



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



PROJEKT

**STRATEGIE I SCENARIUSZE TECHNOLOGICZNE ZAGOSPODAROWANIA
I WYKORZYSTANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH**

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE WYDOBYCIA I OBRÓBKI SKAŁ BLOCZNYCH



Kraków 2012

Projekt współfinansowany ze środków
Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013

Innowacyjne technologie wydobycia i obróbki skał blocznych

Redaktor naukowy monografii
dr hab. inż. Marek Stryszewski

Kraków 2012

Monografię wykonano w ramach projektu:

„Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania
i wykorzystania złóż surowców skalnych”

*Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka oraz w ramach zadań:
4.3.1, 4.3.3, 4.3.5, 4.3.7, 4.3.9 i 4.5.6*

Recenzenci:

Prof. dr hab. inż. Jerzy Bednarczyk

Poltegor-Instytut. Instytut Górnictwa Odkrywkowego we Wrocławiu

Dr hab. inż. Zdzisław Galaś

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Autorzy rozdziałów monografii:

dr hab. inż. Jan Bromowicz

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

mgr inż. Rafał Chulist

Sandvik Mining and Construction Sp. z o.o. w Tychach

dr inż. Beata Figarska-Warchoń

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

dr inż. Wiesław Frankiewicz

Politechnika Wroclawska

mgr inż. Dorota Łochańska

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

dr hab. inż. Marek Stryszewski

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

dr inż. Andrzej Witt

Poltegor-Instytut. Instytut Górnictwa Odkrywkowego we Wrocławiu

Na okładce fragment wyrobiska w złożu Grabina Śląska.

Zdjęcie wykorzystano za zgodą firmy Grabinex sp. z o.o. w Strzegomiu.

Zdjęcie wykonał Marek Stryszewski.

Redaktor wydawnictwa:

dr inż. Mariusz Sierpień

Opracowanie techniczne i skład:

ART-TEKST

ISBN 978-83-7783-044-4



**Agencja
Wydawniczo-Poligraficzna**

“ART-TEKST”

dr inż. Mariusz Sierpień

“ART-TEKST”

31-866 Kraków Osiedle Akademickie 1/7 tel.: 012 358 84 48 tel. kom.: 0501 534 061 e-mail: art-tekst@ceti.pl

Spis treści

Streszczenie	7
Summary	9
1. Wstęp	11
2. Skaly blocznych złóż na świecie i w krajach Unii Europejskiej	15
<i>J. Bromowicz, B. Figarska-Warchol</i>	
3. Złoza bloczne w Polsce	23
3.1. Złoza bloczne na Dolnym Śląsku	23
<i>A. Witt</i>	
3.1.1. Charakterystyka bazy zasobowej	24
3.1.1.1. Granity i sjenity	24
3.1.1.2. Piaskowce dolnośląskie	26
3.1.1.3. Marmury	28
3.1.1.4. Gabra	29
3.1.1.5. Serpentynty	29
3.1.2. Charakterystyka złóż	29
3.1.2.1. Granity	29
3.1.2.2. Sjenity	38
3.1.2.3. Piaskowce	38
3.1.2.4. Marmury	41
3.1.2.5. Gabra	42
3.1.2.6. Serpentynty	42
3.1.3. Parametry techniczne blocznych surowców skalnych Dolnego Śląska	42

3.2. Złoże bloczne w Polsce południowo-wschodniej	46
<i>J. Bromowicz, B. Figarska-Warchol</i>	
3.2.1. Złoże blocznych skał węglanowych w Górach Świętokrzyskich	47
3.2.2. Złoże blocznych skał węglanowych Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej	50
3.2.3. Złoże blocznych skał węglanowych Roztocza	54
3.2.4. Złoże blocznych piaskowców w Górach Świętokrzyskich	54
3.2.5. Złoże blocznych piaskowców w Karpatach	57
4. Technologie wydobycia skał blocznych	59
<i>R. Chulist, M. Stryszewski</i>	
4.1. Technologia z użyciem MW	60
4.1.1. Metoda fińska	60
4.1.2. Metoda klasyczna	65
4.1.3. Obalanie monolitów za pomocą MW	68
4.2. Mechaniczna technologia wydobycia na bloki	71
4.2.1. Cięcie za pomocą diamentowej piły linowej	71
4.2.1.1. Rodzaj diamentu	72
4.2.1.2. Granulacja diamentu	73
4.2.1.3. Koncentracja diamentu	73
4.2.1.4. Rodzaj spoiwa w segmencie diamentowym	73
4.2.1.5. Prędkość liny	74
4.2.1.6. Wydajność cięcia i trwałość piły linowej	74
4.2.1.7. Chłodzenie, jego sposób i ilość dostarczonej wody	78
4.2.1.8. Sposób odpajania	79
4.2.2. Odpajanie za pomocą rozłuparek hydraulicznych	84
4.2.3. Odpajanie wierceniem	87
4.2.4. Odpajanie za pomocą wrębiarek łańcuchowych	90
4.3. Termiczna metoda odpajania	95
4.4. Metoda ręcznego klinowania	99
4.5. Pozostałe metody	102
4.5.1. Użycie młotów hydraulicznych	102
4.5.2. Cięcie za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody	102
4.5.3. Taśmowa wrębiarka diamentowa	102
4.5.4. Materiał pęczniący	104
4.5.5. Urabianie za pomocą koparek i ładowarek	107
4.5.6. Wykorzystanie siłowników oraz poduszek powietrznych	110

5. Transport bloków	117
<i>W. Frankiewicz</i>	
5.1. Transport bloku po odspojeniu	117
5.2. Transport bloków z wyrobiska	119
5.2.1. Urządzenia transportu poziomego	119
5.2.2. Urządzenia transportu pionowego	119
6. Układy obróbcze	123
<i>W. Frankiewicz, D. Łochańska</i>	
6.1. Organizacja zakładów obróbczych	124
6.1.1. Układ gniazdowy	125
6.1.2. Układ potokowy	131
6.2. Procesy obróbcze	135
6.3. Maszyny i urządzenia stosowane w układach obróbczych	139
6.4. Transport w procesie obróbki skał	141
7. Ocena układów technologicznych złóż blocznych	147
<i>R. Chulist, D. Łochańska, M. Strykowski</i>	
7.1. Sposoby urabiania skał blocznych	147
7.2. Podział metod eksploatacji skał na bloki według genezy złóż	148
7.2.1. Urabianie skał magmowych	149
7.2.2. Urabianie skał węglanowych (wapień zbity, marmury, trawertyny, dolomity, itp.)	149
7.2.3. Urabianie piaskowców	150
7.3. Układy technologiczne złóż surowców blocznych	151
7.4. Określenie wydajności pozyskiwania bloków	156
7.4.1. Określenie wydajności przez obliczenie	156
7.4.2. Określenie wydajności przez pomiar	157
7.5. Określenie wydajności transportu	159
7.6. Określenie wydajności układów obróbczych elementów kamiennych blocznych	161
7.6.1. Traki kamieniarskie	163
7.6.2. Piły tarczowe (frezarki i cyrkularki)	166
7.6.3. Szlifierki i polerki	168
7.6.4. Wychód geometryczny elementów kamiennych	169
7.7. Ocena układu technologicznego	171
7.8. Ocena wydajności układu technologicznego	172
7.9. Ocena porównawcza dwóch lub więcej technik pozyskiwania bloków	177
8. Podsumowanie	181
Literatura	189

Streszczenie

Złóża bloczne zajmują szczególne miejsce wśród surowców skalnych. Są równocześnie materiałem budowlanym i dekoracyjnym zarówno w budownictwie sakralnym, jak i świeckim. Ich wydobywanie trwa od paru tysięcy lat.

W pracy przedstawiono stan górnictwa surowców blocznych na świecie i w krajach UE, zróżnicowanie oferowanych odmian petrograficznych, barwę, wzorzystość, zdolność przyjmowania różnych faktur kamieniarskich i tendencje wydobywania.

W złożach krajowych omówiono wydobywanie i produkcję elementów blocznych na Dolnym Śląsku, określając ich stan, perspektywy rozwoju i znaczenie o charakterze europejskim. Wskazano też perspektywy rozwoju górnictwa złóż blocznych w południowej i południowo-wschodniej części kraju, a także celowość powrotu do zarzuconej tradycji kamieniarskiej.

Przedstawiono innowacyjne techniki wydobywania i obróbki bloków stosowane zarówno w górnictwie krajowym, jak i zagranicznym, w dostosowaniu do zmiennych warunków zalegania i zmiennych właściwości górotworu. Zwrócono uwagę na konieczność dostosowania technik pozyskiwania bloków do rodzaju górotworu, jak i na dominującą tendencję stosowania w górnictwie surowców blocznych diamentowych pił linowych.

Podobnie obróbka skał blocznych stosuje różne techniki: szlifowanie, polerowanie, czy nadawanie kształtu zależne od właściwości skały blocznej, jak i od możliwości technicznych urządzeń obróbczych. Stosowanie tych technik umożliwia wykorzystanie kamienia w charakterze wystroju budowli, jak i w różnych formach galanterii kamiennej.

Cały proces wydobywania bloków, transportu do zakładu obróbczego i obróbka tworzy ciąg technologiczny. Jego elementy mogą być w różny sposób połączone ze sobą, co decyduje o wydajności i stabilności pracy całego układu. W monografii przedstawiono sposoby oceny ilościowej wydajności układów technologicznych zależnie od rodzaju połączeń.

Innovative technologies of extraction and processing of block rocks

Summary

Block deposits are particularly important among rock materials. They are both construction and decorative materials, used in sacred and also secular construction. Their extraction has been conducted for a few thousand years.

In the thesis the condition of block materials mining in the world and EU countries was presented as well as the diversity of offered petro graphic varieties, colour, pattern, ability to absorb different stonemason's surface structures, and extraction tendencies.

As for domestic deposits, the state of extraction and production of block elements in Dolny Śląsk was discussed as well as their condition, development perspectives and significance as for European area. The development perspectives for block deposits mining in the south and south-east part of the country were designated along with the purposefulness of returning to the abandoned stonemason's tradition.

Innovative techniques of block extraction and processing were presented, applied in both domestic and foreign mining, also in adjustment to changeable conditions of overlying and changeable properties of rock mass. The attention was also drawn to the necessity of adjusting techniques of gaining blocks to the rock mass type and to the dominant tendency of applying diamond cable saws in block materials mining.

Block rocks processing applies various techniques: sanding, polishing or forming, which depends on the properties of a block rock and technical capacities of processing appliances. Applying those techniques enables using stone as a building design and in various forms of stone elements and fittings.

The whole process of blocks extraction, transport to the plant and its processing constitutes production line. Its components may be combined with one another in various ways, what prevails the efficiency and stability of the whole structure. In the monograph the ways of quantitative evaluation of technological structure efficiency depending on the way of combination were presented.

1. Wstęp

Kamień czy to obrobiony, naznaczony jubilerskim szlifem czy też surowy, towarzyszy człowiekowi od niepamiętnych czasów aż po dzień obecny. Jego cechy użytkowe, powszechność występowania – a więc szeroka dostępność, walory dekoracyjne sprawiły, że jest on bazowym surowcem budowlanym wykorzystywanym przez naszą cywilizację od czasów. Cofając wskazówki zegara łatwo zauważyć, jak przez stulecia kamień towarzyszył nierozłącznie człowiekowi. Jego zastosowanie uległo powolnym zmianom, z początku był wykorzystywany jako narzędzie do prymitywnych polowań, jak i prosty, i trwałe budulec. Z czasem nasi praojcowie zaczęli stosować kamień jako podstawowy materiał budowlany – najpierw surowy, pozbawiony obróbki. W końcu surowo obrobiony aż do momentu, w którym zdobienia można uznać za dzieło sztuki. Świadczą o tym liczne, a częściowo zachowane do dziś zabytki starożytnej Hellady, Rzymu, Egiptu czy cywilizacji Inków. W miarę rozwoju cywilizacji charakter ten ulegał bardzo powolnym zmianom – przechodził z materiału budowlanego na budowlano-dekoracyjny. W ostatnich czasach kamień jest materiałem wyłącznie dekoracyjnym.

Z początku używany był głównie jako materiał stricte budowlany, następnie budowlano-dekoracyjny, a obecnie stosowany jest głównie, jako surowiec czy materiał dekoracyjny. Sposób urabiania kamienia w ostatnich czasach zmienił się gwałtownie, jednakże sam układ technologiczny nie uległ zmianie. Nadal zasadą jest odpajanie dużych fragmentów skalnych – monolitów, a następnie dzielenie ich na mniejsze części zwane blokami. O ile nie zmieniono układu technologicznego, to już sposoby odpajania i dzielenia w złożach blocznych różnią się zupełnie od tych stosowanych w przeszłości.

Nowoczesne technologie materiałowe, postęp w budowie maszyn i urządzeń, wiedza – dały całkiem nowe możliwości w sposobie urabiania złóż blocznych. Skały osadowe oraz skały metamorficzne dzięki swym cechom użytkowym, właściwościom fizyko-mechanicznym, specyficznej budowie złoża, warunkom geologiczno-górnictwom, stanowią grupę skał, które należy rozpatrzeć osobno z punktu widzenia poszczególnych typów wydobycia na

materiał bloczny. Główną różnicą jest ich niska odporność w zastosowaniu na masową skalę techniki strzelniczej.

Skały w tych grupach nie powinny być powszechnie odpajane za pomocą materiałów wybuchowych. W złożach skał osadowych użycie materiałów wybuchowych to odstępstwo od reguły, a nie kanon jak w przypadku skał magmowych.

Różnorodność właściwości skał blocznych i zmienność górotworu zawierającego te złoża sprawiają, że zachodzi konieczność stosowania różnych technik wydobywania skał blocznych począwszy od najprostszej, uniwersalnej metody klinowania, aż po nowoczesne, też uniwersalne metody, np. z zastosowaniem piły linowej diamentowej. Obok metod uniwersalnych stosowane są też metody do ściśle określonych rodzajów skał. Metody te różnią się wydajnością, prostotą stosowania, bezpieczeństwem pracy i kosztami stosowania. Niejednokrotnie stosowane są równocześnie różne metody w jednym złożu.

Drugim elementem procesu technologicznego skał blocznych jest transport. Bloki skalne są dzielone w wyrobisku do wymiarów i ciężaru dostosowanego do transportu do zakładu obróbczego. Transport poziomy (samochody, ładowarki i naczepy samochodowe) stosowany jest zwykle na niewielkie odległości, do miejsc składowania bloków, bądź do zakładu obróbczego. Jest to transport elastyczny, dostosowany do różnych warunków terenowych i zwykle kosztowny. Transport pionowy (żurawie masztowe, żurawie przejezdne) zazwyczaj stosowany jest w złożach skał magmowych o znacznym nachyleniu i niewielkim przekroju poprzecznym wyrobiska.

Ostatnim elementem układu technologicznego złóż blocznych jest zakład obróbczy, w którym blokom skalnym nadaje się kształty, formaty i faktury zamawiane przez odbiorców. Przez szlifowanie, polerowanie wydobywa się z nich walory dekoracyjne, barwę, kolor i niejednokrotnie stają się trwałym elementem architektonicznym obiektów sakralnych i świeckich. Ważnym elementem procesu technologicznego jest dobór i ocena sposobu połączeń elementów układu technologicznego. Pozwala to na ocenę ilościową współpracy tych elementów ze sobą.

Celem podstawowym pracy jest określenie innowacyjnych technologii w odniesieniu do wydobywania bloków i ich obróbki.

Ze względu na zróżnicowanie właściwości skał blocznych istnieje kilkanaście metod pozyskiwania bloków, podobnie zróżnicowane są sposoby transportu. Obróbka bloków sprowadza się do nadania im kształtu, wymiarów i uzyskania cech dekoracyjnych. W procesie technologicznym pozyskiwania i obróbki bloków istnieją metody uniwersalne, które mogą być stosowane w odniesieniu do wszystkich rodzajów skał, jak i specyficzne, wyłącznie do niektórych. Monografia pozwala na dokonanie wyboru metody w odniesieniu do złoża.

Opracowanie przedstawia technologię wydobywania i obróbki bloków skalnych w górnictwie krajowym, jak i zagranicznym. Zwrócono szczególną uwagę na te techniki wydobywania, które mają charakter innowacyjny.

Pod pojęciem innowacyjności rozumie się wprowadzenie do praktyki gospodarczej nowego, lub znacznie ulepszanego rozwiązania w odniesieniu do wydobywania i obróbki bloków, poprawy procesu wydobywania i jego organizacji.

Wydobycie bloków jest najbardziej różnorodnym procesem spośród technik górniczych wydobywania. Głównym tego powodem jest fakt, że z monolitu w caliznie skalnej trzeba uzyskać blok wielkością i wymiarami dostosowany do transportu do zakładu obróbczego. Różnorodność właściwości fizyczne skał, ich budowa i uławicenie sprawiają, że stosuje się różne metody wydobywania, choć istnieją też techniki uniwersalne, odpowiednie do wszystkich rodzajów skał.

W świetle określenia innowacyjności za innowacyjną metodę urabiania i obróbki bloków będzie uważana ta, która dla danych warunków będzie najlepsza. To, że istnieje kilka-ście metod wydobywania najlepiej o tym świadczy.

W pracy zwrócono uwagę na dwa podstawowe rodzaje innowacji w odniesieniu do wydobywania i obróbki bloków: technologiczną i organizacyjną.

Innowacyjność technologiczna polega na dostosowaniu metod wydobywania i obróbki do genezy i właściwości górotworu. Znalazło to miejsce we wprowadzeniu do praktyki podziału metod urabiania za pomocą materiałów wybuchowych w odniesieniu do skał, które mogą być urabiane przy jego zastosowaniu (magma) i skał, które powinny być urabiane innymi metodami. Przykładem innowacyjności może być też metoda klinowania znana od kilku tysięcy lat. Jej stopniowe doskonalenie doprowadziło do wyeliminowania uciążliwego kucia gniazd pod kliny i zastąpienie ich otworami wiertniczymi wykonywanymi mechanicznie, a rozprężające działanie klina zastąpiono, zależnie od rodzaju skał, rozprężającym działaniem gazów powybuchowych.

Zmiana materiału ściernego w piłach linowych z piasku, czy opiłek stalowych, na opyłki diamentowe w zasadniczy sposób poprawia organizację i wydajność przecinania calizny skalnej.

Dla złóż blocznych o gniazdowym charakterze (bloki rozmieszczone losowo) metodą innowacyjną będzie zastosowanie koparek do bezpośredniego odsłonięcia bloków w połączeniu ze strzelaniem podbierkowym gniazd złoża.

Wykorzystanie ciśnienia strugi wody pozwala na wydajne pozyskiwanie z calizny skalnej bloków o dowolnych wymiarach, przy minimalnych stratach eksploatacyjnych.

Innowacyjność organizacyjna polega na zapewnieniu stabilizacji pracy. W procesie wydobywania i obróbki bloków występują różnego rodzaju zakłócenia: losowe (np. awarie, kapryśny górotwór), bądź wynikające z technologii (np. przejazd maszyny na nowe stanowisko pracy). Innowacyjnością w zakresie organizacji pracy będzie np. tworzenie zbiorników rezerwowych produkcji w formie bloków skalnych lokowanych przy wyrobisku lub przy zakładzie obróbczym, w zakresie organizacji będzie dostosowanie wysokości ścian do uławicenia poziomego i dostosowanie kierunku wybierania bloków do kierunku zmienności górotworu.

Źródłem innowacji są: rynek, myśl techniczna, placówki naukowo-badawcze, programy kształcenia w szkołach, targi kamieniarskie.

Niniejszą monografię wykonano w ramach projektu: „Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych”. Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

W ramach tego projektu wykonano następujące zadania:

Numer zadania	Tytuł zadania	Autorzy
4.3.1	Inwentaryzacja kopalń surowców skalnych produkujących bloki w Polsce (z wyjątkiem Dolnego Śląska)	J. Bromowicz, B. Figarska-Warchoł
4.3.3	Technologiczne układy wydobywania i obróbki surowców skalnych na bloki i elementy foremne skał pochodzenia magmowego	R. Chulist, W. Frankiewicz, M. Stryzewski
4.3.5	Technologiczne układy wydobywania i obróbki na bloki i elementy foremne skał osadowych i metamorficznych	R. Chulist, W. Frankiewicz, W. Koziół, Ł. Machniak
4.3.7	Modelowe układy wydobywania skał blocznych za granicą	A. Ciepliński, W. Koziół, S. Kukiałka, Ł. Machniak, <u>M. Ziemiańska</u>
4.3.9	Ocena stanu i perspektyw rozwoju obróbki skał blocznych w Polsce	J. Bromowicz, A. Ciepliński, B. Figarska-Warchoł, W. Frankiewicz, W. Koziół
4.5.6	Analiza współpracy układów przerobczych stacjonarnych i przejezdnych w odniesieniu do warunków złożowych i wykorzystania surowców	A. Ciepliński, T. Gawenda, W. Koziół, D. Łochańska, M. Stryzewski

2. Skąły blocznych złóů **na ŗwiecie i w krajach Unii Europejskiej**

J. Bromowicz, B. Figarska-Warchoń

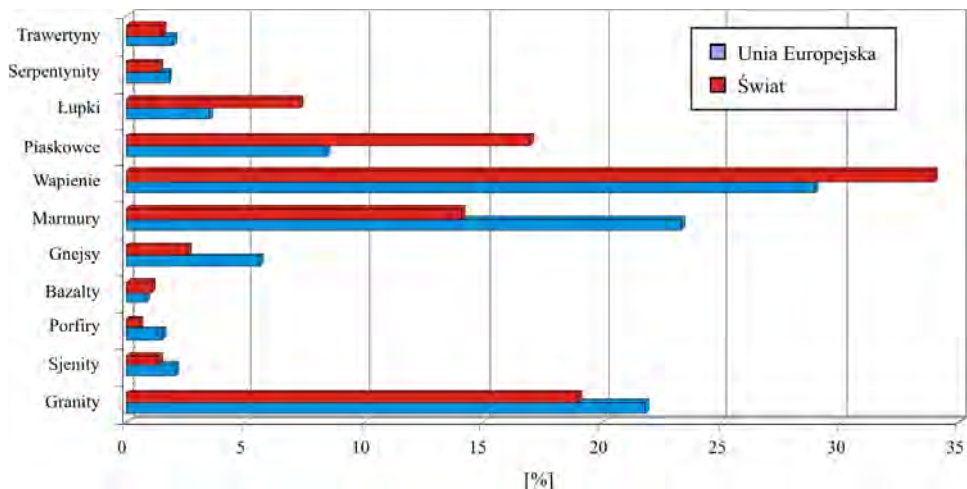
Złóů bloczne zawierają skąły stwarzające moůliwósci pozyskiwania prostopadłósciennych brył o wymiarach zapewniających naleůytą objętość, zwanych blokami. Są one wykorzystywane przeważnie jako materiał rzeźbiarski i architektoniczny – głównie dla produkcji płyt stanowiących elegancki, a często i dekoracyjny materiał okładzinowy. Zawartość i wielkość bloków w skalnej masie zależy od intensywnósci i orientacji płaszczyzn podzielności. Stanowią je wszelkie płaszczyzny nieciągłósci związane z petrogenezą, sedymentacją, diagenezą, tektoniką, zjawiskami termicznymi, odprężeniowymi i wietrzeniowymi zachodzącymi w skąłach. Optymalne warunki dla duůego udziału bloków stwarza obecność rzadkich i wzajemnie ortogonalnych płaszczyzn podzielności. Udział bloków w ocenianej objętości górotworu zwany jest blocznością geologiczną, zaś odniesiony do wydobytego urobku blocznością górniczną. W obu przypadkach wyrażany jest w procentach.

Sposób wykorzystania bloków wymaga obecności w złóůach skął, które mogą być zastosowane w budownictwie bądź to dla upiększenia budowli, bądź teů w celach konstrukcyjnych. Dla pierwszego z wymienionych zastosowań istotne są głównie walory dekoracyjne, dla drugiego – włósciwości fizyczno-mechaniczne skął. Dekoracyjność, wynikająca z: barwy, tekstury (wykształcenia skłódników skąły), struktury (upakowania i uporządkowania skłódników), skłódu mineralnego i zdolności przyjmowania faktury kamieniarskiej, należy do podstawowych kryteriów oceny wartości uůytkowej naturalnych kamieni ozdobnych. Ocena tych cech jest subiektywna, a poszczególne elementy stanowiące o wartościami zdobniczych są róůnie oceniane w zależności od zmieniających się prądów w sztuce i panującej mody [15]. Bardziej jednoznacznie ocenić moůna włósciwości fizyczno-mechaniczne kamienia architektonicznego, wśród których najbardziej istotna jest mrozoodporność związana z porowatością i sposobem jej wykształcenia. Jej wielkość decyduje teů o przewodności cieplnej skął, co jest szczególnie waůne, gdy stosowane są w murach budowli. Szczególnym sposobem wy-

korzystania kamienia jest użycie go jako tworzywa rzeźbiarskiego, gdzie jednakowe znaczenie mają walory dekoracyjne i właściwości fizyczno-mechaniczne. Pierwsze stanowią element związany z artystyczną stroną dzieła, podczas gdy właściwości warunkują jego trwałość, a także możliwości ekspozycji. Wpływają też na łatwość obróbki i możliwość uzyskania pożądanego kształtu.

Z powyższych rozważań wynika, że skały omawianych złóż powinny mieć odpowiednią błochność, posiadać walory dekoracyjne i korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne.

Na świecie jest bardzo wiele blocznych złóż, a produkowane z nich materiały są opisywane w katalogach obejmujących kilkanaście tysięcy (12 918 w katalogu [7]) różnie nazywanych odmian skał wykorzystywanych jako materiały dekoracyjne i architektoniczne pod nazwą *dimensional stones*. Trzeba też pamiętać, że w samych Chinach jest oferowanych kilka tysięcy różnych odmian materiałów kamiennych, o nazwach używanych od wielu lat dla materiałów produkowanych w innych państwach, co znacznie utrudnia rzeczywistą ocenę światowego rynku kamieniarskiego. Łatwiej zrobić ją dla obszaru Unii Europejskiej z uwagi na skodyfikowane zasady wprowadzania do obrotu różnych odmian kamienia naturalnego [93], wymagające podania – oprócz tradycyjnej nazwy rynkowej – także nazwy wynikającej z klasyfikacji petrograficznej oraz typowej barwy skały i miejsca wydobycia. Ocena taka, wykonana dla materiałów kamiennych z rynku europejskiego jest zapewne zbliżona do rynku światowego. Potwierdza to podobny rozkład udziału różnych rodzajów skał oferowanych jako kamienie bloczne na obu rynkach, wykonany na podstawie 12 576 odmian na świecie i 2 253 w Europie (rys. 2.1). Przeważają na nich wapienie, a podobny jest udział granitów, marmurów i piaskowców. Wyraźnie zaznacza się obecność gnejsów i łupków, a niewielki jest udział sjenitów, porfirów, bazaltów, serpentynitów i trawertynów.



Rys. 2.1. Rozkład udziału różnych odmian skał oferowanych na rynku kamieniarskim świata i Unii Europejskiej

Powyższy inwentarz przedstawia jedynie zróżnicowanie ilości odmian petrograficznych skał oferowanych na rynku kamieniarskim, nie uwzględniając walorów dekoracyjnych czy też właściwości fizyczno-mechanicznych, które warunkują ich popularność. W prezentacji tych detali dla skał w krajach Unii Europejskiej uwzględniono zasadnicze barwy, wzorzystość oraz możliwości przyjmowania podstawowych faktur kamieniarskich. Wzorzystość stanowi zespół czynników wpływających na urozmaicenie wyglądu skały. Są to zarówno wyżej wspomniane struktura i tekstura, jak i zmienność barwy czy też spękania skały, zwykle zabliźnione różnobarwnym materiałem. Do czynników tych należy też obecność różnej wielkości fragmentów fauny o niejednolitym stanie zachowania.

Możliwość przyjmowania faktur kamieniarskich wynika z właściwości fizyczno-mechanicznych skał. Skały twarde, o małej nasiąkliwości, dużej wytrzymałości na ściskanie i zwykle niewielkiej ścieralności w większości przyjmują fakturę polerowaną, odporną na działanie czynników atmosferycznych i stąd wykonane z nich, polerowane elementy mogą być umieszczone na *wolnym powietrzu*. Stanowią 28% wszystkich rodzajów skał na rynku europejskim. Są to głównie skały magmowe głębinowe, znacznie rzadziej wylewne, a także metamorficzne. Wśród pierwszych z wymienionych bardzo mocno przeważają granity w udziale 63% skał przyjmujących trwały poler. Towarzyszące im granodioryty, dioryty, sjenity, monzonity, gabra i anortozyty stanowią zaledwie po kilka procent. Są to skały krystaliczne o różnej zawartości kwarcu, skaleni potasowych i plagioklazów. Generalnie zmniejszającej się zawartości kwarcu (od granitu do anortozytu) towarzyszy pojawienie się większej ilości ciemnych minerałów (ciemniejszych plagioklazów, biotyту, amfiboli, piroksenów, oliwinów), co sprawia ciemniejszą kolorystykę kolejno wymienionych skał. Skały wylewne pojawiające się w udziale 5% zawierają jedynie pojedyncze kryształy i reprezentowane są przez czerwone oraz zielone porfiry i ryolity, a także czarne bazalty. Nieco większy jest udział skał metamorficznych (19%), wśród których przeważają zwykle szare gnejsy o kierunkowym ułożeniu minerałów oraz przyjmujące różne kolory kwarcyty.

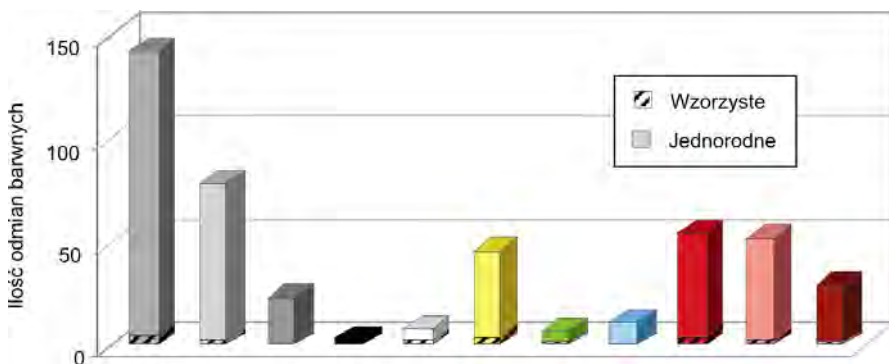
Słabsze właściwości fizyczno-mechaniczne posiadają skały, które również przyjmują poler, jednakże tracą go narażone na działanie warunków atmosferycznych, co ogranicza możliwości ich stosowania jedynie do wnętrza. Wśród skalnych odmian oferowanych na rynku UE stanowią one 35%. Są wśród nich zarówno skały osadowe, jak i metamorficzne. Największy udział w tej grupie skał mają osadowe wapienie i dolomity, stanowiąc 53%, niższy metamorficzne marmury – 38%, podczas gdy na pozostałe skały zarówno metamorficzne serpentytyny, jak i osadowe trawertyny, alabastry i zlepieńce przypada jedynie 9%. Skały tej grupy mają zróżnicowane właściwości fizyczno-mechaniczne. Wapienie i dolomity trwale przyjmujące poler, są silnie zlitfikowane i podobnie jak marmury mają niewielką porowatość, zwykle poniżej 5%, małą nasiąkliwość około 1%, jak też dosyć znaczną wytrzymałość na ściskanie powyżej 80 MPa. Istotna jest tu też zdolność przepuszczania światła szczególnie ceniona przy wykonywaniu rzeźb. Podobne właściwości do powyżej podanych posiadają serpentytyny i przyjmujące poler zlepieńce. Trawertyny są produktem krystalizacji z roztworów wynoszących węglany na powierzchnię ziemi. Mają zwykle większą porowatość i nasiąkliwość oraz często niższą wytrzymałość na ściskanie. Alabastry stanowiące drobnoziar-

niłą odmianę gipsu są bardzo miękkie, zarysowujące się paznokciem, dosyć łatwo rozpuszczalne.

Różne odmiany kamieni nieprzyjmujących poleru stanowią 37% wszystkich oferowanych na rynku UE odmian. Wśród nich przeważają piaskowce w udziale 44% nad nieprzyjmującymi poleru wapieniami i dolomitami stanowiącymi 35%. W grupie tej sytuowane są też w udziale 18% skały metamorficzne o podzielności łupkowej, wykorzystywane jako łupki dachówkowe oraz płyty okładzinowe i chodnikowe o naturalnej podzielności. Tu też zaliczane są stanowiące około 2%, stosowane w architekturze, tufy pochodzenia wulkanicznego oraz osadowe skały złożone z kalcytu i krzemionki proveniencji organicznej, zwane opokami. Wszystkie te skały mają bardzo zróżnicowane właściwości. Obok miękkich, porowatych piaskowców są tu też piaskowce i wapień mocno zwięzłe o wytrzymałości na ściskanie powyżej 100 MPa i skłonnościach do przyjmowania poleru, jak i wapień okruczowe o porowatości sięgającej 25% i wytrzymałości na ściskanie nie przekraczającej 20 MPa.

W podziale technologicznym stosowanym w obrocie handlowym skały polerujące się trwale, bez względu na ich petrograficzną przynależność, zwane są granitami, przyjmujące nietrwały poler – marmurami, zaś pozostałe stanowią grupę innych naturalnych kamieni.

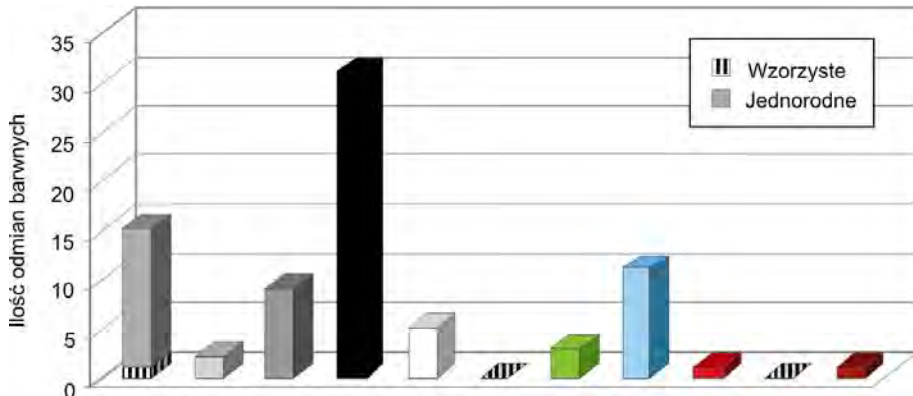
Na kamieniarskim rynku europejskim, wśród skał przyjmujących trwały poler znacznie przeważają jednorodne skały o różnych odcieniach barwy szarej reprezentowane w znacznej przewadze przez granity, rzadziej granodioryty i sporadycznie tonality. W kilkukrotnie mniejszym udziale spotykane są, również głównie jednorodne, żółte, czerwone, różowe i brązowe odmiany tych skał, a sporadycznie czarne, białe, zielone i niebieskie (rys. 2.2).



Rys. 2.2. Barwy i wzorzystość przyjmujących trwały poler granitoidów (granity, granodioryty, tonality) oferowanych na rynku Unii Europejskiej

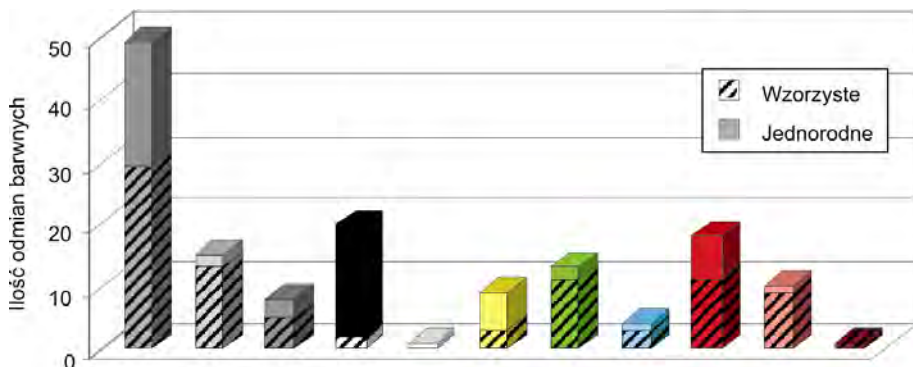
Rzadko spotykana wzorzystość wiąże się przeważnie z nierównomiernym rozmieszczeniem barwnych minerałów o kulistych elipsoidalnych formach. Przykładem tego mogą być karelskie granity rapakiwi. Ciemniejsze barwy spotkać można wśród kamieni reprezentowanych przez sjenity, dioryty, gabra i anortozyty (rys. 2.3). Więcej wśród nich jest odmian czarnych, zielonych i niebieskich, a brak żółtych. Wśród niebieskich znajdują się pochodzące

z Norwegii labradoryty o charakterystycznej migotliwości związanej z obecnością plagiokla-
zu o nazwie labrador. Pozostałe skały wchodzące w skład polejących się trwale są częściej
wzorzyste. Wynika to głównie z obecności wśród nich urozmaiconych strukturalnie i tekstu-
ralnie gnejsów.



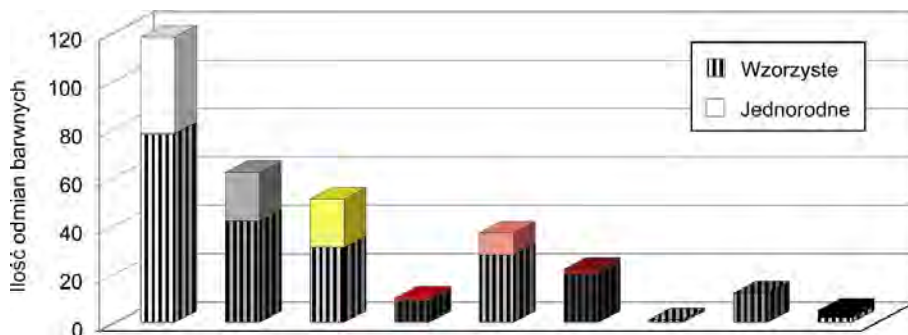
Rys. 2.3. Barwy i wzorzystość przyjmujących trwały poler sjenitów i gabr oferowanych na rynku Unii Europejskiej

Podobnie jak wśród poprzednich przeważają wśród nich barwy szare, przy większym
udziale czarnych, zielonych i niebieskich (rys. 2.4). Na uwagę zasługują tu spotykane czerwo-
ne kwarcyty i czarne bazalty, należące do skał o największej odporności na procesy wietrze-
nia i stąd uznawane za długowieczne. Tutaj też są wymieniane czerwone porfiry, które w Egipcie
były chronione jako kamień faraonów.



Rys. 2.4. Barwy i wzorzystość przyjmujących trwały poler skał wylewnych i metamorficznych (porfiry, ryolity, bazalty, gnejsy, amfibolity i kwarcyty) oferowanych na rynku Unii Europejskiej

Skały przyjmujące nietrwały poler są w przewadze wzorzyste. Marmury mają głównie białe, szare i żółte barwy. Prawie brak czarnych i niebieskich, niewielki jest udział czerwonych, większy różowych i brązowych odmian marmurów (rys. 2.5). Ich wzorzystość wynika z przeważnie kierunkowego ułożenia często pojawiających się tu blaszkowych minerałów, a także grafitu, granatu i serpentynu. Spotykane są też zabliźnione spękania zabarwione obecnością tlenków żelaza.

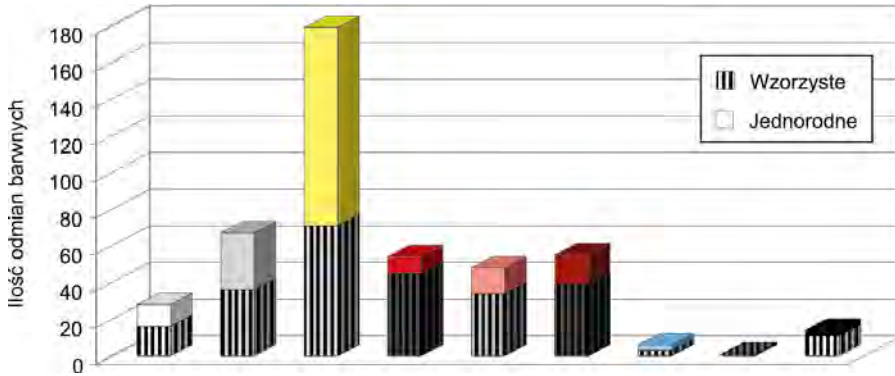


Rys. 2.5. Barwy i wzorzystość marmurów metamorficznych oferowanych na rynku Unii Europejskiej

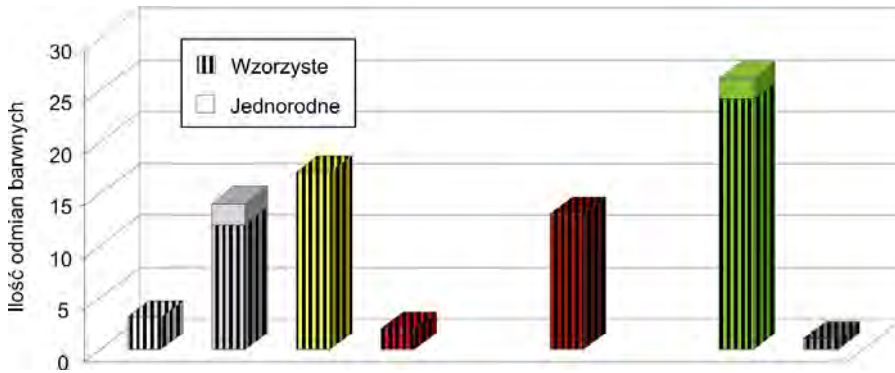
Wśród przyjmujących poler wapieni i dolomitów przeważają barwy żółte, ze stosunkowo dużym udziałem odmian jednorodnych. Są to głównie silnie zlyfikowane wapień jurajskie, często oolitowe, w dużych ilościach wprowadzone na rynek przez Francję i Hiszpanię. W podobnej ilości, po około 50 odmian, towarzyszą im wapień i dolomity barwy szarej, czerwonej, różowej i brązowej w przewadze wzorzyste. Tu należą dewońskie i karbońskie wapień, w mniejszej zaś ilości dolomity o obfitej faunie i licznych spękaniach zabliźnionych kolorowym kalcytem. Są tu też znane w Europie czerwone i brązowe, bulaste wapień *królewskie* wieku jurajskiego z licznymi amonitami, znane jako *ammonitico rosso*. Stosunkowo niewiele na rynku jest tych skał o barwach białych i czarnych, a zupełnie sporadycznie pojawiają się zielone i niebieskie (rys. 2.6).

