

*górnictwo odkrywkowe, łamane, waloryzacja złóż, eksploatacja selektywna,  
koszty jednostkowe, popyt, podaż*

Marek STRYSZEWSKI\*

## METODYKA WALORYZACJI GÓRNICZEJ ZŁÓŻ

Opracowanie zawiera metodykę waloryzacji górnictwa odkrywkowego na potrzeby budownictwa i drogownictwa. Głównie dotyczy eksploatacji kopaliny, obejmuje uwarunkowania procesu technologicznego związane z wielkością wydobycia, lokalizacją kopalń w stosunku do odbiorców, a także uwarunkowania środowiskowe oraz dotyczące możliwości utylizacji odpadów górnictwa.

### 1. WEJŚCIE PROCESU TECHNOLOGICZNEGO

#### 1.1. STRUKTURA POPYTU NA KOPALINĘ

Celem procesu górnictwa jest zaspokojenie popytu na kopaliny, a więc odnosić go trzeba do struktury popytu na kopalinę, a także do struktury produkcji.

Popyt na kopalinę związany jest z jej przeznaczeniem. W przypadku kruszyw żwirowych i łamanych związany jest z infrastrukturą drogową i budowlaną. Infrastrukturę tę tworzą głównie miasta i ośrodki osadnicze niższego rzędu, a także sieć komunikacyjna drogową i budowlaną. Struktura popytu (a także struktura produkcji) surowców skalnych określone są przez: ciągłość, jednorodność, zmienność w kierunku i zmienność w czasie.

Ciągłość popytu i rozumiana jest jako występowanie popytu na pewnej powierzchni w sposób ciągły, bez większych przerw. I tak w odniesieniu do popytu na kruszywa dla budownictwa i drogownictwa można powiedzieć, że popyt jest ciągły, bo odbiorcami są linie drogowe i kolejowe, a także różnego rodzaju miejsca budowy. Ciągłość popytu dotyczy zarówno kruszyw łamanych, jak i żwirowych.

---

\* Akademia Górniczo-Hutnicza, [mstrysz@agh.edu.pl](mailto:mstrysz@agh.edu.pl)

## 1.2. STRUKTURA PRODUKCJI GÓRNICZEJ

Ciągłość wydobycia trzeba rozpatrywać w odniesieniu do pewnego obszaru i czasu. Pozyskiwanie kruszyw żwirowych jest ciągle na powierzchni całego kraju, kruszyw łamanych ciągle wyłącznie na południu kraju, gdy środkowa i północna część kraju jest ich pozbawiona.

Ciągłość wydobycia w czasie rozumiana jest jako wydobycie kruszyw w sposób nieprzerwany, przez kolejne lata w każdym możliwym miejscu ich występowania. Można uznać, że istnieje ciągłość wydobycia w czasie. Zależnie jednak od koniunktury na kruszywa jego wydobycie w kolejnych latach ulega wahaniom.

Ze struktury popytu i wydobycia wynika sposób powiązań kopalń z odbiorcami. Kopalnie kruszyw z reguły lokowane są w pobliżu miejsc popytu, przy czym odległość między miejscem wydobycia, a miejscem zbytu produkcji jest możliwie najmniejsza. Jeśli pojawi się nawet mały popyt jest on zaspokajany z możliwie bliskiego miejsca wydobycia. Może wynosić kilkaset metrów, bądź kilkaset kilometrów zależnie od dekoncentracji występowania i wydobycia kopaliny w stosunku do miejsc zbytu produkcji. Wystarczy przytoczyć transport kruszyw żwirowych z rejonu Suwałk do Lublina, czy łamanych z południa Polski do północnych rejonów kraju. Taki sposób korzystania z zasobów kopalni skalnych ma odzwierciedlenie w rozkładach produkcji; zarówno kruszyw łamanych i żwirowych. Największa liczba kopalń, to kopalnie o małym wydobyciu.

Kruszywa łamane wykorzystywane są do utwardzania podłoża w kolejnictwie, jak również do budowy korpusu dróg w drogownictwie. Ich obszar występowania obejmuje południe Polski, szczególnie pas: Dolny Śląsk–Krzeszowice–Nowy Sącz, a także w obszar Gór Świętokrzyskich. Północną granicą występowania i pozyskiwania skał zwięzłych dla drogownictwa jest równoleżnik przechodzący przez Wrocław. Skały zwięzłe występują w łatwych do eksploatacji warunkach, zwykle pod niewielkim nakładem. Podobnie jak w przypadku kruszyw żwirowych, skały zwięzłe wykorzystywane są przede wszystkim lokalnie do budowy dróg, umocnień rzecznych, podmurówek, wyrównywania terenu. Struktura popytu, a także wydobycia, ma charakter krzywej wykładniczej, malejącej monotonicznie podobnie, jak w przypadku kruszyw żwirowych.

Popyt na kruszywa łamane jest ciągły na powierzchni kraju, tzn. występuje wszędzie w granicach administracyjnych państwa. Jest też jednorodny, związany głównie z gęstością sieci drogowej, choć trzeba zauważyć, że jest nieco większy w zachodniej części kraju.

Wydobycie kruszyw łamanych jest skrajnie niejednorodne na powierzchni kraju, gdyż lokalizacja kopalń jest na południu, a odbiorcy: lokalnie na południu, ale też w środkowej i północnej części. Powoduje to konieczność ponoszenia systematycznie kosztów wywozu kruszyw w sposób ciągły w czasie.

### 1.3. WIELKOŚĆ WYDOBYCIA

Wielkość wydobycia dostosowana jest w sposób naturalny do struktury popytu na kruszywa. Istnieje popyt ciągły w czasie i popyt ciągły na powierzchni państwa w granicach administracyjnych. Równocześnie kruszywa wykorzystywane są często w takiej postaci, jak po wydobyciu ze złoża, lub po prostej przeróbce i często są to wielkości niewielkie, potrzebne jedynie na zaspokojenie chwilowego popytu. Sprawia to, że istnieje duża liczba małych kopalń, lokalnych, w których odbiorcy zaopatrują się w kruszywo co najwyżej z odległości kilkudziesięciu kilometrów. W przypadku dekoncentracji baz surowcowych w stosunku do odbiorców możliwość zaspokojenia popytu w rejonach peryferyjnych istnieje jedynie ze złóż dużych z wykorzystaniem transportu kolejowego.

