

ANALIZA WYBRANYCH METOD URABIANIA SUROWCÓW BLOCZNYCH

ANALYSIS OF SELECTED EXPLOITATION METHODS OF BLOCK ROCK RAW MATERIALS

Paweł Strzałkowski, Michał Malec – Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska

W artykule dokonano analizy porównawczej sposobów eksploatacji złóż na bloki metodą wiercenia i przecinania. Wybór sposobu i urządzenia do urabiania surowców blocznych zależy od właściwości fizycznych i mechanicznych skał, możliwości technicznych i ekonomicznych wykorzystywanego sprzętu i maszyn oraz geometrii wyrobiska. Wyróżniono 3 sposoby urabiania surowców blocznych metodą przecinania oraz 1 sposób urabiania metodą wiercenia. Dla 7 urządzeń urabiających dokonano porównania ze względu na możliwość wykorzystania w różnych rodzajach kopaliny, zastosowania i parametry pracy oraz warunki pracy. Na podstawie dokonanej analizy można uznać, że najbardziej uniwersalną i najczęściej stosowanym urządzeniem do wszystkich rodzajów skał jest diamentowa piła linowa. Natomiast najmniej korzystnymi parametrami w ocenie autorów wydaje się być palnik termiczny, którego stosowanie powoduje negatywny wpływ na środowisko naturalne i może powodować zmiany w stanie zdrowia pracowników, a także powoduje przestoje w prowadzeniu eksploatacji, które wpływają na poziom wydobywania.

Słowa kluczowe: surowce bloczne, eksploatacja na bloki, surowce skalne zwarte, metody urabiania na bloki

The article presents a comparative analysis of block exploitation methods by drilling and cutting. The choice of the method and device for the exploitation of block rock raw materials depends on the physical and mechanical properties of rock, technical and economic possibilities of the equipment and machines used, and the geometry of the excavation. There are three ways of mining block rock raw materials by cutting method and 1 method of drilling. For 7 mining devices, a comparison was made due to the possibility of using in various types of minerals, use and work parameters as well as working conditions. Based on the analysis, it can be concluded that the most universal and most commonly used device for all types of minerals is the diamond wire saw. However, the least beneficial parameters in the authors' assessment seem to be a thermal burner, the use of which causes a negative impact in the natural environment and can cause changes in the health of employees, as well as downtimes in exploitation that affect the level of exploitation.

Keywords: block rock raw materials, exploitation on blocks, compact rock raw materials, methods of block mining

Wprowadzenie

Ciągły postęp technologiczny oraz ciągły popyt na skalne surowce bloczne powoduje poszukiwanie i wprowadzanie nowych technologii eksploatacji surowców zwięzłych na bloki. Obecnie, opracowanych i stosowanych jest wiele metod prowadzenia eksploatacji złoża blocznego, które zależą od możliwości technicznych i ekonomicznych stosowanego sprzętu w kopalni. Wykorzystywanych jest wiele różnych maszyn i urządzeń, które najczęściej współpracują razem w trakcie eksploatacji danego złoża surowców blocznych. Wybór właściwej metody wpływa na jakość urabianego bloku skalnego, wielkość wydobywania oraz koszt eksploatacji złoża. Wybór sposobu eksploatacji, jako istotny element procesu technologicznego, zależy także od takich czynników jak: rodzaj i skład mineralogiczny skały, struktura, tekstura, parametry fizyko-mechaniczne skał, bloczność, sposób zalegania i kształt złoża, uławiczenie, siatka spękań poziomych i pionowych, warunki środowiskowe oraz zaplecze technologiczne kopalni (Kukiałka, 2015). Dodatkowo należy jeszcze

wymienić parametry techniczne wyrobiska, które warunkuje geometria wyrobiska.

W pracy podjęto próbę wyboru metod eksploatacji surowców blocznych oraz zobrazowania różnic pomiędzy nimi. Przedstawienie różnic pomiędzy metodami urabiania blocznych surowców skalnych pozwoli wskazać metody najbardziej uniwersalne oraz takie, które sprawdzają się w określonych warunkach pracy. W efekcie pozwoli to określić metodę najbardziej efektywną i opłacalną.