Wśród pozostałych oferowanych na rynku europejskim skał polerujących się na uwagę zasługują zielone serpentynity w 25 odmianach oraz wyłącznie wzorzyste trawertyny o barwach brązowych i żółtych, niekiedy tylko czerwonych (rys. 2.7). Zarejestrowanych tu jest tylko kilka przyjmujących poler zlepieńców i pojedyncze steatyty, czyli szarozielone skały zawierające podwyższoną zawartość talku, stosowane głównie do wyrobu kominków.

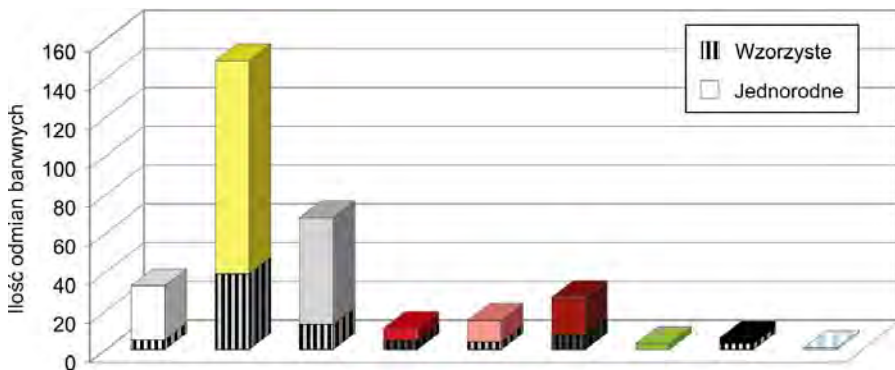
Węglanowe skały nieprzyjmujące poleru, wśród oferowanych na rynku europejskim odmian, reprezentowane są w znacznej przewadze przez wapień, niewielką ilość dolomitów, pojedyncze opoki i trawertyny. Przeważają wśród nich barwy żółte, sporo jest szarych, białych i brązowych, a tylko pojedyncze wystąpienia czerwonych, różowych, zielonych czarnych i niebieskich. W większości są one jednorodne, o niewielkim udziale odmian wzorzystych (rys. 2.8).



Rys. 2.6. Barwy i wzorzystość przyjmujących pól wapieni i dolomitów oferowanych na rynku kamieniarskim Unii Europejskiej

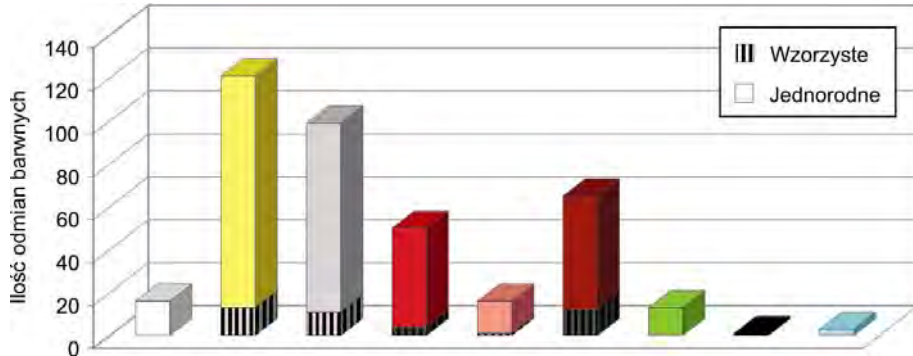


Rys. 2.7. Barwy i wzorzystość przyjmujących pól metamorficznych i osadowych skał (serpentytyny, trawertyny, zlepieńce, alabastry, steatyty) oferowanych na rynku kamieniarskim Unii Europejskiej



Rys. 2.8. Barwy i wzorzystość nieprzyjmujących pól skał węglanowych (wapień i dolomity) oferowanych na rynku Unii Europejskiej

Skały okrucowe, wśród niepozierujących się kamieni istniejących na rynku europejskim, są to w znacznej większości piaskowce w towarzystwie niewielkiej ilości zlepieńców i tufów, z nieco większym udziałem łupków. Bardzo niewiele jest wśród nich odmian wzorzystych. Ta wzorzystość wynika głównie z obecności silniej zaznaczonej laminacji w niektórych piaskowcach. Przeważają barwy żółte, szare czerwone i brązowe, niewiele jest białych, a barwy niebieskie i czarne, a częściowo i zielone wynikają głównie z kolorystyki włączonych do skał okrucowych łupków (rys. 2.9).



Rys. 2.9. Barwy i wzorzystość nieprzyjmujących poleru skał okrucowych (piaskowce, zlepieńce, tufy i łupki) oferowanych na rynku Unii Europejskiej

3. Złóża bloczne w Polsce

Złóża bloczne usytuowane są w południowej części kraju. W części południowo-zachodniej są one skoncentrowane na stosunkowo niewielkim terenie Dolnego Śląska. W części południowo-wschodniej rozmieszczone są na znacznie większym obszarze obejmującym Góry Świętokrzyskie, Wyżynę Krakowsko-Częstochowską, Rostocze i Karpaty.

3.1. Złóża bloczne na Dolnym Śląsku

A. Witt

Na Dolnym Śląsku do produkcji kamieni budowlanych wykorzystywane są głównie złoża:

- granitu i sjenitu,
- piaskowca,
- marmuru,

a w mniejszym zakresie:

- gabra,
- serpentynitu.

Złóża granitu, poza drobnym wystąpieniem w pobliżu Kudowej, usytuowane są w następujących masywach:

- Strzegomia–Sobótki,
- Strzelina,
- Żulowej,
- karkonoskim.

Wystąpienia sjenitów związane są z:

- masywem kłodzko-złotostockim,
- strefą tektoniczną Niemczy.

Piaskowce o znaczeniu przemysłowym występują w:

- depresji północnosudeckiej – piaskowce dolnotriasowe i górnokredowe,
- depresji śródsudeckiej – dolnopermskie i górnokredowe.

Udokumentowane złoża marmurów występują głównie:

- w regionie kłodzkim,

pojedyncze złoża:

- w obszarze wschodniokaczawskim (Kapela),
- w Sudetach Wschodnich (Sławniowice) i na ich przedpolu (Przeworno).

Gabra o znaczeniu surowcowym tworzą obramowanie bloku gnejsowego Gór Sowich w masywach:

- Ślęzy,
- Brzeźnicy,
- Nowej Rudy.

Serpentynty są wydobywane w masywie Głogów–Jordanów.

3.1.1. Charakterystyka bazy zasobowej

3.1.1.1. Granity i sjenity

Granity masywu Strzegom–Sobótka

Występują w środkowej części bloku przedsudeckiego. Wychodnie granitowe rozprze-strzeniają się na długości ponad 45 km przy szerokości do 10 km. Reprezentowane są przez trzy główne odmiany petrograficzne:

- 1) grubokrystaliczny granit biotytowo-hornblendowy (granit strzegomski) w zachodniej części masywu;
- 2) drobnokrystaliczny granit dwuływczykowy, biotytowo-muskowitowy (granit wierzbnicki) w części środkowej;
- 3) średnikrystaliczny granitodioryt biotytowy, występujący we wschodniej części masywu.

Oprócz głównych odmian występują tu również inne mniej rozprze-strzone, takie jak:

- leukogranit drobnoziarnisty z Zimnika w północno-zachodniej części masywu;
- augitowo-hornblendowo-biotytowy tonalit z Łazan u północnych granic środkowej części masywu.

Masyw granitowy Strzegom–Sobótka można podzielić na obszary o większym nagromadzeniu miejsc wydobywania:

- Borów,
- Strzegom–Grabina,

- Goczałków,
- Graniczna,
- Morów,
- Czernica,
- Siedlimowice.
- Sobótka.

Znaczenie surowcowe mają przede wszystkim dwa podstawowe typy granitów:

- granity biotytowe o składzie od granodiorytów do tonalitów z centralnej i wschodniej części masywu oraz
- granity bardziej gruboziarniste i jednorodne w części zachodniej.

Granity masywu Strzelina

Wychodnie granitów masywu strzeleńskiego rozprzestrzeniają się od Strzelina w kierunku południowym do Nowin. Na zachodzie odosobniona ich partia występuje w Górcie Sobockiej.

Granity strzeleńskie koncentrują się w następujących obszarach:

- Strzelina – najzasobniejszy, obejmuje 30% zasobów masywu,
- Dębnik–Kaczowa,
- Gębczyc–Romanowa,
- Doboszowa–Nowin.

Granity masywu Żulowej

Granity masywu Żulowej tworzą również odizolowane wychodnie o południkowym przebiegu. Na powierzchni ukazują się w rejonie Maciejowic oraz Kamiennej Góry i Jarnołtowa.

Mają zasoby udokumentowane w sześciu złożach.

Budowa masywów Strzelina i Żulowej nie jest zwarta – są to dajki i pnie granitowe przebijające skały osłony metamorficznej. Pojawiające się w nich drobnoziarniste, jasnoszare skały magmowe reprezentowane są przez granity i granodioryty, w których obok biotytu występuje niekiedy muskowit. Największe znaczenie surowcowe ma drobnoziarnisty granit biotytowy z rejonu Strzelina, o barwie szarej z lekko niebieskawym odcieniem.

Masyw karkonoski, obejmujący główne pasmo Karkonoszy, Kotlinę Jeleniogórską oraz część Gór Izerskich, rozprzestrzenia się równoleżnikowo na długości około 70 km przy szerokości 8–22 km. Około 40% jego powierzchni znajduje się na obszarze Polski. Masyw zbudowany jest z kilku rodzajów granitów i granodiorytów o strukturach porfirowatych bądź równoziarnistych, grubo- lub drobnoziarnistych. Granity karkonoskie posiadają zabarwienie przeważnie różowe lub czerwone, rzadziej szare. Najpospolitszą odmianą jest granit biotytowy, porfirowaty z dużymi, różowymi skaleniami tkwiącymi w szarej, średnioziarnistej masie. Granity karkonoskie są ze względu na barwę cennym materiałem dekoracyjnym, niestety o ograniczonej możliwości eksploatacji, wynikającej z istnienia Karkonoskiego Parku Narodowego i Obszaru Chronionego Krajobrazu Karkonosze – Góry Izerskie. Granit tego rejonu nie ma istotnego znaczenia gospodarczego.

Sjenity masywu kłodzko-złotostockiego

Zajmują obszar w kształcie łuku otwartego ku północnemu zachodowi o powierzchni około 120 km². Przeważają w nim drobno- i nierównokrystaliczne sjenity barwy szarej z odcieniami do ciemnoszarej. Mimo obecności licznych starych wyrobisk, nigdzie nie są eksploatowane.

Sjenity strefy tektonicznej Niemczy

Skały, znane jako *sjenity niemczańskie*, występują w formie zgodnych żył pokładowych w obrębie skał metamorficznych w okolicy Niemczy, Piławy Górnej i Ząbkowic Śląskich. Petrograficznie skały te tworzą szereg odmian zaliczanych głównie do granodiorytów, granitów monzonitowych i sjenodiorytów, różniących się składem mineralnym, strukturą i teksturą. *Sjenity niemczańskie* są cenionymi, dekoracyjnymi skałami budowlanymi o dobrych parametrach jakościowych. Najbardziej znane odmiany wydobywane są w Przedbórowej i Kośminie.

3.1.1.2. Piaskowce

Piaskowce depresji północnosudeckiej

Piaskowce dolnotriasowe o znaczeniu surowcowym występują w południowym skrzydle depresji północnosudeckiej, pomiędzy Gościszowem na zachodzie a Krzeniowem na wschodzie. Piaskowce te są barwy szaroróżowej i czerwonej o uziarnieniu grubo- i średnioziarnistym. Aktualnie nie są eksploatowane.

Piaskowce górnokredowe występują między Bolesławcem, Nowogrodźcem, Lwówkiem Śląskim i Złotoryją oraz w rejonie Wlenia. Są to piaskowce kwarcowe o zwykle ubogim spoiwie krzemionkowo-ilastym. Ich regularny cios zapewnia możliwości pozyskiwania brył dużych rozmiarów i stąd znane są pod nazwą piaskowców ciosowych. Znaczenie surowcowe mają piaskowce:

- cenomanu,
- turonu,
- koniaku,
- santonu.

Piaskowce cenomanu znane jako dolne piaskowce ciosowe występują w północnym i południowym skrzydle depresji. Są średnio- i gruboziarniste o jasnym zabarwieniu, przechodzącym od czysto białego przez jasnoszare do żółtawo-białego. Uławicenie ich jest niewyraźne, spękania są prostopadłe i równoległe do uławicenia, pozwala to uzyskiwać bloki do kilku metrów sześciennych. Aktualnie na obszarze tym udokumentowane jest jedno złożo Niwnice.

Piaskowce turońskie – środkowe piaskowce ciosowe występują we wschodniej części depresji w rejonie miejscowości Brunów, Chmielno, Skorczynice, Lwówek Śląski, Płakowi-

ce i Wilków. Piaskowce te są nierównoziałiste, średnio- i gruboławicowe, barwy od jasnoszarej do jasnożółtej z ciemną patyną. Obecnie w rejonie tym nie jest prowadzona eksploatacja ze względu na ograniczenia związane z obecnością tam obszarów Natura 2000.

Piaskowce koniackie – górne piaskowce ciosowe są jasnoszare lub żółtawe, z ciemnoszarą patyną, drobno- i równoziałiste. Nie wykazują warstwowania, są gruboławicowe, przy miąższości ławic dochodzącej do 10 m. Cechują się regularnymi spękaniami prostopadłymi do uławicenia, co pozwala uzyskiwać bloki o znacznych rozmiarach. Geologiczna bloczność tych piaskowców wynosi od 20 do ponad 50%. W ofercie handlowej występują w trzech odmianach, jako: wartowickie, rakowickie i zerkowickie. Odmiany różnią się głównie zabarwieniem, w mniejszym stopniu teksturą i strukturą oraz właściwościami fizykomechanicznymi. Udokumentowanych jest 25 złóż, z których 8 jest eksploatowanych.

Piaskowce santońskie występują w rejonie Ocic i Osieczowa. Ich spoiwo jest w przewadze ilaste. Aktualnie brak w tym rejonie udokumentowanych złóż tych piaskowców.

Piaskowce depresji śródsudeckiej

Piaskowce dolnopermskie o znaczeniu złożowym występują w rejonie Słupca. Piaskowce te są drobno-, średnio- i gruboziarniste, mają spoiwo krzemionkowo-ilasto-żelaziste, barwę jasnoczerwoną i czerwono-brunatną, z czerwono-wiśniową patyną. Charakteryzują się regularnym uławiceniem o miąższości 2–3 m, dobrą blocznością i znaczną twardością.

Piaskowce kredowe niecki śródsudeckiej, podobnie jak w północnosudeckiej zwane są ciosowymi i związane są głównie z utworami cenomanu i turonu.

Dolne piaskowce ciosowe z cenomanu występują w okolicach Jawiszowa, Łącznej i Kochanowa oraz w rowie tektonicznym Batorowa. Są to skały drobnoziarniste, o spoiwie ilastym i ilasto-krzemionkowym, średnio zwięzłe, kwarcowe i glaukonitowe. Ich zabarwienie jest zmienne, od jasnoszarego przez żółte do ciemnobrunatnego. Piaskowce tego piętra nie mają dziś znaczenia surowcowego ze względów środowiskowych (Park Narodowy Gór Stołowych, park krajobrazowy, obszar Natura 2000).

Środkowe piaskowce ciosowe ze środkowego turonu występują w niecce Krzeszowa oraz na obszarze polskiej części Gór Stołowych. Rozprzestrzeniają się długą wychodnią od Pasterki przez Batorów po Polanicę-Zdrój. Zabarwienie ich jest zmienne: białoszare, żółtawe, rzadziej czerwone, fioletowo-brunatne, z czerwono-brązowo-szarą patyną. Piaskowce te są eksploatowane w Radkowie.

Nie ma możliwości udokumentowania w tym rejonie nowych złóż z uwagi na ograniczenia środowiskowe: park narodowy i jego otulinę, strefy ochronne dla wód mineralnych uzdrowisk i obszar Natura 2000. Piaskowce turońskie występują również w rowie górnej Nysy Kłodzkiej. Wychodnie ich znajdują się w rejonie Wójtowa, Nowej Bystrzycy i Długopola. Obecnie eksploatowane są ze złoża Długopole.

Najwyższe partie Gór Stołowych zbudowane są z górnych piaskowców ciosowych z górnego turonu. Piaskowce te są kwarcowe, głównie drobnoziarniste o spoiwie krzemionkowym. Charakteryzują się stałym składem mineralnym i znaczną twardością. Ich blocz-

ność geologiczna w złożach wynosi 20–30%, a w strefach nienaruszonych eksploatacją techniką strzelniczą MW może sięgać ponad 50%. Aktualnie są udokumentowane w złożu Szczytna-Zamek.

Piaskowce koniaku występują w okolicach Idzikowa i Boboszowa. Zbudowane są z kwarcu i glaukonitu o spoiwie ilasto-krzemionkowym, występują w ławicach o miąższości 2–3 m. Zabarwienie piaskowców jest ciemnoszaro-zielone, są drobno- i średnioziarniste. Ze względu na niską jakość aktualnie nie są eksploatowane.

3.1.1.3. Marmury

Na Dolnym Śląsku i Opolszczyźnie znaczenie złożowe, jako kamienie budowlane, w Polsce południowo-zachodniej posiadają zmetamorfizowane wapienie i wapienie dolomityczne, czyli marmury. W regionie kłodzkim bloczne marmury występują w paśmie Krowiarek na obszarze od miejscowości Stronie Śląskie po Żelazno. Zmetamorfizowane wapienie (marmury) występują tu w formie soczew w obrębie kompleksu skał proterozoicznych. Najbardziej znanymi wystąpieniami marmurów w regionie kłodzkim są, położone na południowy zachód od Stronia Śląskiego, złoża Biała i Zielona Marianna. Charakteryzują się one wysokim przekrystalizowaniem oraz dużą zawartością węgla wapnia dochodzącą do 90%. Są to średnio- i grubokrystaliczne marmury kalcytowe, które w dolnych partiach złoża przechodzą w szare i laminowane.

Marmury rejonu Ołdrzychowic–Romanowa, Nowego Waliszowa są określane jako dolomityczne.

Na Dolnym Śląsku marmury w niewielkich złożach występują też w rejonie Wojcieszowa w obszarze wschodniokaczawskim. Złoża te posiadają bardzo liczne nieregularne spękania, co powoduje, że są nieprzydatne do produkcji elementów blocznych.

W Sławniowicach marmur występuje w trzech seriach: zachodniej, środkowej i wschodniej. Skałami tam eksploatowanymi są marmury określane jako:

- wapienie drobnokrystaliczne masywne, barwy kremowożółtej lub kremowej z odcieniem szaroniebieskim, przecięte nielicznymi żyłkami o grubości 1 mm barwy brunatnej. Tekstura skały jest drobno- i nierównokrystaliczna, struktura bezładna, miejscami porowata;
- dolomity wapniste barwy kremowej z licznymi miejscami kierunkowo przebiegających drobnociętych szarych żyłek. Tekstura skały jest drobnokrystaliczna, nierównościarnista, struktura bezładna.

Wystąpienie marmuru wśród skał osłony metamorficznej masywu Strzelina w Przewornie z uwagi na liczne i nieregularne spękania nie rokuje możliwości pozyskania bloków.

3.1.1.4. Gabra

Gabra są eksploatowane z przeznaczeniem na kruszywo. Ich dobra przyczepność do bitumów sprawia, że są one przedmiotem uwagi przemysłu kamienia drogowego. Liczne

przykłady użycia ich na cele budowlane powinny być źródłem zainteresowania możliwością pozyskiwania kamienia budowlanego i dekoracyjnego.

3.1.1.5. Serpentynty

Serpentynty są eksploatowane w jednym jedynie złożu – Nasławice nastawionym na pozyskiwanie kruszywa.

3.1.2. Charakterystyka złóż

Surowce skalne wykorzystywane są w dwóch podstawowych kierunkach:

- 1) produkcji kruszyw (grysów, kłińca, tłucznia, mieszanek, mączek itp.),
- 2) elementów foremnych (płyt okładzinowych, kostek, krawężników, płyt np. na blaty itp.).

Złóża przeznaczone do produkcji elementów blocznych oceniane są na podstawie ich bloczności. W zależności od stopnia spękania złoża, występowania w nim przerostów oraz innych nieciągłości wyznacza się jego kierunek produkcji. Bloczność złoża wyznacza się jako procentowy udział bloków skalnych uzyskanych po odspojeniu i dzieleniu skały na elementy o kształtach zbliżonych do prostopadłościanu w stosunku do objętości wydobytego materiału.

Na Dolnym Śląsku elementy bloczne uzyskuje się głównie ze skał granitowych, sjenitowych i piaskowców, w mniejszym zaś zakresie z marmurów, gabra i serpentynitów.

3.1.2.1. Granity

Na Dolnym Śląsku granit na bloki eksploatowany jest głównie w masywie Strzegom – Sobótka. W masywie strzelińskim eksploatacja prowadzona jest na niewielką skalę, zaś w masywie Żulowej bloki nie są wybierane. W masywie karkonoskim granit bloczny wydobywany jest w niewielkich ilościach jedynie w kopalni Szklarska Poręba-Huta.

Masyw Strzegom–Sobótka jest głównym miejscem eksploatacji złóż granitowych na wyroby bloczne w Polsce. Udokumentowano w nim 1 364 437 tys. Mg bilansowych zasobów geologicznych, co stanowi 77,81% całości udokumentowanych zasobów granitu w Polsce. Dość duże zasoby znajdują się w masywach Strzelina i Żulowej w ilości 284 678 tys. Mg, co stanowi 16,23% zasobów Polski. Pozostałe, niewielkie zasoby, nie mają znaczenia gospodarczego ze względu na fakt, że nie mogą być eksploatowane z powodu uwarunkowań środowiskowych. Analogicznie przedstawia się rozmieszczenie przemysłowych zasobów geologicznych. 82,11% tych zasobów zlokalizowanych jest w masywie Strzegom–Sobótka, pozostałe zaś znajdują się w masywie strzelińskim, a tylko niewielka ich ilość 5 072 tys. Mg, stanowiąca tylko 0,54% zasobów Polski, znajduje się w masywie karkonoskim.

Tab. 3.1. Zestawienie złóż granitu Dolnego Śląska i Opolszczyzny. Stan na 31.12.2011 r. [6]

Lp.	Masyw	Zasoby, [tys. Mg]		Wydobycie, [tys. Mg]	Liczba złóż		
		geologiczne	przemysłowe		całkowita	eksploatowanych	eksploatowanych na bloki
1.	Strzegom-Sobótka	1 364 437	776 889	9 601	60	41	28
2.	Strzelina i Żulowej	284 678*	164 192*	2 110*	14	6	2
3.	Karkonoski	104 181	5 072	5	6	1	1
4.	Kudowej	257	0	0	1	0	0
	Razem:	1 753 553	946 153	11 716	76	46	31

* – Dane masywu Strzelina i Żulowej obejmują złoża woj. dolnośląskiego i opolskiego.

Aktualnie wydobycie granitu prowadzone jest głównie w masywie Strzegom–Sobótka 9 061 tys. Mg rocznie, co stanowi 81,94% jego wydobycia w Polsce. Pozostała część zasobów granitu w ilości 2 110 tys. Mg (18,01%) wydobywana jest ze złóż masywu strzelińskiego, natomiast z masywu karkonoskiego wydobywane jest jedynie 5 tys. Mg granitu rocznie. Zestawienie zasobów, wielkość ich wydobycia oraz liczbę kopalń, w jakich są wydobywane, zawiera tabela 3.1.

Zasoby granitu ze złóż masywu Strzegom–Sobótka eksploatowane są na bloki w 28 złożach (rys. 3.1 i 3.2). Kopalnie, w których prowadzone jest wydobycie granitu na wyroby bloczne zestawione zostały w tabeli 3.2. Tabela obejmuje kopalnie, których podstawową produkcją są wyroby bloczne, w pozostałych kopalniach eksploatujących granit z masywu Strzegom–Sobótka eksploatacja prowadzona jest głównie na kruszywa łamane. Jednak i w tych kopalniach prowadzona jest sprzedaż pojedynczych brył granitowych w różnym zakresie, jak np. w kopalni „Wieśnica”.

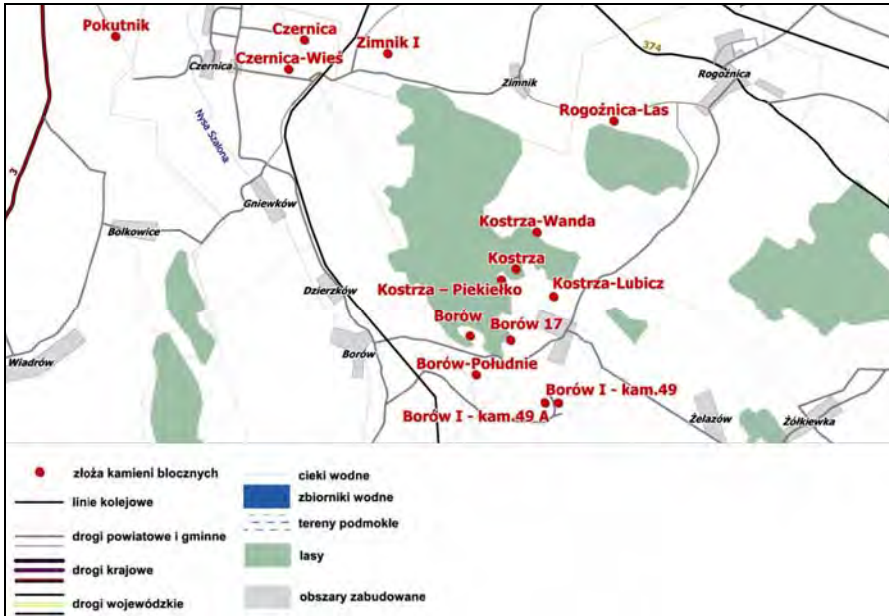
Eksploatacja prowadzona jest również w kopalniach, które wydobywają granit z części złoża na produkty bloczne, z pozostałej na kruszywa łamane. Jedną z takich kopalń są Paszowice eksploatujące złożo Pokutnik. W kopalni tej granit jest eksploatowany na wyroby bloczne. Pozostała część złoża aktualnie jest udostępniana wyrobiskiem, w którym granit będzie urabiany materiałem wybuchowym na kruszywa łamane. Granit na kruszywa łamane wydobywany jest z górnych części złoża. Planuje się, że po zdjęciu tej jego części, w znacznym stopniu zwietrzalej, pozostała część zasobów będzie urabiana na bloki.

Kopalnie prowadzące eksploatację wyłącznie na elementy bloczne realizują proces technologiczny dwoma typami wyrobisk:

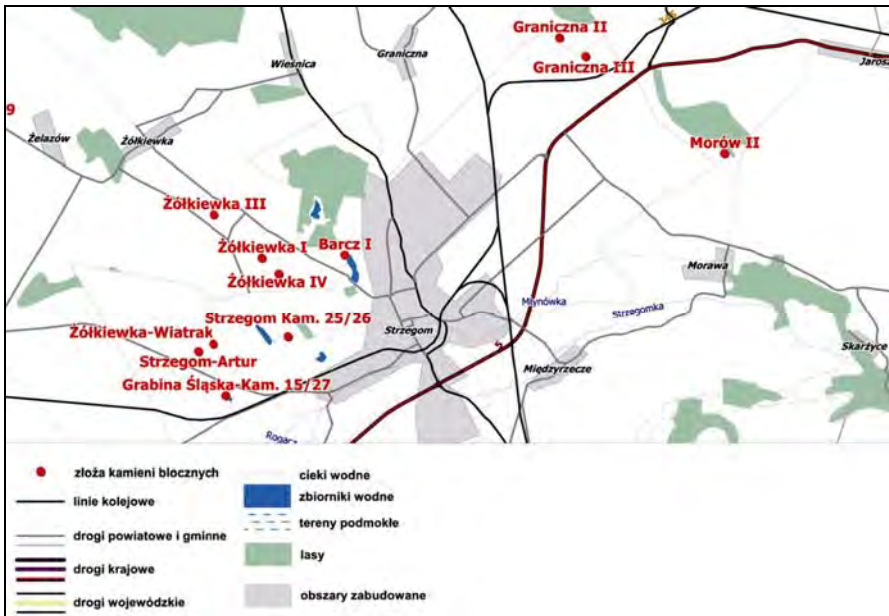
- 1) wgłębny z transportem dźwigami, np. typu Derrick;
- 2) wgłębny i stokowy z transportem ładowarkami kołowymi.

Granity masywu Strzegom–Sobótka posiadają bardzo dobre właściwości fizyczne, dzięki którym mogą być wykorzystywane dla różnych celów w budownictwie ogólnym i drogowym. Granity te dzięki korzystnej bloczności stanowią bardzo dobry materiał do wyrobu drobnych elementów (np. kostki drogowej, krawężników itp.), jak też wielkich bloków i płyt. Z bloków produkowane są płyty stosowane jako kamień dekoracyjny do wykładania wnętrz budynków (ściany, podłogi itp.), jak również do elewacji zewnętrznej budynków i płyt chodnikowych. Granity te są również stosowane do budowy filarów mostów, zapór wodnych, umacniania nabrzeży portowych i rzecznych. Innym zastosowaniem granitu jest stosowanie go do produkcji kamienia łamanego o różnym uziarnieniu. W niewielkich ilościach granit ten jest wykorzystywany do produkcji surowca skaleniowego i ceramicznego. Asortyment produkowanych wyrobów z granitu z rejonu Strzegomia przedstawiono w tabeli 3.3.

W masywach Strzelina i Żulowej aktualnie udokumentowanych jest 14 złóż granitu. Eksploatacja prowadzona jest tylko na 6 złożach: 4 w województwie dolnośląskim (w kopalni „Gęsiniec” wydobycie wstrzymano pod koniec 2011 r., aktualnie nie posiada ona koncepcji na dalszą eksploatację) i 2 w województwie opolskim.



Rys. 3.1. Złoże granitu masywu Strzegom-Sobótka zlokalizowane w północnej części masywu



Rys. 3.2. Złoże granitu masywu Strzegom-Sobótka zlokalizowane w południowej części masywu

Tab. 3.2. Kopalnie granitu masywu Strzegom–Sobótka prowadzące eksploatację kopaliny na wyroby foremne. Stan na 31.12.2011 r. [6, 113]

Lp.	Złoże	Zasoby, [tys. Mg]		Wydobycie, [tys. Mg]	Błocność górnicza, [%]
		geologiczne bilansowe	przemysłowe		
1.	Barcz I	4 156	4 156	28	95
2.	Borów	132 739	57 981	235	90
3.	Borów 17	33 003	33 003	138	65
4.	Borów I – kam. 49	14 699	6 058	45	95
5.	Borów I – kam. 49A	5 726	4 230	87	95
6.	Borów-Południe	8 166	4 362	38	80
7.	Czernica	14 771	14 771	51	40
8.	Czernica Wieś	16 054	4 502	54	40
9.	Grabina Śląska – kam. 15/27	21 655	21 655	124	30
10.	Graniczna II	6 182	6 182	225	30
11.	Graniczna III	4 797	1 116	36	80
12.	Kostrza	4 866	4 003	58	80
13.	Kostrza-Lubicz	8 420	3 053	15	95
14.	Kostrza-Piekiełko	17 067	17 067	24	95
15.	Kostrza Wanda	8 414	8 414	40	90
16.	Łazany II	13 123	13 123	280	
17.	Morów II	27 960	19 431	101	65
18.	Pokutnik	17 490	17 490	44	95
19.	Rogoźnica-Las	9 414	5 145	5	95
20.	Strzeblów II	60 221	60 221	89	50
21.	Strzegom-Artur	25 671	25 671	50	
22.	Strzegom – kam. 18	12 947	11 791	1	
23.	Strzegom – kam. 25/26	42 776	32 726	110	
24.	Zimnik I	39 276	39 276	214	
25.	Żółkiewka I	24 429	22 284	125	
26.	Żółkiewka III	16 163	12 012	16	
27.	Żółkiewka IV	4 926	4 926	22	
28.	Żółkiewka Wiatrak	29 731	26 072	30	95
Razem		624 842	480 721	2 285	

Tab. 3.3. Wyroby foremne wybranych kopalń granitu

Lp.	Kopalnia	Rodzaj wyrobów foremnych:				
		kostka granitowa, [cm]	granit cięty	bloki surowe granitowe	plyty granitowe	
1.	Barcz	4/6, 6/8, 8/10, 15/17	krawężniki, oporniki, plytki poligonalne, kamień murowy, kamień budowlany			
2.	Borów	4/6, 8/10, 8/11, 15/17 fakturowa paryska	krawężniki, oporniki, kamień murowy, kamień budowlany, słupki graniczne	bloki klasy II i III: długość 2,20–2,60 m, szerokość 1,30 m, wysokość 1,10–1,30 m, slaby	polerowane, szlifowane, płomieniowane, parapety, stopnie	
3.	Borów 17	kostka	galanteria	bloki		
4.	Borów I – kam. 49A	kostka	krawężniki		polerowane, szlifowane, schody	
5.	Borów I – kam. 49	kostka		formak budowlany, bryły granitowe, kamień lamany po łupiarkowy		
6.	Borów-Południe	4/6, 7/9, 8/11, 15/17, 8/11/5, 15/17/8	krawężniki, schody		polerowane, szlifowane, groszkowane, płomieniowane	
7.	Czernica	4/6, 7/9, 8/11, 15/17	bloki, kamień murowy, oporniki	bryły granitowe		
8.	Czernica Wieś	4/6, 7/9, 8/11, 15/17	bloki, kamień murowy, oporniki	bryły granitowe		
9.	Grabina Śląska – kam. 15/27	kostka granitowa surowo łupana i cięta	bloki, kamień murowy, krawężniki proste, łukowe		plyty posadzkowe, fasadowe, cokoły, stopnie, parapety	

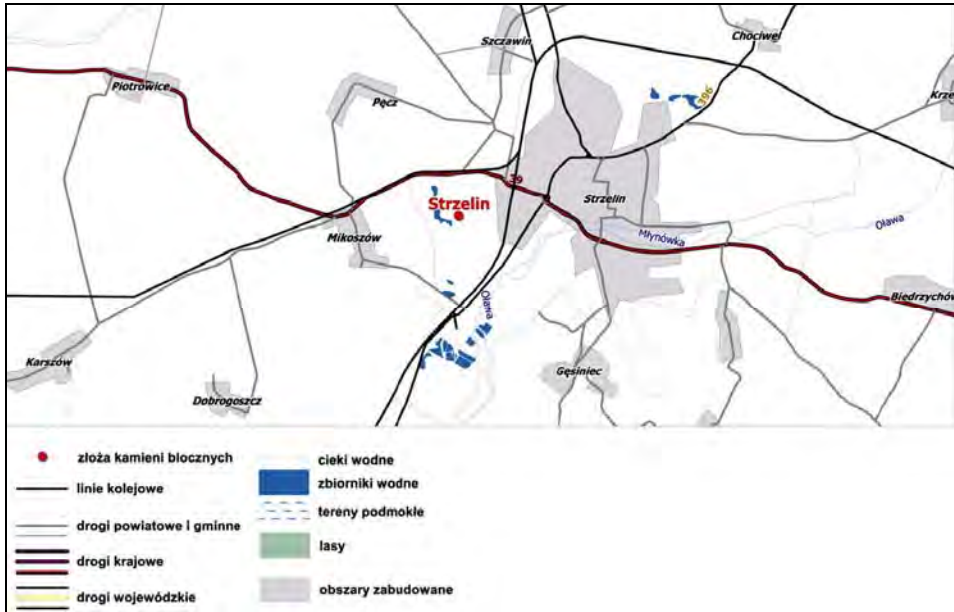
Tab. 3.3. cd.

Lp.	Kopalnia	Rodzaj wyrobów foremnych:			
		kostka granitowa, [cm]	granit cięty	bloki surowe granitowe	plyty granitowe
10.	Graniczna II	4/6, 8/10, 15/17	bloki klasy I, II i B, krawężnik		plyty
11.	Graniczna III		krawężniki		polerowane, szlifowane, groszkowane, płomieniowane, schody, parapety, blaty
12.	Kostrza	4/6, 8/11, 15/17, 10/10/10	krawężniki proste, łukowe	bloki, słaby, kamień murowy	polerowane, szlifowane
13.	Kostrza-Lubicz	4/6, 5/7, 7/9, 8/10, 9/11, 11/13, 13/15, 14/16, 15/17, 19/21		kamień murowy	polerowane, groszkowane, płomieniowane, schody, parapety
14.	Kostrza-Piekiefko	4/6, 8/11, 9/11, 15/17	oporniki, krawężniki proste i łukowe, znaki geodezyjne, pachołki-stupki	kamień murowy łamany	stopnie, podstopnie, parapety, posadzki,
15.	Kostrza Wanda	bd	bd	bd	bd
16.	Morów II	4/6, 7/9, 8/10, 9/11, 15/17	krawężniki proste i łukowe,		szlifowane, polerowane, groszkowane, płomieniowane, szczotkowane i piaskowane, podokienniki, stopnie
17.	Rogoźnica-Las	4/6, 8/11, 15/17		oflisy, kamień murowy	parapety, blaty kuchenne, schody
18.	Pokutnik	4/6, 7/9, 8/10, 9/11, 15/17		kamień murowy	
19.	Strzegom-Artur	bd	bd	bd	bd

Tab. 3.3. cd.

Lp.	Kopalnia	Rodzaj wyrobów foremnnych:				plyty granitowe
		kostka granitowa, [cm]	granit cięty	bloki surowe granitowe	plyty granitowe	
20.	Strzegom – kam. 25/26			bloki, slaby, kamień murowy		
21.	Strzeblów II	4/6, 7/9, 8/10, 9/11, 15/17	bloki	kamień murowy	plyty, krawężniki, parapety granitowe	
22.	Zimnik I	4/6, 7/9, 8/10, 9/11, 15/17	bloki, krawężniki proste i łukowe	kamień murowy, plyty surowe	piaskowanej płomieniowanej groszkowanej i polerowanej stopnice schodowe, stopnice i podstopnice, parapety	
23.	Żółkiewka I			bloki, slaby, kamień murowy		
24.	Żółkiewka III			bloki, slaby, kamień murowy		
25.	Żółkiewka IV		bloki	slaby	polerowanie, płomieniowanie, groszkowanie	
26.	Żółkiewka Wiatrak	4/6, 8/11, 10/12, 15/17, 15/17/8, 16/22	krawężniki, słupy	kamień murowy	groszkowane, piaskowane, płomieniowane, polerowane, szlifowane	

Wydobycie granitu na produkty bloczne prowadzone jest jedynie w dwóch kopalniach masywu strzelińskiego (rys. 3.3). Zestawienie tych kopalń przedstawiono w tabeli 3.4.



Rys. 3.3. Lokalizacja kopalń granitu masywu strzelińskiego eksploatujących granit na wyroby bloczne

Tab. 3.4. Kopalnie granitu masywu strzelińskiego prowadzące eksploatację na elementy bloczne. Stan na 31.12.2011 r. [6]

Lp.	Złoże	Zasoby, [tys. Mg]		Wydobycie, [tys. Mg/rok]	Bloczność górnicza, [%]
		geologiczne bilansowe	przemysłowe		
1.	Mikołów Wieś	843	843	4	95
2.	Strzelin	78 553	63 724	875	10
Razem:		79 396	64 567	879	

Granity karkonoskie udokumentowane są w sześciu złożach. Złoże te jednak są zlokalizowane na terenach chronionych. Eksploatacja na wyroby bloczne prowadzona jest tylko w jednym złożu Szklarska Poręba-Huta (tab. 3.5).

Tab. 3.5. Kopalnie granitu prowadzące eksploatację na elementy bloczne w masywie karkonoskim.
Stan na 31.12.2011 r. [6]

Lp.	Złoże	Zasoby, [tys. Mg]		Wydobycie, [tys. Mg/rok]	Błoczność górnicza, [%]
		geologiczne bilansowe	przemysłowe		
1.	Szklarska Poręba-Huta	5 087	5 068	5	95

3.1.2.2. Sjenity

Sjenity udokumentowane są na Dolnym Śląsku w sześciu złożach. Zasoby geologiczne sjenitu wynoszą 57 077 tys. Mg, zasoby przemysłowe ustalone zostały dla dwóch złóż i wynoszą one 24 404 tys. Mg (tab. 3.6).

Tab. 3.6. Kopalnie sjenitu posiadające koncesję na wydobywanie. Stan na 31.12.2011 r. [6]

Lp.	Złoże	Zasoby, [tys. Mg]		Wydobycie, [tys. Mg/rok]
		geologiczne bilansowe	przemysłowe	
1.	Kośmin	36 879	20 719	728
2.	Przedborowa	3 685	3 685	74
Razem:		40 564	24 404	802

Aktualnie złoża te eksploatowane są na kruszywa łamane.

W kopalni Kośmin obecnie przy wydobywaniu rocznym dochodzącym do 800 tys. Mg pozyskiwane jest tylko około 4 tys. Mg bloków sjenitowych II i III klasy. W kopalni Przedborowa wydobywanie sjenitu jest znacznie mniejsze na poziomie około 100 tys. Mg rocznie. Skala eksploatacji jest przy zastosowaniu strzelań długimi otworami na kruszywa łamane. Bloki uzyskuje się sporadycznie i są one sprzedawane odbiorcom zewnętrznym, podobnie jak i w kopalni Kośmin. Kopalnie nie posiadają własnych linii technologicznych produkujących płyty sjenitowe oraz kostki i inne elementy bloczne.

3.1.2.3. Piaskowce

Piaskowce na Dolnym Śląsku udokumentowane są w 38 złożach o zasobach geologicznych 97 026 tys. Mg. Zasoby przemysłowe zostały ustalone dla 22 złóż. Koncesje na prowadzenie wydobywania piaskowca zostały udzielone na 20 złożach.

Eksploatacja w roku 2010 była prowadzona w 11 złożach, z których wydobyto 89 tys. Mg piaskowca w całości przeznaczonego na wyroby foremne. Zestawienie złóż posiadających koncesję na wydobywanie piaskowca zawiera tabela 3.7.

