

Kamień bloczny – aktualne tendencje w zastosowaniu, wydobyciu i obróbce, cz. 1

■ **prof. dr hab. inż. Wiesław Kozioł, mgr inż. Andrzej Ciepliński**, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Światowy przemysł kamienia blocznego, chociaż nie zalicza się do dominującej branży górnictwa światowego, wykazuje jednak stałą tendencję wzrostową. W ciągu ponad 30 lat produkcja skał blocznych notuje średnio siedmioprocentową dynamikę wzrostu, a roczne obroty przekraczają 60 mld USD. W Polsce w 2010 r. łączne obroty kamieniami budowlanymi i drogowymi osiągnęły poziom ok. 0,6 mld zł.



Ryc. 1. Kopalnia granitu Marikana Rustenburg, Republika Południowej Afryki [14]



Ryc. 2. Kopalnia granitu Springbok, Republika Południowej Afryki [14]

W tej części artykułu scharakteryzowano światowy przemysł kamieni blocznych, wskazano najważniejszych producentów oraz przedstawiono technologie stosowane do wydobycia tych surowców. Druga część artykułu, która ukaże się w kolejnym numerze „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego”, będzie poświęcona wydobyciu i obróbce skał blocznych w Polsce oraz tendencjom rozwoju tej gałęzi przemysłu w naszym kraju.

1. Produkcja i zastosowanie skał i wyrobów blocznych

Kamień i kamienne wyroby bloczne należą do niewielu materiałów budowlanych, których zastosowanie w budownictwie sięga dziesiątków wieków wstecz. Ze względu na trwałość i odporność na działanie czynników klimatycznych i zachowanym dzięki temu zabytkom oraz budowiom kamiennym, stanowią one ważne materialne źródło wiedzy o kulturach starożytnych. Po okresie mniejszego zainteresowania daje się zauważyć renesans zastosowań kamieni blocznych we współczesnym, nowoczesnym budownictwie.

W górnictwie światowym wydobycie i obróbka skał blocznych wykazuje stałą tendencję wzrostową i od 1980 r. notuje średnio siedmioprocentowe tempo wzrostu, a roczne obroty przekraczają 60 mld USD [1]. Pomimo tego wzrostu

wydobycie kamieni blocznych stanowi tylko ok. 0,5% światowego wydobycia surowców skalnych. W okresie 1926–1986 światowa produkcja i zużycie kamieni blocznych charakteryzowały się dynamiką rozwoju na poziomie 4–5% rocznie. Po 1986 r. przyrost ten uległ zwiększeniu do ok. 7,5% rocznie (ryc. 1) [1]. Wzrost ten związany był ze zwiększeniem zastosowań elementów kamiennych dla nowych oraz rewaloryzowanych inwestycji budowlanych, infrastrukturalnych i innych, a także z ponownym odkryciem walorów dekoracyjnych kamienia.

Obecnie światowa produkcja kamieni blocznych wynosi ponad 110 mln t/r. Zaznacza się wyraźna dominacja producentów azjatyckich i europejskich. W ostatnich latach Europa, w której dotychczas skoncentrowane było wydobycie, straciła pozycję lidera na rzecz Azji. Wielkość produkcji kamieni budowlanych na kontynencie azjatyckim jest ponad dwukrotnie większa niż w Europie i wynosi ok. 63 mln t, co stanowi 56% produkcji światowej. Tylko trzy azjatyckie kraje: Chiny (produkcja – 23 mln t/r.), Indie (12 mln t/r.) i Iran (11 mln t/r.), mają 41-procentowy udział w światowej produkcji kamieni budowlanych. Polska z produkcją 1,2 mln t rocznie zajmuje piąte miejsce w Europie, gdzie tradycyjnie największymi producentami są Włochy (9,1 mln t/r.), Hiszpania

(7,2 mln t /r.), Portugalia (3,1 mln t /r.) i Grecja (1,5 mln t /r.).