Problem określenia „najlepszej” wielkości wydobycia kopalni nie jest jednoznaczny. Zależy od wielkości popytu, dostępności bazy surowcowej, sąsiedztwa innych miejsc wydobycia, ograniczeń środowiskowych. W podstawowym zakresie zależy od wielkości popytu.

Oceny „najlepszej” wielkości wydobycia są przeciwne z punktu widzenia kopalni i nabywcy kruszywa. Z punktu widzenia kopalni „najlepszą” wielkością wydobycia jest ta, dla której są najmniejsze jednostkowe koszty wydobycia. Z punktu widzenia odbiorcy „najlepszą” jest ta która ma najmniejsze koszty jednostkowe wydobycia i leży najbliżej. Inaczej mówiąc ma równocześnie najmniejsze koszty wydobycia i transportu.

Dokonano podziału kopalń na dwie grupy, umownie nazwane kopalniami „małymi” i „dużymi”, przy czym kryterium wyróżniającym była wielkość produkcji znacznie uzależniona od rzeczywistej wielkości zasobów, infrastruktury transportowej w otoczeniu kopalni i kosztów transportu do odbiorców. Czynniki te powodowały, że z reguły kopalnie „małe” zaspokajały popyt lokalny, kopalnie „duże” były w stanie zaspokoić popyt lokalny, ale również popyt każdego odbiorcy w kraju. Badaniami objęto wszystkie kopalnie branży drogowej i dodatkowo, dla potrzeb rozszerzenia analizy kopalnię zwaną umownie kopalnią A<sup>1</sup>.

W publikacji [14] przedstawiono wyniki badań kosztów jednostkowych kruszyw drogowych w 1980 roku, w ówczesnych strukturach organizacyjnych i zweryfikowano w 1995 r., w zakresie możliwym do wykonania<sup>2</sup>.

Dla zwartości opracowania wprowadzono oznaczenia przedstawione w tabeli 1.

---

<sup>1</sup> Kopalnia ta była o takiej samej technice, technologii wydobycia, strukturze produkowanych asortymentów i właściwościach kopaliny jak analizowane kopalnie, lecz znajdowała się w innej niż drogowa branży. Ze względu jednak na wielkość produkcji odbiegała znacznie od kopalń będących przedmiotem analizy. Dla wzbogacenia przeprowadzanej analizy włączono ją do badań.

<sup>2</sup> Kształtowanie się kosztów jednostkowych wydobycia zależnie od wielkości wydobycia weryfikowane jest w sposób ciągły do chwili obecnej. Kształtuje się podobnie jak w latach wcześniejszych; zmiana uległy bezwzględne wielkości kosztów.

Charakterystyki kopalni do analizy regresji kosztów jednostkowych produkcji  
względem wielkości produkcji

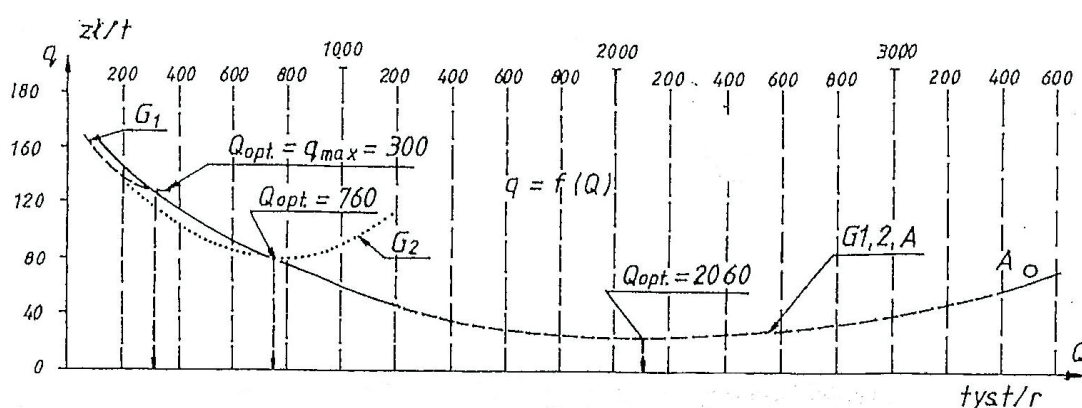
Kopalnie (oznaczenia)	Rok analizy	Opis kopalni
G1 <sup>3</sup>	1980	małe, wyjątkowo o produkcji do 300 tys. t/r., bez bocznic kolejowych
G2 <sup>4</sup>	1980	średnie i duże o produkcji do 1200 tys. t/r., zwykle posiadające bocznic kolejowe
G1 + G2 + A = G1,2,A	1980	kopalnie typu G1,2 wraz z kopalnią A
G80	1980	kopalnie w przedziale 100–1000 tys. t/r. posiadające lub nieposiadające bocznic kolejowych
G95	1995	jak wyżej

Wyniki analizy statystycznej wg wzorów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Wyniki analizy statystycznej kosztów jednostkowych produkcji zależnie od wielkości produkcji

Kopalnie (oznaczenia)	Zależność wg wzorów	Minimum kosztów [tys. t/r.]
G1	$q = 127,05 + 1775,13 \cdot Q^{-1}$	$Q_{opt} = q_{max} = 300$
G2	$q = 176,97 - 0,25 \cdot Q + 1,64 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$	$Q_{opt} \cong 760$
G1,2,A	$q = 172,0 - 0,15 \cdot Q + 3,64 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$	$Q_{opt} \cong 2060$
G80	$q = 152,66 - 0,11 \cdot Q$	$Q_{opt} = q_{max} = 1000$
G95	$q = 11,4 - 0,004 \cdot Q$	$Q_{opt} = q_{max} = 1000$



Rys. 1. Koszty jednostkowe produkcji kruszyw łamanych

Fig. 1. Unit costs of crushed stones production

<sup>3</sup> Podlegały Centralnemu Zarządowi Dróg Publicznych w Warszawie.

<sup>4</sup> Podlegały Przedsiębiorstwu Państwowemu Kopalni Skalnych Surowców Drogowych we Wrocławiu.

Współczynniki korelacji wszystkich zależności są istotne, a wyniki obliczeń pokazano graficznie na rysunku 1. Wykresy odpowiadające kopalniom G80 i G95 przedstawiono analitycznie, nie prezentując ich na rysunku.