Tab. 3.7. Zestawienie złóż z udzieloną koncesją na wydobycie piaskowca.
Stan na 31.12.2011 r. [6, 113]

Lp.	Złoże	Zasoby, [tys. Mg]		Wydobycie, [tys. Mg/rok]
		geologiczne bilansowe	przemysłowe	
1.	Bedlno	1 132	1 132	3
2.	Bieganów	2 008	7 774	1
3.	Czaple	2 964	630	3
4.	Długopole	5 053	5 053	11
5.	Nowa Wieś Grodziska III	1 401	1 125	8
6.	Radków	21 095	1 557	14
7.	Rakowiczki	340	340	–
8.	Skała	905	902	5
9.	Szczytna Zamek	2 844	1 303	1
10.	Wartowice	302	302	12
11.	Wartowice II	614	332	–
12.	Wartowice IV	7 983	7 982	–
13.	Wartowice V	2 529	–	–
14.	Zbylutów I	455	76	14
15.	Zbylutów III	2 311	–	–
16.	Zbylutów IV Jan	4 731	–	10
17.	Żeliszów	416	171	–
18.	Żerkowice	1 261	1 261	–
19.	Żerkowice-Skała	407	341	7
20.	Żerkowice-Skała I	1 260	1 260	–
Razem		60 011	31 541	89

Eksploatację złóż prowadzi się głównie wyrobiskami stokowymi: Bedlno, Nowa Wieś Grodziska, Radków, Szczytna Zamek, Skała, Żerkowice. Część wyrobisk jest stokowo-węglana w kopalniach: Bieganów, Długopole, Zbylutów. Pozostałe są węglane: Wartowice, Żerkowice-Skała i Żeliszów.

Tab. 3.8. Zakres produkcji zakładów obróbczych piaskowca

Lp.	Kopalnia	Rodzaj wyrobów foremnych				plyty z piaskowca
		kostka	piaskowiec cięty	bloki surowe		
1.	Bieganów	–	okładzina murowa	bloki, kamień murowy	–	
2.	Długopole	kostka brukowa	okładzina murowa	bloki, kamień murowy		plyty posadzkowe, płytki elewacyjne, parapety
3.	Nowa Wieś Grodziska	–	okładzina murowa	bloki, kamień murowy		plyty fasadowe, posadzkowe
4.	Radków	kostka brukowa	–	bloki, kamień murowy		plyty fasadowe, posadzkowe
5.	Szczytna Zamek	kostka brukowa	–	bloki, kamień murowy		plyty fasadowe, posadzkowe
6.	Zbylutów IV	kostka brukowa	okładzina murowa	bloki wymiarowe, niewymiarowe		plyty

Złóża urabiane są następującymi metodami:

- strzelaniem MW w otworach krótkich,
- klinowaniem ręcznym i mechanicznym,
- rozpieraniem (otwory $\varnothing 36$ mm, Cevamit),
- piłą wiertniczą (w Wartowicach, Żerkowicach i złożu Skała).

Eksploracja piaskowców na Dolnym Śląsku prowadzona jest w małych wyrobiskach np. w kopalni Bieganów.

Przedsiębiorstwa eksploatujące piaskowce posiadają zakłady przerobcze, w których uzyskuje się z wydobytej kopaliny wyroby handlowe. Zakres produkcji przedsiębiorstw eksploatujących złoża piaskowca podano w tabeli 3.8.

3.1.2.4. Marmury

Marmury na Dolnym Śląsku oraz Opolszczyźnie udokumentowane są w 23 złożach o zasobach 435 815 tys. Mg. Zasoby przemysłowe złóż wynoszą 106 059 tys. Mg. Eksploatacja na wyroby bloczne prowadzona jest tylko na dwóch złożach (tab. 3.9).

Pozostałe złoża marmuru eksploatowane są na produkty głęboko rozdrobnione stosowane w przemyśle chemicznym, w metalurgii jako topnik, w budownictwie. Najczystsze partie złoża Romanowo wykorzystywane są do produkcji dolomitu spożywczego i farmaceutycznego.

Tab. 3.9. Zestawienie złóż posiadających koncesję na wydobycie marmuru i eksploatujących go na bloki. Stan na 31.12.2011 r. [6]

Lp.	Złoże	Zasoby, [tys. Mg]		Wydobycie, [tys. Mg/rok]
		geologiczne bilansowe	przemysłowe	
1.	Marianna Biała i Zielona	6 571	6 571	2
2.	Sławniowice	9 318	5 179	1
Razem		15 889	11 750	3

Złoża Marianna Biała i Zielona są eksploatowane materiałem wybuchowym. Uzyskane tym sposobem bryły marmurowe są nieforemne, posiadają liczne mikrospęknięcia. Obróbka bloków prowadzona jest na wielkośrednicowej pile tarczowej. Następnie uzyskane płyty poddawane są dalszej obróbce na linii technologicznej.

Eksploracja złoża w Sławniowicach prowadzona jest również za pomocą materiałów wybuchowych. Złoże posiada bardzo niską bloczność około 6%. Bryły marmuru znajdują się w otaczających je utworach, głównie gliniastych. Z uzyskanego po odstrzale usypu bryły są wydobywane za pomocy koparek łyżkowych lub ładowarek. Następnie ładowane są na sa-

mochody i przewożone do zakładu obróbki marmuru. W pierwszej fazie obróbki bryły rozcinane są piłą na płyty, a następnie na linii produkcyjnej dzielone na płytki.

3.1.2.5. Gabra

Gabra są eksploatowane w masywie Brzeźnicy i Nowej Rudy. W złożach usytuowanych w tych masywach, odpowiednio – Braszowice i Słupiec-Dębówka pozyskiwane jest wyłącznie kruszywo. Perspektywy udokumentowania złóż blocznych wiązać można ze wschodnią częścią masywu Ślęży oraz północno-zachodnim odcinkiem masywu Nowej Rudy.

3.1.2.6. Serpentynty

Są eksploatowane jedynie w złożu Nasławice. Produkowane jest tam głównie kruszywo, przy czym pozyskiwane „przy okazji” większe bryły materiału skalnego są przedmiotem zainteresowania producentów galanterii kamiennej. Opisywany materiał został najwyższej oceny wśród polskich materiałów dekoracyjnych.

3.1.3. Parametry techniczne blocznych surowców skalnych Dolnego Śląska

Dolnośląskie surowce skalne, z których produkowane są bloki mają zróżnicowane parametry techniczne. W zależności od tych parametrów mogą być stosowane do produkcji określonych wyrobów handlowych. W tabelach 3.10 i 3.11 zestawiono parametry techniczne piaskowców i skał granitowych.

Na Dolnym Śląsku główną kopalnią eksploatowaną na surowce bloczne są granity. Aktualnie według stanu na 31.12.2011 roku udokumentowane ich zasoby geologiczne dla 92 złóż wynoszą 1 753,6 mln Mg. Zasoby przemysłowe wyznaczono dla 55 złóż, wielkość ich wynosi 946,2 mln Mg. Wydobycie granitu prowadzone w 31 kopalniach osiągnęło w tym roku 11,7 mln Mg. Jednak tylko część zasobów złóż granitu jest eksploatowana na wyroby bloczne. Obecnie do produkcji elementów foremnych technologicznie przystosowane jest 29 kopalń (28 w masywie Strzegom–Sobótka i jedna w masywach Strzelina i Żulowej). W kopalniach tych w roku 2011 wyprodukowano 2,3 mln Mg wyrobów granitowych.

Najważniejsze złoża granitu blocznego znajdują się w masywie strzegomskim w rejonie Borowa i Kostrzy. Zasoby przemysłowe tych złóż wynoszą odpowiednio 105,6 mln Mg i 32,5 mln Mg przy bloczności osiągającej poziom 95%.

Perspektywy powiększenia bazy zasobowej wiążą się głównie z masywem Strzegom–Sobótka. W rejonie tym znajduje się 16 złóż udokumentowanych, obecnie nieeksploatowanych, o zasobach geologicznych 276 mln Mg. Zasoby przemysłowe wydzielono jedynie dla 3 złóż i wynoszą one 27,0 mln Mg. W masywach Strzelina i Żulowej znajduje się 6 udokumentowanych złóż granitu o zasobach geologicznych 84,2 mln Mg. Jedno złożo z tego masywu Strzegów–Gęsiniec posiada zasoby przemysłowe 33,1 mln Mg. Złoża granitu karkonoskiego oraz położone w pobliżu Kudowej ze względu na uwarunkowania środowiskowe nie mogą być eksploatowane.

Tab. 3.10. Parametry techniczne piaskowców dolnośląskich

Lp.	Złoże	Wytrzymałość na ściskanie, [Mpa]	Ciężar właściwy, [g/cm ³]	Ścieralność na tarczy Boehmego, [cm]	Nasiąkliwość, [%]	Mrozoodporność
1.	Bieganów	64,0	2,50	0,73	4,5	25 cykli
2.	Czapple	46,6	2,60	1,61	7,2	25 cykli
3.	Długopole	107,0	2,28**	0,193*	3,30	całkowita
4.	Radków	53,5	2,59 2,20**	0,43	4,0	25 cykli
5.	Skąła	48,2	2,64	1,33	1,1	25 cykli
6.	Szczytna Zamek	130,0	2,31**	0,71	3,02	całkowita
7.	Wartowice III	67,4	2,05**	0,67	4,53	25 cykli
8.	Żerkowice	60,0	–	–	–	48 cykli*

* Dane z kopalni.

** Gęstość objętościowa.

Tab. 3.11. Parametry techniczne granitów dolnośląskich

Lp.	Złoże	Wytrzymałość na ściskanie, [MPa]	Ciężar właściwy, [g/cm ³]	Ścieralność na tarczy Boehmego, [cm]	Ścieralność w bębnie Devala, [%]	Nasiąkliwość, [%]	Mrozoodporność
1.	Borów	98-170, średnio 132,1	2,6-2,68	0,317	6,2	0,36	całkowita
2.	Borów 17	98-170	2,6-2,68	0,317	3,4-15	0,2-0,8	całkowita
3.	Borów I – kam. 49A	62-178	2,60-2,63	0,21-0,30	-	-	-
4.	Borów I – kam. 49	108,2-158,3	2,62	0,23	-	0,29	całkowita
5.	Borów-Południe	190	-	-	-	-	-
6.	Czernica	694-1570, średnio 1253	2,58-2,63	-	-	0,3-0,7	-
7.	Czernica Wieś	69,4-222	2,6-2,62	0,15-0,37	-	0,3-0,8	25 cykle
8.	Grabina Śląska – kam. 15/27	56-190,5	2,63-2,65	0,19-0,33	-	-	25 cykle
9.	Graniczna II	54-133, średnio 100,1	2,60-2,64	0,10-0,54, średnio 0,32	4,1	0,22-0,75, średnio 0,54	25 cykle
10.	Graniczna III	122,9	2,62	-	4,1	0,37	całkowita
11.	Kostrza	41-146, średnio 106	2,58-2,63, średnio 2,61	0,15-0,40, średnio 0,2	-	0,3-0,9, średnio 0,49	23-25, średnio 25
12.	Kostrza-Piekielko	70-146,9, średnio 109,6	2,6	0,15-0,32, średnio 0,2	-	0,3-1,2, średnio 0,5	25 cykle
13.	Morów II	128,8	2,7	0,49	6,3	0,98	dobra
14.	Rogoźnica-Las	73-222, średnio 145,9	2,6	0,13-0,79, średnio 0,38	-	0,3-2,3, średnio 0,7	18-25, średnio 24 cykle

Tab. 3.11. cd.

Lp.	Złoże	Wytrzymałość na ściskanie, [MPa]	Ciężar właściwy, [g/cm ³]	Ścieralność na tarczy Boehmega, [cm]	Ścieralność w bębnie Devala, [%]	Nasiąkliwość, [%]	Mrozoodporność
15.	Pokutnik						
16.	Strzegom – kam. 25/26	175,0	2,6	–	–	0,37	całkowita
17.	Strzeblów II	175,2	2,60	–	–	0,6	–
18.	Zimnik I	185,1	2,62	–	–	0,45	–
19.	Żółkiewka I	187,0	2,6	–	–	0,34	całkowita
20.	Żółkiewka III	186,0	2,62	–	–	0,31	całkowita
21.	Żółkiewka Wiatrak	158,0	2,66	0,199	7,60	0,31	–

Na Dolnym Śląsku udokumentowanych jest 38 złóż piaskowców o zasobach geologicznych 435,1 mln Mg. Zasoby przemysłowe wyznaczono dla 22 złóż i wynoszą one 106,1 mln Mg.

Główne rejonory wydobywania piaskowca znajdują się w Kotlinie Kłodzkiej oraz w pasie między Złotoryją a Bolesławcem. Eksploatacja złóż w Kotlinie Kłodzkiej napotyka na duże ograniczenia środowiskowe. Znacznie większe perspektywy rozwoju wydobywania posiadają złoża zlokalizowane w rejonie Złotoryi, Lwówka Śląskiego i Bolesławca.

Tab. 3.12. Wyniki badań jakościowych granitów dolnośląskich według norm europejskich

Rodzaj oznaczenia	Jednostka	Kopalnia		
		Strzegom – 25/26	Żółkiewka I	Żółkiewka III
Gęstość objętościowa według normy EN 1936	[kg/m ³]	2621	2627	2629
Porowatość otwarta według normy EN 1936	[% obj.]	0,98	0,88	0,81
Nasiąkliwość wodą przy ciśnieniu atmosferycznym według normy EN 13755	[% wag.]	0,37	0,34	0,31
Mrozoodporność po 48 cyklach według normy EN 1936	[% obj.]	0,03	0,02	0,02
Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym według normy EN 1926	[MPa]	175	187	186
Wytrzymałość na ściskanie po 48 cyklach zamrażania według normy EN 1926	[MPa]	158	163	162
Wytrzymałość na zginanie w stanie powietrzno-suchym według normy EN 12372	[MPa]	12,7	11,6	11,2
Wytrzymałość na zginanie po 48 cyklach zamrażania według normy EN 12372	[MPa]	12,2	10,3	10,1
Odporność na ścieranie według normy EN 14157	[mm ³]	6103	6056	6078
Odporność na szok termiczny według normy EN 14066	[% wag.]	0,01	0,01	0,02

3.2. Złoża bloczne w Polsce południowo-wschodniej

J. Bromowicz, B. Figarska-Warchoł

Kamienne bloki w Polsce południowo-wschodniej są wydobywane ze złóż skał osadowych zawierających wapnienie i dolomity (skały węglanowe) oraz piaskowce. Są one rozmieszczone w różnych regionach geologicznych Polski, jak i ogniwach stratygraficznych. Skały te powstały w odmiennych środowiskach sedymentacyjnych, a ich lityfikacja była wynikiem działania procesów diagenetycznych o różnym przebiegu i nasileniu. Doprowadziło

to do niejednorodności we właściwościach fizyczno-mechanicznych skał, jak też i ich walorach dekoracyjnych. Bloki skał węglanowych są możliwe do wydobycia w kamieniołomach złóż usytuowanych w Górach Świętokrzyskich, w obrębie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej oraz na Roztoczu. Bloki piaskowcowe mogą być wydobywane ze złóż usytuowanych w Górach Świętokrzyskich oraz w Karpatach.

W ocenie złóż kamieni blocznych, a szczególnie ich zasobów na omawianym obszarze, wzięto pod uwagę zarówno czynne, jak i zaniechane oraz rozpoznane złoża, w których są lub były pozyskiwane bloki, jak też i takie, co do których z racji wykształcenia serii złóżowych, bloki mogą być przedmiotem eksploatacji. Zainteresowano się też złożami, w których wydobywano niegdyś materiały kamienne powszechnie stosowane w krajowej architekturze, często jako materiały dekoracyjne, mimo że aktualnie są one nieczynne.

3.2.1. Złoża blocznych skał węglanowych w Górach Świętokrzyskich

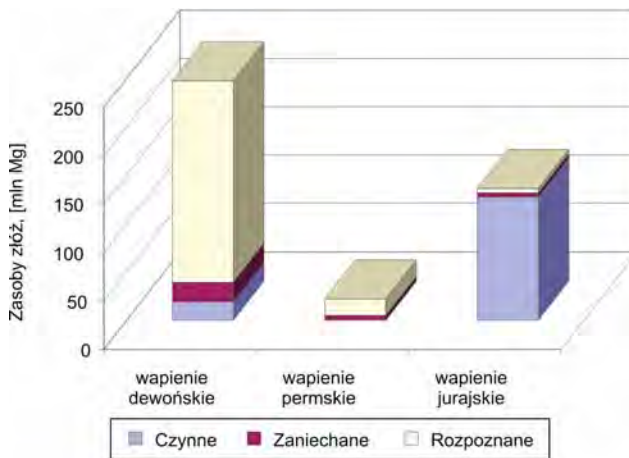
Wystąpienia blocznych skał węglanowych związane są z osadami dewonu i permu w centralnej części Gór Świętokrzyskich, zwanej trzonem paleozoicznym oraz z osadami jury, kredy i trzeciorzędu w jego obrzeżeniu. Jako materiał bloczny szczególnie interesujące są wśród nich grubolawicowe, silnie zlifyfikowane odmiany skał węglanowych o bogatej kolorystyce, posiadające zdolność do przyjmowania poleru, zwane, jak już wcześniej wspomniano, w nomenklaturze kamieniarskiej *marmurami*, zaś w geologicznej – *marmurami technicznymi*. Należą do nich węglanowe skały paleozoiku, a częściowo także wapienie jurajskie.

Wśród utworów dewonu interesujące są głównie wapienie, podczas gdy podobnie wykształcone dolomity nie są i nie były w większym zakresie wydobywane w formie bloków. Wapienie te mają miąższość rzędu 300–400 m, a ich wychodnie skupione są pomiędzy Kielcami a Chęcunami i Morawicą w powiecie kieleckim oraz w okolicy Łagowa w powiecie opatowskim. Ich barwa jest bardzo zmienna. Oprócz odmian ciemno- i jasnoszarych, które z reguły dominują, w różnym udziale spotyka się wapienie o barwie żółtawej, różowawej, fioletowej, zielonoszarej, a nawet zupełnie czarnej. Zawierają mniej lub bardziej liczne spękania zabliźnione białym lub zabarwionym na żółto i czerwono kalcytem [88]. Ich charakterystyczną, a zarazem dekoracyjną cechą jest obecność bogatej fauny reprezentowanej głównie przez amfipory i stromatopory, rzadziej brachiopody. Większe nagromadzenia amfipor dają możliwość wydzielenia *robaczkowego typu* marmuru, zaś podwyższona zawartość stromatoporów daje *typ kulisty*. Wśród wapieni permskich *marmurami* zwane są zlepieńce złożone głównie z otoczków skał węglanowych połączonych bogatym kalcytowym spoiwem. Ich najbardziej znaną odmianą są *zlepieńce zyguntowskie*, występujące w złożu Zyguntówka na Czerwonej Górze pod Kielcami. O ich wysokich walorach dekoracyjnych decyduje zróżnicowana wielkość i barwa otoczków, czerwone zabarwienie spoiwa oraz silna lityfikacja, pozwalająca na przyjmowanie faktury polerowanej [33].

Historia wydobycia i obróbki omawianych kamieni sięga XVI wieku, na co wskazują wykonane z nich tablice inskrypcyjne z datami 1553 i 1569 [36]. Informacje o późniejszym

wydobyciu marmurów w okolicach Chęcín i ich wykorzystaniu podawane są w wielu publikacjach, sprawozdaniach z lustracji dóbr królewskich i zachowanych rękopisach, zestawionych w pracy H. Łopacińskiego [68]. Widać z nich jak okresy rozkwitu i zaniku kamieniarskiego rzemiosła, a potem przemysłu są nierozdzielnie związane z losami Rzeczypospolitej.

Mamy na omawianym obszarze 16 złóż blocznych wapieni dewońskich, w których pojawiają się też wapienie dolomityczne i dolomity. Wśród nich 2 są czynne, 5 zaniechanych i 9 rozpoznanych. Ich średnia miąższość waha się od 8,7 do 68,5 m, przy czym dla większości złóż zawarta jest w granicach 20–50 m. Różna jest ich powierzchnia – od około 2 do ponad 60 ha, ale ponad połowa zajmuje obszar w granicach 4–25 ha. Powyższe wahania miąższości i powierzchni złóż mają wpływ na zróżnicowanie wielkości ich zasobów bilansowych, których suma dla złóż czynnych przekracza 19 mln Mg, dla zaniechanych 20 mln Mg i 208 mln Mg dla rozpoznanych (rys. 3.4). Trzeba tu wyjaśnić, że znaczna część tych złóż, zwłaszcza o dużych zasobach, była dokumentowana z uwzględnieniem możliwości produkcji kruszywa o dobrych właściwościach fizyczno-mechanicznych spowodowanych silną lityfikacją omawianych skał. Istnieją również zasoby perspektywiczne w wyróżnionych 7 obszarach, których suma wynosi ponad 700 mln Mg [97].



Rys. 3.4. Zasoby złóż wapieni przyjmujących poler w Górach Świętokrzyskich

Spośród wystąpień *marmurów* paleozoicznych na specjalną uwagę zasługują kamieniołomy usytuowane w obrębie złóż Bolechowice i Zygmunćówka [13]. W pierwszym z nich, znanym pod nazwą *Panek* i uważanym za najstarsze, ciągle czynne wyrobisko produkowane jest kruszywo, drugie zaś jest nieczynne. Serie złożowe obu są wykształcone w sposób szczególny. W Bolechowicach barwy wapieni często brązowe z różowym odcieniem odbiegają od dominującej zwykle szarej barwy wapieni dewońskich. Fauna, według J. Kaźmierczaka [48], złożona głównie ze stromatoporoidów o zróżnicowanej wielkości, małżów, kora-

lowców, szkarłupni i ślimaków wraz ze zmienną barwą powoduje duże urozmaicenie optyczne polerowanych powierzchni. Zmienna ilość fauny w poszczególnych ławicach, a także zróżnicowany jej inwentarz oraz obecność również biogenicznego pochodzenia mat glonowych, a także kulistych onkoidów, zwiększa możliwości uzyskiwania wielu odmian barwnych i strukturalnych opisywanych wapieni. W złożu Zyguntówka o ponad 7-hektarowej powierzchni, połogo zalegająca 20-metrowa seria złożowa stanowi zaledwie 20% miąższości zlepieńca. Jego unikalność wynika ze sposobu wykształcenia spoiwa i składu materiału okrucowego. Spoiwo typu matrix ma czerwoną barwę, której towarzyszy biała, związana z silnie rozwiniętymi żyłami kalcytu pochodzenia hydrotermalnego [123]. Skład materiału okrucowego jest dosyć jednorodny, złożony głównie z różnie obtoczonych otczaków dewońskich wapieni z niewielką ilością dolomitów [51]. Lokalnie rozwinięty wysoki stopień lityfikacji, być może związany ze wspomnianą działalnością roztworów hydrotermalnych sprawia, że skała ta przyjmuje poler i utrzymuje go izolowana od wpływów warunków atmosferycznych. Inne wystąpienia zlepieńca zyguntowskiego mają znacznie gorsze właściwości wynikające ze składu bądź to spoiwa, bądź też materiału okrucowego.

W obu kamieniołomach, nawet pomimo strome go zalegania warstw w Bolechowicach, orientacja płaszczyzn podzielności daje układ prawie ortogonalny, a ich odległości sprawiają, że oceniony dla kamieniołomu Panek wskaźnik bloczności geologicznej (44%) był najwyższy spośród badanych złóż wapieni dewońskich, a dla Zyguntówki, najwyższy spośród wszystkich badanych złóż skał osadowych w Polsce i wyniósł ponad 60% [16]. Różny jest natomiast stopień rozdrobnienia materiału blocznego, silny dla wapieni z Bolechowic – ograniczający możliwości wydobycia dużych bloków i słaby dla zlepieńców – zapewniający możliwości wydobycia bloków bardzo dużych.

Zaliczane do marmurów wapienie jurajskie omawianego obszaru związane są z dwoma kompleksami – starszym, znanym pod nazwą tuberolitowych wapieni morawickich i młodszym, zawierającym wapienie oolitowe.

Wapienie morawickie o stałej miąższości około 130 m składają się z doskonale uławionych, pelitycznych wapieni o miąższościach w granicach 20–360 cm. Zawierają faunę glononogów, ramienionogów, rzadziej gąbek i jeżowców. Obecne są też krzemienie. Barwa wapieni jest jasno- lub żółtawoszara. Charakterystycznym, wyróżniającym je składnikiem są obserwowane na przełamach ciemniejsze od tła plamki o zróżnicowanych wielkościach i kształtach, niekiedy zabarwione na niebiesko. Wapienie te są składnikiem serii złożowych o średniej miąższości w granicach 20–30 m dwóch czynnych złóż: Wola Morawicka, Morawica III i rozpoznanego złoża Wola Morawicka – Góra Orła.

Układ płaszczyzn podzielności analizowany w złożu Wola Morawicka jest bardzo regularny, co warunkuje łatwość w uzyskiwaniu brył prostopadłościennych. Korzystnie też kształtuje się natężenie występowania płaszczyzn podzielności poszczególnych zespołów, dające średnie odległości od 0,6 do 1,0 m. Taki układ powoduje, że złożo to należy do najbardziej blocznych (wskaźnik bloczności przekracza 50%) złóż marmurów technicznych.

Wśród młodszych wapieni jurajskich zainteresowanie budzą wapienie oolitowe. Tworzą one kompleksy o miąższości kilkudziesięciu metrów, grubo-, rzadziej zaś średnio- i cien-

koławicowe. Barwa ich jest biała i żółtawa, a ich właściwości fizyczno-mechaniczne, podobnie jak poprzednio opisanych, zapewniają możliwość zachowania poleru w przypadku zastosowania w pomieszczeniach. Na wygładzonych powierzchniach widoczne są oolity, okruchy wapieni oraz pokruszone szczątki organiczne. Dla celów dekoracyjnych, jako materiał bloczny wykorzystywać można odmiany o najwyższym stopniu lityfikacji. Wapienie takie występują w wielu odsłonięciach południowo-zachodniej części obrzeżenia Gór Świętokrzyskich [87] i były eksploatowane w formie bloków ze złoża Gołuchów w pobliżu Pińczowa. Są one wydobywane dla produkcji kruszywa w złożu Głuchowiec i rozpoznane w złożu Głuchowiec II, którego średnia miąższość wynosi 70 m, na powierzchni 27 ha.

Pozostałe złoża wapieni jurajskich Gór Świętokrzyskich, głównie usytuowane w południowo-zachodnim obrzeżeniu ich trzonu paleozoicznego, zawierają odmiany nie przyjmujące faktury polerowanej, lecz możliwe do wydobycia w formie bloków i wykorzystania jako materiały architektoniczne i dekoracyjne. Są to po dwa złoża czynne i zaniechane oraz 6 rozpoznanych. Ich serie złożowe zawierają gruboławicowe wapienie czasem z krzemieniami, często oolitowe o różnym stopniu lityfikacji, o barwach szarych i żółtych, często użyłone kalcytem. Miąższości serii złożowych mają głównie w granicach od 15 do 40 m, powierzchnię najczęściej kilkunastohektarową i zasoby bilansowe w granicach od 0,8 mln Mg do ponad 40 mln Mg.

Silnie porowate białe lub żółtawe skały kredowe, znane jako opoki, należą do wapieni lekkich. Zawierają peltyczny węgiel wapienia w towarzystwie krzemionki, której źródłem były głównie igły gąbek. Dzięki gruboławicowemu wykształceniu serii złożowych i małej intensywności płaszczyzn podzielnosci ich złoża położone w okolicy Janikowa dają możliwości pozyskiwania bloków. Były one stosowane, jako materiały budowlane i rzeźbiarskie od XVI wieku [115]. Aktualnie ich złoża są zaniechane.

Położone na południowych stokach Gór Świętokrzyskich, trzeciorzędowe wapienie organodetrytyczne od wczesnego średniowiecza są wykorzystywane jako materiał budowlany i rzeźbiarski [76]. Należą do wapieni lekkich i znane są, między innymi, jako wapienie pińczowskie. Są jasnożółtawe, z czasem zmieniają barwę na szarobrązową i żółtoszarą. Mają zmienną zwięzłość i dużą porowatość wynikającą z niskiego stopnia lityfikacji. Należą do skał łatwo poddających się obróbce i stąd jako jedna z niewielu skał nadają się do rzeźbienia bardzo delikatnych detali o przestrzennej architekturze. Występowanie w grubych ławicach i rzadko pojawiające się spękania ciosowe zapewniają łatwość pozyskiwania bloków. Czynne są dwa złoża tych wapieni, zaniechano eksploatacji w trzech, rozpoznano w jednym i wyznaczono trzy obszary prognostyczne, a ich udokumentowane zasoby są bardzo duże.

3.2.2. Złoża blocznych skał węglanowych Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej

Na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej bloczne materiały kamienne związane są z utworami dewonu, karbonu, triasu i jury. W pierwszych dwóch wymienionych ogniwach występują silnie zlityfikowane wapienie o właściwościach warunkujących przyjmowanie

poleru. W pozostałych wyjątkowo tylko wzrasta stopień lityfikacji, dając jedynie lokalnie możliwości przyjmowania poleru.

Paleozoiczne skały węglanowe pojawiają się na powierzchni w niewielu miejscach. Utwory dewońskie i karbońskie znane są z okolic Krzeszowic, zaś w okolicy Zawiercia i Siewierza ukazują się wyłącznie dewońskie. Są to obszary występowania stref antyklinalnych, w których paleozoiczne podłoże zostało tektonicznie podniesione. W tych miejscach erozja doprowadziła do usunięcia monoklinalnie zalegających nad utworami paleozoicznymi osadów triasu, jury i kredy.

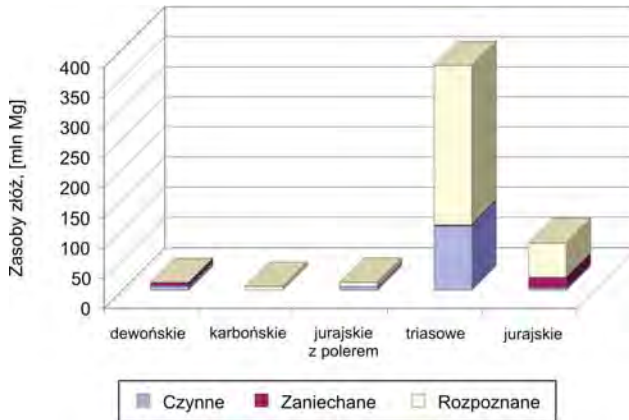
Bloki są wydobywane w kamieniołomach wapieni dewońskich okolic Krzeszowic, dolomitów triasowych w okolicy Libiąża oraz wapieni jurajskich w kilku miejscach w obrębie Jury Krakowsko-Wieluńskiej. Aktualnie nigdzie nie są pozyskiwane wapienie karbońskie, mimo iż w przeszłości były one źródłem bloków, z których wykonywano elementy dekoracyjne.

Eksplloatowane w formie bloków, wapienie dewońskie w okolicy Krzeszowic znane są pod nazwą *wapieni dębnickich*. Stanowią charakterystyczny materiał dekoracyjny dla wnętrz większości polskich kościołów. Obok czarnej barwy i zdolności przyjmowania poleru posiadają białe użyczenie, zawierają szczątki organiczne oraz struktury i tekstury nadające urozmaicony wygląd ich wypolerowanej powierzchni. Dzięki pracy W. Tatarkiewicza [111] wiadomo, że najstarsze, wiarygodne wiadomości dotyczące wydobywania wapieni pochodzą ze spisu majątności zakupionych przez Agnieszkę Firlejową dla zakonu Karmelitów z 1643 roku, gdzie jest mowa o wydobyciu czarnego i białego marmuru w wyrobiskach należących do dwóch właścicieli. Wyrobiska te zwane w dokumencie gorami usytuowane były zapewne w obrębie wychodni czarnych wapieni dewońskich i jasnych karbońskich oraz żył kalcytowych je przecinających, albowiem spis obejmował obszar Dębника, Czernej i Paczółtowic, gdzie znajdują się wychodnie tych skał. Dalsze losy pozyskiwania i obróbki omawianych skał są podobne do losów wapieni chęcińskich i związane z sytuacją ekonomiczną Rzeczypospolitej.

Ponad czterystuletnia tradycja stosowania marmurów dębnickich w architekturze sprawia, że na ich wychodni liczącej zaledwie 48 ha powierzchni i tylko 35 m miąższości znajduje się kilkanaście kamieniołomów różnej wielkości. Największe z nich są związane ze złożami Dębник i Dębник I. Skromny obszar wychodni, silne zaangażowanie tektoniczne powodujące skomplikowany obraz orientacji płaszczyzn podzielności oraz zjawiska kontaktowe wywołane obecnością żył porfirowych, dają słabe możliwości uzysku prostopadłościennych brył i to na ogół o niewielkiej objętości. Jest to jednakże jedyne miejsce w naszym kraju, gdzie istnieją możliwości pozyskiwania bloków czarnych wapieni przyjmujących fakturę polerowaną [10]. Przekraczające 12 mln Mg zasoby obu wspomnianych złóż udokumentowane na powierzchni ponad 10 ha wiążą się z trudnymi warunkami geologiczno-górnictwami wywołanymi dużą miąższością przykrywających wapienie dębnickie, koniecznych do wydobywania, nierokujących możliwości pozyskania bloków wapieni gruzłowych.

Możliwości wydobywania bloków w okolicy Krzeszowic wiązać można też z wapieniami karbońskimi (wapienie węglowe turneju), niegdyś wydobywanymi w kilku kamieniołomach w dolinie Raclawski. Są to silnie zlityfikowane, przyjmujące poler wapienie barwy żółta-

woszarej, niekiedy z czerwonym zabarwieniem w ławicach o miąższościach powyżej 1 m. Zostały one udokumentowane w jedynym rozpoznanym złożu Paczółtowiec na powierzchni ponad 4 ha z zasobami przekraczającymi 6 mln Mg, przy średniej miąższości 31 m (rys. 3.5).



Rys. 3.5. Zasoby złóż blocznych skał węglanowych na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej

Bloki dolomitów triasowych od średniowiecza są pozyskiwane w obrębie dolomitów diploporowych. Jest to zespół ławic o miąższościach najczęściej około 1 m, tworzących, zwykle połogo zalegający, maksymalnie 50-metrowy kompleks skalny. Są to drobnodetrytyczne dolomity o dość jednorodnej kolorystyce jasno szarozółtej, niekiedy rdzawe. Składniki okruczowe skały opisane przez J. Myszkowską [80] są urozmaicone. Są to zarówno intraklasty i ooidy, jak i szczątki organiczne reprezentowane głównie przez liliowce, ślimaki, małże i małżoraczki. Charakterystycznym składnikiem organicznym są glony, spośród których obecność alg – diplopor stała się źródłem nazwy omawianych skał. Do walorów dekoracyjnych tego materiału, oprócz barwy i skamieniałości, należy też obecność wypełnionych węglanami – kawern [10]. Skały te rzadko się polerują, zwykle używane są w formie szlifowanej lub z naturalną, rwaną powierzchnią, są odporne na działanie warunków atmosferycznych.

Kamieniołom, w którym od dawna pozyskiwano bloki dolomitu diploporowego należy do złoża Libiąż. Jest to duże, wgłębne wyrobisko nastawione głównie na produkcję kruszywa z dolomitów kruszconośnych podścielających diploporowe. W 13-metrowym odcinku profilu serii złożowej przypadającym na dolomity diploporowe układ płaszczyzn podzielności jest ortogonalny, sprzyjając możliwości uzysku bloków, jednakże niewielka miąższość ławic i częste spękania jednego z zespołów ciosowych obniżają możliwości pozyskiwania zwłaszcza dużych bloków.

Pozyskiwanie bloków dolomitów diploporowych jest możliwe w 14 złożach, z których 4 są czynne, jedno zaniechane, a 9 ma zasoby rozpoznane (rys. 3.5). Były one dokumento-

wane dla różnego wykorzystania kopaliny czy to na kruszywo, czy też jako topnik wielkopieczowy lub materiały ogniotrwałe. Przy ocenie perspektyw rozwinięcia na większą skalę pozyskiwania bloków dolomitów diploporowych konieczny jest przegląd informacji zawartych w dokumentacjach pod kątem wydzielenia obszarów rokujących największe możliwości uzysku prostopadłościennych brył o stosownych wymiarach, interesujących walorach dekoracyjnych i korzystnych właściwościach fizyczno-mechanicznych. Możliwości wyróżnienia takich obszarów ułatwiają duże powierzchnie dokumentowanych złóż oraz połogie zaleganie warstw. Na szczególną uwagę zasługują złoża położone w obrębie zwartych kompleksów skał węglanowych triasu, gdyż złoża położone w obrębie południowych wychodni, na wyniesionych blokach tektonicznych są zapewne silniej spękane. Godne uwagi są złoża: Niesułowice-Lgota w gminie Olkusz o powierzchni prawie 75 ha zawierające wyłącznie dolomity diploporowe o średniej miąższości 18,9 m, a także Byczyna w gminie Jaworzno, gdzie w obrębie zasobów dolomitów diploporowych przekraczających 5 mln ton w dokumentacji są podawane wskaźniki bloczności – 25% w zaniechanym wyrobisku i 15% dla wyróżnionej części złoża. Trzeba też rozpatrzyć podobne możliwości w złożu Chruszczobród o ogromnej powierzchni 147 ha, gdzie miąższości poziomo zalegających dolomitów diploporowych sięgają 55 m, przy średniej 43,3 m [14].

Wśród wapieni jurajskich Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej na uwagę zasługuje szczególna odmiana wapieni jurajskich nazwana przez A. Wierzbowskiego [118] skalistym wapieniem zalesiackim. Są to gruboławicowe, silnie zlityfikowane wapienie o barwach jasnych, żółtobrazowych, żółtawoszarych i żółtordzawych, zawierające zwykle kierunkowo ułożone makropory o wielkości do kilku, a nawet kilkunastu centymetrów. Wysoki stopień lityfikacji umożliwia nadawanie tej skale faktury polerowanej, a obecność kawern powoduje, że wapień, wśród kamieniarzy, jest błędnie określany mianem *polskiego trawertynu*. Są one przedmiotem eksploatacji na kruszywo w złożach Zalesiaki i Raciszyn II, gdzie na małą skalę prowadzona jest też eksploatacja bloków. Rozpoznane są one także w złożu Raciszyn. To ostatnie złożo jest szczególnie godne zainteresowania, albowiem pozwala na rozwinięcie szerokiej eksploatacji połego zalegających, na obszarze ponad 20 ha, gruboławicowych wapieni o wysokich walorach dekoracyjnych udokumentowanych do głębokości 25 m. W złożu tym, rozpoznanych kilkunastoma otworami wiertniczymi, bloczność powinna wynosić około 20% sięgając 40% w pobliżu starych, zaniechanych wyrobisk [9]. Mniejsze możliwości ma złożo Zalesiaki z uwagi na prowadzoną tam eksploatację nastawioną na pozyskiwanie kruszywa oraz złożo Raciszyn II, gdzie w serii złożowej zaznacza się większy udział słabiej zlityfikowanych wapieni [104].

W obrębie pozostałych wychodni wapieni jurajskich opisywanego obszaru, spośród wyróżnianych wśród nich odmian o charakterze facji, największe możliwości pozyskiwania bloków dają wapienie uławiczone. Pojawiają się w grubych, sięgających 2 m ławicach o regularnym ortogonalnym układzie płaszczyzn spękań. Są one jasnobrazowe na świeżym przełamie i białe po zwiertzeniu, zwykle detrytyczne z licznymi bio- i intraklastami, a także krzemieniami. W większości nie przyjmują faktury polerowanej. Obok wapieni uławicowych zwykle pojawiają się nierokujące możliwości pozyskiwania bloków wapienie skaliste

i płytowe. Pierwsze, masywne mają nieregularny układ płaszczyzn podzielności, drugie zaś słabiej zlityfikowane, rzadko są gruboławicowe i stąd przy wydobyciu dają bryły kształtem zbliżone do płyt. Wśród udokumentowanych złóż, gruboławicowe wapienie uławicone przeważają w 6 złożach (rys. 3.5). Po dwa z nich są czynne, zaniechane i rozpoznane. Mają one średnie miąższości w granicach 13–51 m, przy najczęściej wynoszącej 30 m. Zajęte przez nie powierzchnie wahają się od 2 do prawie 40 ha dla największego z nich złoża – Porąbka w okolicy Trzyciąża, w którym rozpoznane zasoby są największe wśród powyższych złóż i przekraczają 48 mln Mg.

3.2.3. Złoża blocznych skał węglanowych Rostocza

Możliwe do wykorzystania w formie materiałów blocznych wapienie na tym terenie związane są z utworami wieku trzeciorzędowego. Są w przewodzie organodetrytyczne o zmiennej zwięzłości i dużej porowatości wynikającej z niskiego stopnia lityfikacji. Zmienny stopień lityfikacji sprawia, że z jednej strony często bywają rozsypliwie, z drugiej zaś należą do skał łatwo poddających się obróbce i stąd od wczesnego średniowiecza są wykorzystywane jako materiał rzeźbiarski i budowlany. Ich duża porowatość powoduje, że należą do wapieni lekkich, wykorzystywanych do wznoszenia murów pomieszczeń mieszkalnych w naszych warunkach klimatycznych. Ich występowanie związane jest z pasem wychodni o szerokości około 10 km na południe od Janowa Lubelskiego i Kraśnika, ciągnących się pomiędzy Wisłą a granicą państwa na wschodzie, którego większa część przypada na Rostocze. W formie bloków i kształtek budowlanych są one wybierane w złożach o jednolitych, gruboławicowych seriach złożowych, zawierających wapienie o zbliżonym stopniu lityfikacji (Józefów). W pozostałych o zróżnicowanym uławiceniu w przypadku serii złożowej w Bruśnie czy zmiennym stopniu lityfikacji w Babiej Dolinie bloki wapienne jedynie towarzyszą pozyskiwaniu kruszyw. Mamy spore zasoby w udokumentowanych złożach tych skał.

