opisują następujące czynniki sozologiczne:
- Występowanie obszarów chronionych w granicach istniejących lub projektowanych obszarów i terenów górniczych. Złóża mogą być położone poza systemem obszarów chronionych, w miejscach niektórych obiektów chronionych niższej rangi, w obszarach europejskich sieci NATURA 2000, ECUNET I CORINE, albo – co wyklucza często eksploatację – w parkach narodowych, rezerwatach przyrody bądź parkach krajobrazowych.
  - Stopień konfliktowości w wymienionych obszarach jest różny, np. położenie w obszarze NATURA 2000 wymaga przeprowadzenia postępowania dla oceny oddziaływania na środowisko [Bromowicz, Magiera, 2006].
  - Potrzeby ochrony wód. Rozróżnia się położenie złoża zupełnie niezagrażające wodom podziemnym i powierzchniowym oraz usytuowanie całkowicie poza granicami GZWP, albo zagrażające użytkowym poziomom wód podziemnych i GZWP. Obszary Najwyższej Ochrony (ONO GZWP) i strefy bezpośredniej ochrony ujęć wód muszą być chronione w szczególności przed zagospodarowaniem górniczym.
  - Charakter gruntów rolnych i leśnych. Wyróżniono złoża występujące w obszarach nieużytków rolnych lub leśnych, użytków niższych klas bonitacyjnych i lasów produkcyjnych oraz użytków wysokich klas i lasów ochronnych.
  - Zabudowa w obszarach występowania złóż. Warunki zagospodarowania złoża zależą od występowania w terenie niezabudowanym, zabudowanym nieznacznie (nieliczne i rozproszone obiekty) i objętym zwartą zabudową.



Fot. 2. Kamieniołom dolomitów dewońskich „Jurkowice” (fot. E. Sermet)

Lp.	Czynnik	Warunki geologiczno-górnice eksploatacji i ich ocena punktowa		
		Korzystne – 1 pkt	Przeciętne – 2 pkt	Trudne – 3 pkt
1.	Grupa zmienności złoża	I	II	III
2.	Kategoria dokładności rozpoznania	kat. C <sub>1</sub> i wyższa	kat. C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>	tylko kat. C <sub>2</sub> , (D?)
3.	Zasoby bilansowe	> 50 mln ton	20 – 50 mln ton	<20 mln ton
4.	Jakość kopaliny	w przewodzie kruszywa kl. I/II lub ich odpowiedniki wg norm europejskich (kategorie)	w przewodzie kruszywa kl. II/III	w przewodzie kruszywa kl. III i gorsze
5.	Grubość nadkładu złoża	max. średnio do 5m	max. średnio 5-10m	max. średnio 10-15m
6.	Zawodnienie złoża	złoże suche, tylko wody opadowe	złoże słabo zawodnione, dopływy < 5 000 m <sup>3</sup> /dobę	złoże silnie zawodnione, dopływy > 5 000 m <sup>3</sup> /dobę
7.	Maksymalna głębokość eksploatacji	> 60m	30 – 60m	< 30m
8.	Stopień zagospodarowania złoża	złoże zagospodarowane, eksploatowane	złoże zaniechane (możliwe wznowienie eksploatacji) lub niezagospodarowane ale rozpoznane szczegółowo	złoże niezagospodarowane, rozpoznane wstępnie
9.	Sposób otwarcia złoża	kamieniołom stokowy	kamieniołom stokowo-wgłębny	kamieniołom wgłębny
10.	Przydatność rekultywacyjna gruntów	kl. A, B, C potencjalnie produktywne (żyźne)	kl. D nieproduktywne	kl. E toksyczne
11.	Zakład przerobczy	na miejscu – jest lub może być	w pobliżu – np. w bliźniaczej kopalni	nie ma
12.	Dojazd do złoża	bliskość dróg głównych i linii kolejowych z bocznkami przedsiębiorcy (<5 km), droga utwardzona do wyrobiska	drogi dojazdowe o dużym natężeniu ruchu w terenie zabudowanym, droga nieutwardzona do wyrobiska od dróg głównych	brak dojazdu od dróg głównych
13.	Obszary chronione	poza systemem obszarów chronionych	otuliny parków, obszary chronionego krajobrazu, NATURA 2000, ECONET, CORINE itp.	bliskość parków narodowych, rezerwatów, parków krajobrazowych
14.	Ochrona wód	brak zagrożeń dla wód podziemnych i powierzchniowych, z dala od GZWP	użytkowe poziomy wód podziemnych, OZO i OWO GZWP	ONO GZWP, strefy bezpośredniej ochrony ujęć wód
15.	Ochrona gruntów rolnych i leśnych	nieużytki rolne lub leśne	użytki rolne klas V-VI, lasy produkcyjne	użytki rolne klas I-IV, lasy ochronne
16.	Zabudowa obszaru złożowego	brak zabudowy	zabudowa rozproszona lub nieliczne obiekty	zwarta zabudowa