Widać z niego, że w odniesieniu do kopalń G1 i G2, w zakresie porównywalnej wielkości produkcji, koszty jednostkowe są nieistotnie różne. Dla grupy G1 najmniejsze są dla prawego skraju funkcji, czyli  $Q_{opt} = q_{max} = 300$  tys. t/r. Dla kopalń grupy G2 funkcję kosztów jednostkowych najlepiej opisuje funkcja paraboliczna mająca minimum dla  $Q_{opt} \cong 760$  tys. t/r., choć stwierdzono też, że dobrą interpretacją na poziomie  $\alpha = 0,10$  jest funkcja hiperboliczna, a więc funkcja stale malejąca (nie prezentowana na rysunku). Może to wskazywać, że obliczone  $Q_{opt}$  jest optimum lokalnym wynikającym tylko z interpretacji danych liczbowych, i że dla większych wielkości produkcji kruszyw koszty będą nadal maleć, i optimum przesunie się w prawo. Dla uzasadnienia przypuszczenia, że optimum produkcji znajduje się w prawo od  $Q_{opt}$  dla kopalń grupy G2 wzięto dodatkowo do oceny kopalnię (oznaczono ją na rysunku 1 literą A), pozyskującą kruszywa dla innej branży. Kopalnia ta była podobna do poprzednich pod względem: techniki i technologii produkcji, transportu i przeróbki, struktury produkowanych asortymentów, warunków geologicznych. Kruszywo w niej produkowane może być stosowane też w drogownictwie.

Po włączeniu kopalni A do grupy G1 i G2 interpretacja trendem parabolicznym daje przesunięcie optimum produkcji do wielkości 2060 tys. t/r. Stwierdzenie to jest mocnym argumentem świadczącym, że najczęściej występujące wielkości produkcji kruszyw kopalń surowców skalnych są zdecydowanie za małe, jeśli przyjąć za optymalną wielkość produkcji, a więc tę wielkość przy której koszty jednostkowe są jak najmniejsze. Spostrzeżenie to jednoznacznie wskazuje na możliwość poszczególnych kopalń, lub grup kopalń w regionie, istotnego zmniejszenia kosztów jednostkowych produkcji poprzez zwiększenie wielkości produkcji. Przyjmując za optymalną wielkość produkcji  $Q_{opt} = 2060$  tys. t/r., można by sądzić, że najmniejszy koszt pozyskiwania kruszywa drogowego dla zaspokojenia popytu krajowego byłby gdyby funkcjonowało kilka kopalń o większej produkcji zamiast kilkunastu.

W tabeli 2 przedstawiono też regresję kosztów za 1995 r. (G95) w przedziale 100–1000 tys. t/r. i dla porównania odpowiadającą jej próbkę z roku 1980 (G80). Optymalna wielkość produkcji jest  $Q_{opt} = q_{max} = 1000$  tys. t/r., czyli optymalną produkcją jest produkcja maksymalna. Można sądzić, że podobnie jak w odniesieniu do grupy kopalń G1 i G2, jest to fragment krzywej i w zakresie badanym koszt minimalny odpowiada maksymalnej produkcji.

Ważnym elementem analizy kosztów jednostkowych produkcji jest ich elastyczność ze względu na wielkość produkcji. Funkcja elastyczności określa jak zmienia się koszt jednostkowy produkcji, gdy rośnie wielkość produkcji. Badanie elastyczności kosztów jednostkowych produkcji kruszyw łamanych przeprowadzono w pracy [16]. Stwierdzono doskonałą elastyczność w większych przedziałach produkcji, co oznacza,

że wzrost produkcji o 1% powoduje spadek kosztów jednostkowych o więcej niż 1%. Ze względu na zwartość niniejszej pracy nie prezentuje się szczegółowych wyników.

#### 1.4. WŁAŚCIWOŚCI KOPALINY: JAKOŚĆ ZŁOŻA

W przypadku wielu kopalin pozyskiwanych dla budownictwa i drogownictwa właściwość kopaliny jest podstawową cechą wyróżniającą. W przypadku kruszyw drogowych podstawową bazą kruszyw najwyższych jakości, a także ze względu na zasobność jest Dolny Śląsk. Pozyskiwane są tu kruszywa najwyższej klasy stosowane w warstwach ścieralnych drogi. Pozostałe regiony (karpacki i świętokrzyski) pozyskują kruszywa niższej jakości i stanowią uzupełnienie złóż dolnośląskich w pokryciu popytu.

#### 1.5. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA KOPALINY TOWARZYSZĄCEJ KOPALINIE GŁÓWNEJ

Zwykle eksploatacja kopalin skalnych prowadzona jest jako jednosurowcowa, choć z możliwymi różnymi kierunkami wykorzystania surowca. Jeśli kopalinie głównej towarzyszą inne, nie spełniające norm technicznych dla kopaliny głównej, to istnieją dwie możliwości ich zagospodarowania: składowanie na zwałowiskach i selektywne wydobycie, nadanie im cech użyteczności i sprzedaż.

Ten ostatni sposób wykorzystania kopaliny towarzyszącej wymaga równoczesnego spełnienia warunków:

- zaistnienia na rynku popytu o odpowiedniej wielkości,
- możliwości technicznych pozyskania i przeróbki kopaliny towarzyszącej,
- opłacalności ekonomicznej przedsięwzięcia.

Zagadnienie to w szerszym ujęciu ilościowym i jakościowym zostało przedstawione w pracy [6].

#### 1.6. OGRANICZENIA ADMINISTRACYJNE DOTYCZĄCE DZIAŁALNOŚCI GÓRNICZEJ, NP. ZAKAZ PROWADZENIA (ALBO OGRANICZENIE) DZIAŁALNOŚCI GÓRNICZEJ ZE WZGLĘDÓW ŚRODOWISKOWYCH

Pozyskiwanie odkrywkowe złóż związane jest jednym z kilku możliwych sposobów wykorzystania powierzchni terenu. Teren, który może być potencjalnie przedmiotem wykorzystania górniczego pełni też inne funkcje, np.: gospodarcze, ale inne niż górnicze wykorzystanie (np. leśnictwo, rolnictwo, mieszkalnictwo), kulturowe, sportowe, rekreacyjne, przyrodnicze.