3.2.4. Złoża blocznych piaskowców w Górach Świętokrzyskich

Złoża bloczne związane są z wychodniami triasowych, jurajskich i kredowych kompleksów piaskowcowych usytuowanych głównie na północ od trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Mimo różnego wieku mają wiele cech wspólnych warunkujących możliwości ich surowcowego wykorzystania. W znacznej większości są to porowate piaskowce złożone głównie z kwarcu o ubogim spoiwie krzemionkowo-ilastym. Jest to powodem ich dosyć niskiej gęstości pozornej oscylującej około $2,0 \text{ t/m}^3$, sporej nasiąkliwości wagowej sięgającej kilku procent oraz stosunkowo niewielkiej wytrzymałości na ściskanie rzadko przekraczającej 50 MPa, przy zwykle całkowitej mrozoodporności. Materiał ten stosunkowo łatwo podlega obróbce, ułatwiając wykonywanie rzeźb i odpowiednich kształtek stosowanych od średniowiecza w budownictwie. Istotną cechą, mającą wpływ na sposób wykorzystania tych piaskowców jest możliwość pozyskiwania z nich bloków, warunkowana głównie dużą miąższością ich ławic.

Antyklinalny sposób ułożenia warstw wokół trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich sprawia, że generalnie w większym od niego oddaleniu ukazują się utwory młodsze. Stąd też w kierunku północnym kolejno pojawiają się wychodnie utworów triasu, następnie jury i najdalej kredy.

Piaskowce triasowe rozwinięte są pomiędzy Opatowem na wschodzie i Radoszycami na zachodzie. Interesujące surowcowo ich ogniwa wiązać można z najstarszymi i najmłodszymi osadami triasu. Pierwsze zasadniczo są barwy czerwonej i wiśniowej, podczas gdy najmłodsze z pogranicza triasu i jury – szarżółtawej ze smugami o zabarwieniu ciemnożółtawym. Reprezentują one różne typy technologiczne znane jako piaskowce *gałęzickie*, *tumlińskie*, *wąchockie* spośród straszyc i *parszowskie* z młodszych.

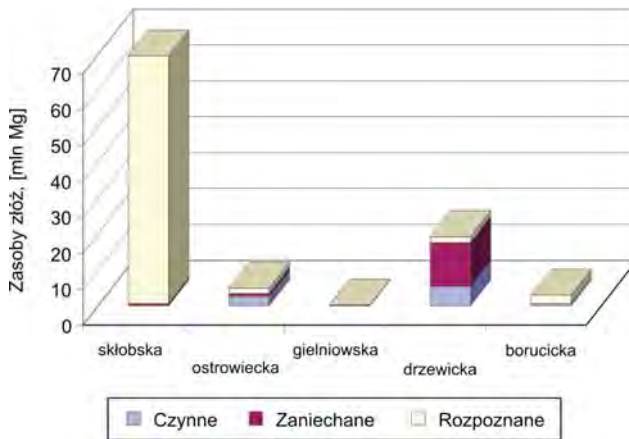
Użytkowane już od XIV wieku, piaskowce *gałęzickie* są bloczne, szarowiśniowe, średnioziarniste z pojedynczymi ziarnami kwarcowymi frakcji żwirowej. Piaskowce *tumlińskie*, są równo- i średnioziarniste o nieco jaśniejszych barwach. Dzielą się one wzdłuż płaszczyzn przekątnej laminacji, dając głównie płaskie kształtki i jedynie sporadycznie bloki. Znacznie bardziej korzystne są możliwości pozyskania bloków piaskowców *wąchockich*, gdzie bloczność może dochodzić do 70%, przy miąższości ławic sięgającej 4 m. Pojawia się w nich frakcja żwirowa i toczenie łupkowe, a niekiedy także obniżające jakość materiału, łatwo wymywane przez wodę, nagromadzenia hematytowe. Piaskowce te z wychodni w Wąchocku zostały wykorzystane przez cystersów do wzniesienia romańskiego kościoła i klasztoru. Piaskowce *parszowskie* są średnio- i równoziarniste w ławicach o ponad metrowej miąższości. Połogie zaleganie warstw przy pionowym przebiegu spękań ciosowych sprzyja pozyskiwaniu bloków [12]. Wszystkie opisane typy technologiczne piaskowców triasu są wydobywane, przy czym dla gałęzickich i parszowskich są to pojedyncze złoża, a tumlińskie i wąchockie mają czynne po dwa złoża. Zaniechane są dwa złoża piaskowców wąchockich i jedno tumlińskich, zaś rozpoznano po jednym złożu wąchockich i parszowskich. Wielkości zasobów w poszczególnych złożach są niewielkie, gdyż średnie miąższości złóż rzadko przekraczają 10 m, a obszary złożowe 2 ha.

Wydobycie bloków piaskowców jurajskich można wiązać z najstarszą częścią tego okresu zwaną liasem, którego osady są w zależności od wzajemnych proporcji piaskowców, mułowców i ilowców dzielone na serie litologiczne. Większe nagromadzenia piaskowców związane są z dolnoliasowymi seriami *skłobską* i *ostrowiecką*, środkowoliasowymi – *drzewicką* i *gielniowską* i górnoliasową – *borucicką*.

Piaskowce serii *skłobskiej* są średnioławicowe, jasnoszare, drobnoziarniste z pojedynczymi ziarnami do 2 mm o spoiwie krzemionkowo-ilastym, niekiedy z podwyższoną zawartością krzemionki powodującą wzrost ich zwięzłości. Są udokumentowane w czterech złożach, z których dwa są zaniechane, a pozostałe jedynie rozpoznane. Niewielka miąższość ławic i podwyższona zwięzłość nie rokuje dużych możliwości pozyskiwania bloków.

Piaskowce serii *ostrowieckiej* są drobnoziarniste, czasem bardzo drobnoziarniste o mniej lub bardziej intensywnej barwie żółtej z przemazami brązowymi, a niekiedy i różowymi. Ich serie złożowe różnią się miąższością ławic, która przy generalnie poługim zaleganiu i regularnym ciosie ma zasadnicze znaczenie dla możliwości pozyskiwania bloków. Nie bez

znaczenia jest tu też laminacja dająca oddzielności wzdłuż jej płaszczyzn, pojawiająca się w stropowych fragmentach kamieniołomów. Piaskowce serii ostrowieckiej są udokumentowane w 31 złożach, z których 23 są czynne, 2 zaniechane i 6 rozpoznanych (rys. 3.6). Są one rozmieszczone w okolicy Żarnowa (piaskowce *żarnowieckie*), Opoczna, Szydłowca i Wąchocka. Są to niewielkie złoża o powierzchniach rzadko przekraczających 1 ha i miąższościach serii złożowych maksymalnie sięgających 16 m, nieczęsto większych od 10 m. W głębszych kamieniołomach możliwości uzysku bloków są duże, w płytkich produkcja nastawiona jest na drobne, płytkowe kształtki zwane *lupanką* lub *dzikówką*.



Rys. 3.6. Zasoby złóż blocznych piaskowców różnych serii liasu Gór Świętokrzyskich

Piaskowce serii *drzewickiej* znane pod nazwą *piaskowców szydłowieckich* mają złoża skoncentrowane w pobliżu miejscowości Szydłówek, Śmiłów i Jankowice. Piaskowce są drobno- i równoziarniste, gruboławicowe o miąższości na ogół w granicach 1–2 m, maksymalnie 4 m o barwach białych, niekiedy tylko lekko żółtawe. Duża miąższość ławic i regularny układ płaszczyzn spękań warunkują znaczne możliwości uzysku bloków (do 60%) i to z pokaznym udziałem bloków o objętościach przekraczających 2 m³. Większość z udokumentowanych 36 złóż tych piaskowców jest czynna, przy czym mają one zwykle bardzo małe obszary złożowe z kilkumetrową średnią miąższością serii złożowej. Największe, czynne złożo tych piaskowców o nazwie Śmiłów zajmuje obszar 9 ha i ma średnią miąższość 17 metrów, co daje zasoby bilansowe przekraczające 2 mln Mg.

Piaskowce serii *gielniowskiej* znane są z jednego, zaniechanego złoża – Rogów w okolicy Końskich. Odslonięte tam piaskowce są średnio- i gruboławicowe, drobno- i równoziarniste, niekiedy laminowane poziomo o barwie jasnoszarej. Średnia miąższość serii złożowej została w nim oceniona na 10 m na obszarze złożowym o powierzchni niewiele ponad 1 ha.

Piaskowce serii *borucickiej* są bardzo drobnoziarniste, gruboławicowe, o delikatnej laminacji przekątnej i atrakcyjnych barwach żółtobrązowych z różowymi przemazami. W dwóch

czynnych złożach piaskowców tej serii wydobywane są bloki, a 4 złoża mają zasoby rozpoznane. Duża miąższość ławic sprzyja możliwości wydobywania bloków, przy czym piaskowce te dosyć często są mało zwięzłe, wręcz rozsypliwie.

Piaskowce kredowe rokujące możliwości wydobywania bloków były pozyskiwane jako materiał budowlany już od X w. z Góry Chełmo, położonej na zachód od Przedborza [54]. Są to bardzo gruboławicowe piaskowce (o miąższości do 10 m) o barwie od żółtawej do brązowej z żelazistymi naciekami. Są one średnio- i nierównoziarniste z ziarnami do 3 mm. Uławicenie i ortogonalny układ rzadkich płaszczyzn ciosowych zapewniają duże możliwości pozyskania bloków. Są udokumentowane w 4 czynnych złożach i 2 rozpoznanych. Ich średnie miąższości sięgają 20 m, przy niewielkich obszarach złożowych, co najwyżej kilkuhektarowych, dając maksymalnie zasoby rzędu 2 mln Mg.

3.2.5. Złoża blocznych piaskowców w Karpatach

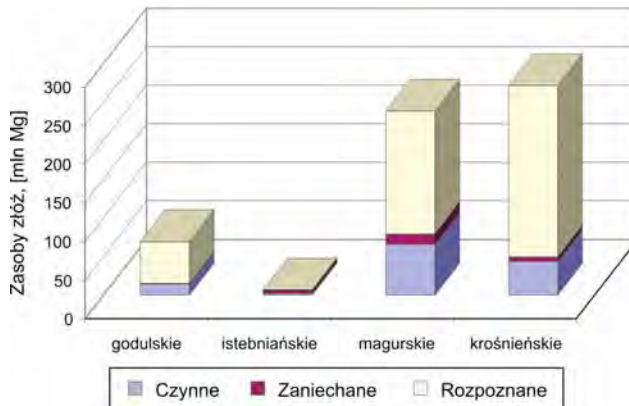
Piaskowce karpackie jako składnik fliszu różnią się od poprzednio opisanych. Mają szare barwy, silnie zróżnicowane miąższości ławic, zawsze rozdzielonych łupkami i charakterystyczne struktury. Urozmaicony jest skład mineralny ich materiału okrucowego, a spoiwo zwykle polimineralne. Stanowią one składnik silnie tektonicznie zaburzonych serii skalnych, co powoduje większą zmienność orientacji i intensywności występowania płaszczyzn spękań, obniżając możliwości uzysku bloków. Możliwości te łączyć można jedynie z ogniwami zawierającymi szczególnie duże nagromadzenie gruboławicowych piaskowców. Warunki te spełniają piaskowce godulskie, istebniańskie i krośnieńskie z płaszczowiny śląskiej oraz magurskie z płaszczowiny magurskiej. Piaskowce z pierwszych dwóch wymienionych ogniw mają niższe wytrzymałości na ściskanie, na ogół poniżej 100 MPa i większe nasiąkliwości, zwykle powyżej 2% w porównaniu do pozostałych. Stąd też łatwiej podlegają obróbce i należą do materiałów kamiennych od średniowiecza wykorzystywanych w budownictwie, a także jako materiał rzeźbiarski. Właściwości piaskowców magurskich i krośnieńskich często pozwalają na eksploatację ich do produkcji kruszyw wykorzystywanych w drogownictwie i stąd pojawiają się wśród nich złoża o stosunkowo dużych zasobach zapewniających możliwość prowadzenia dużego wydobycia.

Dla uzysku bloków szczególnie dobrze rozwinięte są wychodnie piaskowców godulskich z poziomu środkowego z terenu Beskidu Śląskiego. Przeważają tam gruboławicowe piaskowce średnio- i drobnoziarniste o barwach zielonkawo- i niebieskawoszarych z bardzo rzadkimi i cienkimi wkładkami łupkowymi [42]. Udokumentowanych jest 13, w większości czynnych złóż przy zaledwie jednym zaniechanym i trzech rozpoznanych (rys. 3.7). Są to zwykle małe, co najwyżej kilkuhektarowe, złoża z maksymalną średnią miąższością do 40 m. Jedynie wśród złóż rozpoznanych jest złożo większe, z zasobami powyżej 35 Mg i miąższością serii złożowej ponad 70 m.

Piaskowce istebniańskie są silnie rozwinięte w Beskidzie Śląskim i ciągną się na wschód poprzez Pogórze Lanckorońskie, Wielickie, Wiśnickie i Rożnowskie, aż po pasmo Brzanki – Liwocza oraz okolice Frysztaku – Węglówki i Baligrodu [89]. Są to przeważnie grubo-

i nierównoziarniste piaskowce, miejscami zlepieńcowate, o ubogim spoiwie ilastym z domieszką krzemionkowego w grubych ławicach sięgających nawet 5 m. Barwy mają jasnoszare i żółtawe, rdzawobrązowe. Są udokumentowane w 12 złożach, z których połowa jest czynna, a 4 zaniechane. Ich obszary złożowe rzadko mają powyżej 1 ha, średnie miąższości serii złożowych mają poniżej 30 m, a tylko w jednym zaniechanym złożu wynosi ona 63 m.

Piaskowce magurskie są eksploatowane jako bloki w złożach o przewodzie grubych ławic, średnioziarnistych, szaroniebieskich i żółtobrązowych piaskowców niekiedy z pojedynczymi, równomiernie rozmieszczonymi, rzadkimi ziarnami frakcji żwirowej. Zwykle w ich spoiwie większy jest udział składnika ilastego dającego mniejszą zwięzłość materiału i łatwość jego obróbki. Nie wyklucza to jednakże pozyskiwania bloków w złożach piaskowców magurskich o większej zwięzłości, gdzie produkowane są też kruszywa. Złoża uznane za perspektywiczne dla produkcji bloków są bardzo różnej wielkości. Jest ich 20 z czego: 9 czynnych i 8 rozpoznanych. Ich zasoby przekraczają niekiedy 45 mln Mg, a średnie miąższości 80 m na powierzchniach kilkudziesięciohektarowych.



Rys. 3.7. Zasoby złóż blocznych piaskowców Karpat

Piaskowce krośnieńskie rokują możliwości pozyskiwania bloków w dolnej części profilu, gdzie rozwinięty jest kompleks gruboławicowy. Pojawiają się w nim kilkumetrowe ławice piaskowców niebieskoszarych, średnioziarnistych z pojedynczymi ziarnami o średnicach do 5 mm i stosunkowo dużymi, bezładnie rozmieszczonymi blaszkami muskowitu. Ich wychodnie zajmują duże przestrzenie w obrębie płaszczowiny śląskiej [78]. Bloki wydobywane są na większą skalę jedynie w okolicy Wadowic w kamieniołomach złóż Barwałd i Górka-Mucharz. Podobnie jak piaskowce magurskie były one dokumentowane w większości złóż dla produkcji kruszyw, mimo iż wydobywanie bloków też jest w nich możliwe. Takich złóż wyznaczono 17, wśród których 4 są czynne, a 12 jedynie rozpoznane. Wielkości zasobów tych złóż wahają się od 353 tys. Mg do 83 mln Mg, a obszary złożowe od 2 do 27 ha, przy wahaniami miąższości serii złożowych od 8 do 130 m.

4. Technologie wydobycia skał blocznych

R. Chulist, M. Strykowski

Dla usystematyzowania technologii oraz sposobów oddzielania od calizny oraz podziału monolitu na bloki należy wyróżnić dwie podstawowe operacje technologiczne:

- 1) oddzielanie monolitu od calizny (nawet do kilku tysięcy m³),
- 2) podział monolitu na mniejsze bloki.

Obie operacje dadzą się z kolei podzielić na etap przygotowawczy, jak i na etap samego odspajania. Z punktu widzenia górniczego najważniejszy jest jednak sposób wydobycia, który z swojej definicji zawiera również podział monolitu na mniejsze bloki.

Sposoby wydobycia skał z przeznaczeniem na elementy foremne można podzielić na następujące grupy:

- wydobycie za pomocą MW;
- wydobycie mechaniczne, a więc za pomocą: środków, maszyn i urządzeń mechanicznych;
- wydobycie termiczne;
- wydobycie ręczne;
- inne o mniejszym znaczeniu, np. w fazie wdrażania lub badań.

Z kolei wyżej wymienione grupy można podzielić na poszczególne typy:

- w grupie z użyciem MW:
 - metoda fińska,
 - metoda klasyczna;
- w grupie z użyciem maszyn:
 - cięcie za pomocą diamentowej piły linowej,
 - odspajanie za pomocą rozłupiarek hydraulicznych,
 - wiercenie otworów;
- w grupie wydobycia termicznego:
 - palnik termiczny;

- w grupie wydobywania ręcznego:
 - klinowanie ręczne;
- inne o mniejszym znaczeniu:
 - użycie młotów hydraulicznych,
 - cięcie za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody,
 - użycie materiałów pęczniących,
 - użycie taśmowych wrębiarek diamentowych,
 - urabianie za pomocą koparek i ładowarek – w złożach o niskiej bloczności,
 - wykorzystanie siłowników oraz poduszek powietrznych – głównie, jako operacje pomocnicze.

4.1. Technologia z użyciem MW

Technologia z użyciem MW jest powszechnie stosowanym sposobem wykorzystywanym w magmowych złożach blocznych. Z punktu widzenia prawa jest to strzelanie krótkimi otworami pionowymi i poziomymi, rzadziej nachylonymi. Cechą charakterystyczną, oprócz długości otworów jest tutaj mniejsza średnica niż w przypadku strzelania długimi otworami oraz inicjowanie natychmiastowe wszystkich otworów.

Użycie MW w skałach osadowych – szczególnie w długich otworach jest dużym błędem technologicznym, niestety ciągle jeszcze spotykanym w polskim górnictwie złóż blocznych. Strzelanie to powoduje drastyczne obniżenie jakości bloków, zmniejszenie bloczności górniczej oraz dewastację dobrego surowca. Często skutki takiego działania są widoczne dopiero po kilku latach.

Generalnie w polskim górnictwie skalnym można spotkać i spotykano dwie podstawowe metody urabiania złóż skał osadowych i metamorficznych na bloki:

- obalanie monolitów, w dwóch odmianach: strzelanie podbierkowe (obecnie niestosowane) oraz metoda klinowa;
- strzelanie krótkimi otworami.

4.1.1. Metoda fińska

Metoda ta ma zastosowanie w złożach pochodzenia magmowego. Nazwa „metoda fińska” wywodzi się z zapoczątkowanej w krajach skandynawskich metody użycia MW w złożach magmowych, w szczególności: granitu, gabra, sjenitu czy diorytu. Jest to pewnego rodzaju kombinacja metody strzelania krótkimi otworami z cechami strzelania konturowego.

Dla tej metody wyodrębnić można następujące charakterystyczne cechy [74]:

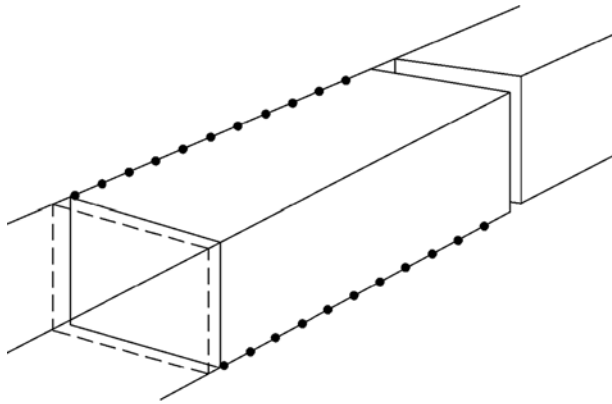
- wyróżnia się zasadniczo 3 lub 4 etapy;
- stosuje się otwory małośrednicowe o \varnothing od 22 do 60 mm;
- MW – brylantyczny – naboje o wydłużonym kształcie, \varnothing od 10 do 20 mm;
- ładunek musi być umieszczony w osi otworu;
- jest to strzelanie z tzw. przybitką powietrzną;

- jednostkowe zużycie MW waha się od 0,05–0,1 kg/m³;
- odległość pomiędzy otworami wynosi od 12 do 15 średnic otworów;
- ładunki w otworach inicjuje się równocześnie.

Proces urabiania, jak już wcześniej wspomniano, składa się z trzech lub czterech etapów w zależności od wielkości urobionego w etapie wstępnym monolitu.

Pomijając etap robót przygotowawczych, obejmujący zdjęcie nadkładu, przygotowanie przodków w postaci dwóch powierzchni odsłoniętych, poszczególne etapy można przedstawić następująco [59, 74, 94]:

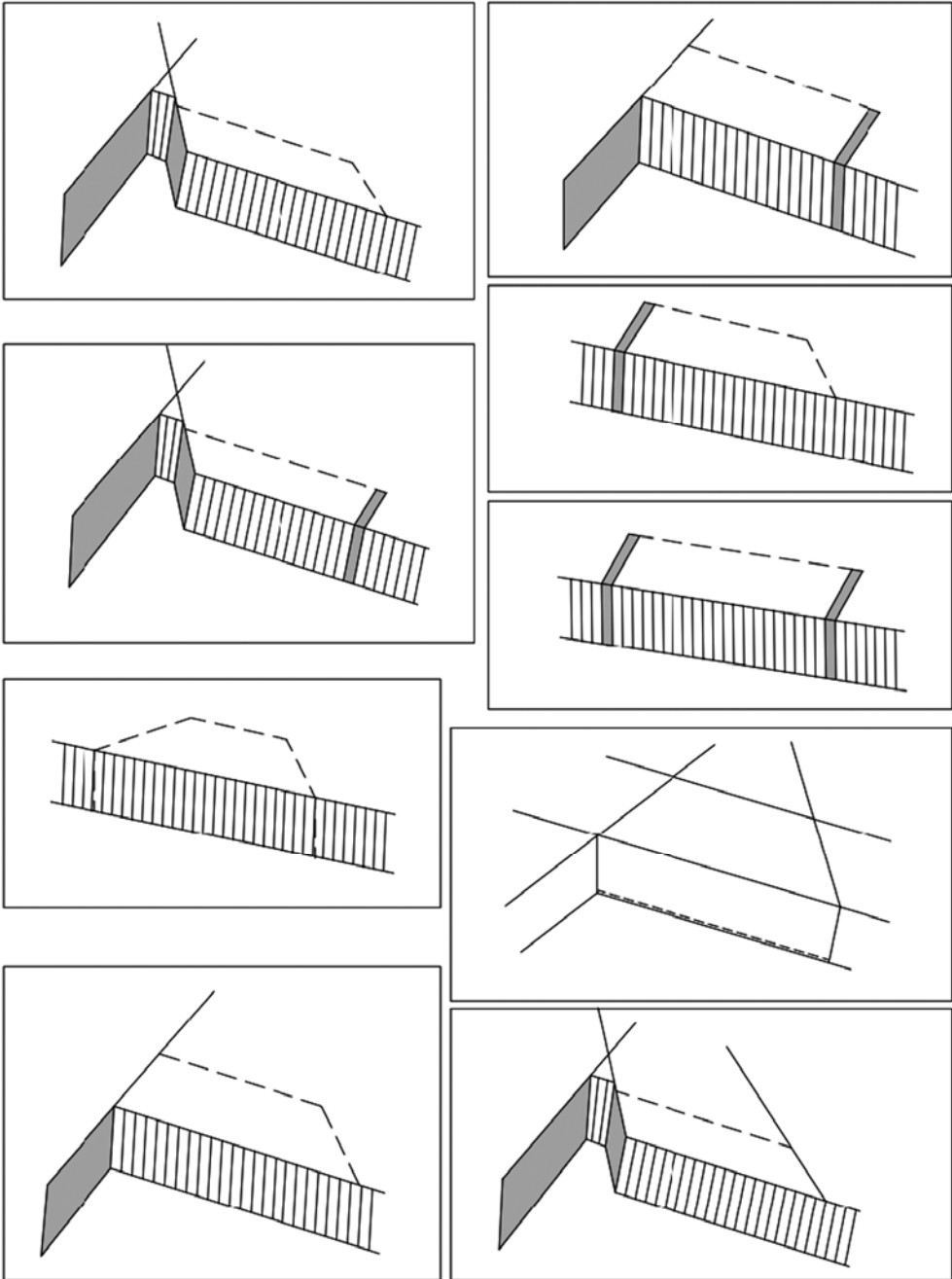
- **Etap pierwszy** (rys. 4.1), w którym następuje odspojenie dużego monolitu od calizny skalnej. Przykładowe wymiary dające pogląd o zakresie i wielkości prac: objętość monolitu od 400 do 4000 m³ – wysokość ławy od 4 do 6 m, szerokość od 5 do 8 m, długość od 20 do 80 m [59].



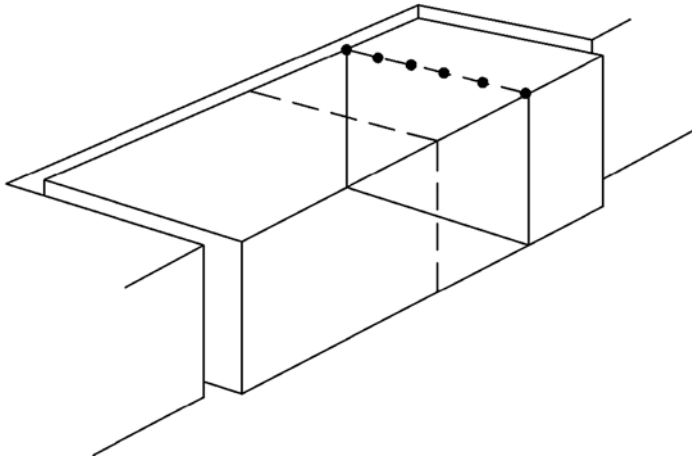
Rys. 4.1. Rysunek poglądowy odspojenia dużego monolitu dla 1. etapu z metody fińskiej

Na rysunku 4.2 przedstawiono różne warianty odspojenia monolitu z wykorzystaniem spękań naturalnych oraz sztucznych wrębów. Wręby można wykonać za pomocą liny diamentowej, palnika termicznego czy innych metod.

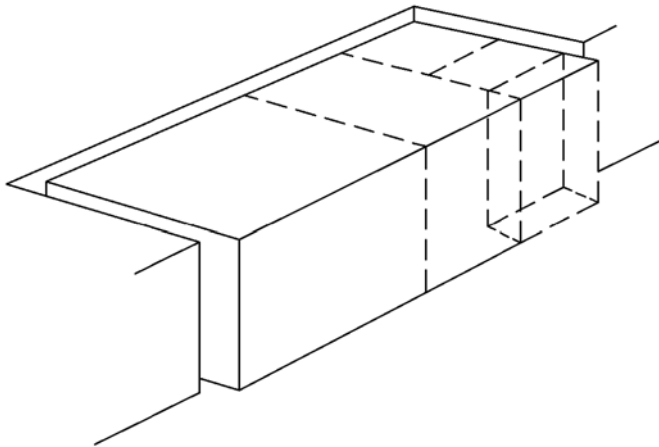
- **Etap drugi** polega na podziale odspojonego monolitu na mniejsze bloki o wielkości od 60 do kilkuset m³. Schematycznie na rysunku 4.3 przedstawiono przykładowe wymiary.
- **Etap trzeci** obejmuje dzielenie monolitu na średnie bloki – około 30 m³. Odległości pomiędzy otworami wynoszą około 25 cm. Otwory wierci się za pomocą wiertarek ręcznych, wiertnic małośrednicowych bądź też perforatorów zapewniających wykonanie otworów w jednej płaszczyźnie podziału. Na rysunku 4.4 przedstawiono ideę podziału bloku na mniejsze fragmenty. Przy przewróceniu bloku stosuje się często zabezpieczenie w postaci poduszki skalnej, której zadaniem jest ograniczenie spękań obalnego bloku. Poduszka taka może być wykonana z piasku, gliny lub rumoszu skalnego.



Rys. 4.2. Różne warianty odspojenia monolitu pod kątem w formy i wykorzystania szczelin naturalnych, wrębów i wcinek [74]



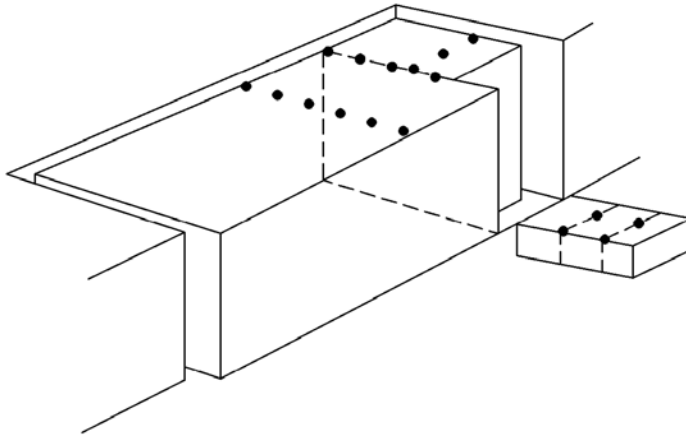
Rys. 4.3. Poglądowy rysunek odspojenia dużego monolitu dla 2. etapu z metody fińskiej



Rys. 4.4. Poglądowy rysunek odspojenia bloku dla 3. etapu z metody fińskiej

- **Etap końcowy** polega na dzieleniu przewróconego bloku, wykonaniu i doprowadzeniu bloku handlowego do określonego kształtu i wymiaru. Średnica otworów wynosi około 25 mm. Głębokość wiercenia waha się od 0,5 do 2 m. Idea dzielenia została zobrazowana na rysunku 4.5.

Materiał wybuchowy używany przez kraje skandynawskie to: *F* – pipecharge, *K* – pipecharge, *KK* – pipecharge produkcji OY FORCIT AB. W Polsce dostępny jest MW o handlowych nazwach: *rock split red*, *rock split blue*, *rock split yellow*, *rock split white* produkowanych przez krajowego dostawcę firmę Nitron SA.



Rys. 4.5. Poglądowy rysunek dzielenia bloku dla końcowego etapu z metody fińskiej

Na rysunku 4.6 przedstawiono ogólny wygląd, jak i sposób ręcznego załadunku MW. Z kolei na rysunku 4.7 pokazano mechaniczny załadunek MW do otworów [74].



Rys. 4.6. Załadunek ręczny MW do otworów z metody fińskiej [74]



Rys. 4.7. Załadunek mechaniczny MW do otworów z metody fińskiej [74]

Metoda fińska nie została w pełni zastosowana w polskim górnictwie skalnym, głównie z powodów wyższych kosztów produkcji oraz z uwagi na obostrzenia formalno-prawne. Kolejną przyczyną jest konieczność zainwestowania w nowy sprzęt strzałowy oraz strata czasu na dostosowanie parametrów strzelania do konkretnych warunków geologiczno-złóżowych.

4.1.2. Metoda klasyczna

Jest to najstarsza metoda użycia MW w złożach blocznych. Polega ona na użyciu prochu czarnego górniczego. Wielkość ładunku w pojedynczym otworze dochodzi do kilku kilogramów MW [59]. Współcześnie do inicjowania prochu czarnego górniczego używa się zapalników elektrycznych natychmiastowych. Metoda z użyciem prochu jest stosowana coraz rzadziej z uwagi na jej pracochłonność przy załadunku.

Obecnie coraz większą popularnością cieszy się użycie i wykorzystanie lontu detonującego pentrytowego, przeważnie o zawartości pentrytu 12 g na mb lontu. W złożach skał magmowych wszystkie ładunki odpala się zwykle natychmiastowo przy użyciu zapalników elektrycznych, rzadziej przy użyciu nieelektrycznego systemu inicjacji. Otwory strzałowe mają zwykle średnicę do 42 mm i głębokość równą wysokości ławy. Wielkość odstępu pomiędzy otworami jest uzależniona od siatki spękań, łupliwości skały i jej rodzaju. W przypadku, kiedy długość ławy jest większa niż kilka metrów, stosuje się jednocześnie odpajanie w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Stosuje się dwie odmiany strzelania z użyciem wody jako poduszki oraz z pustką powietrzną. Jednostkowe zużycie MW waha się od 5 do 10 g MW na metr sześcienny surowca skalnego [22].

W złożach pochodzenia osadowego i metamorficznego zawartość pentrytu to przeważnie 6 g na metr bieżący. Wszystkie ładunki odpala się zwykle natychmiastowo przy użyciu zapalników elektrycznych, rzadziej przy użyciu nieelektrycznego systemu inicjacji.

Na rysunku 4.8 przedstawiono przygotowanie do odspojenia monolitu za pomocą lontu detonacyjnego.



Rys. 4.8. Odspojenie monolitu za pomocą lontu detonującego:
a) w płaszczyźnie poziomej; b) w płaszczyźnie pionowej (fragment sieci lontu)

W skałach osadowych, szczególnie w krajowych warunkach, można zaobserwować trzy podstawowe odmiany: strzelanie pionowe oraz strzelanie krótkimi otworami nachylonymi bądź pionowymi. Odmiana trzecia to strzelanie szczelinowe. Często jednak prowadzi się wiercenie w szczelinach. Wynika to z charakteru krajowych złóż blocznych tych skał. Wiercenie przeprowadza się często w szczelinach, aby mieć pewność drożności otworu – szczeliny.

Na rysunku 4.9 pokazano załadunek MW do szczeliny w złożu dolomitu.



Rys. 4.9. Przygotowanie do strzelania szczelinowego w złożu dolomitu w Sławniowicach [96]

W tej metodzie za innowacyjne technologie można uznać sam etap przygotowania otworów, nową organizację pracy i nowy sprzęt. Wiercenie ręczne stopniowo zastępowane jest przez perforatory, bądź wiertnice samojezdne o dużo większej wydajności i precyzji wiercenia otworów strzałowych. Utrzymanie równoległości otworów w znaczny sposób zmniejszyło straty technologiczne w wychodowości nieregularnych bloków oraz przyspieszyło sam proces wiercenia i odpajania.

Kolejnym krokiem jest nowoczesne podejście do organizacji pracy. W miarę możliwości kopalnie przedstawiają się na szerokie fronty robót co pozwala na lepsze zaplanowanie robót wiertniczo-strzałowych, zwiększenie wydajności i pozyskiwania bloków o lepszej jakości.

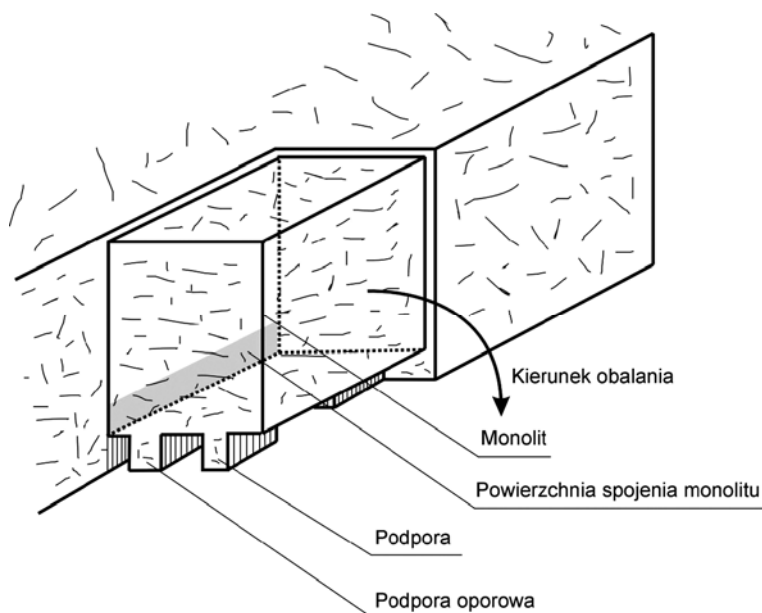
4.1.3. Obalanie monolitów za pomocą MW

Metoda ta, jak już wcześniej wspomniano, występuje w dwóch odmianach. Strzelanie podbierkowe, które obecnie nie jest stosowane, polegało na obaleniu ogromnego monolitu o objętości nawet kilkuset metrów sześciennych.

Wśród metod obalania monolitów za pomocą MW można wyróżnić:

- urabianie podbierkowe:
 - sposobem wrębowym,
 - sposobem chodnikowym,
- sposób klinowy.

Urabianie podbierkowe ogólnie polega na podwrębieniu monolitu z pozostawieniem podpór, a następnie przez ich odstrzelenie – obalenie go ku przodowi. Samą ideę ilustruje rysunek 4.10. Sposób ten stosowany jest w złożach monolitycznych (odznaczających się minimum 60% bloczności), w których wysokość ściany wynosi minimum 12 m [100]. Stosuje się ją do złóż piaskowcowych, rzadziej do skał węglanowych.



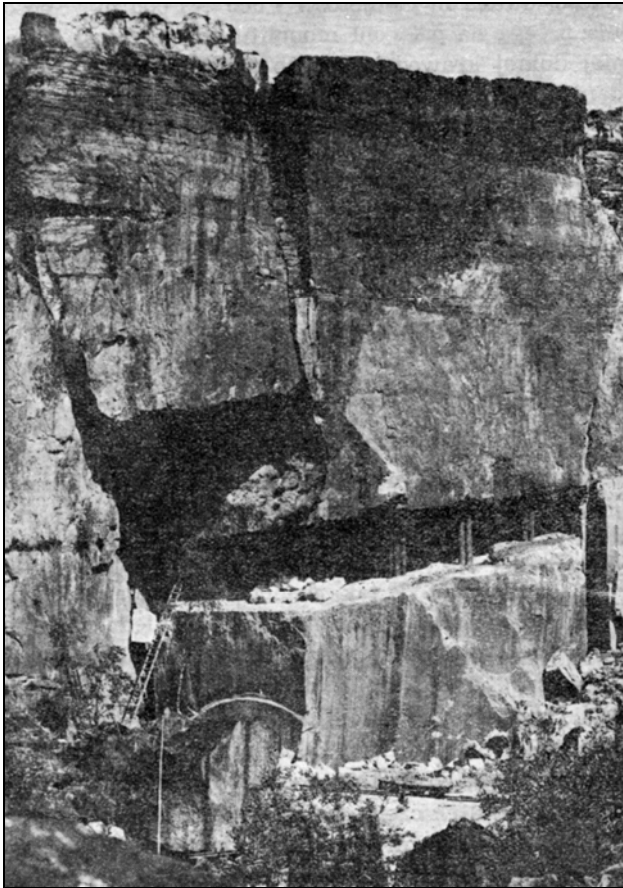
Rys. 4.10. Idea pokazująca sposób podbierkowego obalania monolitu

Roboty podbierkowe mają charakter wrębu prowadzonego na całą długość i szerokość obalanego monolitu. W czasie robót przygotowawczych pozostawia się naturalne podpory, lub też stosuje kamienne podpory zabezpieczające przed obsunięciem się [100]. Podpory winny zapewniać bezpieczną pracę górników przez pewne i stabilne podparcie monolitu.

Podporami mogą być:

- naturalne podpory pozostawione przy podwrebianiu,
- stojaki drewniane – stawiane pojedynczo lub w grupach,
- stosy drewniane,
- filary kamienne.

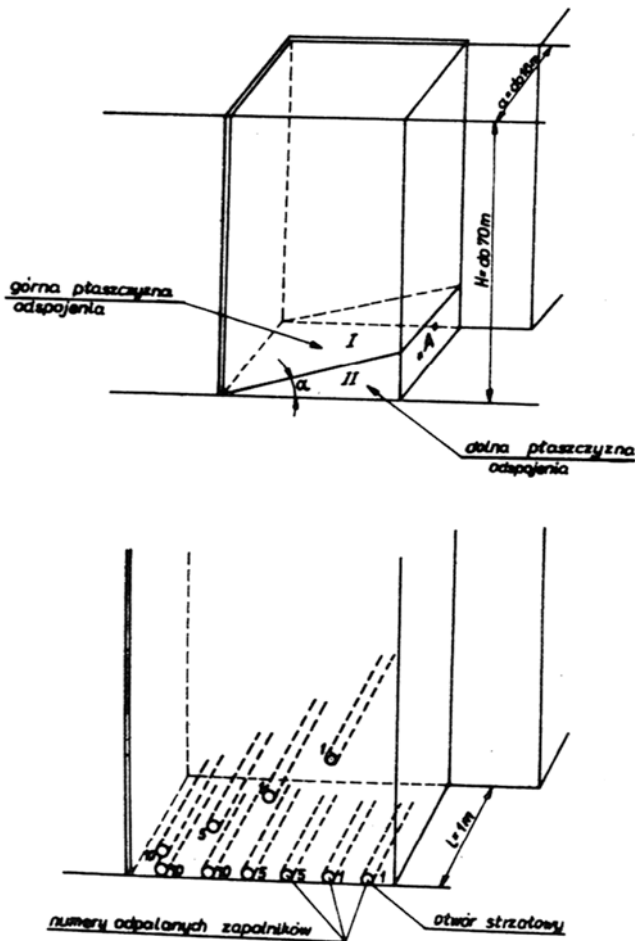
Najistotniejsze znaczenie posiada pozostawienie podpory oporowej, której zadaniem jest utrzymanie całej masy monolitu po odstrzeleniu podpór i wywołanie momentu obrotowego. Sposób wrębowy jest stosowany do „niższych” monolitów, natomiast metoda chodnikowa do „wyższych” [1, 84, 100]. Metoda podbierkowa nie jest już obecnie stosowana. Na rysunku 4.11 pokazano historyczne zdjęcie obalania monolitu w Radkowie. Algorytm obliczeniowy oraz szczegóły tej metody zostały dokładnie opisane w literaturze [1, 84, 100].



Rys. 4.11. Zdjęcie historyczne pokazujące obalanie monolitu metodą podbierkową [100]

Obecnie do złóż monolitycznych używa się wcześniej wspomnianej metody klinowej. Sposób ten polega na odwierceniu otworów poziomych w dwóch płaszczyznach i zdetonowaniu ładunków przy odpowiednim opóźnieniu milisekundowym. Górna i dolna płaszczyzna odwierconych otworów strzałowych daje w efekcie odstrzelenia klin. Dla dużej powierzchni podstawy monolitu kąt rozwartości klina musi być duży, a dla monolitów słupowych małych kąt rozwartości klina może być mały. Wręb wykonuje się praktycznie na głębokość kilkunastu metrów oraz na szerokość kilkudziesięciu metrów [1].