Metody eksploatacji surowców blocznych

Pierwotnie, eksploatację blocznych surowców skalnych wykonywano ręcznie, jednak od kiedy wynaleziono pierwsze materiały wybuchowe z powodzeniem zaczęto wprowadzać je do górnictwa. Początkowo, technologia ta była szeroko stosowana do urabiania wszystkich rodzajów skał. Obecnie, pomimo łatwości i wygody zastosowania materiałów wybuchowych coraz częściej się z nich rezygnuje ze względu na stopień wywoły-

Tab. 1. Metody, sposoby i narzędzia stosowane do eksploatacji surowców blocznych (Głapa i Korzeniowski, 2005)
 Tab. 1. Methods, systems and devices used to block exploitation rock raw materials (Głapa and Korzeniowski, 2005)

| Metoda urabiania | Sposób urabiania | Urządzenia, narzędzia | |
|-----------------------------|-------------------------------|--|--|
| rozłupywaniem (łupaniem) | klinowaniem | ręczne - kliny zwykłe i trójdzielne mechaniczne - rozłupiarki (łupiarki bloków) | |
| | rozpierzaniem | urządzenie z elementami elastycznymi wypełnionymi wodą – „sznur wodny” substancje pęczniące | |
| przecinaniem (cięciem) | mechaniczny | wrębiarki tarczowe, kombajny tarczowe wrębiarki z frezem tarczowym wrębiarki z łańcuchem wrębowym wrębiarki z taśmą z segmentami diamentowymi | |
| | | piły linowe z pierścieniami diamentowymi | |
| | | hydrauliczny | urządzenie do cięcia strumieniem wody |
| | | termiczny | palniki termiczne |
| | wierceniem (perforowaniem) | mechaniczny | piła wiertnicza, perforatory (jedno- lub wielowiertakowe) wiertnice (wrębiarki) |
| materiałem wybuchowym | strzelaniem szczelinowym | proch strzelniczy | |
| | w otworach krótkich | proch strzelniczy lont detonacyjny | |
| | | ładunki małośrednicowe wydłużone | |

wanych przez nie szkód w środowisku i złożu (Stryszewski, 2012). Z biegiem lat i rozwojem technologii w górnictwie skalnym zaczęto z powodzeniem wprowadzać nowe zmechanizowane maszyny i urządzenia, które obecnie dominują wśród metod pozyskiwania bloków skalnych. Maszyny i urządzenia charakteryzują się różnymi rozwiązaniami technologicznymi i sposobami urabiania surowców związanych na bloki. W literaturze przedmiotu przedstawiano wiele różnych klasyfikacji metod eksploatacji złóż na bloki (Bęben, 1998, Kukiałka, 1999, Stryszewski 2012). Jedną z najczęściej wymienianych jest klasyfikacja [8] (Głapa i Korzeniowski, 2005), którą przedstawiono w tabeli 1.

Ze względu na różnorodność metod oraz ich popularność stosowania przy urabianiu surowców blocznych, w publikacji ograniczono się tylko do metody przecinaniem i wierceniem. Urabianie metodą przecinania polega na mechanicznym, hydraulicznym lub termicznym wykonaniu cięcia złoża przy pomocy różnych urządzeń lub narzędzi. Cechą charakterystyczną tej metody jest powstawanie dosyć regularnych kształtów urobionego bloku skalnego o różnych wymiarach. Natomiast prowadzenie eksploatacji wierceniem polega na wykorzystaniu mechanicznych pił wiertniczych, perforatorów. Metoda ta wyróżnia się tym, że w złożu powstają otwory o szerokości średnicy piły wiertniczej i najczęściej wykorzystywana jest jako metoda pomocnicza przy innych sposobach urabiania.

Analiza porównawcza wybranych metod eksploatacji surowców blocznych

W literaturze przedmiotu wielokrotnie opisywano technologie i sposoby urabiania złóż blocznych (Bęben, 1998, Kukiałka,

1999, Kukiałka, 2006, Chrzyszczewski, 2011a, Chrzyszczewski, 2011b, Koziół, Ciepłiński, 2011, Koziół, Ciepłiński, 2012, Stryszewski 2012, Kukiałka, 2015), jednakże w niewielu można znaleźć porównanie tych sposobów eksploatacji. Technologia eksploatacji surowców blocznych jest różna, a jej wybór zależy od wielu parametrów geologicznych, górniczych i technicznych. Ze względu na różne rozwiązania technologiczne sposobów urabiania złóż blocznych może wydawać się trudne ich porównanie. Jednakże cechą wspólną stosowania tych sposobów jest prowadzenie działań zmierzających do odspojenia monolitu od calizny i podział na mniejsze bloki.