Jeden sposób wykorzystania powierzchni terenu zwykle wyklucza inny, górnicze wykorzystanie z reguły przegrywa z innymi, co szczególnie dotyczy kopalni pospolitych. Są tego trzy powody:

- brak ustawowej ochrony zasobów kopalin warunkującej w podstawowym zakresie rozwój budownictwa i drogownictwa, przy równoczesnej ochronie prawnej gruntów rolnych i leśnych, powietrza i wód,
- brak akceptacji społeczeństw lokalnych dla działalności górniczej, choć stale z niej korzystają,
- nieznajomość skutków ekonomicznych ograniczania eksploatacji złóż z miejsc wykluczonych z działalności górniczej i przenoszenie jej w inne, zwykle odległe miejsca. Nie dostrzega się tu zasady, że w przypadku kopalin pospolitych pozyskiwanie kopalin w pierwszej kolejności jest ze złóż możliwie bliskich odbiorcom, co w sposób naturalny minimalizuje koszty transportu, które ponosi nabywca kopaliny.

Przykładów ograniczania eksploatacji odkrywkowej jest wiele i mają one charakter ciągły w czasie. Zwykle podejmowane są arbitralnie i z pominięciem skutków ekonomiczno-społecznych takich decyzji.

## 2. PROCES TECHNOLOGICZNY

Proces technologiczny w kopalniach surowców skalnych składa się z głównych czynności: urabiania, transportu i przeróbki. Stosowane są sposoby pracy układu: cykliczne, ciągłe i mieszane. Urabianie cykliczne i transport cykliczny stosowane są zwykle w kopalniach kruszyw łamanych prowadzących eksploatację skał zwięzłych z wykorzystaniem MW. Ze względu na różne wielkości materiału skalnego po odstrzale i ostre krawędzie jedynym układem technologicznym jest koparka we współpracy z samochodami.

### 2.1. UDOSTĘPNIENIE ZŁOŻA (BEZPOŚREDNIE LUB WYKOPAMI)

Z punktu widzenia czasu i zakresu robót udostępniających, udostępnienie może być:

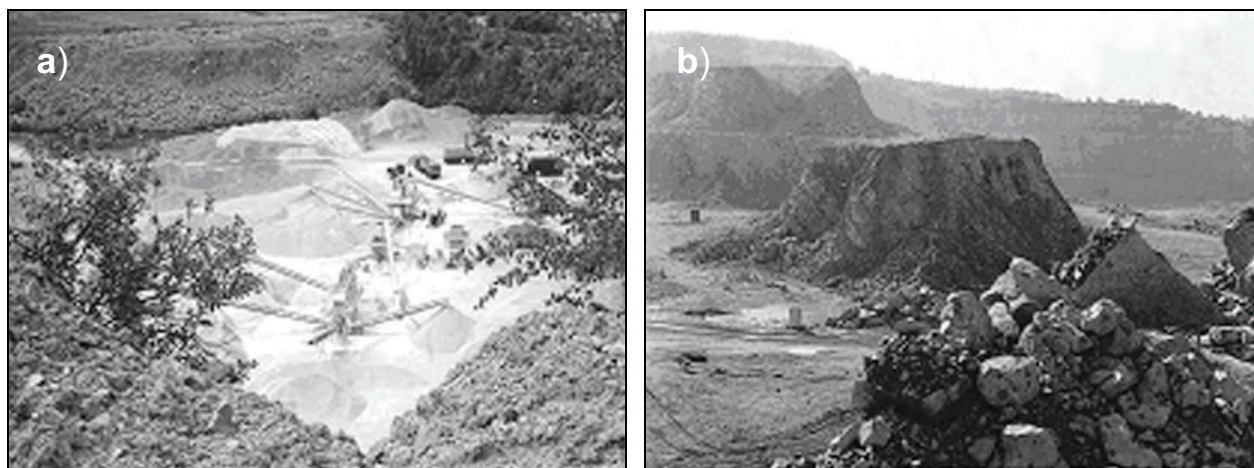
- bezpośrednio, przy niewielkim nadkładzie lub bez niego; w tym wypadku brak jest robót udostępniających. Udostępnienie bezpośrednio prowadzone jest w złożu i w sposób wydatny zmniejsza koszty eksploatacji;
- wkopami; zawsze związane jest z prowadzeniem robót górniczych w nadkładzie i ponoszeniem kosztów jego urabiania.

### 2.2. TECHNIKA WYDOBYCIA (MASOWA LUB SELEKTYWNA)

Wydobycie kopaliny o charakterze masowym jest wówczas, gdy prowadzone jest niezależnie od właściwości kopaliny, obecności zanieczyszczeń, bądź w warunkach, gdy prowadzone jest bez możliwości bieżącego wglądu w wydobywaną kopalinę (np. eksploatacja podwodna kruszyw żwirowych).

W znacznej liczbie kopalń prowadzona jest eksploatacja selektywna złoża, polegająca na:

- zróżnicowaniu urabianej kopaliny i rozdzieleniu jej na potoki o różnych właściwościach. Ten sposób rozdziału kopaliny spotyka się w przypadku rozdziału urobku na potoki odpowiadające zamówieniom odbiorców. Zwykle gromadzi się je na placach składowych, które pełnią rolę zbiorników buforowych gotowej produkcji, bądź