Taka koncentracja produkcji ma uzasadnienie historyczne i występuje w krajach o największym zużyciu kamieni blocznych, które mają wieloletnią tradycję w stosowaniu tego materiału w celach konstrukcyjnych i dekoracyjnych, szczególnie w krajach śródziemnomorskich i na zachodzie Europy, w Ameryce Północnej i bogatych krajach Bliskiego Wschodu, a ostatnio również w Chinach.

Średnie zużycie kamieni blocznych w świecie wynosi ponad 15 kg/mieszkańca, natomiast w krajach UE przekracza 57 kg/mieszkańca. Spośród krajów Unii największe zużycie notuje się we Włoszech (180 kg/mieszkańca), Hiszpanii (83 kg/mieszkańca), Irlandii (73 kg/mieszkańca), Niemczech (67 kg/mieszkańca), Belgii (62 kg/mieszkańca). W Polsce zużycie wynosi ok. 40 kg/mieszkańca.

Największy udział w wydobyciu kamieni blocznych na świecie mają złoża granitów, marmurów, wapieni i piaskowców. Występują one w wielu miejscach na świecie. W Europie najbardziej znane są marmury z Włoch, Grecji i Hiszpanii, granity ze Skandynawii, Ukrainy, Polski i Czech. Ogromne zasoby granitów i marmurów występują w krajach azjatyckich, szczególnie w Chinach i Indiach, bogate złoża występują również w Tajlandii, Turcji, Iranie i Korei Płd. Pozostałe kontynenty nie mają już tak rozwiniętej bazy zasobowej, choć znaczącymi zasobami dysponują Brazylia, Republika Południowej Afryki, Stany Zjednoczone, Meksyk, Egipt i Pakistan (ryc. 1, 2).

Obecnie skały wapienne (marmury, wapień, trawertyny itp.) stanowią ok. 57–58% światowej produkcji, granity i piaskowce – ok. 37–38% (w grupie tej granity zajmują pozycję dominującą – ok. 95%), a skały metamorficzne ok. 5% (ryc. 3).

Główną cechą obserwowanego w branży wzrostu jest zwiększenie udziału granitów w stosunku do mar-

murów i skał metamorficznych. Udział ten zwiększył się z nieco poniżej 10% w 1926 r. do ok. 40% w 2004 r., a w 2007 r. wynosił ok. 38%.

Światowa produkcja obrobionych elementów kamiennych jest o ponad 40% niższa od produkcji bloków surowych, co wynika ze strat na etapie przecierania bloków i innych operacji przerobczych i obróbczych. Wielkość tej produkcji szacuje się obecnie na ok. 70 mln t/r.

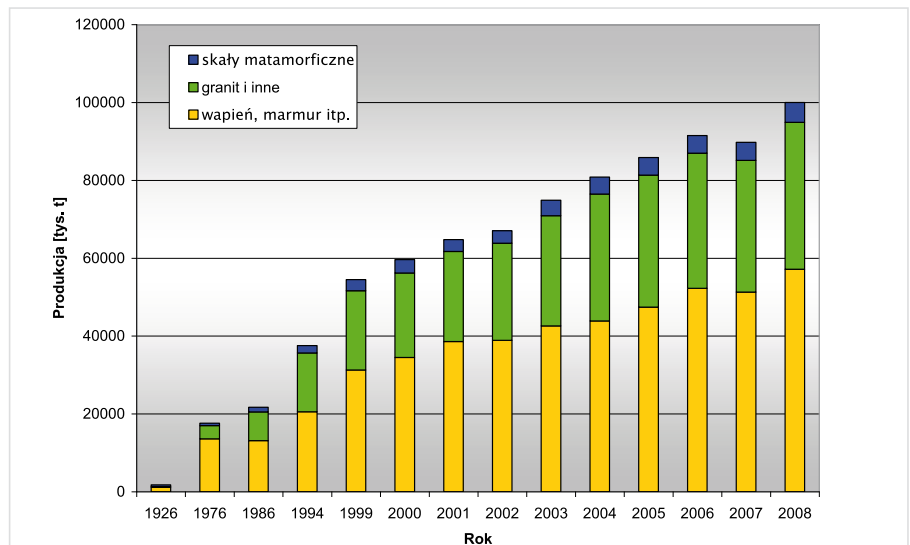
Łączna wielkość obrotów surowymi i wstępnie obrobionymi blokami kamiennymi jest szacowana na ok. 40–50 mln t/r., przy czym elementy granitowe i pokrewne stanowią ok. 70%, podczas gdy bloki marmurowe i pokrewne ok. 30%. Zadeklarowany międzynarodowy eksport materiałów kamiennych, surowych i przetworzonych, liczonych jako surowce (wliczając marmury i granity z całego świata) zmniejszył się z 48,6 mln t w 2007 r. do 43,1 mln t w 2009 r., wykazując spadek o 11,3% w stosunku do 2007 r. [12].