Jednym z parametrów, określającym zastosowanie wybranej metody eksploatacji złóż na bloki, jest rodzaj urabianej kopaliny. Do wszystkich rodzajów kopaliny wydobywanych na bloki możliwe jest zastosowanie większości omawianych sposobów. Ograniczenie wykorzystania niektórych metod warunkowane jest budową geologiczną złoża lub właściwościami fizycznymi lub mechanicznymi skały. W tabeli 2 przedstawiono wykorzystanie narzędzi i urządzeń urabiania metodą przecinania i wiercenia w zależności od rodzaju kopaliny.

Do najbardziej uniwersalnych urządzeń stosowanych do urabiania złóż na bloki można wymienić wiertnice i perforatory, diamentowe piły linowe, urządzenia do cięcia wysokociśnieniowym strumieniem wody. Ich przewaga dotyczy głównie możliwości zastosowania w skałach „twardych”, takich jak skały magmowe lub metamorficzne. Pomimo że, wymienione skały mogą być również urabiane palnikiem termicznym, to jego zastosowanie ogranicza się tylko do skał zawierających minimum 15-20% krzemionki (Stryszewski, 2012), tak więc nie

Tab. 2. Zastosowanie urządzeń urabiania surowców blocznych w zależności od rodzaju kopaliny (opracowanie własne na podstawie Koziół, Ciepliński, 2011, Stryżewski, 2012, Kukiałka, 2015)
 Tab. 2. The use of mining devices for exploitation block rock raw materials depending on the type of mineral (own work on the based Koziół, Ciepliński, 2011, Stryżewski, 2012, Kukiałka, 2015)

| RODZAJ KOPALINY | METODA | | | | | | |
|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------|------------------|---------------------------------|
| | WIERCENIE | | PRZECINANIE | | | | |
| | Urządzenie | | | | | | |
| | Wiertnice, perforatory | Diamantowe piły linowe | Wrębiarki lanchuchowe | Wrębiarki taśmowe diamentowe | Wrębiarki tarczowe | Palnik termiczny | Wysokociśnieniowy strumień wody |
| granity | + | + | - | - | - | + | + |
| marmury | + | + | + | + | + | - | + |
| wapienie | + | + | + | + | + | - | + |
| trawertyny | + | + | + | + | + | - | + |
| piaskowce | + | + | + | + | + | - | + |
| dolomity | + | + | + | + | + | - | + |
| gnejsy | + | + | - | - | - | + | + |
| bazalty | + | + | - | - | - | - | + |

+ – stosuje się, – – nie stosuje się

Tab. 3. Zastosowanie, parametry i warunki pracy a narzędzia stosowane przy urabianiu surowców blocznych (opracowanie własne na podstawie Bęben, 1998, Bukalski, 2005a, Bukalski, 2005b, Jerzak i inni, 2005, Daniel, 2007, Chrzęszczewski, 2011a, Chrzęszczewski, 2011b, Koziół, Ciepliński, 2012, Stryżewski, 2012, Kukiałka, 2015)

Tab. 3. The use and working parameters, conditions and tools used for exploitation block rock raw materials (own work on the based Bęben, 1998, Bukalski, 2005a, Bukalski, 2005b, Jerzak et al., 2005, Daniel, 2007, Chrzęszczewski, 2011a, Chrzęszczewski, 2011b, Koziół, Ciepliński, 2012, Stryżewski, 2012, Kukiałka, 2015)

| PARAMETRY TECHNICZNE | METODA | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|---------------------------------|
| | WIERCENIE | | PRZECINANIE | | | | |
| | Urządzenie | | | | | | |
| | Wiertnice, perforatory | Diamantowe piły linowe | Wrębiarki lanchuchowe | Wrębiarki taśmowe diamentowe | Wrębiarki tarczowe | Palnik termiczny | Wysokociśnieniowy strumień wody |
| wykonywanie wdzierki | + | + | - | - | - | + | - |
| wykonywanie wcinki/wrębu | + | + | + | + | + | + | + |
| odspojenie bloku | + | + | + | + | + | - | - |
| dzielenia wtórne | + | + | + | + | + | - | + |
| element urabiający | koronka wiertnicza | lina z diamentowymi pierścieniami | zęby łańcucha | taśma z wkładkami diamentowymi | noże tarczy | plomień | strumień wody |
| wielkość urabianych bloków | max dł. żerdzi | no. | do 5m | do 5m | 0,4 φ tarczy | do 8m | do 7m |
| plaszczyny urabiania | poz., pion., skos. | dow. | dow. | poz., pion | poz., pion | pion | poz., pion |
| wydajność [m ² /h] | 1,5-2,5 | 1-24 | 12-14 | 4,6-5,6 | 13-22 (tufy) | 1-2 (granit) | 2-8 |
| wymaga prac pomocniczych | - | - | - | - | - | - | - |