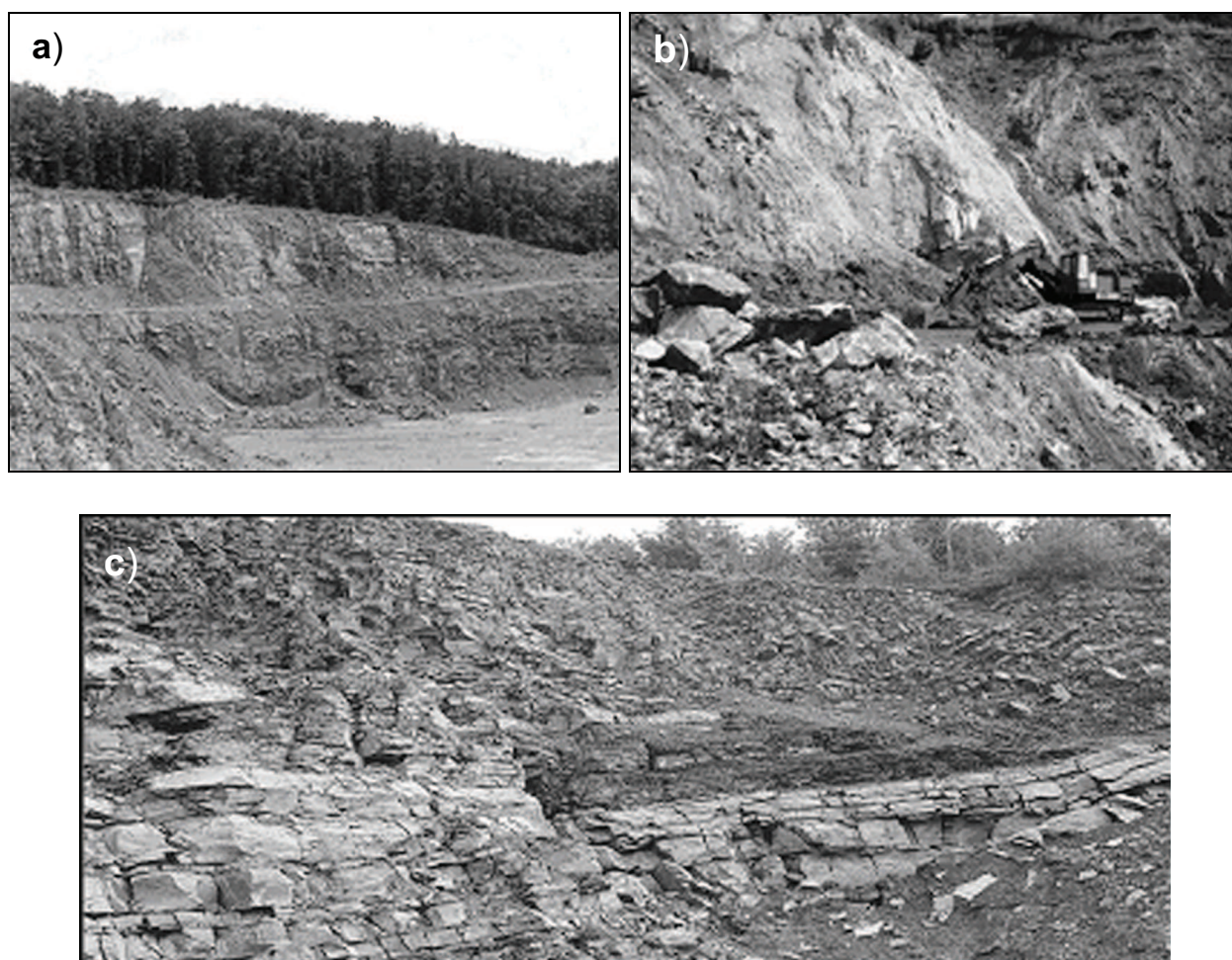


Rys. 2. Utylizacja odpadów wapiennych z rogowcami (a); pokład wapieni z rogowcami (b)  
Fig. 2. Utilization of limestone with cherts wastes (a); bed of limestone with cherts (b)

- rozdzielaniu urabianych mas na potoki skały płonej na zwałowisko i użytecznej do zakładu przerobczego. Sposób tego rozdziału zależy od formy jaką posiada skała płona. W przypadku gniazdowego zalegania skały płonej (np. kras w skałach węglanowych – rys. 3a), eksploatacja selektywna sprowadza się do naprzemiennego wybierania tym samym układem technologicznym raz kopaliny użytecznej a później kras. Związane jest to z koniecznością przejazdu koparek na zmieniające się stanowiska pracy. Tak wymuszona praca układu wydobywczego stwarza uciążliwość pracy i powoduje ponoszenie zbędnych kosztów pracy. Inną formą zalegania wymagającą eksploatacji selektywnej może być losowe zaleganie gładów kopaliny użytecznej na ścianie eksploatacyjnej. Wówczas koparka urabia zwietrzelinę skalną (rys. 3b) aż do odsłonięcia gładów (tzw. ramowanie). Są one przemieszczane przez koparkę na poziom eksploatacyjny, bądź, jeśli to niemożliwe, stosuje się strzelanie podbierkowe, wtórnie urabia gładzi i przewozi do zakładu obróbczego. Z jednego miejsca koparka raz urabia skałę płoną, raz użyteczną, a transport samochodowy odwozi urobek do zakładu przerobczego, bądź na zwałowisko. W przypadku naprzemianległego zalegania kopaliny użytecznej i płonej eksploatacja selektywna jest najbardziej uciążliwa (rys. 3c). Po odstrzale następuje wymieszanie skały płonej i użytecznej. Operator koparki dokonuje selekcji w wyrobisku, a samochody przewożą skałę płoną raz do zakładu przerobczego. W przypadku fliszu karpackiego czę-



sto utrudnieniem w eksploatacji selektywnej są dodatkowo opady deszczu w okresach letnich niekiedy wstrzymujące okresowo proces technologiczny. Przy eksploatacji selektywnej do produkcji kruszyw łamanych należy zwrócić uwagę, że w zależności od formy występowania kopaliny użytecznej i wtrąceń kopaliny wymuszającej eksploatację selektywną, występują duże różnice w sposobie jej prowadzenia i uciążliwości pracy. Skupione formy krasu na poziomach eksploatacyjnych wymuszają jedynie przestawienia maszyn kolejno na kopalinę użyteczną i kras, by zapewnić równomierny postęp ścian eksploatacyjnych. W przypadku jednak eksploatacji naprzemianległe leżących warstw piaskowca i łupków, dodatkowo przemieszanych robotami strzelniczymi, istnieje duża uciążliwość ciągłego wybierania z masy skalnej raz łupków, raz piaskowca.



Rys. 3. Złóża do eksploatacji selektywnej:

- a) kras na poziomach eksploatacyjnych; b) selektywne wybieranie głazów;
- c) naprzemianległe zaleganie skał użytecznych i płonych

Fig 3. Deposits to selective operation:

- a) karst on working levels; b) selective operations of boulders;
- c) alternating deposition of useful and waste rocks

- uśrednieniu urabianych mas kopaliny użytecznej, czyli łączeniu potoków produkcyjnych o różnych własnościach dla uzyskania kopaliny o wymaganych przez odbiorców parametrach.