Na rysunku 4.12 pokazano ideę obalenia monolitu z zastosowaniem metody klinowej. Ponieważ metoda ta jest obecnie stosowana wyłącznie w złożu piaskowca w Radkowie na Dolnym Śląsku – nie będzie ona zatem szerzej omawiana. Szczegóły można znaleźć w literaturze – [1, 84].



Rys. 4.12. Idea pokazująca sposób klinowy obalenia monolitu [1]

4.2. Mechaniczna technologia wydobycia na bloki

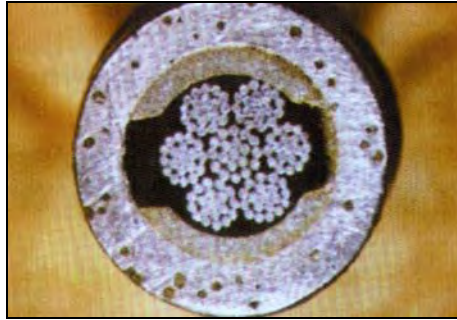
Z uwagi na konieczność uzyskania trzech powierzchni obnażonych do odspojenia monolitu, jak również poszukiwanie metod alternatywnych do wykorzystania materiałów wybuchowych w ostatnich latach bardzo dynamicznie zaczęto wprowadzać, jak i wykorzystywać, wszelkie zdobyte techniki. Wykorzystywanie mechanicznych sposobów odspajania pozwala na bezpieczniejsze prowadzenie robót górniczych, ogranicza negatywne oddziaływanie MW na strukturę skalną i prowadzi do wzrostu wydajności procesu odspajania. Jest to ważne, szczególnie jeżeli chodzi o urabianie w grupie skał osadowych i przeobrażonych, które są wrażliwe na powstawanie sztychów i pęknięć powodujących nieprzydatność bloku do dalszej obróbki.

4.2.1. Cięcie za pomocą diamentowej piły linowej

Pierwsze próby wprowadzenia diamentowych pił linowych do cięcia skał datuje się na rok 1969 we Włoszech [59, 62, 65]. Pierwotne konstrukcje miały szerokość około 1,5 m oraz długość do 2,5 m. Na ramę nośną montowano silnik wraz z przekładnią oraz koło napędowe o średnicy 1,2 m i dwoma krążnikami, których zadaniem jest docisk do koła napędowego, jak i kierunkowanie liny [19, 25]. Współczesne konstrukcje są bardzo podobne co do zasady działania, zwiększeniu uległa jedynie moc silników – obecnie przekracza 100 KM, dodano hydrauliczne napinanie liny, jak i wprowadzono sterowanie z pulpitu lub pilota. Długość liny wynosi od kilkudziesięciu metrów do nawet kilkuset – w zależności od potrzeb. Głównym elementem roboczym jest diamentowa piła linowa. Lina składa się z segmentów diamentowych w kształcie pierścieni oddzielonych dystansownikami mocowanymi na stalowej linie. Średnica pierścieni wynosi przeważnie od 9 do 12 mm. Przyjmuje się, że do cięcia skał w złożu ilość segmentów przypadających na 1 m bieżącej liny wynosi od 30 do 50 sztuk. Na rysunku 4.13 przedstawiono przekrój przez segment diamentowy mocowany na linie. W zależności od potrzeb stosuje się różne rodzaje diamentowych lin. Na rysunku 4.14 przedstawiono ich ogólny widok. Głównym elementem roboczym jest diamentowa lina, a de facto segment diamentowy w kształcie pierścienia. Główną miarą, w zasadzie będącą najważniejszym wskaźnikiem ekonomiczno-technicznym, jest trwałość liny. Jest ona wyrażana w metrach kwadratowych przeciętej powierzchni, aż do jej całkowitego zużycia na metr bieżący liny.

Innymi parametrami mającymi wpływ na efektywność stosowania pił linowych są:

- rodzaj diamentu,
- granulacja diamentu,
- koncentracja diamentu,
- rodzaj spoiwa w segmencie diamentowym,
- prędkość liny,
- wydajność cięcia i trwałość piły linowej,
- chłodzenie, jego sposób i ilość dostarczonej wody.



Rys. 4.13. Przekrój przez segment diamentowy [65]



Rys. 4.14. Liny diamentowe [65]

4.2.1.1. Rodzaj diamentu

Od jakości samego diamentu zależy w znacznym stopniu, jakość oraz trwałość segmentu, a co za tym idzie samej liny diamentowej. W praktyce przemysłowej stosuje się diament naturalny, tzw. bort diamentowy lub częściej diament sztuczny. Czasami producenci używają mieszaniny diamentu naturalnego oraz sztucznego. Same gatunki diamentu są szeroko opisane w literaturze [19, 20, 65], natomiast największy dostawca diamentu – południowoafrykańska firma De Beers dzieli swoje produkty wykorzystywane do produkcji segmentów diamentowych na następujące grupy:

- EMB – diament naturalny o kształcie regularnym, granulacja od 180 do 1190 μ , proszek diamentowy zalecany raczej do cięcia piaskowców i wapieni;
- SNDMB – proszek diamentowy o mniejszej granulacji niż EMB (od 40 do 180 μ), przeznaczony jako materiał szlifierski;
- SDA – diament syntetyczny o granulacji od 180 do 840 μ . Charakteryzuje się regularnym kształtem, przeznaczony do cięcia piaskowców, diorytu, marmuru, wapieni;

- SDA 85 – lepszej jakości niż wcześniej opisany SDA, jednak o tej samej granulacji. Jest on przeznaczony do cięcia skał nieposiadających w swoim składzie mineralnym ziaren kwarcu;
- SDA 100 – szczególnie polecany do cięcia skał twardych, wysokiej jakości diament. Odnacza się kubicznymi regularnymi ziarnami. Granulacja od 180 do 840 μ ;
- SDA 100S – lepsza wersja SDA 100. Kształt ziarna przypomina ośmiościan, granulacja wynosi od 250 do 840 μ . Diament ten jest przeznaczony do skał wyjątkowo odpornych, czyli zawierających w swoim składzie mineralogicznym ziarna kwarcu.

4.2.1.2. Granulacja diamentu

Bardzo ważnym czynnikiem mającym wpływ na efektywność stosowania narzędzi diamentowych do cięcia skał jest wielkość ziaren diamentu w segmencie. Jak wykazują doświadczenia praktyczne, do skał twardych lub zawierających kwarc stosować należy diament o mniejszych wymiarach proszku. Odwrotnie – do skał „miękkich” i nieabrazywnych powinno się stosować diament o większych wymiarach. Zalecenia, co do granulacji, przedstawia tabela 4.1.

Tab. 4.1. Zalecenia stosowania wielkości diamentu w zależności od typu skały

Rodzaj skały	Zalecana granulacja, [μ]
Skały twarde, drobnoziarniste, skały zawierające kwarc	180–425
Skały średniotwarde	425–600
Skały miękkie	600–840

4.2.1.3. Koncentracja diamentu

Definicja koncentracji diamentu brzmi następująco: 100% koncentracji diamentu w segmencie odpowiada masowo 4,4 karata (0,88 g) diamentu w objętości 1 cm³ segmentu. W praktyce do cięcia skał przyjmuje się koncentrację od 15 do 45%, najczęściej jest to jednak przedział pomiędzy 20 a 30%.

Z ustaleń tych wynika reguła, że [63] wraz ze wzrostem koncentracji diamentu wymagany jest wzrost mocy napędu maszyn i urządzeń do cięcia kamienia.

Dobór koncentracji zależy od producenta i użytkownika według następującej zasady [63]:

- niska koncentracja – niska wydajność – niskie koszty,
- wysoka koncentracja – wysoka wydajność – wysokie koszty.

4.2.1.4. Rodzaj spoiwa w segmencie diamentowym

Zadanie spoiwa – przestrzenne ułożenie i związanie ziaren diamentu w postaci segmentu o żądanym kształcie, tak aby w czasie procesu cięcia utrzymać je w stałym położeniu względem

siebie, aż do momentu całkowitego ich zużycia. Spoiwem mogą być następujące materiały: brąz, miedź, żelazo, kobalt, wolfram, mosiądz oraz ich mieszaniny. Rodzaj i jakość spoiwa wpływa na własności użytkowe narzędzi diamentowych. Najczęściej stosowane spoiwo składa się z mieszaniny brązu i kobaltu, kobaltu i żelaza oraz brązu. Dobór składników wiązania zależy głównie od przeznaczenia, czyli, do jakiego rodzaju skały (kamienia) będą stosowane. Ze względu na to, że skały różnią się podatnością na urabianie i obróbkę, dobór składników musi być taki, aby spoiwo nie było zbyt „miękkie” ani też zbyt „twarde”. Szczególnie duże trudności napotyka się przy doborze składników spoiwa dla skał o wysokiej ścierności, czyli dla skał, tzw. „agresywnych” [63]. Jeżeli zastosowane spoiwo będzie zbyt „twarde”, dojdzie do zjawiska zaniku samoostrzenia się piły, czyli poszczególne ziarna diamentu nie zostaną „otworzone”. W przeciwnym wypadku, gdy spoiwo będzie zbyt „miękkie”, dojdzie do zbyt szybkiego wypadania ziaren diamentu, a co za tym idzie do bardzo szybkiego zużycia się liny, czyli spadek jej trwałości.

4.2.1.5. Prędkość liny

Prędkość piły ma wpływ na wydajność cięcia, zużycie segmentów diamentowych, pobór mocy itp. Największe znaczenie dla użytkownika posiada wpływ prędkości piły na wielkość zużycia segmentów diamentowych, czyli na trwałość piły. Na ogół powszechnie stosowana prędkość piły przy cięciu różnych skał nie należących do magmowych wynosi 40 m/s.

Natomiast do cięcia granitów zalecane prędkości liny są znacznie niższe. Na podstawie badań laboratoryjnych i wyników z praktyki przemysłowej, liczący się w świecie producent narzędzi diamentowych firma Diamant Boart do cięcia granitów zaleca stosować następujące prędkości pił diamentowych [43]:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| – skały osadowe (piaskowce, wapienie) | 40 m/s, |
| – granity słabsze (I klasa) | 26–30 m/s, |
| – granity średnie (II i III klasa) | 24–25 m/s, |
| – granity mocne (IV i V klasa) | 20–22 m/s. |

4.2.1.6. Wydajność cięcia i trwałość piły linowej

Miarą sprawności maszyn do cięcia kamienia jest ich wydajność wyrażona uzyskaną powierzchnią cięcia w jednostce czasu, m²/godz. Wydajność cięcia zależy od charakterystyki technicznej maszyny, parametrów technologicznych zadanych w czasie pracy oraz od rodzaju obrabianego kamienia. Charakterystykę techniczną urządzenia stanowią: typ i wielkość maszyny, moc napędu oraz typ i wielkość diamentowej piły linowej. Natomiast parametry technologiczne, które mają wpływ na wydajność cięcia, to prędkość jazdy piły względem obrabianego kamienia połączona z wielkością naciągu, czyli prędkość cięcia oraz prędkość liniowa piły. Z praktycznego punktu widzenia użytkownika narzędzi diamentowych bardzo istotna jest znajomość związku między zużyciem pił a wydajnością cięcia. Określenie związków między wydajnością cięcia oraz trwałością pił i rodzajem obrabianego kamienia było przedmiotem badań przemysłowych i laboratoryjnych, przeprowadzonych zarówno przez producentów i użytkowników narzędzi diamentowych. Primavori przeprowadził próby

cięcia w złożu różnych rodzajów skał diamentowymi piłami linowymi i określił wydajności cięcia oraz trwałość pił. Uzyskane wyniki badań cięcia różnych skał w złożu przedstawiono w tabeli 4.2.

Tab. 4.2. Wydajność cięcia i trwałość pił linowych diamentowych według [95]

Nazwa złoża	Skala	Kraj	Wydajność cięcia, [m ² /godz.]	Trwałość piły, [m ² /m] ¹⁾
Piaskowce angielskie	piaskowiec	Anglia	4–13	8–24
Cinzeno	piaskowiec	Portugalia	5,5	9,0
Gneiss Ticino	granitoid	Szwajcaria	4,0	6,0
Pietra Serena	b.d.	Włochy	9,0	10–12
Santafiara	b.d.	Włochy	7,0	14
Verde Alpi	marmur	Włochy	8,0	18
Baltic Brown	granitoid	Finlandia	4,0	7,5
Grigio Perla	granitoid	Włochy	1,5	5,5
Ghiandone Limbara	granitoid	Włochy	3,5	5
Light Labrador	granitoid	Norwegia	5,5	9
Dark Labrador	granitoid	Norwegia	6,0	13–17
Australian sandstones	b.d.	Australia	6,5–18	12–45
Pietra di Vicenza	b.d.	Włochy	10	20–24
Palissandro	marmur	Włochy	12	28–30
Travertino Tivoli	marmur	Włochy	15,5	26
Candoglia	marmur	Włochy	13	33–35
Passau	granitoid	Niemcy	1,5	3,5
Rosa Porrino	granitoid	Hiszpania	3	1,5
Canadian Black	granitoid	Kanada	5	10,5
Impala	granitoid	RPA	6	9–10
Dakota Mahogany	granitoid	USA	2	2,5
Lanhelin	granitoid	Francja	2,5	4
Serizzo	granitoid	Włochy	3,5–4,0	6–7
Alta Quarzite	b.d.	Norwegia	5	3
Delabole slate	b.d.	Anglia	4–7	8
Diorite	granitoid	Włochy	3	9
Juparana	granitoid	Brazylia	3	6
Blanco Crystal	granitoid	Hiszpania	2,5	6
Azul Platino	granitoid	Hiszpania	3	6

¹⁾ m²/m – metr kwadratowy powierzchni przeciętej skały na 1 metr liny.

Podobne, ale obszerniejsze badania cięcia i trwałości segmentów diamentowych własnej produkcji prowadziła firma belgijska Diamont Boart [43]. W tabeli 4.3 zestawiono wyniki wydajności i trwałości diamentowych pił linowych przy cięciu w złożu skał magmowych mocnych, czyli granitoidów.

Tab. 4.3. Wydajność i trwałość diamentowych pił linowych przy cięciu skał magmowych głębinowych (granitoidów) w złożu według [43, 63, 65]

Klasa	Nazwa złoża	Kraj	Wydajność cięcia, [m ² /h]	Trwałość piły, [m ² /m]
I	Labrador Dark	Norwegia	5–6	20–25
	Swedish Black	Szwecja	5	10
	Wincklow Grey	Irlandia	5	10
	Beola Grigia	Włochy	4	12
	Serizzo	Włochy	4	10
	Gneiss	Szwajcaria	4	9
	Belfast Black	Południowa Afryka	2,5–3,0	10–15
II + III	Atlanta Grey	USA	5	7–8
	Labrador Light	Norwegia	4–5	16–18
	Pennsylvania Black	USA	4	7–8
	Vermont Grey	USA	4	6–7
	Elberton Grey	USA	4	6–7
	Impala Light	Południowa Afryka	3,5	8–10
	Bianco Baveno	Włochy	3,5	6
	Diorite	Włochy	3	9
	Castile White	Hiszpania	2–3	6–7
	Grey Berrocal	Hiszpania	2–3	6
	Juparana	Brazylia	3	6
	Gris des Vosges	Francja	3	6
	Azul Platino	Hiszpania	3	6
	Grey Nisa	Portugalia	2,5	5
IV + V	Rosa Baveno	Włochy	3	5
	Grigio Sardo	Włochy-Sardynia	3	4–5
	Rosa Limbara	Włochy-Sardynia	3	4–5
	Rosa Porino	Hiszpania	2,5	6
	Blanco Cristal	Hiszpania	2,5	6
	Royal Mahogany	Szwecja	2,5	4,5
	Rose de la Clarte	Francja	2	3–4
	Dakota Mahogany	USA	2	3–4

Badane skały podzielono na 5 klas pod względem podatności na urabianie za pomocą omawianej metody cięcia i przy użyciu własnych segmentów diamentowych, wykonanych według własnej receptury uwzględniającej typ skały oraz jej własności fizyczne i skład mineralogiczny. Z tabeli 4.3 wynika, że ze wzrostem klasy maleje wydajność cięcia.

W tabeli 4.4 zestawiono uzyskane wyniki cięcia i trwałości narzędzi firmy NUOVA FA. U. DI. (*Fabrica Utensili Diamantati*), Włochy.

Tab. 4.4. Wydajność cięcia i trwałość pił linowych diamentowych według [45, 63, 65]

Skala	Wydajność cięcia, [m ² /godz.]	Trwałość piły, [m ² /m]
Wapienie zbite	9–12	35–50
Skały porowate spękane	9–12	15–25
Mocne marmury	8–11	20–30
Słabsze marmury	10–16	60–70
Trawertyn	14–18	90–100
Granit klasy I	5–8	10–15
Granit klasy II	3–6	8–12
Granit klasy III	3–5	7–11
Beton zbrojony	4–5	2–7
Inne skały	8–16	25–50

Według najnowszych danych [26] wydajność i trwałość piły linowej w złożach granitu można przedstawić następująco – tabela 4.5.

Tab. 4.5. Wydajność cięcia i trwałość diamentowych pił linowych przy cięciu granitu [26]

Skala	Wydajność cięcia, [m ² /godz.]	Trwałość piły, [m ² /m]
Klasa 1	4–6	15–25
Klasa 2: czarny zbity granit	3–5	13–20
Klasa 2–3	2–5	8–15
Klasa 4–5	1–3	3–8
Granit bardzo abrazywny	3–4	8–15

W Polsce pracuje kilka urządzeń do cięcia skał w złożu przy użyciu diamentowych narzędzi. Uzyskane wyniki cięcia granitu w Strzegomiu i Borowie oraz piaskowców Radków i Śmiłów zestawiono w tabeli 4.6.

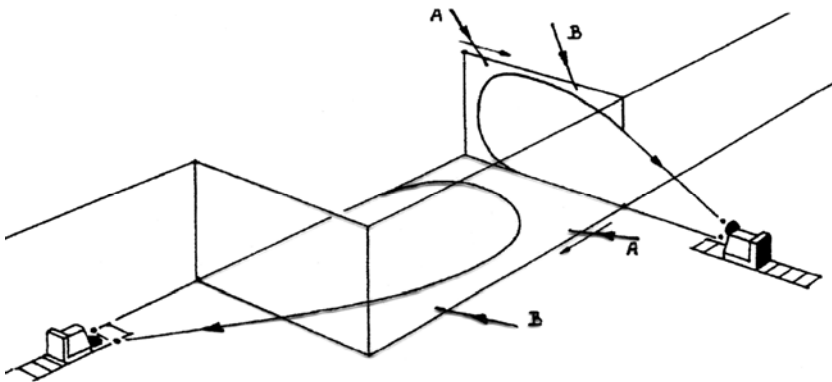
Tab. 4.6. Wydajność cięcia diamentową piłą linową piaskowców i granitów w Polsce [63, 65]

Skala	Wydajność cięcia, [m ² /godz.]
Piaskowiec Radków	10–15
Piaskowiec Śmiłów	15–25
Granit Morów	2,0–4,0
Granit Strzegom	2,5–4,5

4.2.1.7. Chłodzenie, jego sposób i ilość dostarczonej wody

Woda w procesie cięcia skał ma na celu odprowadzenie wydzielanego ciepła, a także zwilżanie i odprowadzenia startej masy skalnej.

Praktyka przemysłowa wykazała, że optymalna ilość użytej wody do pracy jednej piły w czasie cięcia wynosi 20 do 50 l/min. Na rysunku 4.15 pokazano miejsca dostarczenia wody jako chłodziwa.



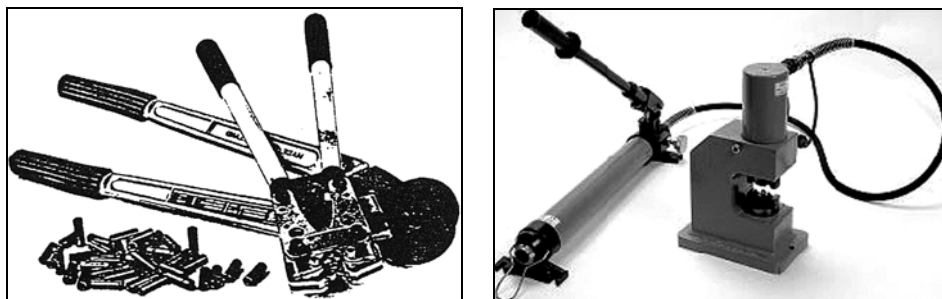
Rys. 4.15. Liny diamentowe, sposób i miejsce chłodzenia [27]:

A – tylne miejsce doprowadzenia wody; B – przednie miejsce doprowadzenia wody

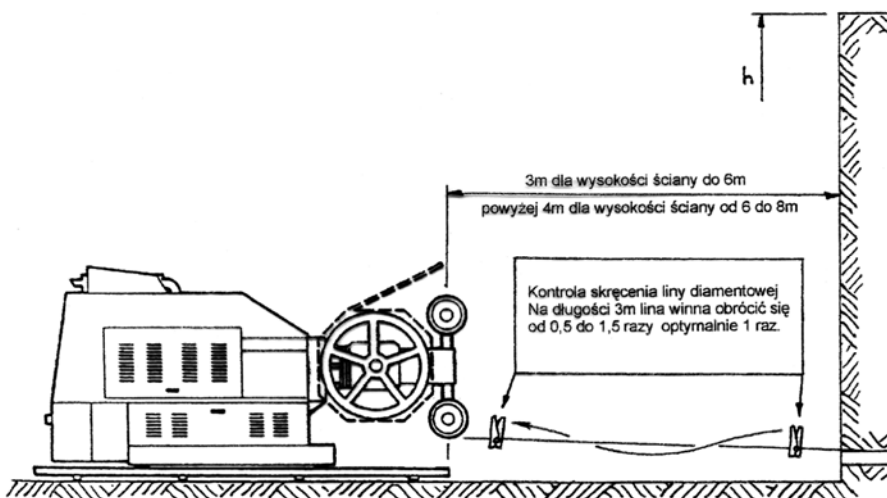
Przyjmuje się, że punkt dostarczenia wody A – tylny punkt dostarczenia wody winien się znajdować w odległości około 1 m od końca. Ponieważ punkt ten będzie się zmieniał w trakcie procesu cięcia, należy go sukcesywnie przesuwać w miarę postępu prac. Podobnie punkt B – winien się znajdować w odległości około 2/3 od końca otworu, podobnie jak w przypadku punktu A należy go przemieszczać okresowo w miarę postępu cięcia. Należy skrupulatnie i okresowo sprawdzać temperaturę liny, najczęściej w przerwach technologicznych oraz w czasie kontroli skrzywienia liny.

4.2.1.8. Sposób odpajania

Obecnie za pomocą diamentowej piły linowej mamy możliwość cięcia pod dowolnym kątem, najczęściej jednak spotyka się cięcie pionowe oraz rzadziej poziome. Pierwszą operacją jest odwiercenie dwóch otworów, przez które przeciąga się linę. Następnie dokonuje się skręcenia liny, przyjmuje się z praktyki, że lina winna być skręcona od 1,5 do 2 obrotów na jeden metr bieżący liny. Średnica otworów prowadzących wynosi przeważnie od 25 do 42 mm. Po przeprowadzeniu przez otwory i skręceniu liny należy połączyć oba końce ze sobą. Do tego celu używa się zwykle specjalnej przystawki zaciskowej – rysunek 4.16.



Rys. 4.16. Zaciskarka [26, 27]



Rys. 4.17. Sprawdzenie poprawności skręcenia liny diamentowej [27]

Po zaciśnięciu liny sprawdza się ręcznie jej prawidłowe skręcenie. Rysunek 4.17 przedstawia metodę sprawdzenia. Na długości 3 m lina winna się obrócić od 0,5 do 1,5 raza, ideal-

nie, gdy będzie to 1 raz. Skręcenie liny jest szczególnie ważne, wpływa ono bowiem na jej trwałość i nie powoduje zjawiska owalizacji. Jako markerów można użyć zwykłych spinaczy („żabek”) bądź też kolorowej taśmy samoprzylepnej.

Sprawdzenie liny powinno się przeprowadzać przy każdym zatrzymaniu maszyny, jednak nie rzadziej, niż co 2 godziny [27]. Oczywiście w zależności od producenta wielkości te mogą ulec nieznacznej zmianie w zależności od zaleceń.

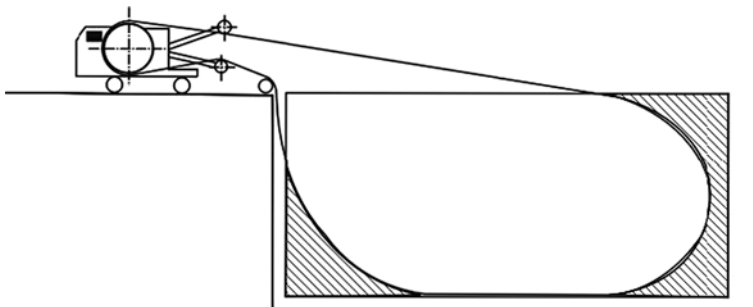
Diamentową piłą linową wycina się bloki lub monolity w caliznie (rys. 4.22) lub też dzieli odspojone monolity na mniejsze bloki [62]. Podstawową zasadą przy urabianiu na bloki foremne jest odspajanie od calizny dużej objętości monolitów, a następnie dzielenie ich na mniejsze bloki o handlowych wymiarach. Diamentowa piła linowa używana jest również w metodzie mieszanej, czyli do wykonania wrębu bocznego w celu uzyskania dodatkowej powierzchni odsłonięcia. Innym przykładem może być odspojenie poziome, w przypadku gdy istnieje konieczność podziału ławy na niższe części. Kolejną możliwością jest użycie diamentowej piły linowej do wykonania wciniek – rysunek 4.23. Dzięki specjalnym rolkom kierunkowym oraz prowadnicy istnieje, w miarę potrzeb, możliwość odspojenia bloku od czoła. Ideę tę ilustruje rysunek 4.24. Współczesne konstrukcje oraz wyposażenie dodatkowe, takie jak: prowadnice, rolki kierunkowe i maszty, dają w efekcie możliwość bardzo elastycznej lokalizacji napędu względem odspajanej calizny; przykładem może być praca ze spągu przy zmianie kierunku cięcia o 90° – rysunek 4.25.

W zależności od miejsca ustawienia urządzenia wyróżnia się:

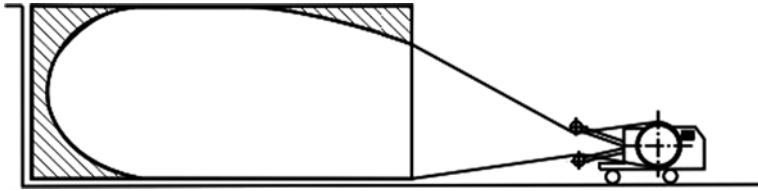
- cięcie ze stropu (rys. 4.18),
- cięcie ze spągu (rys. 4.19),
- cięcie poziome (rys. 4.20).

Natomiast ze względu na usytuowanie w czasie pracy w przodku względem krawędzi można rozróżnić:

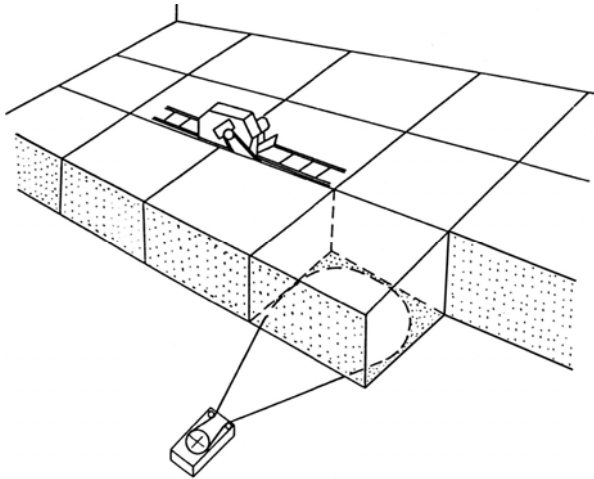
- cięcie w płaszczyźnie pionowej (rys. 4.21),
- cięcie w płaszczyźnie poziomej (rys. 4.20).



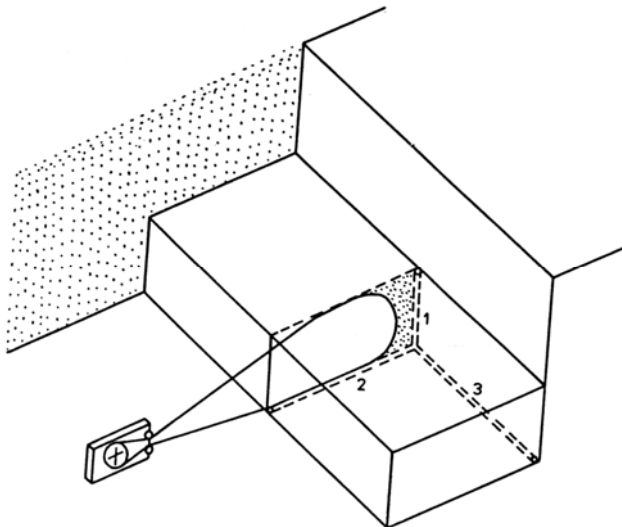
Rys. 4.18. Cięcie ze stropu [62]



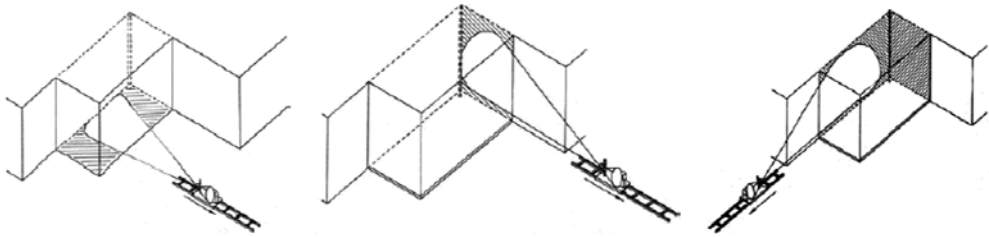
Rys. 4.19. Cięcie ze spągu [62]



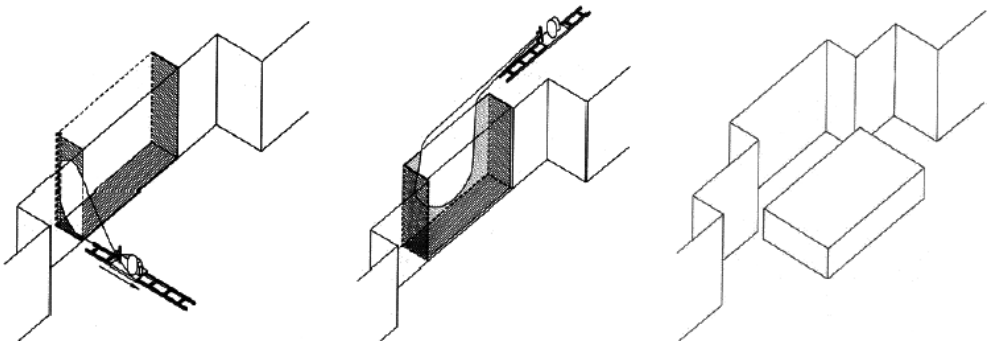
Rys. 4.20. Cięcie poziome [62]



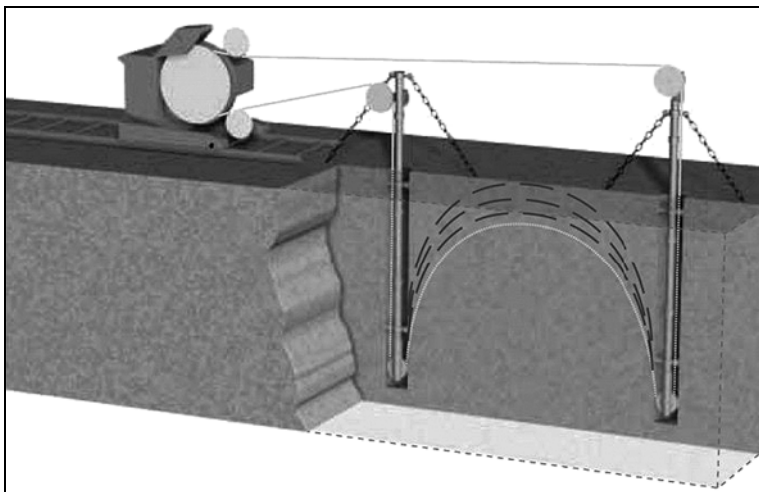
Rys. 4.21. Cięcie w płaszczyźnie pionowej [62]



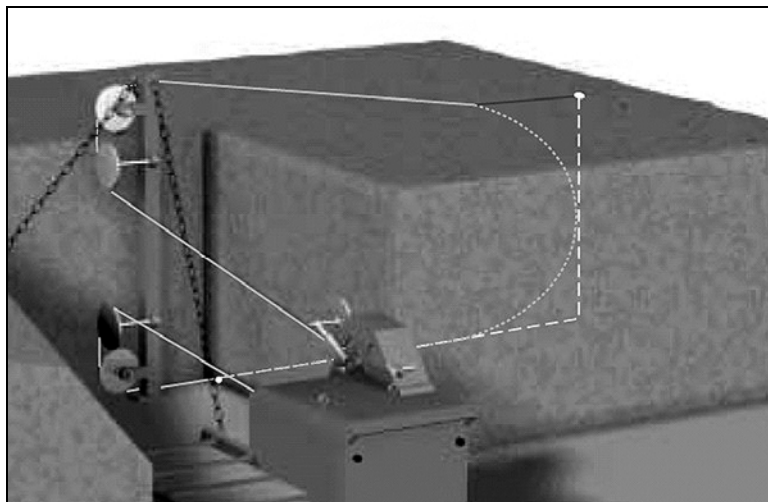
Rys. 4.22. Kolejne etapy wycinania monolitu z calizny skalnej [28]



Rys. 4.23. Kolejne etapy wykonania wcinkei [28]

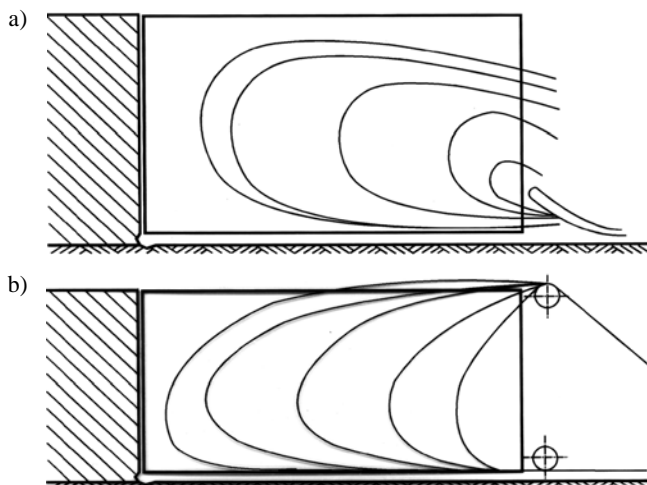


Rys. 4.24. Możliwość wykonania cięcia od czoła w złożu dzięki specjalnym prowadnicom [70]



Rys. 4.25. Możliwość wykonania cięcia z boku dzięki dodatkowemu wyposażeniu [70]

Z punktu widzenia technologii cięcia oraz optymalnego zużycia piły linowej ważny jest sposób kierunkowania liny. Jest to związane z poszczególnymi etapami cięcia i zmiennym kątem opasania calizny skalnej. Tak zwana „stara” metoda nie uwzględniała dodatkowej rolki kierunkowej – kąt opasania calizny był mniejszy, zużycie liny było większe, a pobór mocy maszyny większy. Zastosowanie dodatkowej linki kierunkowej w znaczący sposób poprawiło efektywność stosowania piły linowej do cięcia skał. Ideowo na rysunku 4.26 przedstawiono nowy i stary sposób opasania calizny skalnej podczas cięcia pionowego [27].



Rys. 4.26. Stary (a) i nowy (b) sposób opasania calizny podczas cięcia pionowego [27]

Wszechstronność zastosowania diamentowej piły linowej sprawia, że jest to obecnie jedna z najczęściej stosowanych technik przy odspajaniu bloków od calizny skalnej. Jak już wcześniej wspomniano, istnieje możliwość kompleksowego wykorzystania diamentowej piły linowej do odspajania monolitów i bloków skalnych przy użyciu jedynie piły linowej wraz z techniką wiertniczą. Dodatkowo można za pomocą piły linowej dokonywać operacji pomocniczych: wykonywania wrębów, dzielenia bloków czy nawet ich paserowania w przodku górnictwie.

W Polsce, przy urabianiu skał osadowych metoda ta jest coraz bardziej popularna, odwrotnie jednak wygląda sytuacja, jeżeli chodzi o skały przeobrażone. Jest to wynik właściwości złoża, głównie dużej szczelinowatości, małej bloczności, jak i używania niewłaściwej technologii wydobycia – bazującej na wykorzystaniu metody strzelania długimi otworami.

W złożach magmowych, szczególnie na płycie Sobótka–Strzegom można zaobserwować wysoką intensyfikację i wzrost wykorzystania diamentowej piły linowej w wydobyciu bloków. W zasadzie, można stwierdzić, że dofinansowania Unijne pozwalają w szerokim tempie na zmianę parku maszynowego oraz na zmianę technologii – na bazującą na piły linowej diamentowej. Obserwuje się w polskim przemyśle wydobywczym coraz szersze zastosowanie najnowocześniejszych technik w operowaniu liną diamentową. Niekwestionowana korzyścią jest ograniczenie stosowania MW do urabiania, a co za tym idzie ograniczenie jej negatywnych skutków, szczególnie ograniczenie mikroskopika bloków, mniejszych strat wydobywczych, większą ochronę środowiska oraz komfort i bezpieczeństwo pracy skalników.

4.2.2. Odspajanie za pomocą rozłupiarek hydraulicznych

Użycie rozłupiarek hydraulicznych pozwala na wyeliminowanie ciężkiej pracy fizycznej, związanej z pobijaniem klinów. Jeżeli chodzi o rozwiązania techniczne, to można tutaj wyróżnić dwa podstawowe typy urządzeń:

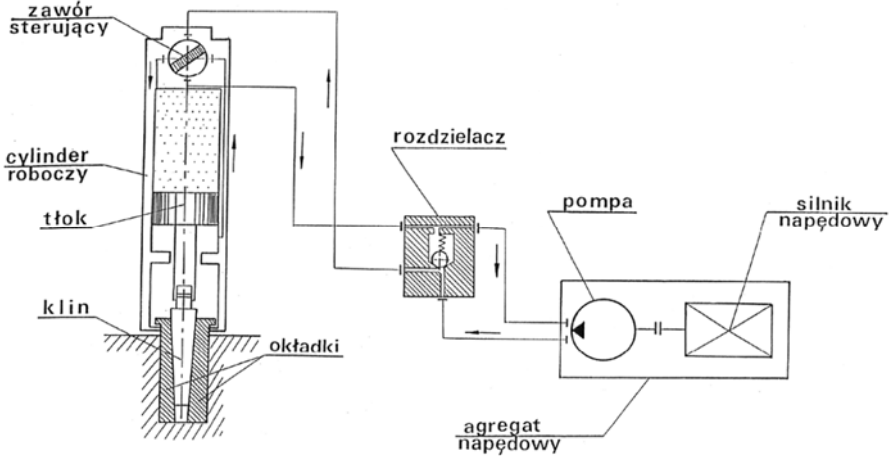
- 1) rozłupiarke wielotłoczkowe – systemu Rock Jack,
- 2) rozłupiarke jednotłoczkowe – systemu Darda, Hydrosplit.

Oprócz wyżej wymienionych rozłupiarek na rynku światowym można obecnie zakupić minirozłupiarke hydrauliczne, te jednak nie przyjęły się specjalnie w europejskim i polskim górnictwie skalnym, z tego też względu nie będą szerzej omawiane. Jeżeli zaś chodzi o rozłupiarke wielotłoczkową Rock Jack, to była ona pierwotnie produkowana w USA, obecnie jest wytwarzana w Korei. W Europie ten rodzaj rozłupiarke nie został szeroko spopularyzowany w przemyśle skalnym.

Konstrukcję rozłupiarke typu Darda przedstawia schemat na rysunku 4.27.

Podobną budowę i zasadę działania posiada włoska rozłupiarke typu Hydrosplit firmy Pellegrini. Różnica w stosunku do systemu Darda polega na odwrotnym kącie zbieżności klina. W systemie Darda klin jest zbieżny w dół, natomiast rozwiązanie firmy Pellegrini polega na użyciu klina zbieżnego w górę. Oznacza to, że rozpieranie w rozłupiarce Darda na-

stępuje podczas wysuwania klina z cylindra, natomiast dla rozłupiarki Hydrosplit rozpieranie jest osiągnięte przez chowanie – wciąganie klina.



Rys. 4.27. Budowa rozłupiarki systemu Darda [3]

Dane techniczne rozłupiarok Darda przedstawiono w tabeli 4.7, a dla rozłupiarki systemu Hydrosplit w tabeli 4.8.

Tab. 4.7. Charakterystyka techniczna rozłupiarok firmy Darda [23]

Typ	Typ klina	Wymagana średnica otworu, [mm]	Minimalna głębokość otworu, [mm]	Szczelina, [mm]	Efektywna siła rozpierająca		Masa, [kg]
					[kN]	[Mg]	
C2S	N	32	270	9	1962	200	17
C3S	N	35–38	430	10–40	2256	230	25
C3S	WL	P5–38	540	14	1864	190	26
C9	N	45–48	410	18–44	1962	200	22
C9		45–48	580	18–40	1962	200	23
C10S	N	41–43	630	18–45	2551	260	32
C12	N	45–48	610	20–50	3507	358	31
C12		45–48	680	15–35	4048	413	32

Tab. 4.8. Charakterystyka techniczna rozłupiarek Hydrosplit firmy Pellegrini [37]

Typ	Średnica otworu, [mm]	Minimalna długość otworu, [mm]	Długość klina, [mm]	Szerokość szczeliny, [mm]	Masa, [kg]	Efektywna siła rozpierania, [Mg]	Ciśnienie robocze, [bar]
HS 230	34–36	500	300	110	39	150	700
HS 300	40–42	700	690	190	39	180	700

Porównując dane, jak i bazując na praktyce przemysłowej można stwierdzić co następuje:

- rozłupiarka Hydrosplit posiada mniejszą siłę rozpierającą;
- podczas wyciągania z otworu, rozłupiarki firmy Pellegrini występuje czasami efekt blokowania klina, wynika to z charakteru pracy. Klin podczas składania musi wykonać ruch w głąb otworu. Zdarza się, że oderwane fragmenty skały blokują otwór, przez co istnieje trudność z wyciągnięciem rozłupiarki;
- dłuższe otwory, jak i jakość uzyskiwanej płaszczyzny podziału jest nieco lepsza dla rozłupiarek Hydrosplit, wynika to również z wymaganej minimalnej długości otworu.