Tab. 1. Punktacja poszczególnych czynników opisujących atrakcyjność geologiczno-górnica złóż kruszywowych

Na podstawie sumarycznej punktacji wszystkich czynników klasyfikacyjnych proponuje się wyróżnić następujące typy atrakcyjności geologiczno-górnicej złóż kruszywowych (typy warunków eksploatacji z uwzględnieniem ograniczeń sozologicznych):

- złoża atrakcyjne, łatwe i niezbyt trudne w eksploatacji 16-26 pkt,
- złoża o przeciętnej atrakcyjności, z utrudnieniami eksploatacji 27-40 pkt,
- złoża bardzo trudne i wyjątkowo trudne w eksploatacji, nieatrakcyjne 41-48 pkt <sup>\*)</sup>.

<sup>\*)</sup> eksploatacja niektórych z nich jest wręcz wykluczona, np. w parkach narodowych

Możliwa jest także bardziej rozbudowana klasyfikacja warunków eksploatacji:

- 1) łatwe 16-20 pkt,
- 2) niezbyt trudne 21-26 pkt,
- 3) utrudnione 27-32 pkt,
- 4) trudne 33-40 pkt,
- 5) bardzo trudne 41-44 pkt,
- 6) wyjątkowo (skrajnie) trudne 45-48 pkt.

W tab. 1 przedstawiono punktację poszczególnych czynników opisujących atrakcyjność geologiczno-górnica złóż kruszywowych.

### Ocena atrakcyjności wybranych złóż kruszywowych

Aby wykonać testowanie przyjętego systemu klasyfikacyjnego, wybrano cztery złoża dolomitów dewońskich z rejonu Gór

Świętokrzyskich – zagospodarowane: Budy, Jurkowice, Piskrzyn i niezagospodarowane złoża Janczyce oraz jedno niezagospodarowane złożo Byczyna w obszarze śląsko-krakowskim.

Pierwsze trzy są eksploatowane na dużą skalę – w roku 2007 wydobyte dolomitów i wapieni może sięgnąć 2 mln ton. Czwarte pozostaje wciąż niezagospodarowane, choć prawdopodobne jest podjęcie eksploatacji w najbliższych latach.

Złoża Budy i Jurkowice znajdują się w obrębie antyklinorium klimontowskiego, złoża Piskrzyn i Janczyce leżą w granicach synklinorium kielecko-łagowskiego. Złoże dolomitów Byczyna występuje w utworach triasowych północno-wschodniego obrzeżenia GZW.

Warunki geologiczne ich występowania są zatem odmienne, złoża różnią się także geologiczno-górnicejmi warunkami wydobywania oraz stopniem ogólnej uciążliwości dla środowiska. Wszystkie są postrzegane jako dość atrakcyjne.

Po przeanalizowaniu wszystkich czynników oceny okazało się, że wśród rozpatrywanych złóż najbardziej atrakcyjne jest złożo Jurkowice (20 pkt) – łatwe w eksploatacji. Złoża Piskrzyn, Budy i Janczyce (21 do 26 pkt) są również atrakcyjne, lecz o nieco trudniejszych warunkach eksploatacji. Złoże Byczyna (28 pkt) odznacza się przeciętną atrakcyjnością i utrudnionymi warunkami przyszłej eksploatacji.