W każdym z tych przypadków konieczne jest podjęcie selektywnego wydobywania kopaliny. Niezależnie od czynników naturalnych wymuszających eksploatację selektywną, a wymienionych wyżej, konieczność jej prowadzenia wynika z:

- wymagań odbiorców kruszyw co do właściwości fizycznych,
- zróżnicowania właściwości kopaliny w odniesieniu do cech fizycznych i chemicznych. Zróżnicowanie to jest z reguły na każdym poziomie eksploatacyjnym, jak i między poziomami. Oznacza to, że w trakcie eksploatacji, przy przesuwaniu się frontów eksploatacyjnych, właściwości fizyczne kopaliny ulegają ciągłej zmianie, przy tych samych wymaganiach odbiorcy. Stwarza to konieczność sterowania jakością produkcji przez eksploatację selektywną.

### 2.3. ZAGOSPODAROWANIE TRANSPORTOWE UMOŻLIWIAJĄCE WYSYŁKĘ PRODUKCJI (BOCZNICE KOLEJOWE, PLACE SKŁADOWE)

Transport zewnętrzny kopaliny do odbiorców towarzyszy kopalni przez cały czas istnienia. Są dwa rodzaje transportu z kopalń do odbiorców: samochodowy i kolejowy. Każdy z nich ściśle związany z odległością transportu do odbiorców. Transport samochodowy opłacalny jest do kilkudziesięciu kilometrów, powyżej tej odległości opłaca się stosować transport kolejowy. Warunkiem wykorzystywania transportu kolejowego jest istnienie bocznic kolejowych. Są one przy kopalniach o wydobywaniu powyżej 400÷500 tys. t/r. Można przyjąć, że istnienie bocznic kolejowych warunkuje możliwość zaspokojenia popytu u peryferyjnych odbiorców.

### 2.4. ZWAŁOWANIE

Przyjmuje się, że jest trzy techniki zwałowania: zewnętrznego, wewnętrznego i mieszanego, tzn. na początku eksploatacji rozpoczynane jest zwałowanie zewnętrzne, a po wybraniu kopaliny przechodzi się ze zwałowania zewnętrznego na wewnętrzne.

Ten ostatni sposób gospodarowania masami zwałowymi zawiera w sobie ochronę środowiska przez wypełnienie rekultywowanego wyrobiska odpadami i niezajmowanie powierzchni przez składowanie odpadów.

### 2.5. ODWADNIANIE

W zależności od zalegania kopaliny prowadzi się wydobywanie wgłębne (poniżej poziomu wód gruntowych), stokowe (powyżej) lub mieszane. To ostatnie prowadzone jest zwykle po rozpoczęciu wybierania o charakterze stokowym, a po wyeksploatowaniu złoża rozpoczyna się wydobywanie kopaliny zalegającej poniżej wód gruntowych.

Odwadnianie powierzchniowe jest najtańszą formą odwadniania. Stosowane jest zwykle w kopalniach stokowych.

## 2.6. PRZERÓBKA KOPALINY

Proces przeróbki kopaliny jest ostatnim elementem układu technologicznego, w którym uzyskuje się produkt końcowy, zamówiony przez odbiorcę. Układy mogą posiadać proste formy, np. podstawowe kruszenie i przesiewanie, mogą też tworzyć układy równoległe, dublujące się, z możliwością „zawracania” urobku. Skomplikowanie układu zwiększa koszty jego funkcjonowania, ale stwarza też możliwości szerokich ofert różnych frakcji na potrzeby rynku.

## 3. WYJŚCIE PROCESU

Wyjściem procesu jest produkcja końcowa kruszywa oraz odpady.

### 3.1. PRODUKCJA KOŃCOWA

Produkcja końcowa składa się z produkowanych frakcji i odpadów. Liczba produkowanych frakcji zależy głównie od popytu w otoczeniu kopalni, ale też od możliwości technicznych zakładu przerobczego. Zwiększa ofertę sprzedaży kruszyw. Różnorodność frakcji jest wynikiem konstrukcji zakładu przerobczego, systemu połączeń jego elementów i daje możliwość każdorazowo dostosowania wielkości ziaren frakcji do oczekiwań odbiorców. Można uznać, że kwantyfikacja „produkcji końcowej” jest tożsama z „przeróbką kopaliny” w procesie technologicznym.

### 3.2. ODPADY, ICH RODZAJE, WPŁYW NA ŚRODOWISKO, MOŻLIWOŚCI UTYLIZACJI, SPOSÓB ZAGOSPODAROWANIA

Prawie każdej produkcji górniczej towarzyszą odpady; są one w postaci:

- drobnych frakcji pochodzących ze skały macierzystej, na które nie ma popytu w miejscu i w czasie wydobywania, a także fragmenty innych skał, części organiczne,
- drobnych cząstek emitowanych do atmosfery pochodzących ze spalania materiałów związanych z produkcją kruszywa,
- zrzutu ścieków do wód i gleby.

Główne znaczenie przy eksploatacji kruszyw mają drobne frakcje. Istnieje możliwość ich wykorzystania na bieżąco do wyrównania gruntów, ich wymiany, prac inżynierskich. Niezależnie od tego istnieje obowiązek ustawowy ich zagospodarowania na składowiskach odpadów.

Oprócz tego istnieje też potencjalna możliwość ich utylizacji, czyli nadania im cech użyteczności. Większość odpadów z eksploatacji surowców skalnych można wykorzystać gospodarczo w procesie płukania i rozdziału na frakcje. Warunkiem takiego wykorzystania odpadów jest spełnienie warunków:

- taniego dostępu do mediów (woda przemysłowa) oraz możliwości składowania „odpadów z odpadów” (najdrobniejszych frakcji po płukaniu),
- opłacalności ekonomicznej procesu utylizacji; rozwiązanie tego problemu podano w pracy [6].

W tabeli 3 przedstawiono przykładowo waloryzację eksploatowanych złóż kruszyw łamanych (ze względu na zwartość opracowania pominięto waloryzację kruszyw żwirowych).