Chiny są obecnie największym eksporterem bloków granitowych, wielkość tego eksportu wynosi 16–18 mln t/r. Drugim co do wielkości eksportu krajem są Indie (5–6 mln t/r.), a w dalszej kolejności Brazylia (2–3 mln t/r.) i Włochy (ok. 2 mln t/r.). Obroty kamieniami drogowymi, np. kostką, są najczęściej ograniczone do wymiany między krajami sąsiednimi.

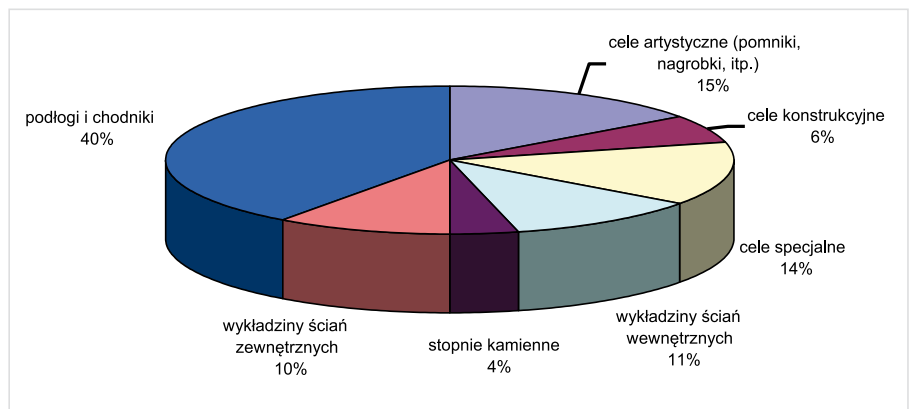
Światowe obroty obrobionymi elementami kamiennymi sięgają 30 mln t/r., przy czym ok. 30% przypada na elementy z marmurów i skał pokrewnych, a pozostałe 70% na elementy granitowe, piaskowcowe i inne. I w tej dziedzinie Chiny zdecydowanie przodują, eksportując roczne 18–19 mln t i zdecydowanie wyprzedzając Włochy (3–4 mln t), Turcję (ok. 3 mln t), Indie (ok. 2 mln t), Brazylię (1–2 mln t) oraz Hiszpanię (0,9–1,5 mln t).

W skali świata ok. 40% kamieni budowlanych użytkowanych jest do produkcji płyt podłogowych, 21% do płyt okładzinowych (w tym 10% do płyt zewnętrznych), 4% do elementów schodowych, 15% do elementów nagrobkowych, 21% do innych celów (ryc. 4).

W wielkościach bezwzględnych najwyższe zużycie – szacunkowo ok. 10 mln t/r. – notowane jest w Chinach, gdzie znaczące zapotrzebowanie na wyroby kamienne generowane jest licznymi inwestycjami budowlanymi (powstaje wiele budynków biurowych, centrów handlowych i wystawowych, hoteli itp.). Kolejnymi dużymi konsumentami, na



Ryc. 3. Światowa produkcja kamieni blocznych w latach 1926 – 2008 [7]



Ryc. 4. Główne zastosowania kamieni blocznych

poziomie ok. 5–7 mln t/r. wyrobów kamiennych, są Stany Zjednoczone oraz Włochy. W pierwszym z wymienionych krajów sektor budowlany został mocno dotknięty przez kryzys gospodarczy, co wywarło negatywny wpływ na wielkość konsumpcji kamieni blocznych. Zużycie powyżej 2 mln/r. notowano w Niemczech, Hiszpanii i Turcji, 1–2 mln t/r. w Brazylii, Grecji, Francji, Japonii, Polsce, Portugalii, Tajwanie i Korei Płd., a 0,5–1,0 mln t/r. w Arabii Saudyjskiej, Belgii i Szwajcarii (ryc. 5, 6).