### Podsumowanie

Atrakcyjność geologiczno-górnicej złóż dla produkcji kruszyw łamanych zależy od wielu czynników geologicznych,

górnictwych i środowiskowych (sozologicznych). Złóża nie mogą być traktowane jako interesujące wyłącznie z punktu widzenia możliwości pozyskania kruszyw dobrej jakości. O efektywności ekonomicznej zagospodarowania decyduje wiele składników.

W nawiązaniu do wcześniejszych prób waloryzacji złóż zaproponowano nowy sposób opisu warunków eksploatacji, bazujący na punktowej ocenie 16 czynników geologicznych, górniczo-technicznych i środowiskowych. Na tej podstawie dokonano przykładowej oceny atrakcyjności 4 złóż rejonu świętokrzyskiego i 1 złoża z rejonu śląsko-krakowskiego.

Złóża świętokrzyskie są atrakcyjne, łatwe (Jurkowice) lub niezbyt trudne w eksploatacji (Piskrzyn, Budy, Janczyce). Złoże Buczyna jest przeciętnie atrakcyjne i może mieć utrudnione warunki eksploatacji.

Wyniki oceny potwierdzają zatem możliwość efektywnego wykorzystania gospodarczego kopaliny ze wszystkich omawianych złóż.

Przedstawiony system oceny może być użyteczny dla opisu atrakcyjności poszczególnych złóż. Wymaga on jednak przetestowania na większej liczbie obiektów złożowych, zagospodarowanych i niezagospodarowanych, w różnych jednostkach surowcowych na terenie kraju. Tego typu oceny poszczególnych obszarów złożowych wydają się szczególnie ważne dla potencjalnych użytkowników złóż.

## Literatura

- [1] *Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31 XII 2006*, MŚ-PIG, Warszawa, 2006.
- [2] Bromowicz J. [red.] *Waloryzacja polskich złóż kamieni budowlanych i drogowych na tle przepisów Unii Europejskiej*. Ucz. Wyd. Nauk.-Dyd. AGH, Kraków, 2005, s. 113.
- [3] Bromowicz J., Magiera J., *Polskie złoża dla produkcji kruszyw łamanych na tle obiektów Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000*. Mies. WUG, nr 10, 2006, 10-18.
- [4] Glapa W., Korzeniowski J.I., *Mały leksykon górnictwa odkrywkowego*, Wyd. i Szkol. Górn. Burnat&Korzeniowski, 2005, s.139.
- [5] Górecki J., Szwed E., *Nadkład jako czynnik oceny atrakcyjności technicznej złoża kruszywowego*. Prace Nauk. Inst. Górn. Pol. Wrocław, nr 109, s. Konferencje nr 41, 2005, 71-78
- [6] Nieć M.[red.], *Zasady dokumentowania złóż kopalni stałych*. MŚ-DGiKG, KZK, Warszawa, 2002.
- [7] Pietrzyk-Sokulska E., *Uwarunkowania sozologiczne eksploatacji kamieni budowlanych i drogowych w Polsce*. [W:] Surowce mineralne Polski. Surowce skalne. Kamienie budowlane i drogowe. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 2002, 247-301.
- [8] Radwanek-Bąk B., *Kryteria waloryzacji złóż kopalni skalnych dla ich ochrony*. Górn. Odkryw., nr 2-3, 2002, 27-31.
- [9] Radwanek-Bąk B., *Concept of multicriterial valorisation of mineral deposits*, En. Geology, nr 11, 2006.
- [10] Sermet E., Górecki J., *„Waloryzacja i ocena geologiczno-górnictwej atrakcyjności złóż kopalni skalnych”*, Mat. XVII Konf. „Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi”, IGSMiE PAN, Kraków, 2007.
- [11] Smakowski T., *„Możliwości i bariery rozwoju podaży naturalnych kruszyw łamanych w Polsce”*, Mat. XVII Konf. „Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi”, IGSMiE PAN, Kraków, 2007.
- [12] Skawina T., *Klasyfikacja terenów pogórnictwych dla potrzeb rekultywacyjnych*. Ochr. Ter. Górn., nr 6, 1968, 3-10. ■