Jeżeli chodzi o dobór parametrów siatki otworów, to można obliczyć odległości pomiędzy otworami z podstawowego warunku wytrzymałościowego na rozciąganie. W praktyce przemysłowej jednak bazuje się częściej na doświadczeniu. W polskich warunkach odległości pomiędzy otworami wynoszą od 14 do 30 cm.

Na rysunku 4.28 przedstawiono rozłupiarkę Darda podczas odpajania.



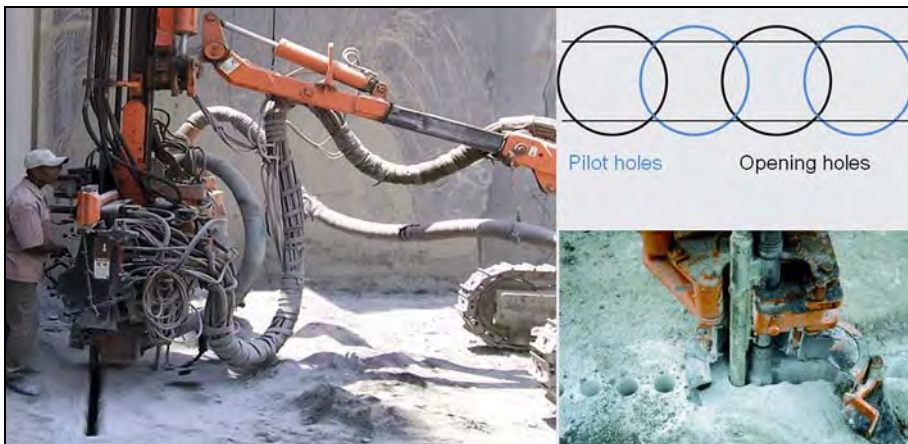
Rys. 4.28. Praca rozłupiarką Darda [24]

Wykorzystanie rozłupiarek hydraulicznych ma w polskich kopalniach bogatą historię, jednak ich coraz większa popularność można przypisać intensyfikacji wydobycia i zmianie organizacji pracy. Jest to głównie zasługa zmiany technologii wymuszona szeroko pojętą mechanizacją w krajowych kopalniach złóż blocznych.

4.2.3. Odspajanie wierceniem

W połączeniu z klinowaniem ręcznym bądź z rozłupiarkami hydraulicznymi jest to jedna z najwcześniej stosowanych technik górniczych. Mniej popularne jest wykonanie tak zwanej piły wiertniczej, czyli wykonanie otworu obok otworu – który tworzy szczelinę. Technologia wykonania takiej szczeliny polega na wydrążeniu co drugiego otworu w rzędzie, a następnie rozwiercenie pozostałości pomiędzy otworami za pomocą specjalnej przystawki. Zasadę działania ilustruje rysunek 4.29.

Na rynku krajowym bardzo popularne są wiertarki ręczne TOYO (rys. 4.30) oraz WUP-22 oferowane przez firmę Sandvik.



Rys. 4.29. Wykonanie wrębu za pomocą wiertnicy – w technologii tzw. „piły wiertniczej”, prawy dolny rysunek ilustruje przystawkę pilotującą [73]

Obecnie wiertarek ręcznych używa się głównie przy wierceniu otworów przy podziale bloku na mniejsze fragmenty oraz w operacjach pomocniczych. Średnice wierconych otworów wynoszą zwykle od 28 do 35 mm.

Na szerszą skalę używane są wiertnice oraz perforatory. Dużą popularnością cieszą wiertnice Commando – obecnie Sandvik oraz perforatory firmy Perfora.

Jeżeli chodzi o wiertnice to oferowane są obecnie przez firmę Sandvik (dawniej Tamrock) następujące typy: DQ100, DQ200, DQ240, DQ440 oraz DQ500. Średnice otworów wahają się od 27 mm, aż do 89 mm. Wielką zaletą stosowanych wiertnic jest ich duża mobilność oraz

wszechstronność działania. W zasadzie oprócz typu DQ200 i DQ240 – które są montowane na jednostkach zewnętrznych (koparka, koparko-ladowarka, ciągnik) – pozostałe typy posiadają swój integralny napęd. Wszystkie obecnie oferowane przez firmę Sandvik wiertnice posiadają suport, który pomaga utrzymać wiercenie otworów w jednej płaszczyźnie. Na rysunku 4.32 przedstawiono wiertnicę DQ100. Perforatory innych firm popularne na rynku krajowym to – perforatory Perfora. Firma oferuje zarówno maszyny o hydraulicznym, jak i pneumatycznym napędzie. Oferowane są obecnie następujące urządzenia pneumatyczne: Magic Medium, Rombo I, Rombo II, Rombo HD, Twingo EV, Poker, Speedrill, Sottomano.



Rys. 4.30.
Wiertarka TOYO [102]



Rys. 4.31. Wiercenie w bloku marmuru
za pomocą wiertarki WUP-22 [96]



Rys. 4.32. Wiertnica DQ100 firmy Sandvik [101]

Mniej popularne na krajowym rynku są maszyny hydrauliczne firmy Perfora, np.: Handydrill, Handydrill 100VH, Handy Maxidrill, Girodrill 200, Girodrill 200VH, Pratic 100VH, Dominator, Skyline, Rock Buggy, Quarry, Tempest 100VH, Energy 85 [86].

Na rysunku 4.33 przedstawiono pracę perforatora pneumatycznego w złożu granitu w kopalni Skalimex. Na rysunku 4.34 przedstawiono pracę perforatora na złożu piaskowca w kopalni Szydłowiec.



Rys. 4.33. Perforator firmy Perfora – kopalnia Skalimex (granit)



Rys. 4.34. Wiercenie otworów za pomocą perforatora oraz klinowanie za pomocą rozłupiarek – kopalnia Szydłowiec (piaskowiec)

Ogólnie można stwierdzić, że sprzęt wiertniczy w polskim górnictwie skalnym operującym w sferze urabiania na bloki foremne złóż pochodzenia magmowego jest na dość dobrym europejskim poziomie. W kamieniołomach o dużych i rozległych przodkach używa się zwykle samojedznych wiertnic bądź perforatorów. Natomiast w kopalniach węglanych o bardzo małych wymiarach używane są bardzo często perforatory pneumatyczne. Wynika to z konieczności używania dźwigów do ich przemieszczania, ale nie ma potrzeby używania i zakupu wiertnic samojedznych.

Odspajanie za pomocą wiercenia z pewnością jest zasługą mechanizacji w polskim górnictwie skalnym. Dofinansowania unijne pozwalają zwiększyć konkurencyjność krajowych producentów, a co za tym idzie pozwalają na zakup coraz nowocześniejszych wiertnic. Duży nacisk na ochronę środowiska, ograniczenie strat wydobywczych oraz intensyfikacja wydobycia wymusiły stosowanie nowoczesnych i innowacyjnych technik odspajania. Użycie wiertnic jako „piły wiertniczej” w znaczny sposób ograniczyło stosowanie uciążliwych technologicznie i środowiskowo palników termicznych. Można uznać, że wiercenie oraz użycie diamentowych pił linowych wprowadziło krajowe górnictwo skalne na całkiem nowe jakościowo tory wydobycia złóż bocznych.

4.2.4. Odspajanie za pomocą wrębiarek łańcuchowych

Wrębiarki łańcuchowe są stosowane do urabiania głównie skał węglanowych, tj. wapieni lekkich i zbitych, marmuru, trawertynu oraz słabych piaskowców i alabastru. Teoretycznie przyjmuje się, że wrębiarki łańcuchowe mogą skutecznie urabiać (ciąć) skały o wytrzymałości na ściskanie do 200 MPa [65].

Samo urządzenie jest zbudowane z następujących elementów:

- podwozia o ramowej solidnej konstrukcji;
- szyn prowadzących, po których porusza się cała wrębiarka;
- silnika oraz przekładni elektro-hydraulicznej do napędu jazdy wrębiarki oraz łańcucha;
- pompy z systemem smarowania;
- panelu kontrolnego;
- wrębniaka.

Na rysunku 4.35 pokazano widok pracującej wrębiarki łańcuchowej.

Głównym elementem roboczym jest wrębniak łańcuchowy zaopatrzony w zęby wykonane z twardych spieków, które pracują na zasadzie skrawania, bądź też w szczególnych przypadkach mogą to być również polikryształowe diamenty, w zależności od specyfiki ciętej skały [60, 95].

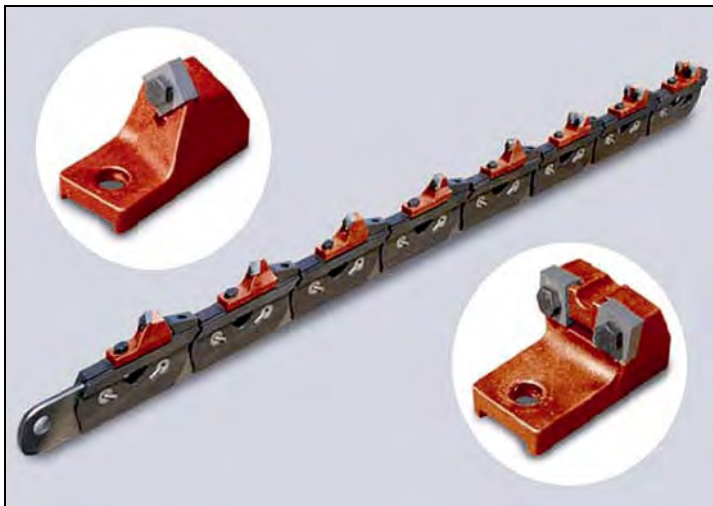
Na rysunku 4.36 pokazano widok fragmentu łańcucha oraz pojedynczego zęba.

Obecnie dominują włoskie konstrukcje firm: Pellegrini, Dazzini, Fantini i innych. Popularne niegdyś wrębiarki niemieckiej firmy Korfmann są obecnie nieprodukowane.

Jeżeli chodzi o podstawowe parametry cięcia, to maksymalna głębokość wynosi ok. 5 m. Zapotrzebowanie mocy waha się od 60 do 120 KM. Wydajność zależy od wielu czynników, jednak rzeczywiste wyniki dające pozytywny efekt ekonomiczny to 12–14 m²/godz. [95, 119].



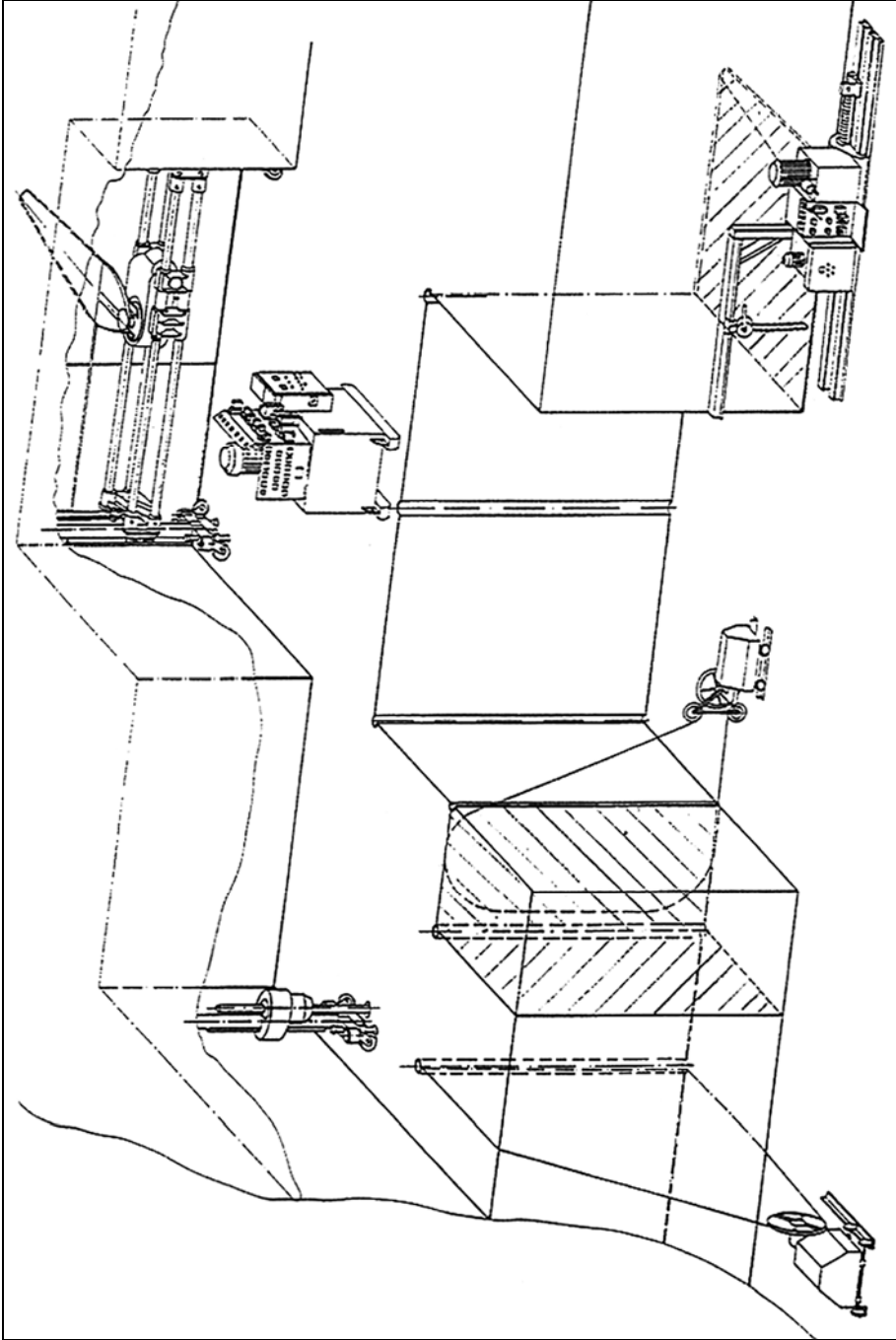
Rys. 4.35. Praca wrębiarką łańcuchową [117]



Rys. 4.36. Łańcuch wrębiarki wraz z zębem [119]

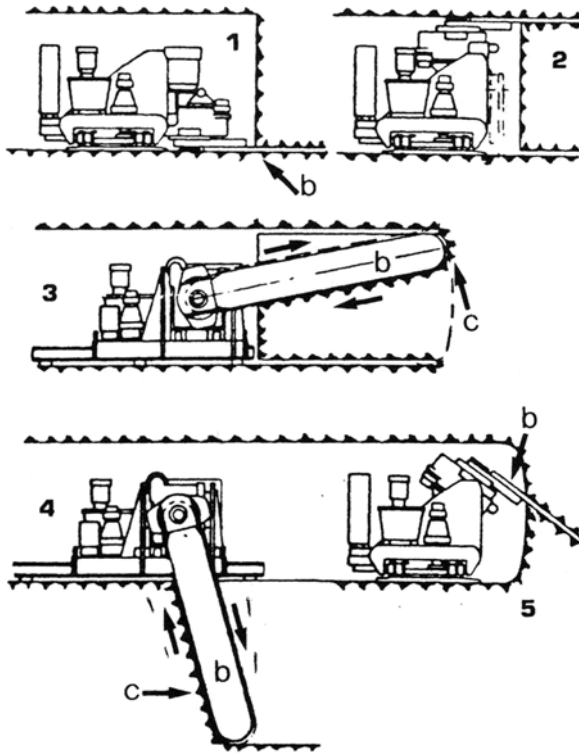
Nowoczesne konstrukcje pozwalają ciąć w dowolnej płaszczyźnie, często są zresztą wykorzystywane do cięcia w wyrobiskach podziemnych, w szczególności w masywie Carrara. Z uwagi na konieczność usuwania startej masy skalnej, jak również obniżenia temperatury zębów, sam proces wymaga chłodzenia. Z reguły jest to woda, istnieje jednak możliwość użycia powietrza jako chłodziwa w szczególnych przypadkach [95].

Wrębiarka łańcuchowa bardzo często jest wykorzystywana wspólnie z diamentową piłą linową. Przykłady takiego zastosowania ilustruje rysunek 4.37.



Rys. 4.37. Wrębiarka łańcuchowa współpracująca z diamentową piłą linową [29]

Z kolei na rysunku 4.38 przedstawiono różne możliwości cięcia za pomocą wrębiarki łańcuchowej.



Rys. 4.38. Różne możliwości cięcia za pomocą wrębiarki łańcuchowej przy różnorodnym ustawieniu wrębnika [95]. Oznaczenia: 1, 2 – cięcie poziome; 3 – cięcie ze spągu; 4 – cięcie ze stropu; 5 – cięcie w płaszczyźnie pochylej; b – wrębnik; c – łańcuch

Jeżeli chodzi o praktyczną stronę użycia wrębiarek łańcuchowych, to do zalet ich stosowania można zaliczyć:

- wysoką wydajność, teoretycznie nieograniczoną długość cięcia;
- wysoki stopień bezpieczeństwa i niski stopień negatywnego oddziaływania na obsługę i najbliższe otoczenie (brak pylenia, wibracji, niski poziom hałasu);
- prosta obsługa;
- brak konieczności wprowadzania i używania operacji przygotowawczych (jak wiercenie, itp.);
- możliwość użycia w wyrobiskach podziemnych;
- wysoka jakość powierzchni odspojenia.

Do wad użycia wrębiarek łańcuchowych można zaliczyć:

- konieczność dostępu do wody, jako medium chłodzącego,
- ograniczenie głębokości cięcia,
- dość wysoki koszt inwestycyjny i operacyjny,
- przemieszczanie wrębiarki łańcuchowej za pomocą ciężkiego sprzętu,
- konieczność regularnej geometrii utrzymywania wyrobiska.

W warunkach krajowych nie stosuje się obecnie wrębiarek łańcuchowych. Rozważano zakup takiego urządzenia do kamieniołomu Pińczów, jednak nie doszło do zrealizowania transakcji. Mała popularność urządzenia wynika z faktu braku odpowiednich złóż o regularnej geometrii oraz wysokie koszty inwestycyjne.

Dla przykładu w tabeli 4.9 przedstawiono podstawowe dane techniczne wrębiarki łańcuchowej firmy Pellegrini typ CH 60.

Tab. 4.9. Charakterystyka techniczna wrębiarki łańcuchowej CH 60 firmy Pellegrini [119]

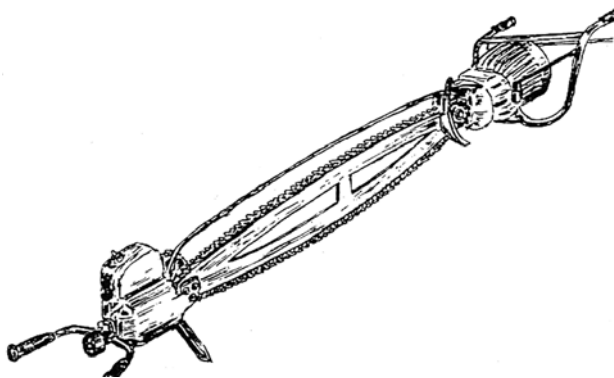
Parametr	Wartość
Moc zainstalowana	45 kW
Prędkość liniowa łańcucha	0–1,4 m/s
Masa urządzenia	6,5 t
Długość szyny	3 m

Tab. 4.10. Charakterystyka techniczna piły łańcuchowej REXO NPM-10 produkcji francuskiej [60]

Parametr	Wartość
Masa urządzenia	50 kg
Moc silnika	10 kW
Prędkość łańcucha	1,85 m/s
Rozwidlenie ostrzy	14 mm
Podziałka łańcucha	21 mm
Rozstaw kół łańcuchowych	2260 mm
Praktyczna długość cięcia	2 m

Ciekawym rozwiązaniem jest natomiast zastosowanie piły łańcuchowej w kopalni wapienia w Pińczowie. Wapień ten należy zaliczyć do grupy wapieni lekkich. Jest to wapień litotamniowy (powstały ze szczątków wodorostów morskich). Odznacza się on bardzo małą gęstością pozorną – około $1,7 \text{ Mg/m}^3$, można go obrabiać, jak i urabiać narzędziami stolarskimi, z czasem jednak wapień ten twardnieje, osiągając dużo większą wytrzymałość niż cegła. Piła łańcuchowa jest narzędziem o ciężarze od 18–50 kg, napędzana spalinowo. Może być obsługiwana przez pojedynczą osobę, bądź też przez dwóch operatorów [60]. W Pińczowie stosowana jest piła łańcuchowa firmy REXO. Jej dane techniczne przedstawiono w tabeli 4.10.

Na rysunku 4.39 pokazano wygląd piły łańcuchowej. W praktyce dla wapienia pińczowskiego wydajność cięcia piłą łańcuchową wynosi od 0,1 do $0,14 \text{ m}^2/\text{min}$.



Rys. 4.39. Piła łańcuchowa REXO [60]

4.3. Termiczna metoda odspajania

W praktyce przemysłowej termiczna technika odspajania skał ma zastosowanie w przypadku, gdy minimalna zawartość kwarcu w składzie mineralnym wynosi 15% [60]. Inni autorzy [3] jako wartość krytyczną podają 20% wolnej krzemionki (kwarcu).

Wybrane minerały posiadają zdolność do polimorficznych przemian pod działaniem wysokiej temperatury. Do grona wybranych minerałów posiadających taką zdolność należy zaliczyć między innymi kwarc, który przy wzroście temperatury przechodzi w polimorficzne odmiany z towarzyszącymi im gwałtownymi zmianami objętości oraz pochłanianiem lub też wydzielaniem ciepła reakcji. Przemiana kwarcytu ma dla urabiania termicznego zasadnicze znaczenie, a zwłaszcza ta, która połączona jest ze znaczną objętościową rozszerzalnością cieplną. Dzięki tej zdolności ziarna kwarcu zwiększając swoją objętość, generują tak duże naprężenia w otoczeniu ziarna, że są w stanie doprowadzić do odspojenia minerałów przylegających. Dodatkowo potężny strumień gazów wylotowych dodatkowo ułatwia „wydmuchiwanie” urobionych fragmentów skalnych.

W tabeli 4.11 przedstawiono przemiany polimorficzne kwarcu w czasie ogrzewania.

Tab. 4.11. Przemiany polimorficzne kwarcu w czasie ogrzewania [60]

Przemiana	Temperatura przemiany, [°C]	Zmiana objętości, [%]
β -kwarc \rightarrow α -kwarc	573	2,4
α -kwarc \rightarrow α -trydymit	870	12,7
α -trydymit \rightarrow α -krystobalit	1470	4,7
α -krystobalit \rightarrow stan płynny	1713	0,1

Praktyka przemysłowa wykazała, że najlepsze efekty uzyskuje się w temperaturze 1200–1300°C, zwłaszcza przy stosunkowo niewielkiej zawartości kwarcu w skale. Obecnie używa się palników termicznych, gdzie paliwem jest olej napędowy, natomiast, jako utleniacza używa się sprężonego powietrza. Ogólnie można przyjąć, że zapotrzebowanie na olej napędowy waha się w granicach 35–70 l/h. Zapotrzebowanie na sprężone powietrze wynosi 5–8 m³/min. W polskich warunkach przemysłowych zużycie ON (oleju napędowego) waha się w granicach 55–60 l/h, natomiast zużycie sprężonego powietrza wynosi 6,5–10 m³/min. Wydajność cięcia według Primavori wynosi od 1–2 m²/h, natomiast w krajowym górnictwie skalnym waha się ono od 0,9 do 1,4 m²/h [3, 4, 95].

Szerokość uzyskiwanego wrębu to zakres 70–120 mm, w zależności od typu urządzenia. W polskich warunkach używa się generalnie dwóch typów palnika, są to: FA-150 oraz FA-300, oba produkcji szwedzkiej firmy Atlas Copco.

Podstawowe dane techniczne przedstawiono w tabeli 4.12.

Tab. 4.12. Porównanie dwóch typów palnika termicznego produkcji Atlas Copco

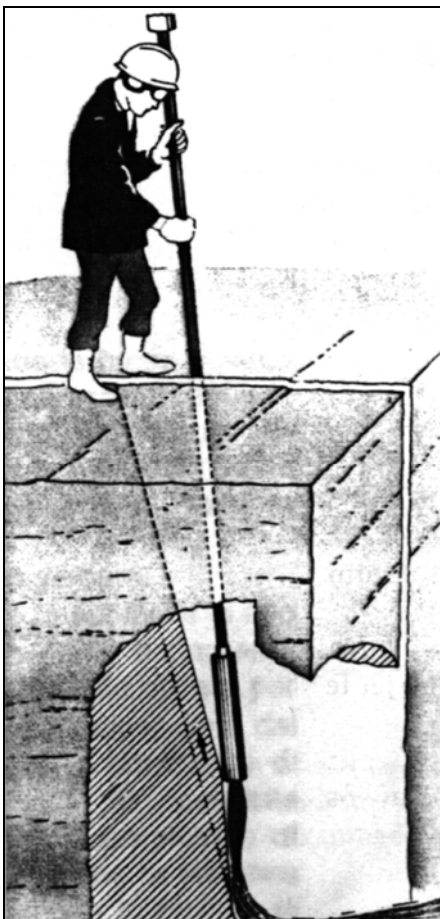
Parametr	Jednostka	Typ palnika	
		FA-150	FA-300
Zużycie powietrza sprężonego	[m ³ /min]	4,2	8,4
Zużycie oleju napędowego	[litr/h]	30/35	60/70
Wydajność cięcia w granicie	[m ² /h]	1,5/2,0	1,5/2,5
Średnica palnika	[mm]	54	77
Szerokość szczeliny cięcia	[mm]	70	110
Maksymalna głębokość cięcia	[m]	4,5	4,5
Ciśnienie powietrza dla palnika	[atm]	6/7	6/7

Palnik termiczny składa się z następujących głównych urządzeń [60]:

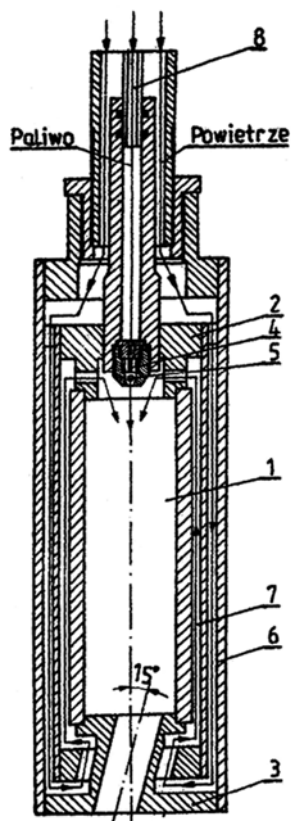
- przyrządy doprowadzające sprężone powietrze i paliwo,
- pompa paliwowa,
- zawory regulujące i kontrolne,
- palnik z uchwytem.

Na rysunku 4.40 przedstawiono ogólną ideę urabiania palnikiem [95], natomiast rysunek 4.41 ilustruje przekrój dyszy palnika.

Zasada działania palnika jest bardzo podobna do zasady działania silnika odrzutowego. Produkty spalania są wyrzucane z dyszy z bardzo dużą prędkością około 1310 m/s. Tak duży strumień gazów równoważy ciężar palnika (30–40 kg), nie sprawiając kłopotu obsłudze przy operowaniu nim.



Rys. 4.40. Ogólny widok urabiania palnikiem [95]



Rys. 4.41. Przekrój przez dyszę palnika [3]

- Oznaczenia: 1 – komora spalania;
2 – głowica; 3 – mimośrodowa dysza;
4 – rozpylacz oleju napędowego;
5 – winniczek; 6 – płaszcz zewnętrzny;
7, 8 – rurka stalowa

Duży problem przy termicznym sposobie urabiania skał stanowi zagrożenie generowanego hałasu. Silny hałas dochodzący bardzo często do ponad 120 db powoduje bardzo duże utrudnienia dla obsługi. Przy rozpoczęciu urabiania (zacinaniu) wrębów palnikiem generowany jest największy poziom hałasu, następnie, w trakcie postępu wykonania wrębu hałas zostaje stłumiony. Nasilenie rozchodzenia się hałasu zależy od takich czynników, jak: konstrukcja palnika, geometria płomienia, etap wykonania wrębu, geometria wyrobiska, itd. Wiadomo z praktyki, że typowe kamieniołomy wgłębne posiadają tę cechę, że rozchodzenie się dźwięków jest bardzo duże – jest to tzw. efekt muszli koncertowej czy antycznego amfiteatru.

Po przygotowaniu instalacji, połączeniu wszystkich przewodów i odkręceniu zaworów przystępuje się do zapalenia palnika. Polega to na skierowaniu palnika, z którego dyszy wydobywa się ON oraz tlen, na otwarty ogień. Po zapaleniu włącza się płynnie dopływ sprężonego powietrza, zmniejszając dopływ tlenu. Przez odpowiednią manipulację zaworami głowicy redukcyjnej palnika, doprowadza się do spalania mieszanki wewnątrz dyszy palnika [3, 4]. Pracujący palnik kieruje się w miejsce linii przyszłego wykonania wrębu. Stopniowo następuje zagłębianie się palnika w wykonywany wręb, aż do jego całkowitego wykonania. Przykład takiego wrębu ilustruje rysunek 4.42.

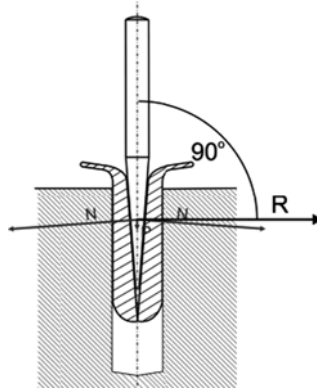


Rys. 4.42. Wykonanie wrębu za pomocą palnika termicznego w kamieniołomie granitu Skalimex

Jeżeli chodzi o wykorzystanie palnika termicznego, to jest on w zasadzie używany w Polsce do wykonywania wrębów przy odspajaniu dużych monolitów w pierwszej fazie urabiania. Głębokość wykonywanych wrębów może osiągnąć 8 m, jednak w krajowej praktyce nie przekracza ona 6 m.

4.4. Metoda ręcznego klinowania

Klinowanie ręczne należy do najstarszych metod urabiania złóż na bloki. Jedyną zmianą, jaką można zaobserwować współcześnie, jest mechaniczne przygotowanie otworów. Dawniej używano do tego celu wiertła, które za pomocą ręcznego pobijania młotem i ręcznego obrotu wykonywało otwór. Przy podziale na formaki kuto ręcznie gniazda pod kliny. Dziś na szeroką skalę używa się wiertarek ręcznych, perforatorów i wiertnic małośrednicowych. Dla gniazd pod kliny tępe używa się powszechnie młotków pneumatycznych. Jeżeli rozpatrujemy sam proces urabiania, to w polskiej praktyce górniczej możemy mówić jedynie o użyciu klinów złożonych w odmianie trójdzielnej. Klin taki składa się z okładzin stalowych oraz klina. Kąt zbieżności to około 20° . Celem minimalizacji tarcia pomiędzy okładzinami a klinem używa się smaru. Przekrój przez klin trójdzielny prezentuje rysunek 4.43, natomiast klinowanie ręczne pokazano na rysunkach 4.44 i 4.45.



Rys. 4.43. Przekrój przez klin trójdzielny

W zależności od uławicenia, ciosu, jego orientacji i właściwości masywu wierce się otwory w planowanej płaszczyźnie podziału. Otwory są wiercone na głębokość od 30 cm, nawet do grubości dzielonej ławy. Odległość pomiędzy otworami również wynika z właściwości odspajanej skały, podobnie jak przy głębokości otworu. Jest to zwykle odległość od 10 do 30 cm. Następnie zakładane są kliny trójdzielne, po czym skalnik dobija je jednym, maksymalnie dwoma uderzeniami młota – jeden po drugim w linii podziału. Potem wraca do pierwszego otworu z kolei i po jednym uderzeniu dobija kolejno kliny. Po pewnym czasie od 5 do 15 min, kiedy kliny dociągną, operacja uderzenia jest powtarzana, włącznie z przerwami. Skalnicy w czasie dociągania obserwują powstawanie szczeliny. Bardzo ważne jest przedmuchiwanie calizny na linii podziału, aby można było obserwować powstającą szczelinę. Z punktu widzenia bezpieczeństwa, skalnik, który prowadzi pobijanie młotem nie może mieć na linii działania młota żadnej osoby. Bardzo często młot potrafi wyslizgnąć się z rękawic, szczególnie w momencie, kiedy smar z klinów pokrywa dodatkowo ich powierzchnię.

Niecelne uderzenie może również spowodować oderwanie młota od styliska. Masa młotów to przeważnie 6–12 kg.



Rys. 4.44. Klinowanie ręczne w kopalni granitu Morstone Quarry



Rys. 4.45. Klinowanie ręczne w kopalni Sławniowice [96]

Do podziału na mniejsze formaki używa się klinów tępych, tzn. nie posiadających okładzin. W takim przypadku nie wierci się otworów pod kliny, tylko wykuwa je za pomocą młot-

ków pneumatycznych. Sam młotek pneumatyczny oraz kliny pokazano na kolejnych rysunkach 4.46 i 4.47.

Klinowanie ręczne jest bardzo prostą, taną i efektywną metodą podziału i odspajania bloków. Jej ujemną cechą jest duże zaangażowanie sił ludzkich. Wymaga ona sporej wiedzy od skalników na temat budowy i właściwości masywu. Znane są przypadki, gdzie na 5-metrowej linii podziału skalnicy zakładają na końcu 3 kliny w odległości od siebie około 25 cm, po czym z dokładnością do 10 cm są w stanie określić przebieg podziału na całej długości 5-metrowej ławy.



Rys. 4.46. Wykuwanie gniazd pod kliny, kopalnia Radków – piaskowiec



Rys. 4.47. Podział bloku na formaki za pomocą klinów tępych – piaskowiec

4.5. Pozostałe metody

Oprócz wyżej opisanych metod są stosowane jeszcze inne, o mniejszym znaczeniu; można do nich zaliczyć metody wykorzystujące:

- młoty hydrauliczne,
- cięcie za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody,
- taśmowe wrębiarki diamentowe,
- materiał pęczniejący,
- koparki i ładowarki,
- siłowniki oraz poduszki powietrzne.

4.5.1. Użycie młotów hydraulicznych

Metoda ta ma zastosowanie w złożach bardzo spękanych, odznaczających się małą blocznością. W Polsce nie prowadzi się takiej eksploatacji, aczkolwiek analizując niską bloczność złóż – szczególnie skał węglanowych – metoda ta winna być stosowana z powodzeniem. Zastosowanie metody z użyciem mechanicznych sposobów wydobywania winno ograniczyć niekorzystny wpływ techniki strzelniczej na jakość pozyskiwanego surowca, jak i zwiększyć pozyskanie bloków.

4.5.2. Cięcie za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody

Metoda ta jest z powodzeniem wprowadzana w złożach piaskowców, natomiast w złożach magmowych w fazie pierwszych prób przemysłowych. Bardzo intensywne badania są prowadzone w USA (granit), Kanadzie (granit), Włoszech (granit) i Francji (granit i piaskowiec). Obecnie ciśnienie strugi wody dochodzi nawet do 4500 bar. Cięcie złoża polega na użyciu obrotowej głowicy, natomiast sama struga i zasada działania przypominają frezowanie. Powstająca szczelina ma większy wymiar niż sama głowica. Jest to ważne, aby głowica znajdowała się jak najbliżej calizny skalnej, by nie wytracać swojej energii. Powstająca szczelina ma szerokość od 5 do 8 cm, maksymalna głębokość cięcia dochodzi do 7 m (rys. 4.48 i 4.49).

4.5.3. Taśmowa wrębiarka diamentowa

Metoda ta to w zasadzie próba przeniesienia wrębiarki łańcuchowej na grunt skał magmowych. Zamiast łańcucha uzbrojonego w węgliki spiekane zastosowano taśmę uzbrojoną w segmenty diamentowe. Sama taśma została przedstawiona na rysunku 4.50, natomiast budowa wrębiarki taśmowej jest niemal identyczna z wrębiarką łańcuchową stosowaną do cięcia skał węglanowych.



Rys. 4.48. Cięcie w złożu granitu za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody – idea [116]



Rys. 4.49. Cięcie w złożu piaskowca za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody [60]



Rys. 4.50. Taśma diamentowa [117]

4.5.4. Materiał pęczniejący

Materiał pęczniejący jest substancją stałą, która podczas reakcji chemicznej z wodą zwiększa swoją objętość, wywołując w otworze lub szczelinie naprężenia niszczące. Na rynku światowym dostępne są materiały pęczniejące o następujących nazwach handlowych: Cevamit, Bentonamit (Cracker), Expansit, Bristar, Dexpan, Crackamite.

Pierwsze trzy z wymienionych materiałów są szeroko dostępne w Polsce, przy czym najpopularniejszy jest słowacki Cevamit.

Dokładny skład chemiczny nie jest podawany przez producentów. Głównym składnikiem jest wapno palone. Dodatkowe składniki nie są z reguły podawane. Stanowią one bowiem tajemnicę firm produkujących materiał pęczniejący. Wiadomo, że oprócz głównego składnika jakim jest CaO występują dodatki substancji nieorganicznych, m.in. różnego rodzaju krzemiany oraz organiczne mieszaniny. W tabeli 4.13 przedstawiono orientacyjny skład chemiczny dla materiału pęczniejącego Bristar.

Tab. 4.13. Orientacyjny skład chemiczny dla materiału pęczniejącego Bristar [117]

Substancje nieorganiczne	Zawartość, [%]
Dwutlenek krzemu (SiO ₂)	2–11
Tlenek glinu (Al ₂ O ₃)	0,3–6
Tlenek żelaza (Fe ₂ O ₃)	0,5–3
Tlenek wapnia (CaO)	77–96
Tlenek magnezu (MgO)	0–2
Tlenek siarki (SO ₃)	0,5–5
Substancje organiczne	Zawartość, [%]
Sulfamid meleminy, naftalen kwasu sulfonowego z polimerami, sól sulfoniowa	około 1

Średnice otworów w zależności od producenta przedstawiają się następująco:

- Dla Cevamitu wg producenta – od 30 do 80 mm,
- Bristar – od 36 do 50 mm,
- Dexpan – od 38 do 50 mm,
- Expansit – od 30 do 48 mm (w zależności od temperatury),
- Crackamite – od 40 do 50 mm,
- Bentonamit – czterokrotność długości otworu.

Wartości wywoływanych naprężeń podawane przez producentów:

- Cevamit: producent 40 MPa, przedstawiciel 50 MPa,
- Bristar: minimum 60 MPa,
- Dexpan: brak danych,
- Bentonamit: brak danych,
- Expansit: 100 MPa,
- Crackamite: 112 MPa.

Głębokość odwiercanych otworów w stosunku do wysokości bloków przedstawia się następująco:

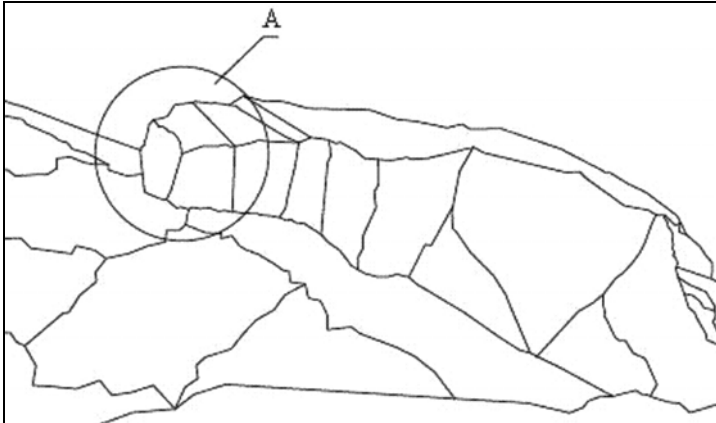
- Cevamit: od 0,8 do 0,9,
- Bristar: 0,9,
- Dexpan: od 0,7 do 0,95,
- Bentonamit: od 0,85 do 0,9,
- Expansit: 0,8,
- Crackamite: od 0,75.

Czas działania z kolei przedstawia się następująco:

- Cevamit: od 6 do 24 godzin,
- Bristar: od 10 do 20 godzin,
- Dexpan: od 45 minut do 48 godzin,
- Bentomanit: do 3 dni,
- Expansit: od 0,5 do 32 godzin,
- Crackamite: od 3 do 20 godzin.

Materiały pęczniące są szczególnie wykorzystywane tam, gdzie zachodzi konieczność uzyskania bloków kopaliny, lub podzielenia konstrukcji budowlanych (fundamentów betonowych, murów oporowych, fragmentów konstrukcji, drażenie tuneli, rozłupywanie gładów, itd.) bez stosowania materiałów wybuchowych, a więc z pominięciem utrudnień związanych z organizacją i wykonaniem strzelania. Zaletą jest tu brak obowiązku posiadania licencji na materiał rozprężający, brak drgań gruntu, prostota stosowania, brak pylenia przy podziale, możliwość dzielenia na bloki bez wstrzymania produkcji zakładu. Niezaprzeczną zaletą stosowania środków rozprężających jest też eliminacja prawie całkowita strat eksploatacyjnych. Sam proces odspojenia bloku jest prosty. W przypadku skał osadowych odsłania się złożę przy zastosowaniu koparek hydraulicznych, bądź ładowarek z odpowiednim osprzętem do selektywnego odspajania materiału charakteryzującego się cechami blocznymi. Pozyskiwanie bloków ma swoją specyfikę w odniesieniu do warunków urabiania. Z reguły uwzględnia się: spękania, uławiczenie. Po wywierceniu otworów, których odległość ustalana jest empirycznie (zwykle do 30 cm) i głębokości minimum 0,8 m ławy przystępuje się do mieszania środków rozprężających z wodą. Miesza się, aż do otrzymania jednolitej masy. Otwór zalewa się w ciągu kilku minut od sporządzenia mieszaniny.

Na rysunku 4.51 przedstawiono schemat ideowy odsłoniętego złoża blocznego i przebieg płaszczyzn podzielności oraz fragment, który będzie dzielony na bloki z zastosowaniem Cevamitu.