Wobec rosnących kosztów pracy w ostatnich dwóch dekadach obserwuje się dynamiczny rozwój technologii wydobycia bloków i obróbki elementów kamiennych. W tym czasie w krajach Europy Zachodniej, Chinach, Turcji, Portugalii, Hiszpanii i Indiach podjęto liczne prace w zakresie poszukiwania złóż blocznych, mechanicznego wycinania i przecinania bloków kamiennych, oceny jakości i urabialności złóż kamieni blocznych, szacowania zasobów, geomechaniki w górnictwie kamieni blocznych, ochrony środowiska i rekultywacji.

2. Technologia wydobycia i obróbki skał blocznych

Na wybór sposobu urabiania i wydobycia skał blocznych wpływ ma wiele czynników, do których zalicza się [8]: rodzaj skały, jej struktura, tekstura, skład mineralogiczny, właściwości fizyczne i mechaniczne itp.; warunki złożowe: bloczność, sposób zalegania i kształt złoża, uławicenie, siatka spękań poziomych i pionowych; warunki środowiskowe (ochrona środowiska itp.); dotychczasowa tradycja oraz poziom i kultura techniczna.

Duża liczba odmian kamienia, zmienność budowy geologicznej złóż i cech kamienia wymaga zastosowania różnego rodzaju i typów urządzeń pod względem sposobu i parametrów pracy. Zestawienie ważniejszych stosowanych maszyn i urządzeń do urabiania złóż kamienia na bloki foremne z podziałem na trzy grupy skał: granit i inne skały magmowe, marmury wraz ze skałami węglanowymi, piaskowce, przedstawiono w tabeli 1.

W grupie skał magmowych głębokich najczęściej stosowaną technologią

jest urabianie metodą strzelniczą przy użyciu materiału wybuchowego w trzech odmianach: naboju wydłużonych, prochu czarnego i lontu detonacyjnego. Uzupełnienie stanowi odspajanie przy użyciu diamentowych pił linowych oraz rozłupiarek hydraulicznych. Natomiast coraz rzadziej stosowane są palniki termiczne ze względu na uciążliwość dla środowiska naturalnego. Uznanie zdobywa natomiast urabianie z odprężaniem.

Przy urabianiu na bloki skał magmowych głębinowych istnieje zasada odspajania dużych monolitów (niekiedy od 100 do 4000 m³), a następnie dzielenie ich na bloki o wymiarach

handlowych. Zasada ta wynika z występowania wewnątrz masywów złóż skał magmowych pozostałości naprężeń z okresu stygnięcia lawy i tworzenia się masywu skalnego. Po odspojeniu od calizny następuje ich zanik, a to przyczynia się do łatwiejszego urabiania bloków o żądanych wymiarach.

Proces urabiania bloków granitowych na ogół składa się z czterech podstawowych operacji:

1. Przygotowanie monolitu w złożu do odspojenia (wykonanie dodatkowych powierzchni obnażonych – wrębów za pomocą wrębiarek, pił diamentowych linowych, palników termicznych itp.).

2. Odspojenie monolitu od calizny najczęściej za pomocą techniki strzelniczej.

3. Dzielenie monolitu na bloki handlowe o standardowych wymiarach (10–12 m³) – otwory wierci się za pomocą perforatorów lub wiertarek ręcznych, następnie urabia się MW z odpalaniem lontem detonacyjnym.