+ – stosuje się, – – nie stosuje się, no. – nieograniczona, poz. – pozioma, pion. – pionowa, skos. – skośna, dow. – dowolna, nd. – nie dotyczy, b.d. – brak danych

można go użyć w przypadku eksploatacji skał węglanowych czy osadowych. Pozostałe sposoby urabiania stosowane są przy eksploatacji skał „miękkich”, które cechują się stosunkowo małą wytrzymałością na ściskanie i łatwiejszą obrabialnością.

Parametry techniczne wyrobiska górniczego ograniczają wykorzystanie niektórych urządzeń do urabiania złóż. Dodatkowo, dochodzą tutaj możliwości techniczne stosowanych narzędzi, które mają ograniczone możliwości urabiania złóż na bloki. Zestawienie wybranych cech dotyczących zastosowania, parametrów i warunków pracy ze względu na stosowane urządzenia przy urabiania kopaliny na bloki przedstawiono w tabeli 3.

Spśród porównywanych sposobów urabiania, podobnie jak w przypadku możliwości zastosowania urządzeń do urabiania różnych kopaliny na bloki, można wyróżnić maszyny najbardziej kompleksowe, mające najwięcej zastosowań. Należą do nich: wiertarki, perforatory i diamentowe piły linowe. Jednakże zastosowanie diamentowej piły linowej nie byłoby możliwe bez wcześniejszego zastosowania perforatorów, przy pomocy których wykonuje się otwory, jednocześnie wyznaczając krawędzie urabianego bloku. W przypadku diamentowych pił linowych i wrębiarek łańcuchowych cięcie można wykonywać w dowolnej płaszczyźnie. Jednak w przypadku, gdy w złożu mamy tylko jedną płaszczyznę odsłoniętą zastosować

Tab. 4. Warunki pracy a narzędzia stosowane przy urabianiu surowców blocznych (opracowanie własne na podstawie Bęben, 1998, Bukalski, 2005a, Bukalski, 2005b, Jerzak i inni, 2005, Daniel, 2007, Chrzęszczewski, 2011a, Chrzęszczewski, 2011b, Kozioł, Ciepłiński, 2012, Stryszewski, 2012, Kuciałka, 2015)
Tab. 4. The working conditions and tools used for exploitation block rock raw materials (own work on the based Bęben, 1998, Bukalski, 2005a, Bukalski, 2005b, Jerzak et al., 2005, Daniel, 2007, Chrzęszczewski, 2011a, Chrzęszczewski, 2011b, Kozioł, Ciepłiński, 2012, Stryszewski, 2012, Kuciałka, 2015)

| WARUNKI PRACY | WIERCENIE | | | PRZECINANIE | | | |
|--|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------|------------------|---------------------------------|
| | Wiertnice, perforatory | Diamentowe piły linowe | Wrębiarki łańcuchowe | Urządzenie | | | |
| | | | | Wrębiarki taśmowe diamentowe | Wrębiarki tarczowe | Palnik termiczny | Wysokociśnieniowy strumień wody |
| urządzenie mechaniczne | + | + | + | + | + | + | + |
| wymaga stałej obsługi operatora | + | + | + | + | + | + | + |
| wymaga przeszkolonej obsługi | + | + | + | + | + | + | + |
| wymaga nakładu sił ludzkich | - | - | - | - | - | + | - |
| mechanizm jazdy | + | + | + | + | + | - | + |
| zapylenie otoczenia | + | - | - | - | - | + | - |
| wymaga chłodzenia | + | + | + | + | + | - | - |
| generuje duży hałas | + | - | - | - | - | + | - |
| możliwość równoległego prowadzenia innych prac | + | + | + | + | + | - | + |
| negatywne oddziaływanie na środowisko | - | - | - | - | - | + | - |
| przemieszczanie za pomocą ciężkiego sprzętu | - | + | + | + | + | - | + |
| wykorzystuje naturalną podzielność skał | - | - | - | - | - | - | - |