Rys. 4.51. Schemat ideowy blocznej części złoża [49]

Na rysunku 4.52 pokazano fragment złoża piaskowca Barwałd, urabianego na bloki za pomocą Cevamitu – widoczne są ślady materiału pęczniającego w otworach.



Rys. 4.52. Fragment złoża piaskowca Barwałd eksploatowanego na bloki [49]

Rzeczywisty czas odspojenia zależy od rodzaju materiału pęczniającego, temperatury otoczenia, średnicy otworu, odległości pomiędzy otworami, ilości wody zarobowej.

Na podstawie praktyki przemysłowej można przyjąć następujące zasady i zalecenia:

- im wyższa temperatura otoczenia, tym większe generowanie naprężeń przez materiał pęczniący;
- najlepsze proporcje materiału pęczniącego w stosunku do ilości wody zarobowej wynoszą jak 10:3;
- im wyższa temperatura otoczenia, tym szybszy czas reakcji materiału pęczniącego;
- im temperatura otoczenia jest niższa, tym temperatura wody zarobowej winna być większa.

Sam proces odpajania jest bardzo prosty, po wykonaniu otworów na żądaną głębokość przystępuje się do wymieszania materiału z wodą. Ze względu na żrący charakter substancji należy zachować ostrożność i zwrócić szczególną uwagę na środki bezpieczeństwa i zalecenia producenta. Po sporządzeniu mieszaniny zalewa się otwory bezpośrednio, lub też w przypadku występowania szczelin, do specjalnych foliowych wkładek. Po zalaniu odczekuje się żądany czas, aż do pojawienia się pęknięcia.

4.5.5. Urabianie za pomocą koparek i ładowarek

W warunkach polskich spora część złóż piaskowców jak i skał węglanowych (w tym marmurów) odznacza się niską blocznością od 10 do 20%. Stąd na szeroką skalę używa się koparek hydraulicznych oraz ładowarek z odpowiednim osprzętem do selektywnego odpajania materiału charakteryzującego się walorami blocznymi. W zasadzie przypomina to wrywanie, czy odrywanie bloków od calizny skalnej, bazując na ich naturalnej siatce spękań, często przy wcześniejszym oczyszczeniu szczelin, czy też usunięciu rozdrobnionych fragmentów skał blokujących blok.

Jeżeli chodzi o koparki, to w warunkach krajowych wykorzystuje się z powodzeniem osprzęt typu pazur – rysunek 4.53, czasem wystarczy zwykła łyżka podsiębierna.



Rys. 4.53. Koparka z osprzętem typu pazur w kopalni piaskowca blocznego Żerkowice [60]

Dla ładowarek często skalnicy posługują się osprzętem widłowym, przystosowanym do pracy w złożach blocznych, łyżką klasyczną – skalną, widłami typu grabie (rys. 4.54) czy też łapą (rys. 4.55).



Rys. 4.54. Ładowarka z osprzętem typu grabie na złożu piaskowca blocznego Czaple



Rys. 4.55. Ładowarka z osprzętem typu łapa [95]

W większości przypadków ładowarki wyposażone są w szybkozłączkę pozwalającą operatorowi na bezobsługową wymianę osprzętu – rysunek 4.56.

Specyfika większości polskich złóż skał osadowych i metamorficznych powoduje, że dźwigi samojezdne używane są sporadycznie do transportu bloków. Z kolei dźwigi stacjonarne typu Derrick nie występują w ogóle w wyżej wymienionej grupie skał – odwrotnie niż w złożach pochodzenia magmowego.



Rys. 4.56. Szybka wymiana osprzętu ładowarki dzięki szybkozłączu

Rolę transportu przejmują tutaj ładowarki z osprzętem widłowym (rys. 4.57) lub grabie, czasami transport jest realizowany za pomocą samochodów ciężarowych lub koparek podsiębiernych – rysunek 4.58.



Rys. 4.57. Ładowarka z łyżką skalną oraz osprzęt widłowy



Rys. 4.58. Koparka podsiębierna przy transporcie bloku [60]

4.5.6. Wykorzystanie siłowników oraz poduszek powietrznych

Urządzenia te, a szczególnie poduszki powietrzne są w krajowych warunkach używane głównie do operacji pomocniczych. Zdarza się jednak, że poduszka powietrzna pełni rolę urządzenia urabiającego – pracującego w szczelinie. Takie przypadki można zaobserwować w kamieniołomie w Stroniu Śląskim (marmur Biała i Zielona Marianna). Na rysunku 4.59 przedstawiono wykorzystanie poduszki powietrznej do odpajania. Z kolei na rysunku 4.60 pokazano pracę siłownika hydraulicznego w pracach pomocniczych.



Rys. 4.59. Wykorzystanie poduszki powietrznej do odpajania bloku [60]



Rys. 4.60. Wykorzystanie siłownika hydraulicznego w operacjach pomocniczych przy wydobyciu trawertynu w Jordani [60]

Bardzo ciekawą metodą jest obalanie mechaniczne monolitu. Samo odspojenie polega na użyciu diamentowej piły linowej od czoła oraz z boku monolitu. Jeżeli zachodzi taka konieczność podwრębia się poziomo monolit za pomocą wrębiarki łańcuchowej. Odcięty monolit pokazano na rysunku 4.61.



Rys. 4.61. Odspojony monolit w trakcie obalania [26]

Na rysunku 4.62 pokazano obalony już monolit.

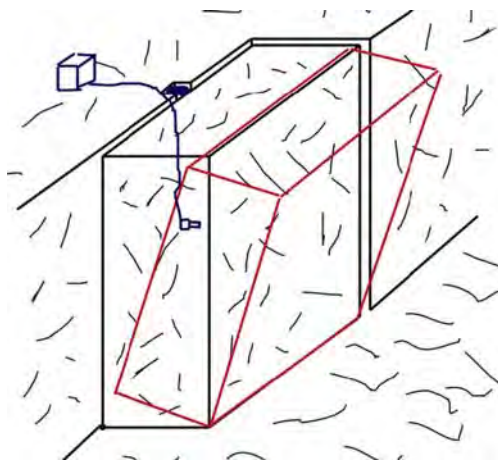


Rys. 4.62. Obalony monolit [26]

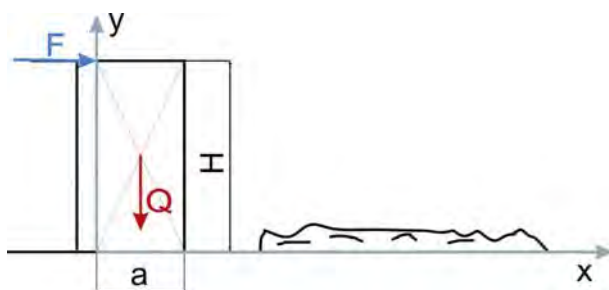
Zasadę odszpaniania mechanicznego ilustruje rysunek 4.63. Po wykonaniu trzech powierzchni odsłoniętych oraz wykuciu gniazda na siłownik hydrauliczny przystępuje się do obalenia monolitu. Jako operację przygotowawczą traktuje się wcześniejsze wyłożenie miejsca upadku rumoszem skalnym, bądź innym materiałem tworząc tak zwaną poduszkę skalną. Rolą poduszki jest amortyzacja upadku monolitu, ograniczenie spękań skały oraz ograniczenie drgań parasejsmicznych na skutek upadku dużych mas skalnych.

Obalenie następuje w momencie przekroczenia przez środek ciężkości monolitu punktu obrotu. Siłownik hydrauliczny z reguły nie ma odpowiedniej długości tłoka, stąd też jego praca obalania nosi charakter cykliczny.

W pierwszej kolejności siłownik znajduje się w górnej pozycji w wykutym gnieździe. Po przechyleniu monolitu następuje jego zablokowanie poprzez wrzucenie kawałków skał pomiędzy monolit a litą skałę. Następnie siłownik jest składany i opuszczany w niższą pozycję, gdzie kolejno następuje wysunięcie tłoka i wychylenie kolejne monolitu. Czynność tę powtarza się aż do momentu obalenia całkowitego. Na rysunku 4.64 przedstawiono rozkład sił w przypadku, gdy monolit posiada w miarę jednorodną gęstość.

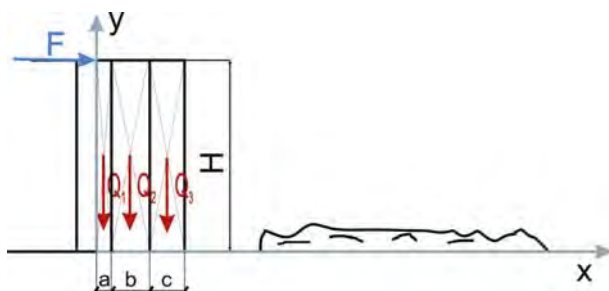


Rys. 4.63. Idea obalania mechanicznego



Rys. 4.64. Początkowy rozkład sił obalnego mechanicznie monolitu

Siłę konieczną do przewrócenia można obliczyć z warunku sumy momentów wokół środka układu współrzędnych, przyjmując końcowe położenie siłownika. Jeżeli zaś monolit jest uwarstwiony pionowo, można dla uproszczenia obliczeń każdą warstwę traktować osobno (rys. 4.65).



Rys. 4.65. Początkowy rozkład sił obalnego mechanicznie monolitu uwarstwionego pionowo

W tabeli 4.14 przedstawiono przykładowe parametry poduszki powietrznej, a w tabeli 4.15 zestawiono podstawowe dane techniczne siłownika Titano.

Tab. 4.15. Siłownik TITANO, podstawowe dane techniczne [60]

Parametr	Wartość
Masa urządzenia, [kg]	100
Siła rozpierająca, [Mg]	160
Długość wysuwu tłoka, [mm]	100
Średnica tłoka, [mm]	120
Długość siłownika, [mm]	290

5. Transport bloków

W. Frankiewicz

Transport technologiczny w wyrobisku eksploatacji na bloki rozpoczyna się od momentu odspojenia bloku od calizny. Można go podzielić na:

- transport bloku w wyrobisku po odspojeniu,
- transport bloku z wyrobiska do miejsca składowania lub obróbki.

Na rysunku 5.1 przedstawiono strukturę układów transportowych występujących w eksploatacji skał na bloki.

5.1. Transport bloku po odspojeniu

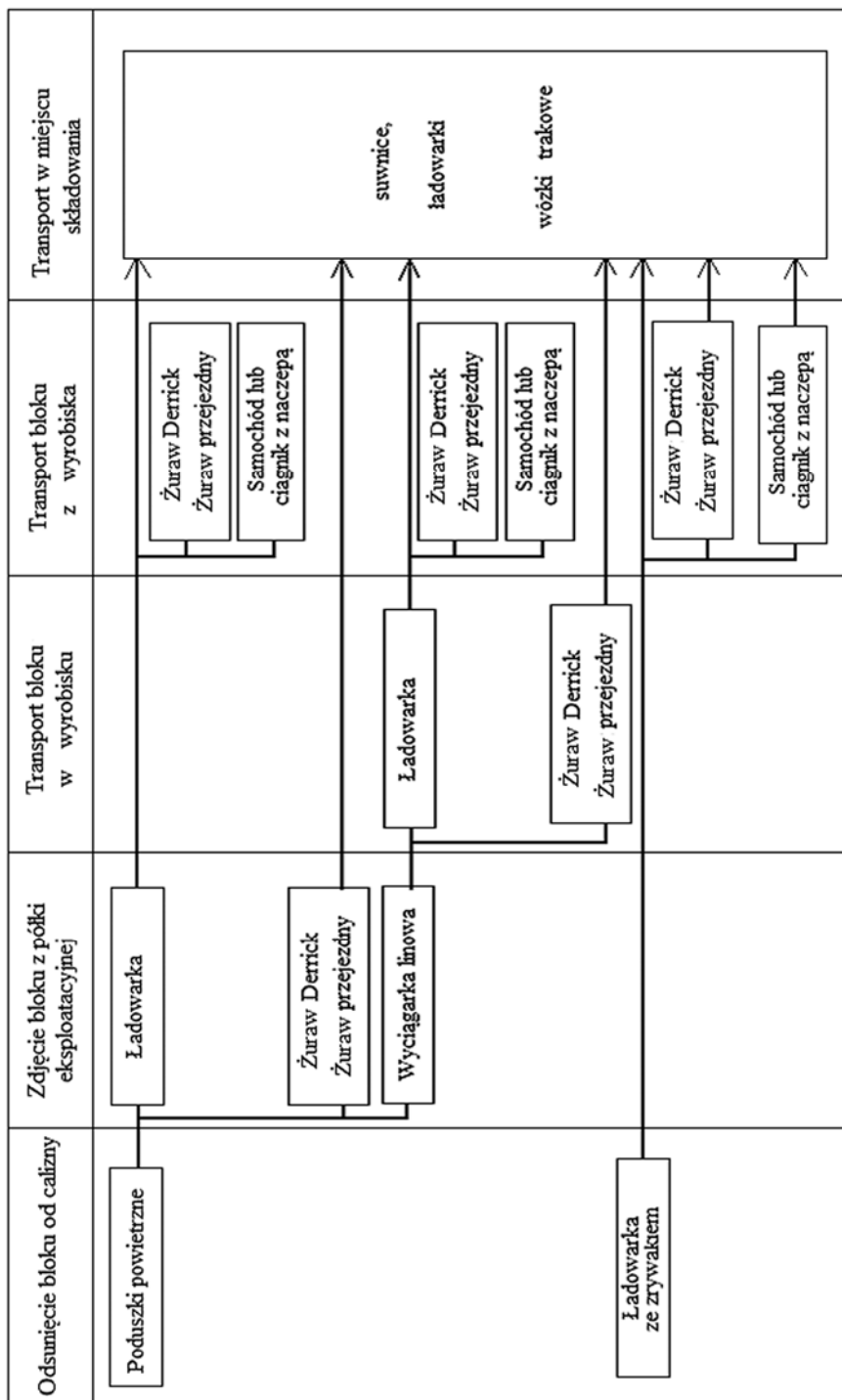
Transport bloku po odspojeniu obejmuje:

- odsunięcie bloku od calizny oraz zdjęcie z półki eksploatacyjnej,
- przemieszczenie w wyrobisku.

W zależności od zastosowanej technologii urabiania np.: cięcia piłą linową diamentową, techniki strzelniczej, wrębiarki szczelinowej, materiałów pęczniejących, oraz przyjętego układu transportowego i wielkości wyrobiska odsunięcie bloku od calizny, zdjęcie z półki eksploatacyjnej i przemieszczenie w wyrobisku może odbywać się za pomocą:

- pneumatycznych poduszek powietrznych (odsunięcie);
- łądownek z osprzętem do zrywania i zgarniania (odsunięcie, zdjęcie, przemieszczenie w wyrobisku);
- dźwigów (odsunięcie, zdjęcie i przemieszczenie);
- wciągarek linowych (odsunięcie i przemieszczenie).

W przypadku łądownek i dźwigów linowych przemieszczenie bloku może łączyć się z transportem bloku z wyrobiska.



Rys. 5.1. Struktura układów transportowych występujących w eksploatacji skał związanych na bloki

5.2. Transport bloków z wyrobiska

W zależności od rodzaju, położenia i głębokości wyrobiska transport bloków może być realizowany za pomocą:

- urządzeń transportu poziomego,
- urządzeń transportu pionowego

lub w systemie łączącym te dwa rodzaje urządzeń.

5.2.1. Urządzenia transportu poziomego

Urządzenia te stosowane są do transportu bloków z wyrobisk, których położenie pozwala na uformowanie dróg transportowych o odpowiednim nachyleniu i szerokości. Z reguły są to wyrobiska stokowe i wgłębne o niedużej głębokości.

Podstawowymi urządzeniami stosowanymi do transportu poziomego są:

- ładowarki,
- samochody samowładowcze,
- ciągniki z naczepami niskopodłogowymi.

Bezpośredni transport bloków ładowarkami do miejsca obróbki i składowania odbywa się na niewielkie odległości. Natomiast często ładowarki tworzą z pozostałymi urządzeniami układy załadowczo-transportowe, wówczas transportują bloki do miejsca załadunku lub wyjazdu z wyrobiska, a następnie przeładowują je na samochody lub ciągniki z naczepami niskopodłogowymi transportujące bloki do miejsca docelowego.

Obliczenia wydajności transportu poziomego przedstawiono w podrozdziale 7.5.

5.2.2. Urządzenia transportu pionowego

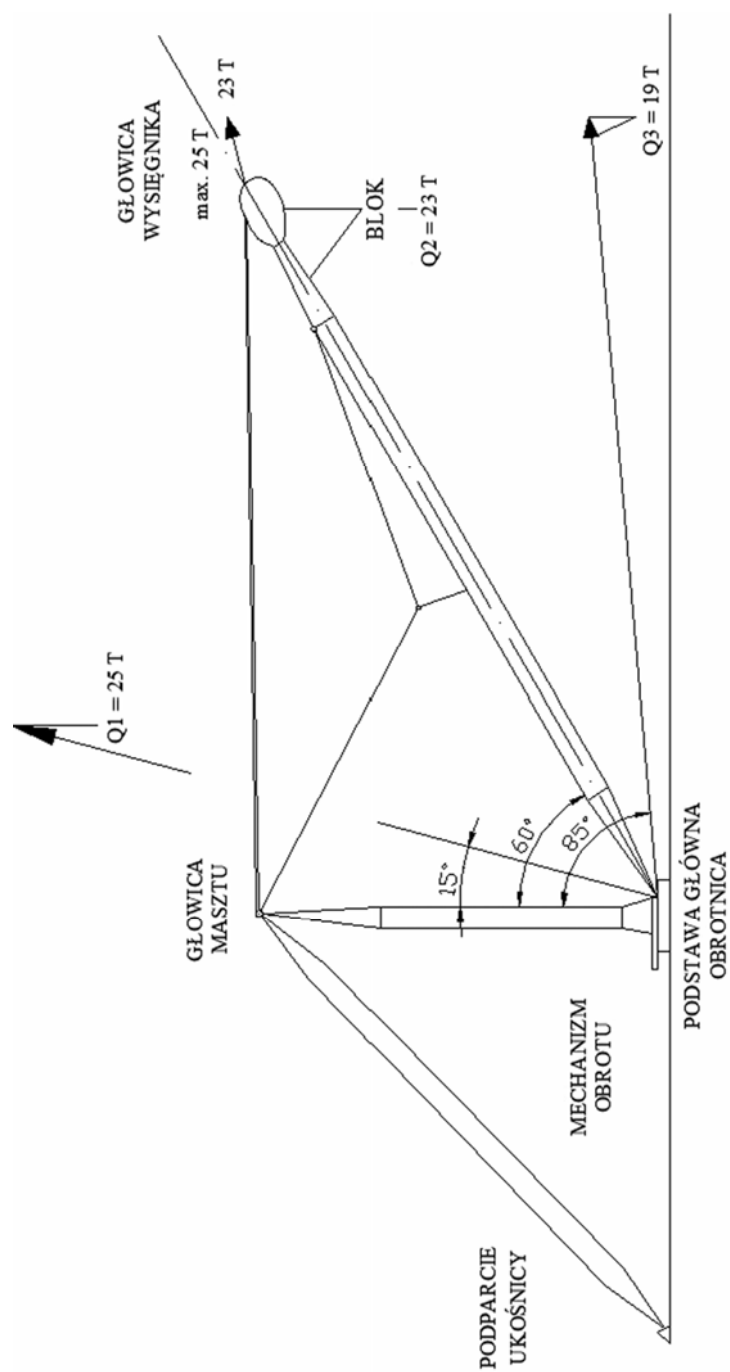
Urządzenia transportu pionowego stosowane są do transportu bloków głównie z wyrobisk wgłębnych tam, gdzie przemieszczenie odbywa się na znaczną wysokość i niewielką odległość. Do urządzeń tych należą:

- dźwignice linowe – obecnie bardzo rzadko stosowane ze względu na mały udźwig (5–10 Mg) i związane z ich zastosowaniem ograniczenie eksploatacji;
- żurawie masztowe (dźwigi) typu Derrick o udźwigu od 20–50 Mg, które zastąpiły dźwignice linowe;
- żurawie (dźwigi) przejezdne.

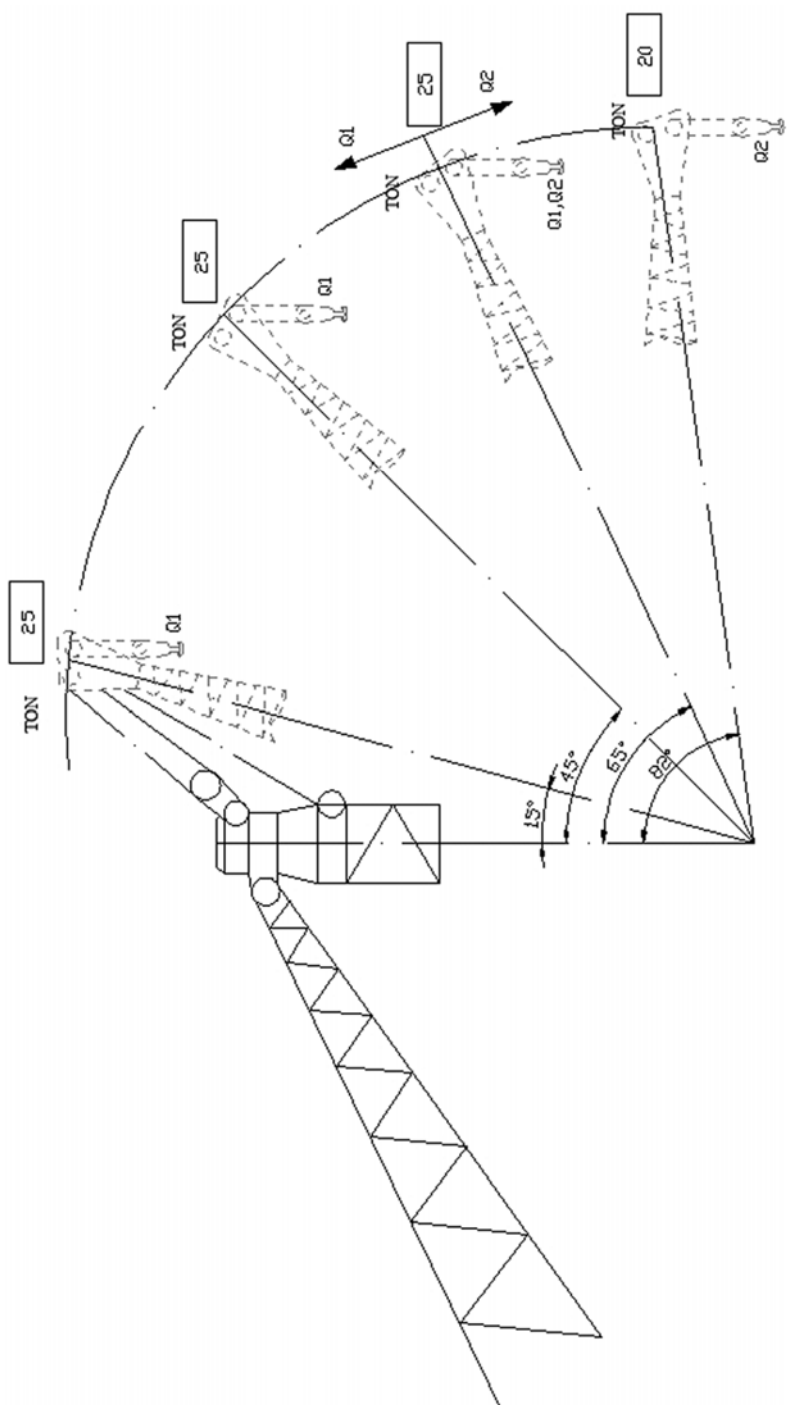
Urządzenia te rozmieszczone są w bezpośrednim sąsiedztwie wyrobiska, mogą być też umieszczone na poszczególnych poziomach eksploatacyjnych.

Obliczenia dotyczące transportu pionowego przedstawiono w podrozdziale 7.5.

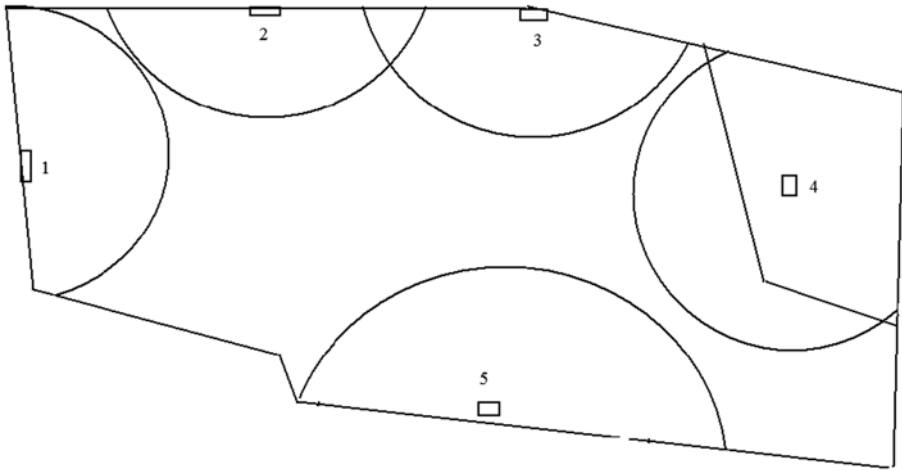
Na rysunkach 5.2 i 5.3 przedstawiono schemat oraz warunki obciążenia i wychylenia wysięgnika żurawia (dźwigu) Derrick 2D2E40, na rysunku 5.4 przedstawiono położenie i zasięg żurawia (dźwigów) Derrick w kopalni Piramida.



Rys. 5.2. Schemat żurawia typu Derrick 2D25E40 [40]



Rys. 5.3. Schemat przedstawiający możliwości obciążenia i wychylenia wysięgnika żurawia typu Derrick 2D25E40 [40]



Rys. 5.4. Położenie i zasięg dźwigów typu Derrick w kopalni granitu Piramida

W tabeli 5.1 przedstawiono parametry techniczne żurawia Derrick 2D25E40 [40].

Tab. 5.1. Parametry techniczne żurawia Derrick 2D25E40

Parametr	Jednostka	Wartość
Udźwig maksymalny (przy nachyleniu ramienia 15–65°)	[Mg]	25
Udźwig zmniejszony (przy nachyleniu ramienia 65–82°)	[Mg]	20
Zasięg efektywny (całkowity) przy udźwigu maksymalnym	[m]	35
Moc silnika podnoszenia haka	[kW]	15
Moc silnika podnoszenia ramienia	[kW]	15

6. Układy obróbcze

W. Frankiewicz, D. Łochańska

Elementy kamienne, tj. okładziny zewnętrzne i wewnętrzne, elementy wyposażenia wnętrz – blaty kuchenne, parapety itp., znajdują szerokie zastosowanie w budownictwie ogólnym, mieszkaniowym i drogowym, w architekturze i sztuce sakralnej. Ich produkcja wymaga zastosowania właściwych urządzeń, technologii i układów obróbczych, które zapewnią wysoką jakość produktów i wydajność produkcji.

Rozwój technologii obróbki skał poprzez wprowadzenie:

- urządzeń diamentowych,
- techniki komputerowe stosowane do projektowania,
- programowania maszyn obróbczych,
- kontroli produkcji,

spowodował wzrost wydajności, jakości, powtarzalności i precyzji procesu produkcyjnego.

Technologia obróbki skał łączy ze sobą czynności obróbcze znane od wieków, takie jak klinowanie, ręczna obróbka powierzchni z czynnościami wykonywanymi przez najnowocześniejsze urządzenia obróbcze centra CNC, kopiarki, urządzenia wykorzystujące promień lasera czy strumień wody pod wysokim ciśnieniem. Odpowiednia kolejność i czas wykonywania ww. czynności obróbczych za pomocą maszyn i urządzeń wpływa na tworzenie układów technologicznych obróbki skał.

Produkcją elementów kamiennych zajmują się zakłady kamieniarskie. Ich ilość w danym rejonie kraju zależy od obszarów występowania surowców skalnych magmowych, metamorficznych i osadowych przydatnych do produkcji elementów kamiennych.

W tabeli 6.1 przedstawiono liczbę zakładów kamieniarskich w poszczególnych województwach w Polsce w 2011 roku.

Tab. 6.1. Liczba zakładów kamieniarskich w Polsce według województw w 2011 roku [105]

Lp.	Województwo	Liczba
1	dolnośląskie	1 739
2	mazowieckie	742
3	małopolskie	668
4	śląskie	658
5	wielkopolskie	528
6	świętokrzyskie	375
7	łódzkie	372
8	podkarpackie	338
9	pomorskie	323
10	zachodniopomorskie	317
11	lubelskie	300
12	opolskie	204
13	kujawsko-pomorskie	197
14	podlaskie	196
15	lubuskie	159
16	warmińsko-mazurskie	133
Razem		7 249

6.1. Organizacja zakładów obróbczych

Zakłady obróbki kamienia charakteryzują się różnorodnym zestawem maszyn i urządzeń oraz bardzo zróżnicowanym asortymentem produkcji. Obecnie dominuje produkcja kamiennych elementów płytowych z przeznaczeniem na okładziny poziome i pionowe. Następną grupę stanowią elementy kamienne budowlane dekoracyjne i konstrukcyjne, tj.: cokoły, słupki, obramienia okienne, parapety okienne, tralki, stopnie, krawężniki, płyty chodnikowe, kostka itp.

Pod względem organizacji produkcji w zakładach obróbki kamienia wyróżnia się następujące układy technologiczne:

- układ gniazdowy;
- układ potokowy – linie obróbcze.

Na dobór odpowiedniego układu technologicznego mają wpływ następujące czynniki:

- wielkość i rodzaj produkcji:
 - jednostkowej – w przypadku niewielkich zakładów obróbczych lub produkcji zamówień indywidualnych (specjalnych);
 - seryjnej (masowej) – w przypadku produkcji większej ilości jednakowych powtarzalnych elementów kamiennych;
- rodzaj materiału wyjściowego:
 - bloków kamiennych;
 - półproduktów – płyt kamiennych surowych lub wstępnie obrobionych.

6.1.1. Układ gniazdowy

Układ gniazdowy charakteryzuje się wyodrębnionymi gniazdami, czyli zespołami jednego rodzaju maszyn, tj.:

- hala (gniazdo) traków;
- hala cyrkularek i frezarek;
- hala szlifierek i polerek;
- hala operacji pomocniczych i wykończeniowych;
- magazyn półproduktów – magazyn płyt surowych, elementów częściowo obrobionych;
- magazyn produktów gotowych.

Obrabiany element w postaci półproduktu po zakończeniu kolejnej operacji obróbczej nie przechodzi do następnej operacji, ale składowany jest w magazynie półproduktów.

Układ gniazdowy stosowany jest zarówno w produkcji jednostkowej, jak i produkcji seryjnej. Poszczególne czynności w tym układzie mogą występować jako:

- odrębne, pojedyncze niepowiązane z pozostałymi operacje, w wyniku których powstają gotowe produkty – charakterystyczne dla produkcji jednostkowej i specjalnej;
- odrębne następujące po sobie operacje połączone ze sobą, ale nie bezpośrednio i w sposób ciągły urządzeniami transportowymi, w wyniku których powstają produkty gotowe lub półprodukty do następnych operacji – charakterystyczne dla produkcji jednostkowej i seryjnej przy zróżnicowanej produkcji elementów kamiennych. Produkty lub półprodukty mogą być z poszczególnych urządzeń składowane w magazynach pośrednich (magazynach półproduktów).

W tabeli 6.2 przedstawiono rodzaj i kolejność urządzeń w układzie gniazdowym zastosowanym w technologii dużej płyty i technologii paskowej.

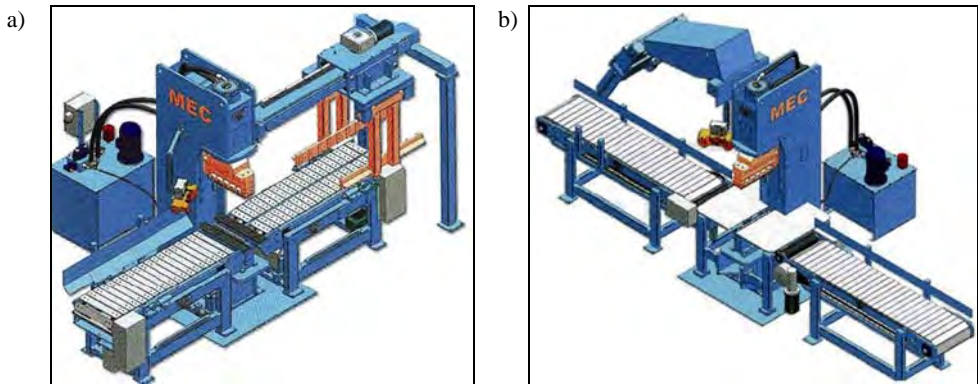
Na rysunkach 6.1–6.8 przedstawiono układy obróbcze, a także maszyny stosowane głównie w układzie gniazdowym.

Tab. 6.2. Schematy układu gniazdowego

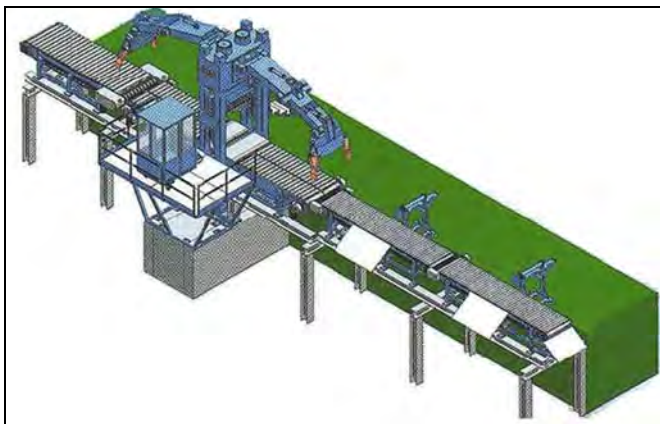
Technologia dużej płyty				
obróbka wstępna bloków – wycinanie płyt	transport	obróbka powierzchni	transport	obróbka dokładna – nadanie kształtu i wymiarów gotowych elementów
traki jednopiłowe diamentowe, traki wielopiłowe diamentowe, traki jedno- lub wielolinowe	⇨	szlifierki, polerki, urządzenia do gószkowania, piaskowania	⇨	pily tarczowe (frezarki, cyrkularki)
Technologia paskowa				
obróbka wstępna bloków – wycinanie pasków z bloku	transport	obróbka dokładna wstępna – obcinanie wstępne pasków kamiennych	transport	obróbka dokładna nadanie kształtu i wymiarów – wycinanie gotowych elementów kamiennych
traki wielotarczowe	⇨	pily tarczowe (frezarki)	⇨	⇨
		szlifierki, polerki,	transport	pily tarczowe (frezarki, cyrkularki)

W przypadku produkcji jednostkowej lub specjalnej układ taki składa się z jednego lub kilku urządzeń wykonujących czynności podstawowe i urządzeń pomocniczych transportowych. Układ taki tworzą np.:

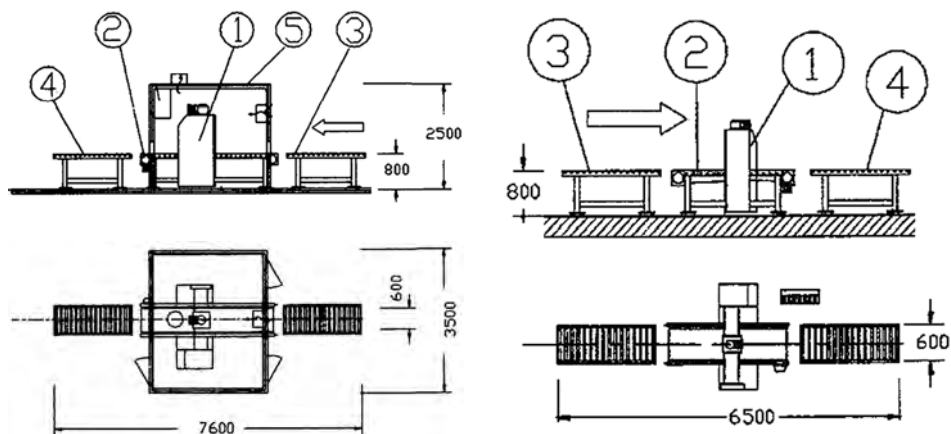
- piła tarczowa wielkośrednicowa przecinająca bloki na płyty;
- piła jednolinowa wykonująca paserowanie bloków wydobytych ze złoża;
- piła tarczowa uniwersalna wykonująca czynności cięcia, frezowania, produkująca proste i złożone elementy kamienne (frezarki, cyrkularki);
- centra obróbcze CNC;
- urządzenia do cięcia wodą – *water jet*.