4. Załadunek bloków na środki transportu, transport i składowanie bloków.

W procesie urabiania skał węglanowych można wyróżnić trzy rodzaje najczęściej stosowanych urządzeń, tj. piły linowe, wrębiarki łańcuchowe, rozłupiarki hydrauliczne.

Typowa technologia urabiania składa się z pięciu podstawowych operacji (przykład dla rozłupiarki hydraulicznej Darda): a) przygotowanie powierzchni ławy wraz z pełnym odsłonięciem siatki spękań, b) wykonywanie otworów dla rozłupiarki, c) rozłupywanie bloku, d) klasyfikacja i paserowanie bloków, e) transport bloków na składowisko.

W grupie skał osadowych, w tym głównie piaskowców, stosowane są rozłupiarki hydrauliczne, perforatory, diamentowe piły linowe oraz powolnie wprowadzane do praktyki przemysłowej urabianie za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody.

W technologii obróbki kamienia obserwuje się uruchamianie zakładów wydobycia bloków surowych i ich przerobu w zakładach obróbczych na płyty surowe, płyty polerowane oraz płyty wzmocnione za pomocą naklejania na jednej stronie siatki z tworzywa sztucznego. Wyroby te przeznaczone są dla odbiorców krajowych i na eksport.

Do technologii obróbki kamienia wprowadzane są traki wahadłowe szerokie o możliwym zestawie pił w liczbie 120, 150, a nawet 160 sztuk i postępie przecierania dochodzącym do 4,5 cm/h.

Drugim zjawiskiem jest rozwój w budowie traków linowych, diamentowych i z dużym powodzeniem ich stosowanie do wszystkich rodzajów kamienia. Ostatnie konstrukcje pracują zestawem 50 linek uzbrojonych w segmenty diamentowe. Obserwuje się dalszy rozwój konstrukcji CNC oraz szlifierko-polerek przelotowych.

PRACĘ WYKONANO W RAMACH REALIZACJI PROJEKTU STRATEGIE I SCENARIUSZE TECHNOLOGICZNE ZAGOSPODAROWANIA I WYKORZYSTANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH. ZADANIE 4. INNOWACYJNE TECHNOLOGIE WYDOBYCIA I PRZERÓBKI SUROWCÓW SKALNYCH DLA GŁÓWNYCH GRUP SUROWCOWYCH.

Tab. 1. Wykaz urządzeń stosowanych do urabiania złóż na bloki foremne

Typ urządzenia	Rodzaj skały		
	Granity, skały magmowe głębinowe	Marmury, skały węglanowe	Piaskowce
Kliny – do klinowania ręcznego	+	+	+
Materiał pęczniący		+	+
Rozłupiarki hydrauliczne	+	+	+
Minirozłupiarki hydrauliczne	+	+	+
Perforatory hydrauliczne	+	+	+
Wrębiarki łańcuchowe		+	
Wrębiarki taśmowe diamentowe		+	
Piły linowe diamentowe	+	+	+
Palnik termiczny	+		
Wysokociśnieniowa struga wody	+	+	+
Tarcza zębata		+	
Urządzenia pomocnicze			
Młoty hydrauliczne	+	+	+
Poduszki hydrauliczne	+	+	+
Poduszki pneumatyczne	+	+	+
Siłowniki hydrauliczne	+	+	+
Załadunek i transport pionowy i poziomy			
Ładowarki	+	+	+
Koparki	+	+	+
Nośniki bloków skalnych	+	+	+
Samochody technologiczne	+	+	+
Dźwignice linowo-torowe	+	+	+
Dźwig stacjonarny DERRICK	+	+	+
Dźwig samojezdny	+	+	+
Dźwignica bramowa	+	+	+
Dźwignica mostowa	+	+	+