+ – spełnia parametr, - - nie spełnia parametru

i wykonać wdzierkę można tylko za pomocą diamentowych pił linowych, palnika termicznego oraz wiertnic, perforatorów. Wielkość urabianych bloków skalnych uzależniona jest od możliwości technicznych stosowanego narzędzia oraz stosowanego elementu urabiającego. Najlepszymi możliwościami urabiania cechuje się diamentowa piła linowa, która teoretycznie ograniczona jest tylko długością stosowanej liny z diamentowymi pierścieniami oraz długością otworów wykonanych przez piły wiertnicze. Pod względem wydajności trudno jest porównać ze sobą wszystkie technologie oraz określić najbardziej efektywną, ponieważ urządzenia pracują w różnych warunkach złożowych. Ta wydajność zależy od wielu parametrów, między innymi rodzaju urabianej kopaliny. Jednakże na podstawie zebranych danych można stwierdzić, że najlepszą wydajnością cechuje się diamentowa piła linowa, wrębiarka łańcuchowa oraz wrębiarka tarczowa.

Warunki pracy są jednymi z najistotniejszych parametrów przy wyborze metody i sposobu urabiania surowców blocznych. Postęp technologiczny pozwala na ograniczenie ciężkiej pracy skalników oraz ochronę środowiska naturalnego. Przy wyborze metody eksploatacji, oprócz możliwości zastosowania w zależności od parametrów technicznych wyrobiska oraz możliwości technicznych urządzenia, istotną jest możliwość równoległego prowadzenia innych prac, która w rezultacie przekłada się na eliminację przestoju w eksploatacji i wzrost wydobywania. Porównanie wybranych metod i urządzeń ze względu na warunki pracy zestawiono w tabeli 4.

Porównywane technologie urabiania surowców blocznych to urządzenia mechaniczne pracujące bez wykorzystywania nakładu sił ludzkich, które są jedynie konieczne w przypadku stosowania palnika termicznego. Jednak pomimo mechanizacji tych urządzeń, nadal muszą one pracować pod stałą obsługą operatora. Z mechanizacją urządzeń wiąże się również stosowanie mechanizmu jazdy, który posiadają: wiertnice, perforatory, diamentowe piły linowe, wrębiarki łańcuchowe, wrębiarki taśmowe diamentowe, wrębiarki tarczowe oraz urządzenia tnące pod wysokociśnieniowym strumieniem wody. Poza wiertnicami, które często posiadają podwozia kołowe, pozostałe maszyny najczęściej poruszają się na podwoziach szynowych, przez co muszą być one przemieszczane w kolejne miejsca za pomocą ciężkiego sprzętu. Cechą charakterystyczną omawianych metod jest to, że nie muszą wykorzystywać naturalnej podzielności skał. Podczas eksploatacji urządzeniami mechanicznymi często dochodzi do przegrzewania narzędzi urabiających, więc aby tego uniknąć należy stosować chłodziwo, które dodatkowo odprowadza urobione cząstki skalne. Konieczność jego stosowania

zachodzi w przypadku perforatorów, diamentowych pił linowych oraz wrębiarek. Technologia, która generuje bardzo duży hałas są palniki termiczne. Jest to ich największa wada, przez co w rezultacie uniemożliwia to prowadzenia równoległe innych prac w kopalni oraz wpływa negatywnie na środowisko naturalne. Dodatkowo, negatywny wpływ na środowisko naturalne oraz zdrowie pracowników mają, oprócz palników termicznych, perforatory, które powodują zapylenie w bezpośrednim kontakcie z urządzeniem urabiającym.

Podsumowanie

Rozwój gospodarczy i technologii powoduje ciągłe poszukiwanie nowych metod prowadzenia eksploatacji złóż surowców blocznych lub usprawnianie obecnie stosowanych. Obecnie w przemyśle wydobywczym stosuje się różnego rodzaju technologie prowadzenia eksploatacji.