Tabela 3

## Waloryzacja złóż – kruszywa łamane

Kryterium waloryzacji		Skala ocen		
		6	4	2
Wejście procesu technologicznego	Wydobycie [tys. t/rok]	>500	200–500	< 200
	Jakość kopaliny, wg norm	wysoka	średnia	niska
	Możliwość wykorzystania kopaliny towarzyszącej	pełna	średnia	niewielka
	Ograniczenia eksploatacji	brak ograniczeń	wynikająca z planów miejscowych przestrzennego zagospodarowania	wynikająca z planów przestrzennego zagospodarowania
Proces technologiczny	Udostępnienie złoża	bezpośrednie	mieszane	wkopami
	Technika wydobywania (masowa, selektywna)	masowa	selektywna dotycząca części wydobywanej kopaliny	selektywna w odniesieniu do całości wydobywanej kopaliny
	Zagospodarowanie transportowe	bocznicie kolejowe wraz ze zbiornikiem buforowym surowców	zbiornik buforowy kopaliny	załadunek i transport bezpośrednio do odbiorcy
	Technika zwałowania	wewnętrzne	mieszane	zewnętrzne
	Technika odwadniania	brak odwadniania, eksploatacja stokowa	odwadnianie mieszane	odwadnianie wgłębne
	Przeróbka kopaliny	sprzedaż wielofrakcyjna	sprzedaż jednofrakcyjna	sprzedaż kopaliny jak po wydobyciu ze złoża
Wyjście procesu	Możliwość utylizacji odpadów	pełne	ograniczone dostępem do mediów, popytem	wykorzystanie niewielkie, chwilowe i lokalne

Waloryzacja górnicza wartościuje złoża i eksploatację, odnosząc ich cechy do miejsca, w którym znajduje się złożo i prowadzona jest eksploatacja, czyli odnoszą się do lokalizacji szczegółowej miejsca wydobywania, bez uwzględnienia lokalizacji odbiorców.

Z punktu widzenia odbiorców lokalizacja złoża ma podstawowe znaczenie w cenie zakupu kruszywa, ponieważ odbiorca pokrywa zarówno cenę sprzedaży, jak i transportu. Kruszywa łamane są skrajnie niekorzystnie zlokalizowane w stosunku do odbiorców. Pozyskiwane są na południu kraju, a odbiorcy na całym obszarze. Zachodzi więc konieczność dalekiego transportu kruszyw. Chodzi więc o to, by transport kruszyw możliwie tani. Wszystkie kopalnie kruszyw łamanych pełnią funkcje lokalnego zaspokojenia popytu. Zwykle popyt lokalny jest w promieniu ok. 50 km. Większe kopalnie, umownie o wydobyciu 500 i więcej tys. t/rok, zaspokajają popyt regionalny i mogą też wysyłać produkcję do peryferyjnych odbiorców. Kopalnie większe o wydobyciu ponad 1 mln t/rok, mające bocznice kolejowe, obok popytu lokalnego zaspokajają popyt odbiorców peryferyjnych. Rola tych kopalń jest nie do przecenienia, gdyż zapewniają zaspokojenie popytu w każdym miejscu kraju przy pomocy taniego transportu kolejowego.

W chwili obecnej liczba kopalń większych zaspokajających popyt na surowce drogowe na obszarze całego kraju wynosi 6. Dają one wydobycie 10,5 mln t/rok, średnio 1,74. Dla takiej wielkości wydobycia należy w sposób stały zabezpieczyć zasoby.

Powstanie tych kopalń, ich liczba, wielkości wydobycia, zasoby przemysłowe zostały ukształtowane polityką gospodarczą w zakresie kruszyw łamanych. Można przyjąć, że stan ten należy utrzymać w chwili obecnej w odniesieniu do wydobycia, jak i w przyszłości przy projektowaniu nowych zakładów.

#### 4. PODSUMOWANIE

Niniejsze opracowanie jest propozycją metodyczną waloryzacji złóż surowców skalnych łamanych. Odniesiono ją do kopalni, wydobywanych jedną techniką i w podobnym kierunku przeznaczenia surowców. Materiałami, które posłużyły do jej wykonania, były opracowania z ostatnich kilkadziesiąt lat, a obejmujące problematykę zagospodarowania złóż kopalni skalnych wydobywanych i przeznaczonych do różnych dziedzin gospodarki.

Waloryzacje postanowiono wykonać w odniesieniu do wydobywania z uwzględnieniem uwarunkowań procesu górniczego elementami wejścia (warunkującymi proces górniczny) oraz wyjścia (stanowiącymi skutek procesu). Elementami wejścia były: struktura popytu (a więc cechy rynku popytu na surowce skalne), struktura podaży (charakterystyka produkcji kruszyw dla zaspokojenia popytu). Pozwoliło to na ocenę dostosowania struktury podaży do struktury popytu.

Przy kryterium wejścia waloryzacji przyjęto za podstawową wielkość wydobycie, a także jakość kopaliny. Wielkość wydobycia w podstawowym zakresie warunkuje powiązania odbiorców kruszyw z kopalniami. Cechą podstawową tych powiązań była i jest stałość miejsc korzystania z zasobów i niewielka odległość miejsc wydobycia i odbioru kruszyw. Niezależnie od tego duża baza zasobów umożliwia prowadzenie dużego wydobycia, to zmniejsza koszty jednostkowe produkcji i umożliwia stosowanie taniego transportu kolejowego na większe odległości – do odbiorców peryferyjnych. Szczególnie istotne jest to w przypadku skrajnie niekorzystnej lokalizacji bazy zasobów kruszyw łamanych (na południu kraju) i odbiorców na obszarze całego kraju. W konsekwencji tych spostrzeżeń niezbędne jest objęcie ochroną prawną dużych złóż kruszyw łamanych na południu kraju dla zabezpieczenia popytu na powierzchni kraju.

Jako kryterium procesu technologicznego przyjęto eksploatację masową, lub selektywną i zagospodarowanie transportowe. Technika wydobycia w większości złóż jest selektywna w relacji nadkład-złoże, złoże-przeławicenia, złoże-wtrącenia skał płonnych. Skalę ocen odniesiono do eksploatacji masowej, selektywnej – dotyczącej części wydobywanej kopaliny i selektywnej w odniesieniu do całości kopaliny. Odniesienie skali ocen do szczegółowych parametrów cechujących eksploatację selektywną jest niemożliwe wobec dużej liczby uwarunkowań złożowych, uwarunkowań ze strony technologii, przyczyn losowych i innych. Dla przybliżenia skali ocen waloryzacji można uznać, że skali 6 (eksploatacji masowej) odpowiada eksploatacja kruszyw łamanych dużych partii skał jednorodnych i ciągłych w swej masie; skali 4 – eksploatacja selektywna z gniazdowo rozmieszczonymi zasobami, bądź wtrąceniami np. krasu w caliznie skalnej; skali 2 – eksploatacja selektywna kopaliny użytecznej przemieszanej ze skałą płoną, np. w wyniku robót strzelniczych. Utrudnia to znacznie selekcje materiału podczas załadunku na środki transportowe. Zjawisko to jest szczególnie widoczne przy eksploatacji piaskowców karpackich.