Ryc. 5. Kopalnia Borów



Ryc. 6. Kopalnia Barcz

Literatura

- [1] Ashmole I., Motloun M.: *Dimension Stone: the Latest Trends in Exploration and Production Technology*. Proceedings of the International Conference on Surface Mining 2008, The Southern African Institute Of Mining And Metallurgy, Johannesburg, August 5–8, 2008. Johannesburg 2008.
- [2] Bromowicz J., Figarska-Warchoł B.: *Kamienie dekoracyjne i architektoniczne czynnych złóż Polski południowo-wschodniej*. „Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej” 2011, nr 132.
- [3] *Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata 2009*. Red. T. Smakowski, R. Ney, K. Galos. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków 2011.
- [4] Guzik K.: *Dolny Śląsk obszarem strategicznym dla krajowego rynku kamieni budowlanych i drogowych*. X Konferencja *Kruszywa Mineralne. Surowce – Rynek – Technologie – Jakość*, Szklarska Poręba, 14–16 kwietnia 2010. „Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej” 2011, nr 130.
- [5] Kozioł W., Uberman R.: *Polski kamień – dziś i jutro*. „Kopaliny” 2002, nr 4.
- [6] Kozioł W., Czaja P.: *Górnictwo skalne w Polsce – stan obecny, perspektywy i uwarunkowania rozwoju*. Kraków 2010. Materiały kongresowe Polskiego Kongresu Górniczego 2010 – IX Krajowego Zjazdu Górnictwa Odkrywkowego.
- [7] Maślaniec J., Kozioł W.: *Kamień w budownictwie, zarys rozwoju i aktualny stan kamieniarstwa w Polsce*. „Górnictwo Odkrywkowe” 1999, nr 2–3.
- [8] *Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych. Zadanie 4. Innowacyjne technologie wydobycia i przeróbki surowców skalnych dla głównych grup surowcowych. Etap 4.3. Technologiczne układy wydobycia i przeróbki surowców skalnych na bloki i elementy foremne. Część 4.3.7. Modelowe układy wydobycia i obróbki skał blocznych za granicą. Część 4.3.5. Technologiczne układy wydobycia i obróbki na bloki i elementy foremne skał osadowych i metamorficznych. Część 4.3.1. Inwentaryzacja kopalń surowców skalnych produkujących bloki w Polsce (z wyjątkiem Dolnego Śląska)*. Projekt zrealizowany na AGH. Kraków 2010/2011.
- [9] Sitarz S.: *Górnictwo skalne i kamieniarstwo na Dolnym Śląsku*. Kraków 2010. Materiały kongresowe Polskiego Kongresu Górniczego 2010 – IX Krajowego Zjazdu Górnictwa Odkrywkowego.
- [10] Sitarz S.: *Kamieniarstwo*. Kraków 2010. Materiały kongresowe Polskiego Kongresu Górniczego 2010 – IX Krajowego Zjazdu Górnictwa Odkrywkowego.
- [11] Smakowski T.: *Is the Recession in the Stone Market Over?*. „Świat Kamienia” 2011, nr 5.
- [12] Sowa M.: *Spadek w międzynarodowym handlu marmurem i granitem*. „Świat Kamienia” 2010, nr 4.
- [13] <http://kamienie-budowlane.pgi.gov.pl/index.php?show=10> (PGI Seifert K., Biel A.: *Wybrane złoża kamieni blocznych i ozdobnych Dolnego Śląska – prezentacja*).
- [14] *Nero Impala Brochure*. Finstone, Marlin, Darking 2008.

R E K L A M A



ZAKŁAD INŻYNIERYJNY
GEOREM
Sp. z o.o.
www.georem.pl

SPECJALIZUJEMY SIĘ W WYKONAWSTWIE ROBÓT Z ZAKRESU:

- oceny geotechnicznej stanu podłoża budowlanego
- wzmocnienia podłoża gruntowego za pomocą kolumn „jet grouting”
- stabilizacji skarp i osuwisk metodami iniekcyjnymi
- palowania i mikropalowania fundamentów budowli
- kotew i gwoździ gruntowych

POSIADAMY SPECJALISTYCZNY SPRZĘT INKLINOMETRYCZNY DO MONITORINGU GEOTECHNICZNEGO OSUWISK I STATECZNOŚCI SKARP.



41-100 Sosnowiec, ul. Mikołajczyka 59a • tel./fax 32 266 20 26-27 • e-mail: georem@georem.pl