Do najbardziej uniwersalnych i najczęściej stosowanych metod do wszystkich rodzajów skał, należy zaliczyć diamentowe piły linowe. Technologia ta jest szeroko rozpowszechniona zarówno w Polsce jak i na świecie, ze względu na efektywność zastosowania przy stosunkowo najniższych kosztach eksploatacyjnych w porównaniu z innymi sposobami. Pozostałe metody mają swoje szczególne warunki efektywnego zastosowania. W złożach piaskowców oraz skał węglanowych bardzo często wykorzystywane są wrębiarki łańcuchowe, taśmowe diamentowe oraz tarczowe. W podobnych warunkach dobrze sprawdza się również wysokociśnieniowa struga wody, jednak po serii testów wciąż nie udało się szeroko rozpowszechnić tej metody i nieprzerwanie prowadzone są próby jej udoskonalenia. W złożach skał magmowych jeszcze do niedawna często można było spotkać się z zastosowaniem palnika termicznego, jednak obecnie na świecie już praktycznie całkowicie technologia ta została zastąpiona przez diamentowe piły linowe. W polskiej praktyce górniczej nadal można się z nią spotkać, lecz coraz bardziej restrykcyjne przepisy związane z ochroną środowiska warunkują zamianę tej technologii. Do kompleksowych metod, nie wymagających prowadzenia prac pomocniczych można zaliczyć np. urabianie wrębiarkami. Jednak w kopalniach najczęściej łączy się różne technologie wydobywania. Przykładem jest zastosowanie technologii urabiania piłą wiertniczą, która ma na celu wykonanie otworów w linii cięcia diamentową piłą linową w kolejnym etapie.

Literatura

- [1] Bęben A. *Maszyny i urządzenia do wybranych technologii urabiania surowców skalnych*. Wydawnictwo „Śląsk” sp. z o.o., Katowice, 1998, 341s, ISBN: 83-7164-126-5
- [2] Bukalski A. *Lina diamentowa w wydobywaniu i obróbce kamienia naturalnego. cz.1*. Nowy Kamieniarz, 2005a, 13 (02/2005): 84-88. ISSN: 1899-3419
- [3] Bukalski A. *Lina diamentowa w wydobywaniu i obróbce kamienia. Część 2. Cięcie liną diamentową w kamieniołomie*. Nowy Kamieniarz, 2005b, 14 (03/2005): 82-86. ISSN: 1899-3419
- [4] Chrzęszczewski W. *Odspajając czy wycinać? Część I*. Nowy Kamieniarz, 2011a, 56 (6/2011): 74-76. ISSN: 1899-3419
- [5] Chrzęszczewski W. *Odspajając czy wycinać? Część II*. Nowy Kamieniarz, 2011b, 57 (7/2011): 114-120. ISSN: 1899-3419

- [6] Daniel P. *Cięcie granitu wodą*. Nowy Kamieniarz, 2007, 27 (4/2007): 106-108. ISSN: 1899-3419
- [7] Jerzak S., Nędza Z., Solima T. *Palnik termiczny czy piła linowa diamentowa w procesie urabiania w kopalniach surowców skalnych?* Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Konferencje 2005, 41 (109): 105-114. ISSN: 0324-9670
- [8] Glapa W., Korzeniowski J. *Mały leksykon Górnictwa Odkrywkowego*, Wydawnictwa i Szkolenia Górnictwa Burnat & Korzeniowski, Wrocław, 2005, 139s. ISBN: 83-919393-2-6
- [9] Kukiałka S. *Czynniki wpływające na efektywność stosowania narzędzi diamentowych do obróbki kamienia*. Górnictwo Odkrywkowe, 1999, 2-3 (41): 26-36. ISSN: 0043-2075
- [10] Kukiałka S. *Wybrane zagadnienia z urabiania na bloki foremne i obróbki kamienia*. Górnictwo Odkrywkowe, 2006, 3-4 (48): 126-131. ISSN: 0043-2075
- [11] Kukiałka S. *Urabianie skał zwięzłych na bloki foremne*. Świat Kamienia, 2015, 1 (92)
- [12] Kozioł W., Ciepłiński A. *Rozwój innowacyjnych technologii wydobywania i obróbki skał blocznych w Polsce i za granicą*. Górnictwo Odkrywkowe, 2011, 6 (52): 121-128. ISSN: 0043-2075
- [13] Kozioł W., Ciepłiński A. *Kamień bloczny – aktualne tendencje w zastosowaniu, wydobywaniu i obróbce, cz. 1*. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 2012, 3:76-79. ISSN: 1734-6681
- [14] Stryzewski M. *Innowacyjne technologie wydobywania i obróbki skał blocznych*. Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „ART-TEKST”, Kraków, 2012, 193 s., ISBN: 978-83-7783-044-4