Ważnym kryterium waloryzacji jest zagospodarowanie transportowe złóż. Najwyższą ocenę przyznaje się złożom, których częścią zagospodarowania jest bocznica kolejowa i plac składowy urobionych mas skalnych. Umożliwiają one daleki i tani transport kopaliny na duże odległości od miejsca ich uzyskania. Pozostałe kopalnie mające tylko zbiorniki buforowe, bądź prowadzące załadunek na środki transportowe odbiorców kruszyw, mają odpowiednio niższe oceny.

Przy procesie technologicznym dokonano też waloryzacji technik: udostępnienia złoża, zwałowania, odwadniania i przeróbki. Skala ocen została im przypisana na podstawie stanu wiedzy dotyczącej wpływu tych technik na proces wydobywania i przeróbki kopaliny.

Przy kryterium wyjścia procesu technologicznego waloryzacji podano możliwość utylizacji odpadów, czyli nadania im cech użyteczności. Większość odpadów pochodzących z eksploatacji surowców skalnych może być utylizowana i wykorzystana jako pełnowartościowe produkty. Warunkiem utylizacji jest jednak istnienie technicznych możliwości utylizacji, popytu i zysku ze sprzedaży otrzymanych produktów.

## LITERATURA

- [1] BROMOWICZ J., (red.), *Waloryzacja polskich złóż kamieni budowlanych i drogowych na tle przepisów Unii Europejskiej*, Ucz. Wyd. Nauk.-Dyd. AGH, Kraków 2005.
- [2] KOZIOŁ W., *Metoda oceny wpływu czynników złożowych i sezonowych na efektywność selektywnej eksploatacji węgla brunatnego*, Zeszyty Naukowe AGH, Kraków 1983.
- [3] KOZIOŁ W., SZYDŁO S., *Systematyka czynników lokalizacji odkrywkowych kopalń surowców skalnych*, XXXIII Sesja Naukowa AGH, Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo, z. 94, 1977.
- [4] NIEĆ M., *Waloryzacja złóż i obszarów perspektywicznych*, [w:] *Programowanie eksploatacji i zagospodarowania terenów pogórnich złóż kruszywa naturalnego w dolinach rzek karpaccich na przykładzie Karpat Zachodnich* (red. M. Stryszewski), AGH, Ucz. Wyd. Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2006.
- [5] NIEĆ M., RADWANEK-BAK B., *Ochrona złóż kopalni warunkiem bezpieczeństwa surowcowego kraju wstępne propozycje uregulowań prawnych*, 2009.
- [6] OBRZUT M., *Metoda opłacalności utylizacji odpadów z eksploatacji odkrywkowej surowców skalnych na przykładzie kopalni „Zalas”*, praca doktorska publ. AGH, Wydział Górniczy, Kraków 2003.
- [7] PAWŁOWSKI Z., BARCZAK A., JAKUBCZYK T., *Ekonomiczna analiza kosztów – kilka wyników empirycznych z kopalnictwa rud żelaza*, Przegląd Statystyczny, R. XII, z. 4, 1965.
- [8] RADWANEK-BAK R., *Gospodarka zasobami kopalni skalnych w Karpatach Polskich w warunkach zrównoważonego rozwoju*, Prace PIG CLXXXIII, Warszawa 2005.
- [9] SERMET E., GÓRECKI J., *Ocena geologiczno-górnicza atrakcyjności złóż kamieni łamanych i blocznych*, Surowce i Maszyny Budowlane, 5/2007.
- [10] STRYSZEWSKI M., *Eksploatacja selektywna piaskowców karpaccich w aspekcie sezonowości wydobywania*, Górnictwo Odkrywkowe, nr 9–10, 1977.
- [11] STRYSZEWSKI M., *Metoda bilansowania popytu z produkcją w regionach eksploatacji surowców skalnych na przykładzie kruszyw drogowych*, Zeszyty Naukowe AGH, z. 162, Kraków 1993.
- [12] STRYSZEWSKI M., *Metoda prognozy popytu przy założeniu jego ciągłości*, Przegląd Statystyczny zeszyt 1/1999, PAN Komitet Statystyki i Ekonometrii, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1999.
- [13] STRYSZEWSKI M., *Metoda waloryzacji górniczo-ekonomicznej złóż kruszyw naturalnych*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., nr 109, Wrocław 2005.
- [14] STRYSZEWSKI M., *Optymalizacja wielkości kopalń kruszyw drogowych w aspekcie kosztów jednostkowych urabiania i transportu do odbiorców*, Konferencja Eksploatacja skał związanych na kruszywa łamane, stan i perspektywy rozwoju, Złotoryja 1985.
- [15] STRYSZEWSKI M., *Optymalizacja wielkości produkcji regionu surowcowego zależnie od struktury popytu*, Górnictwo Zeszyt 2/1999, Wyd. AGH, Kraków 1999.
- [16] STRYSZEWSKI M., OBRZUT M., *Optymalizacja wielkości produkcji kopalń surowców skalnych*. Górnictwo Odkrywkowe, nr 1/1998, Poltegor-Instytut, Wrocław 1998.
- [17] STRYSZEWSKI M., *Zabezpieczenie zasobów surowców skalnych w odniesieniu do stref popytu*. Krajowa konferencja *Geologiczne aspekty ochrony środowiska*, Instytut Geologii i Surowców Mineralnych AGH, Kraków 21–23.X.1991.
- [18] TREMBECKI A., *Zasady projektowania selektywnej eksploatacji złóż surowców mineralnych*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1966.

## METHODS OF MINING VALORIZATION OF MINERAL DEPOSITS

This article contain description of mining valorization methods of open operated mineral deposits for building industry and highway engineering. The most important factors are taking into consideration i.e. process of minerals operation, quantity of output, open pits localization related to customers as well as environmental conditions and possibilities of mining wastes utilization.