Rys. 6.1. Łupiarki do małych bloków i formaków z systemami załadowczo-przesuwным – MEC 03D 00086 (a), manipulatorem hydraulicznym – MEC 03D 00081 (b) i przenośnikami transportowymi [75]

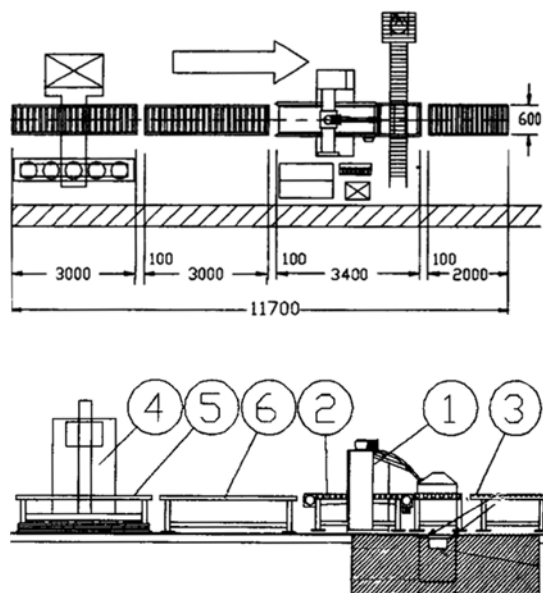


Rys. 6.2. Łupiarka do bloków z hydraulicznym manipulatorem za- i rozładowczym oraz urządzeniami do rozdzielania produktów [75]



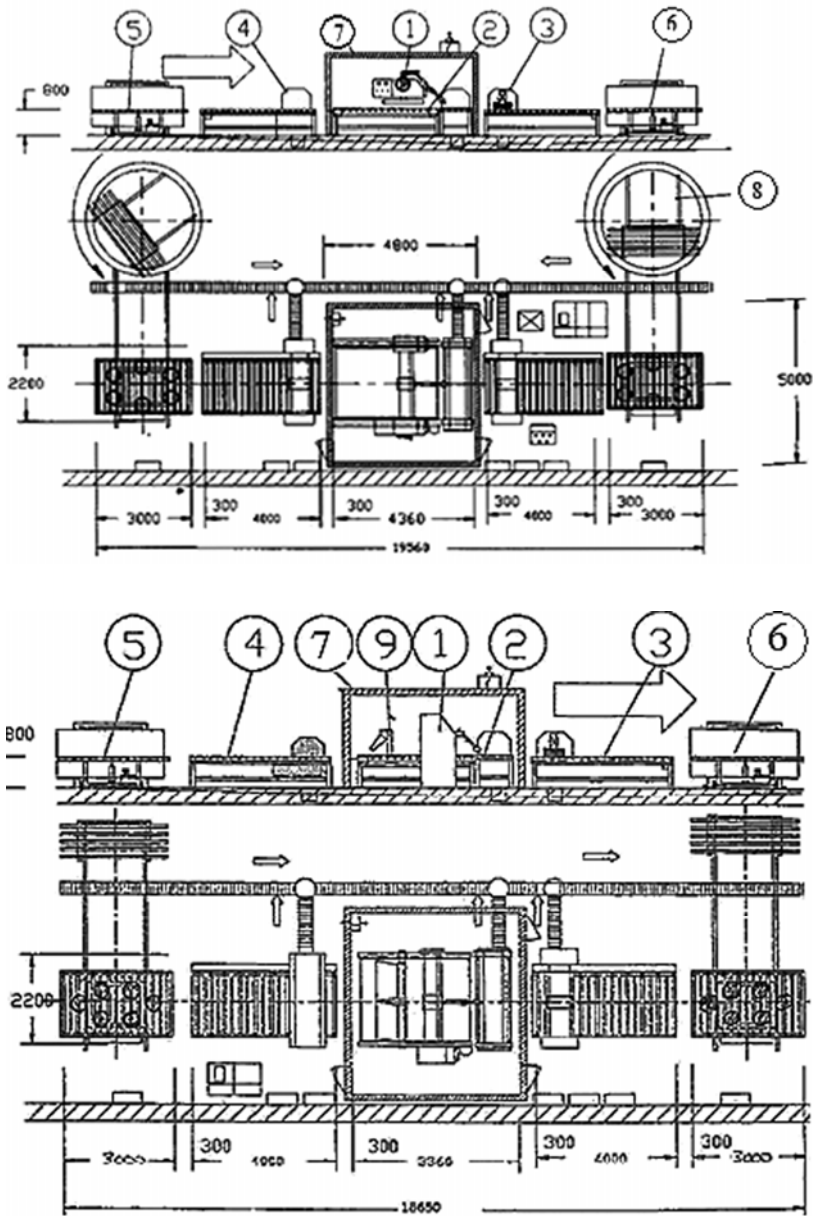
Rys. 6.3. Przykład linii obróbczej służącej do nadawania faktury groszkowanej i płomieniowanej [71]:

- 1 – urządzenie do groszkowania i płomieniowania, 2 – przenośnik,
 3 – stół rolkowy nienapędzany załadowczy, 4 – stół rolkowy nienapędzany odbiorczy,
 5 – kabina dźwiękochłonna



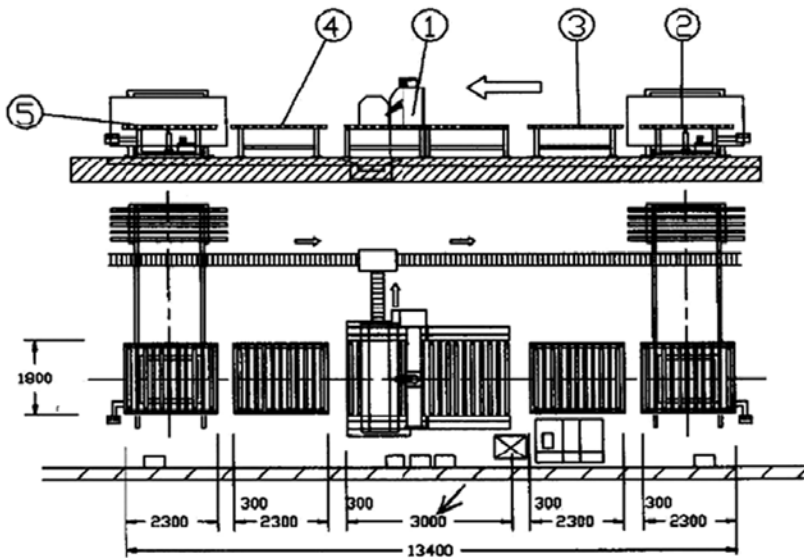
Rys. 6.4. Układ obróbczy z automatycznym robotem załadowczym – nadawanie faktur: groszkowanej, płomieniowanej i piaskowanej [71]:

- 1 – urządzenie do groszkowania i płomieniowania, 2 – programowany przenośnik z przedłużonymi rolkami, 3 – stół rolkowy odbiorczy (wyładowczy) z nienapędzonymi rolkami,
 4 – automatyczny robot załadowczy z przyssawkami, 5 – stół rolkowy załadowczy z nienapędzonymi rolkami, 6 – przenośnik rolkowy koordynujący

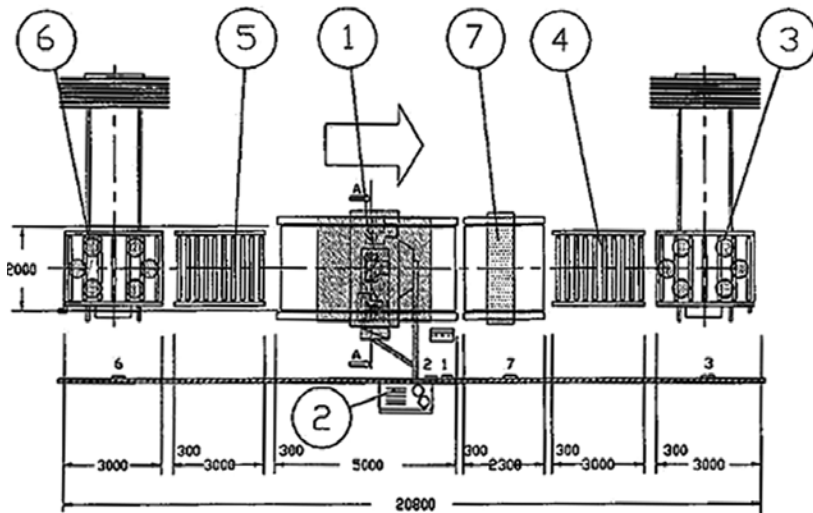


Rys. 6.5. Układy obróbcze – nadawanie faktury grostkowanej i płomieniowanej dużym płytom [71]:

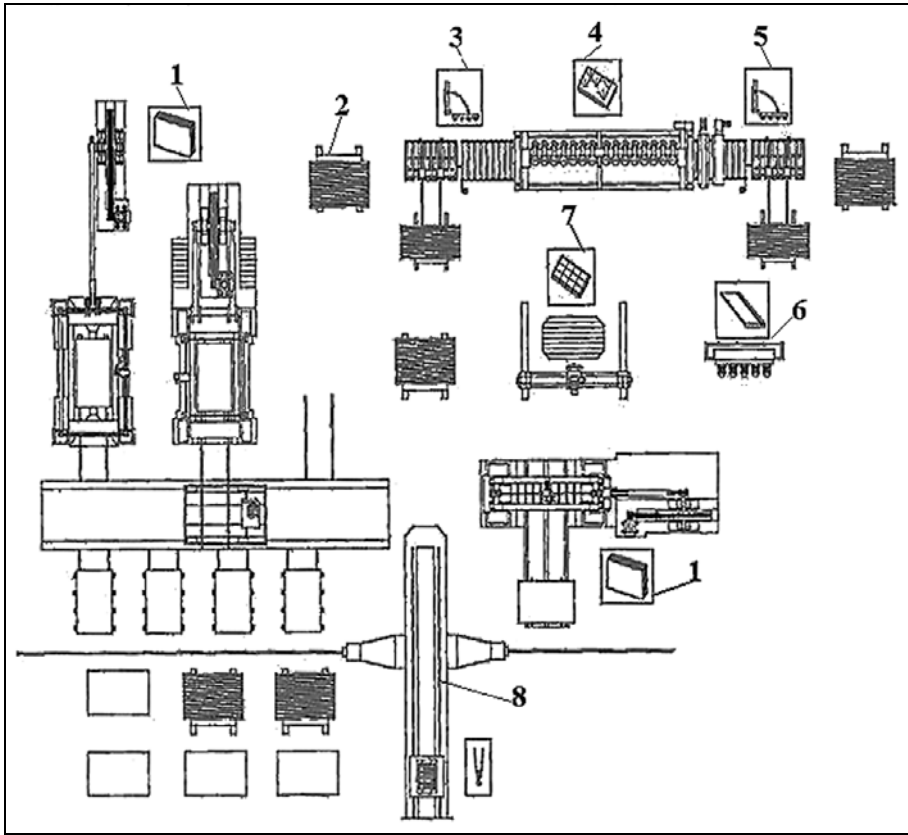
- 1 – urządzenie do grostkowania i płomieniowania, 2 – programowy przenośnik z przedłużonymi rolkami, 3 – stół rolkowy odbiorczy wyładowczy, 4 – zespół myjący z mostem i napędzany stół rolkowy załadowczy, 5 – automatyczny wózek transportowy przechyłany załadowczy, 6 – automatyczny wózek transportowy przechyłany rozładowczy, 7 – kabina dźwiękochłonna, 8 – obrotowa płyta do składowania gotowych płyt



Rys. 6.6. Przykład układu obróbczego – nadawanie faktury piaskowej [71]:
 1 – urządzenie do piaskowania, 2 – automatyczny wózek transportowy przechyłany załadowczy,
 3 – stół rolkowy nienapędzany załadowczy, 4 – stół rolkowy nienapędzany odbiorczy,
 5 – automatyczny wózek transportowy przechyłany załadowczy



Rys. 6.7. Przykład linii obróbczej – nadawanie faktury piaskowej [71]:
 1 – urządzenie do piaskowania, 2 – zespół filtrów zasysających, 3 – automatyczny wózek transportowy przechyłany załadowczy, 4 – stół rolkowy napędzany załadowczy,
 5 – stół rolkowy napędzany odbiorczy, 6 – automatyczny wózek transportowy przechyłany załadowczy, 7 – obrotowe urządzenie do groszkowania



Rys. 6.8. Układ gniazdowy obróbki płyt uzyskanych po przecinaniu bloku na trakach diamentowych [81]:
 1 – traki diamentowe jedno- lub wielosiłowe, 2 – składowanie gotowych płyt, 3 – załadunek wózkiem przychylnym płyt na stół transportowy przed polerowaniem, 4 – polerowanie płyt, 5 – rozładunek wózkiem przechylnym wypolerowanych płyt, 6 – frezowanie krawędzi, 7 – rozcinanie wypolerowanej płyty na mniejsze elementy, nadanie kształtu i wymiaru, 8 – suwnica

6.1.2. Układ potokowy

Jest to nieprzerwany ciąg operacji połączonych ze sobą bezpośrednio urządzeniami transportowymi, w wyniku których powstaje produkt gotowy po wykonaniu wszystkich operacji. Proces obróbki może być realizowany w sposób:

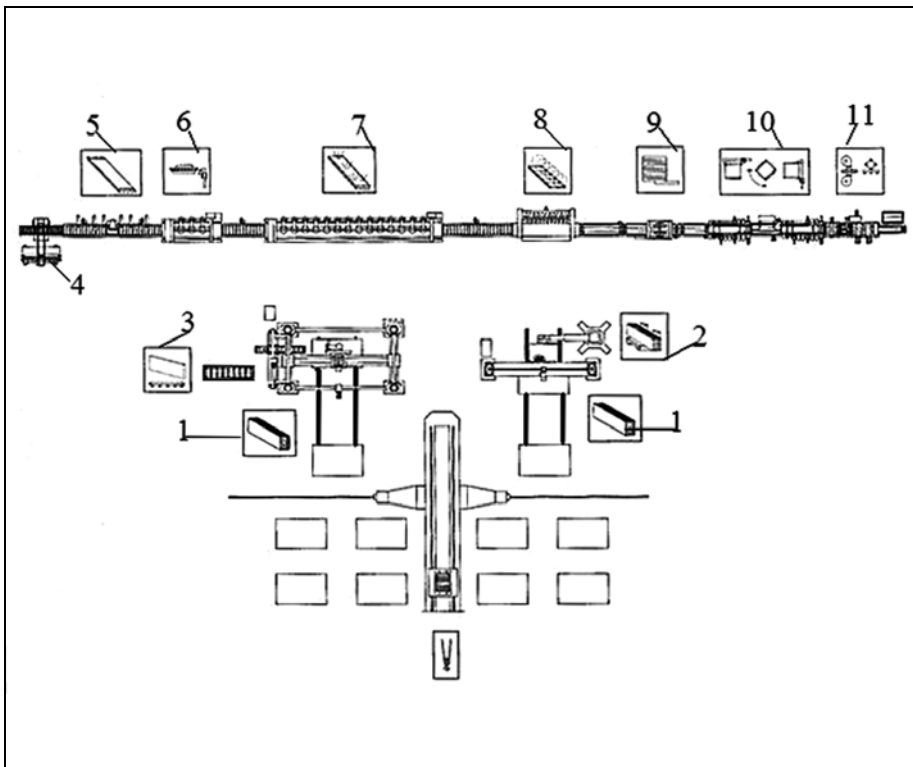
- częściowo zautomatyzowany,
- w pełni zautomatyzowany.

Układ potokowy to inaczej linia obróbcza (linia obrabiarkowa) składająca się z szeregu maszyn kamieniarskich ustawionych w określonym porządku, wykonujących na jednokowych przedmiotach wiele operacji obróbczych według z góry ustalonego planu operacyj-

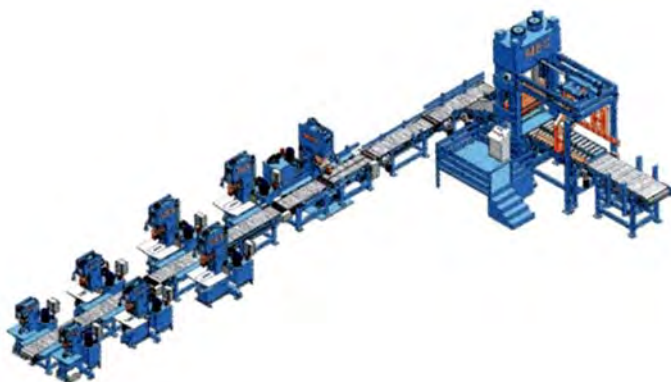
nego, przy zachowaniu ustalonego rytmicznego przepływu obrabianych przedmiotów na przenośnikach (ruchomych stołach). W skład przykładowej linii obróbczej może wchodzić zestaw maszyn kamieniarskich, tj.: automatyczna szlifierka do płaszczyzn, frezarka, automatyczna szlifierka do boków (boczarka), ręczna obcinarka (cyrkularka). Półfabrykatem (półproduktem) jest płyta kamienna surowa, a produktem – np.: parapety, cokoliki i płytki kamienne [58].

Układ charakterystyczny dla produkcji masowej jednego produktu, np. płytek modularnych o jednakowych wymiarach lub kostki drogowej.

Na rysunkach 6.9–6.12 przedstawiono automatyczne linie obróbcze produkcji płytek modularnych i elementów łupanych.



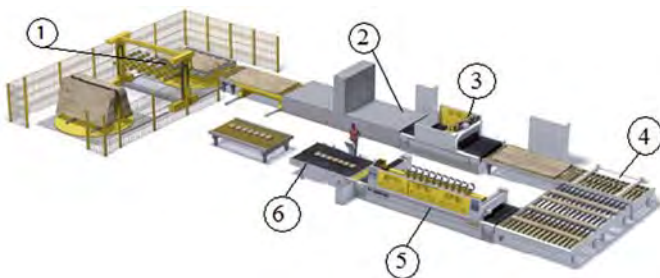
Rys. 6.9. Przykładowa linia produkcji marmurowych płytek modularnych z płyt uzyskanych z traków wielotarczowych [81]: 1 – wycinanie płyt z bloku w technologii paskowej, 2 – automatyczne rozładowanie gotowych płyt na palety, 3 – Półautomatyczne rozładowanie płyt na przenośnik rolkowy, 4 – Załadunek płytek na podajnik rolkowy, 5 – obcinanie końcówek płytek piłą tarczową wysięgnikową, 6 – kalibrowanie płytek, 7 – szlifowanie i polerowanie płytek, 8 – rozcinanie płytek na płytki modułowe przecinarką wielotarczową przelotową, 9 – kompensator, 10 – obróbka boków wyciętych płytek modularnych, 11 – suszenie i czyszczenie płytek modularnych



Rys. 6.10. Przykład linii produkcyjnej kostki z urządzeniem załadowniczym przesuwalnym na początku układu [75]

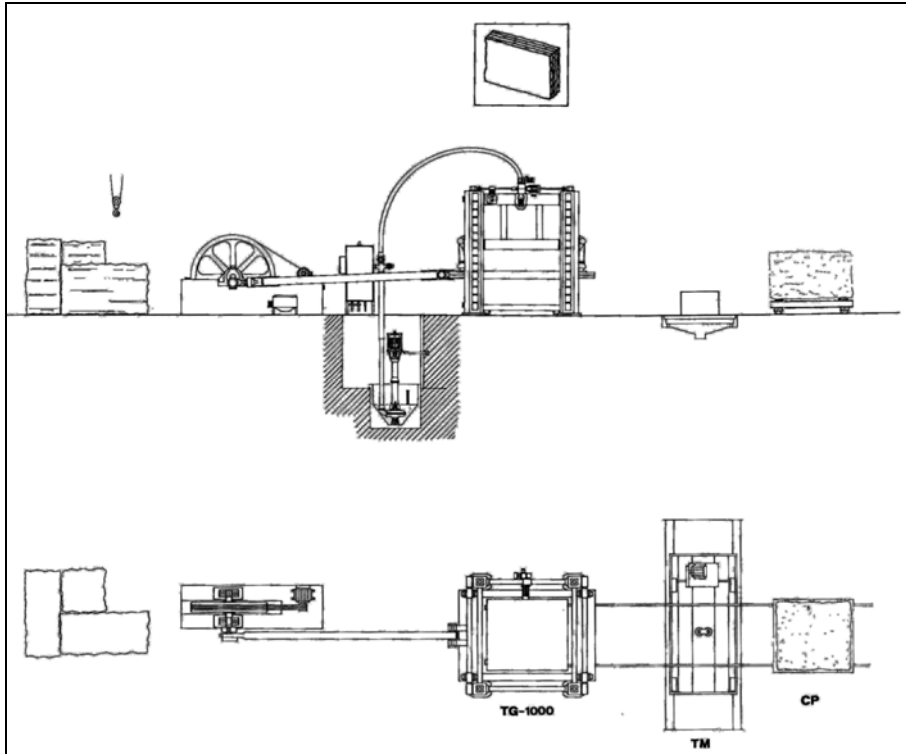


Rys. 6.11. Przykład linii produkcyjnej kostki [75]



Rys. 6.12. Przykład linii obróbczej produkcji płytek z procesem żywicowania [81]:
 1 – skład płyt uzyskanych z traka i transport automatycznym podajnikiem na stoły rolkowe,
 2 – pokrywanie płyt żywicą epoksydową i suszenie, 3 – rozcinanie płyt na pasy przecinarką wielotarczową przenośnikową poprzeczną, 4 – transport pasów na stołach rolkowych do polerki,
 5 – rozcinanie pasów na płytki modułowe, 6 – pakowanie gotowych płytek

Na rysunku 6.13 i 6.14 przedstawiono elementy automatycznej linii obróbczej produkcji płytek modularnych z trakiem wielopięłowym przecinającym blok na duże płyty stanowiące półprodukt do dalszej obróbki na linii automatycznej.



Rys. 6.14. Trak wielopięłowy – przecinanie bloku na płyty stanowiące półprodukt do automatycznej linii produkcji płytek [81]

6.2. Procesy obróbcze

Procesy obróbcze kamienia stanowią zespół czynności obróbczych wykonywanych za pomocą narzędzi, maszyn i środków pomocniczych dla nadania bryle kamienia określonego kształtu, wymiaru oraz faktury powierzchni. Rozróżnia się obróbkę kamienia: mechaniczną (maszynową) i ręczną. Zespół czynności wykonywanych pracą mięśni człowieka i za pomocą narzędzi kamienniarских przy produkcji kamiennych elementów budowlanych to obróbka ręczna. Natomiast operacje obróbcze wykonywane przez urządzenia i maszyny kamienniarские, przy których praca człowieka ogranicza się do ustawienia maszyny i obrabianych części, obserwacji pracy maszyny i innych czynności pomocniczych związanych z danym procesem obróbczym to obróbka maszynowa.

Procesy obróbcze to szereg czynności niezbędnych do przetworzenia surowców skalnych na wyroby gotowe. Należą do nich:

- podstawowe czynności obróbcze – wykonywane przez urządzenia i maszyny kamieniarskie w celu przetworzenia surowca oraz uzyskania półproduktów i wyrobów gotowych. Do operacji obróbczych podstawowych zalicza się: przecinanie bloków kamienia na trakach, cięcie na cyrkularkach i frezarkach, szlifowanie i polerowanie na szlifiarkach i polerkach, toczenie na tokarkach, itp.;
- pomocnicze czynności obróbcze – niezbędne dla zapewnienia właściwego przebiegu procesu obróbczego. Do operacji obróbczych pomocniczych należy zaliczyć: żywicowanie, fazowanie, fugowanie, wiercenie otworów, profilowanie i inne.

Po wydobyciu ze złoża bloku kamiennego stanowiącego produkt wyjściowy w obróbce skał rozpoczyna się realizacja następujących etapów obróbki:

- 1) obróbka wstępna bloków: wyeksploatowane bloki kamienne w pierwszej kolejności są mierzone i selekcjonowane, a następnie kierowane do początkowej fazy obróbki, m.in. jest to wyrównywanie powierzchni bloku lub formaka, polegające na odbijaniu większych nierówności przy użyciu odbijaków lub grotów oraz pobijaków lub np. młotków o napędzie pneumatycznym lub elektrycznym, tzw. paserowanie (rwanie);
- 2) obróbka dokładna elementów kamiennych: nadawanieżądanego kształtu i wymiaru elementom kamiennym;
- 3) obróbka powierzchni – nadawanie faktur kamieniarskich;
- 4) czynności pomocnicze.

Produkty końcowe (produkty finalne) to elementy kamienne produkowane przeważnie z płyt uzyskanych w postaci półproduktu z traków wielopiółowych diamentowych, traków wahadłowych, traków linowych i traków tarczowych.

Wśród prostych elementów kamiennych należy wyróżnić:

- płyty okładzinowe wewnętrzne i zewnętrzne,
- płytki modułowe,
- płyty posadzkowe,
- elementy schodów,
- elementy kominków,
- balustrady itp.

Produkcja ich odbywa się na następujących maszynach:

- piły tarczowe diamentowe wielkośrednicowe,
- piły (obrabiarki) tarczowe mostowe,
- piły (obrabiarki) tarczowe wysięgnikowe,
- piły (obrabiarki) tarczowe przelotowe,
- piły linowe diamentowe,

- linie obróbcze automatyczne,
- łupiarki,
- urządzenia udarowe do obróbki ręcznej,
- urządzenia udarowe do obróbki maszynowej.

Elementy kamienne o kształtach złożonych – elementy architektoniczne, elementy wyposażenia mieszkań, posadzki mozaikowe, rzeźby, produkty o złożonych profilach wykonywane są m.in. za pomocą następujących maszyn:

- piły tarczowe mostowe uniwersalne,
- piły linowe diamentowe,
- centra obróbcze CNC,
- urządzenia do przecinania wodą *water jet*,
- kopiarki laserowe,
- urządzenia udarowe do obróbki ręcznej,
- urządzenia udarowe do obróbki maszynowej.

Obróbka powierzchni ma na celu wydobyć najlepszych cech kamienia, kolorystyki, struktury, wzoru naturalnego, a także nadanie powierzchni elementu kamiennego właściwych cech użytkowych i podniesienie jego trwałości.

Charakterystyczny dla danego rodzaju kamienia wygląd powierzchni to faktura powierzchni kamienia budowlanego. Zależy ona między innymi od procesu wydobywczego, czyli od metod urabiania skał na bloki foremne, jak również od czynności obróbczych, mających wpływ na stopień wyrównania i wykończenia powierzchni, uzyskanej w wyniku obróbki ręcznej lub mechanicznej. Procesy wydobywcze i obróbcze, a następnie stosowane narzędzia i urządzenia mechaniczne oraz miejsce zastosowania wpływają na różnorodność faktur kamieniarskich.

Procesy wpływające na otrzymywaną fakturę kamienia [66]:

- proste metody wydobywcze stosowane w kamieniołomach – kamień odspojony charakteryzuje się naturalnym wyglądem i niekiedy nadaje się do końcowego zastosowania np. na płyty chodnikowe, okładziny wewnętrzne i zewnętrzne. Przykładem są następujące faktury: krzesana, rwana, płasko-ciosana, zębato-ciosana;
- rozłupywanie kamienia – faktury otrzymane zwykle w wyniku ręcznego lub mechanicznego dzielenia bloku kamienia. Kolor uzyskanej powierzchni jest identyczny z rzeczywistym kolorem dzielonego kamienia. Przykładem faktury jest faktura łupana;
- przecinanie bloków kamiennych na trakach kamieniarskich – powierzchnie sztuczne, powstałe w trakcie przecinania kamienia na trakach wielopiłowych. Cechy charakterystyczne zależne są od stosowanych narzędzi tnących, czyli rodzaju pił, materiału ściernego, segmentów diamentowych. Przykładem jest faktura piłowana;
- cięcie kamienia – sztuczne powierzchnie uzyskane w wyniku cięcia na urządzeniach wyposażonych w tarcze z wkładkami diamentowymi (frezarki, cyrkularki, traki wielkotarczowe), piły linowe diamentowe oraz wrębiarki taśmowe diamentowe. Wadami

takich faktur są minimalne nierówności i zacięcia. Elementy o takiej fakturze znajdują zastosowanie jako: cokoły, okładziny, zewnętrzne płyty, krawężniki, naroża, itp. Przykładem jest faktura przecinana;

- procesy dynamiczno-udarowe – niewątpliwie jest to najbardziej liczna grupa faktur. Sztuczne powierzchnie, których wygląd uzależniony jest od zastosowanych narzędzi (dłut, młotków, groszkowników, piasku, karbowników itp.). Ich nazwy wywodzą się od nazw użytych metod i narzędzi. Przy masowym zapotrzebowaniu jest to mechaniczna obróbka, przy mniejszej produkcji – ręczna. Do powierzchni reprezentujących tę grupę zalicza się między innymi faktury: gradzinowana, groszkowana, grotowana, nacinana, nieregularnie dłutowana, piaskowana, prążkowana i regularnie dłutowana;
- procesy termiczne – powstają sztuczne powierzchnie uzyskane w wyniku działania wysokiej temperatury na kamień. Powierzchnie o takiej fakturze (faktura płomieniowa) nadają się do stosowania jako zewnętrzne i wewnętrzne okładziny, ze względu na ich odporność na warunki atmosferyczne oraz jako elementy poziome zalecane w miejscach ruchu pieszego;
- procesy „ściernie” – powstają powierzchnie sztuczne w wyniku wyrównywania i wygładzania za pomocą ścierniwa i narzędzi. Przykłady faktur to: szlifowana, półpolerowana (matowa), polerowana;
- procesy chemiczne – głównie traktowane są one jako operacje pomocnicze przy nadawaniu odpowiednich faktur kamieniom (żywicowanie, szpachlowanie), ale również działanie roztworem kwasu powoduje powstanie ciekawych powierzchni (faktura „kwasowa”). Impregnacja chemiczna wzmacnia konsystencję delikatnych, kruchych materiałów, uwydatnia kolory (stają się bardziej intensywne), poprawia odporność materiałów kamiennych na szkodliwe czynniki atmosferyczne, wypełnia kawerny i pustki, dzięki czemu nawet bardzo porowaty kamień (trawertyn) może poszerzyć zasięg zastosowań oraz nie tracić naturalnego porowatego wyglądu;
- procesy postarzające kamień – wykorzystanie niektórych czynności mających na celu nadanie rustykalnego wyglądu kamieniom, uzyskuje się powierzchnie sztuczne. Można wyróżnić tutaj następujące rodzaje faktur: antyczną, obtaczaną i „zamszową”;
- nowoczesne technologie cięcia – powstawanie sztucznych powierzchni przy wykorzystaniu nowych technologii, tj. cięcie *water-jet* czy laserem. *Water-jet* jest bardziej popularny od cięcia wiązką lasera (laserem), w jego przypadku elementem tnącym jest struga wody. Przykładem jest faktura wodna.

Pomocnicze czynności występują na każdym etapie obróbki skał. Do czynności tych należą:

- transport między poszczególnymi czynnościami i etapami obróbki,
- składowanie międzyoperacyjne,
- kontrola jakości,
- pakowanie gotowego produktu,
- ekspedycja.

6.3. Maszyny i urządzenia stosowane w układach obróbczych

Do podstawowych maszyn stosowanych do operacji obróbczych, jak przecieranie bloków na płyty, cięcie i przecinanie, szlifowanie i polerowanie itp. zalicza się:

- traki kamieniarskie,
- cyrkularki i frezarki,
- szlifierki i polerki,
- i inne o mniejszym znaczeniu.

Dobór maszyn i urządzeń stosowanych w procesach obróbczych uzależniony jest przede wszystkim od rodzaju kamienia oraz uzyskiwanych produktów.

W obróbce skał metamorficznych np. gnejsów, powstałych z przeobrażenia skał magmowych, stosowane są urządzenia, technologie i układy obróbcze, takie jak dla skał magmowych wylewnych i głębinowych.

Urządzenia, technologie i układy obróbcze stosowane do produkcji elementów kamiennych z marmurów, tj. ze skał metamorficznych powstałych z przeobrażenia skał osadowych, są również stosowane do produkcji elementów kamiennych ze skał węglanowych, np. wapieni, trawertynów i dolomitów. Wyżej wymienione układy nie obejmują piaskowców. Ze względu na niektóre ich cechy fizyczne i mechaniczne oraz skład mineralny nie pozwalają na zastosowanie np. procesu polerowania i automatycznej produkcji płytek modułarnych.

Traki kamieniarskie stanowią podstawową grupę maszyn kamieniarskich stosowanych do przecierania bloków kamiennych na płyty określonej grubości. Urządzenia te są zróżnicowane pod względem konstrukcyjnym, sposobu cięcia i przeznaczenia.

Wyróżniamy traki:

- wahadłowe,
- prostoliniowe,
- tarczowe (rys. 6.15),
- linowe i uniwersalne.

Do cięcia skał magmowych, mocnych piaskowców, skał metamorficznych, kwarcytów i innych mocnych skał stosowane są traki wahadłowe, traki liniowe diamentowe, traki tarczowe (frezarki wielkotarczowe) oraz na mniejszą skalę traki liniowe na ścierniwo luźne. Natomiast do cięcia skał łatwiejszych do obróbki, tj. skał węglanowych stosowane są traki diamentowe o ruchu posuwisto-zwrotnym oraz traki tarczowe. Do przecierania piaskowców służą traki wahadłowe, diamentowe oraz tarczowe [67].

Traki uniwersalne, ze względu na mniejszą efektywność cięcia w porównaniu z trakami diamentowymi, są coraz rzadziej stosowane.

Drugą grupą podstawowych maszyn obróbczych są piły tarczowe (cyrkularki i frezarki). Są obrabiarki stosowane do obcinania i przecinania płyt kamiennych przy produkcji

kamiennych elementów. Zróżnicowane są one pod względem konstrukcyjnym. Elementem roboczym obrabiarki jest piła tarczowa uzbrojona we wkładki diamentowe lub karborundowe.

Ze względu na konstrukcję wyróżniamy następujące piły tarczowe:

- cyrkularka typu wózkowego,
- cyrkularki i frezarki kolumnowe,
- frezarki bramowe,
- frezarka bramowa lub mostowa suportowa (rys. 6.16),
- frezarka przelotowa.



Rys. 6.15. Przecieranie bloku na traku wielkotarczowym



Rys. 6.16. Frezarka mostowa suportowa

Obrabiarki stosowane do szlifowania i polerowania elementów kamiennych to szlifieryko-polerki. Elementem roboczym szlifierek jest segment szlifierski, a polerek – segment po-

lerski. Pod względem konstrukcji oraz sposobu prowadzenia głowic szlifierskich po obrabianej powierzchni wyróżnia się szlifierko-polerki:

- szlifierko-polerka ręczna kolankowa,
- automatyczna szlifierko-polerka do płaszczyzn (rys. 6.17),
- automatyczna szlifierko-polerka wielogłowicowa (przelotowa),
- boczkarka (obrabiarka przeznaczona do obróbki powierzchni bocznych elementów płytowych).



Rys. 6.17. Automatyczna szlifierko-polerka

6.4. Transport w procesie obróbki skał

Transport w procesie obróbki skał obejmuje następujące etapy:

- zdjęcie bloku dostarczonego z wyrobiska ze środka transportu i umieszczenie na miejscu składowania;
- transport bloku z miejsca składowania do dalszej obróbki;
- transport półproduktów uzyskanych w trakcie obróbki między poszczególnymi operacjami obróbczymi lub produktów gotowych do miejsca składowania.

W układzie obróbczym gniazdowym transport realizowany jest za pomocą następujących urządzeń transportowych:

- suwnice mostowe i bramowe o nośności:
 - 15–40 Mg, stosowane w magazynach bloków i płyt do:
 - ✓ zdejmowania bloków ze środków transportu, samochodów, nośników bloków, naczep niskopodłogowych i składowanie na placu magazynowym;
 - ✓ załadunku bloków na wózki trakowe;
 - ✓ rozładunku gotowych płyt z wózków trakowych i składowanie na placu magazynowym płyt;

- 3–8 Mg, stosowane w halach obróbczych obróbki dokładnej i powierzchniowej:
 - ✓ załadunek i rozładunek obrabianych elementów na urządzenia i z urządzeń obróbczych;
 - ✓ transport półproduktów, płyt i elementów kamiennych między poszczególnymi operacjami;
- wózki trakowe – transport bloków do traków i odbiór gotowych płyt;
- wózki widłowe, podnośniki, elektrowciągi:
 - transport pomocniczy między operacjami obróbczymi,
 - transport gotowych produktów.

Na rysunku 6.18 przedstawiono schematy układu transportowego związanego z obróbką wstępną bloków.

W przypadku linii obróbczych zautomatyzowanych, których praca rozpoczyna się po uzyskaniu płyt z traków, transport bloków do traków odbywa się tak, jak w układzie gniazdowym. Następne procesy obróbcze – obróbka dokładna i obróbka powierzchni – realizowane są na za pomocą maszyn obróbczych powiązanych ze sobą w sposób ciągły urządzeniami transportowymi takimi jak:

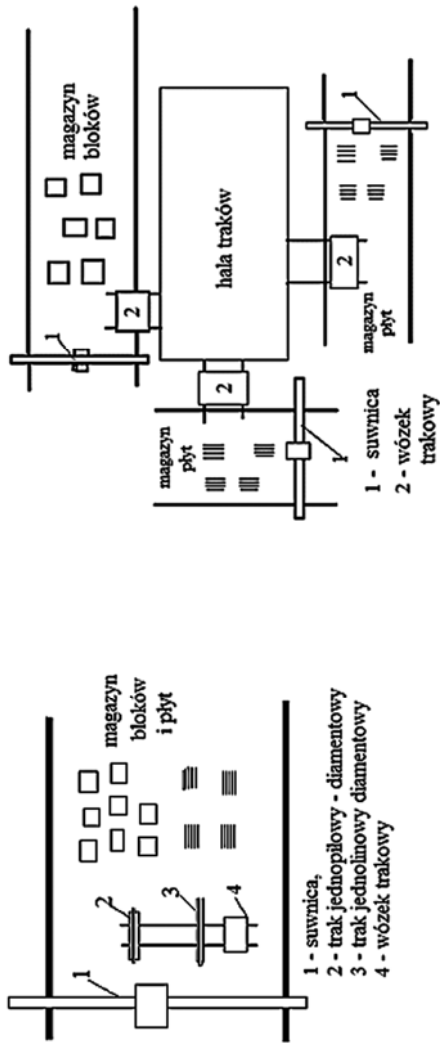
- automatyczne urządzenia załadowcze i wyładowcze – stoły, przenośniki, transportery;
- urządzenia przemieszczające elementy kamienne – przenośniki taśmowe, rolkowe, krążkowe – proste, łukowe, stoły rozrządowe.

W tabeli 6.3 przedstawiono przykład urządzeń transportowych i ich przeznaczenie w zakładzie obróbki elementów kamiennych PPUH „Piramida”.

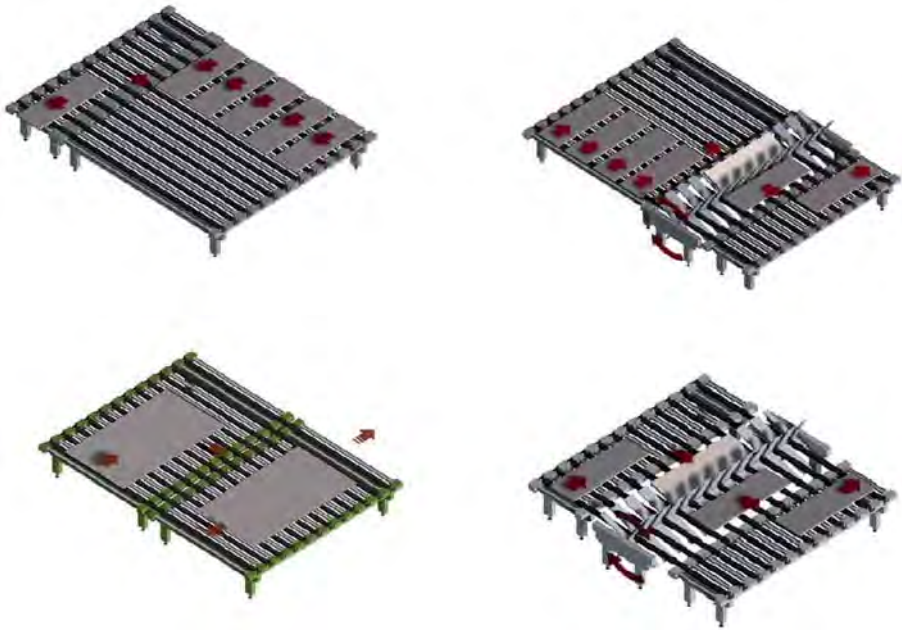
Tab. 6.3. Urządzenia transportowe i ich zastosowanie w PPUH „Piramida”

Urządzenie	Liczba	Przeznaczenie
Suwnica 25 t	1	ładowanie wydobytych bloków na wózki traków wielopółowych
Suwnica 5 t	1	magazyn płyt
Suwnica 5 t Giacominom	1	magazyn płyt
Suwnica 5 t	1	magazyn płyt
Suwnica w hali 3 t	1	załadunek i rozładunek płyt z cyrkularek i linii polskiej
Suwnica w hali 4 t	1	załadunek i rozładunek płyt z cyrkularek i linii polskiej
Wózki widłowe Komatsu	2	transport + załadunek

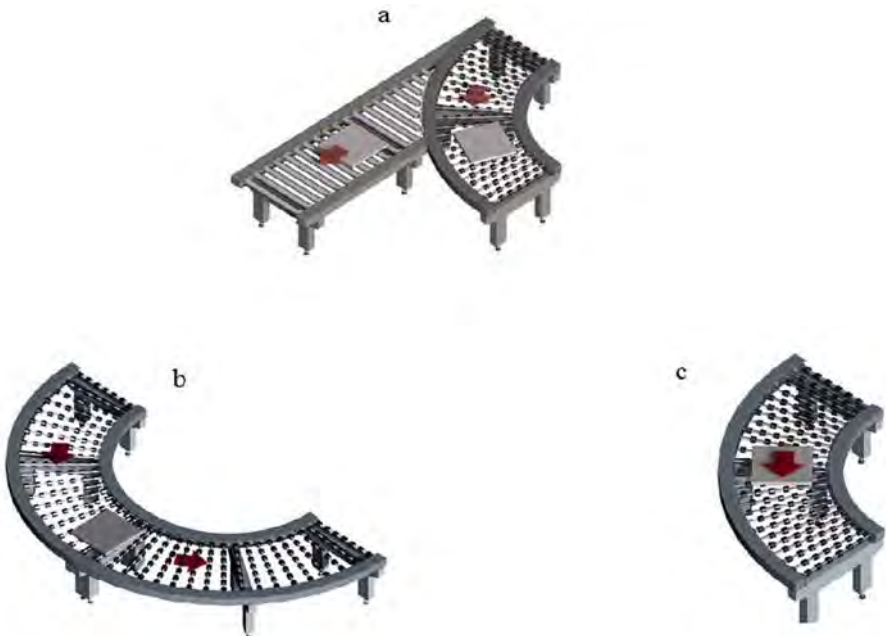
Na rysunkach 6.19–6.24 przedstawiono schematy wybranych elementów układów transportowych linii obróbczych.



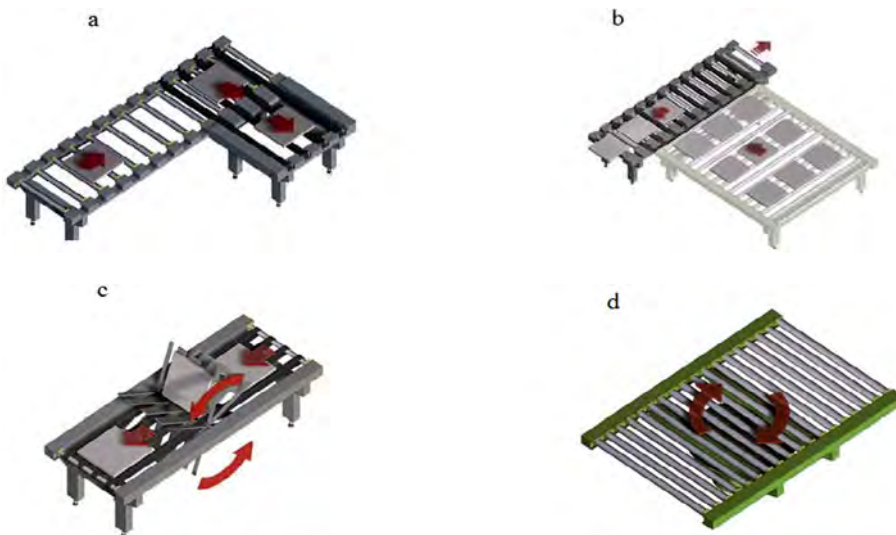
Rys. 6.18. Schematy układu transportowego obróbki wstępnej bloków



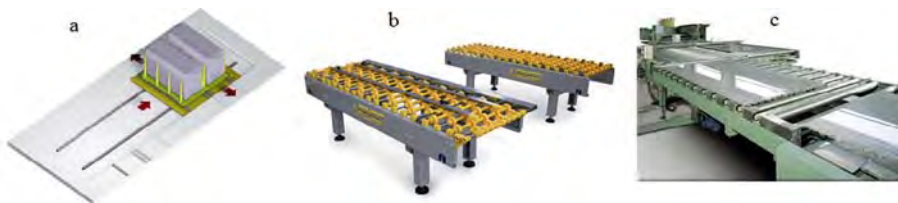
Rys. 6.19. Stoły rozrządowe [103]



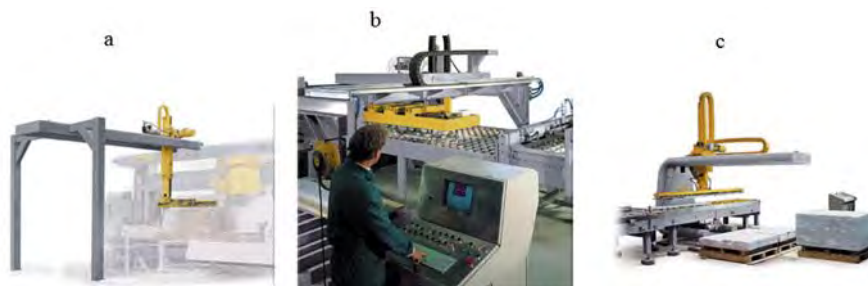
Rys. 6.20. Przenośniki rolkowe proste (a) i krążkowe łukowe (a, b, c) [103]



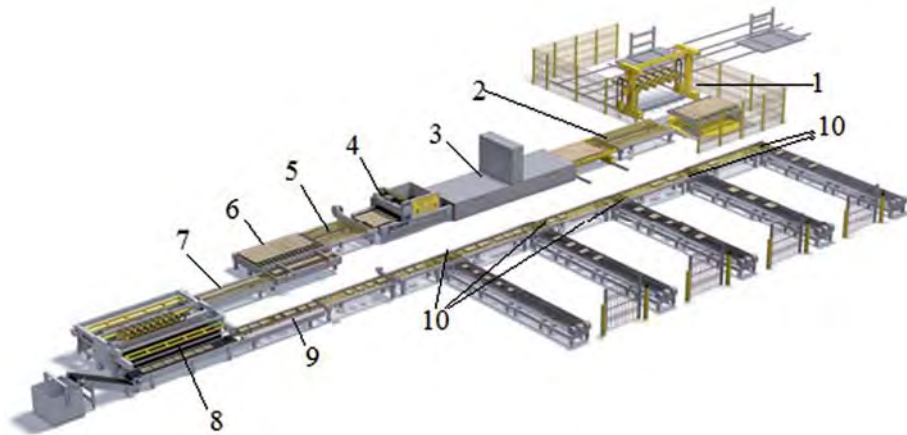
Rys. 6.21. Przenośniki rolkowe o różnym zastosowaniu [103] – zmiana kierunku transportu płytek – pojedyncza (a), w dwóch kierunkach (b), transport i obrót płytek w płaszczyźnie pionowej (c); transport i obrót płytek w płaszczyźnie poziomej (d)



Rys. 6.22. Elementy układu transportowego linii obróbczej płyt [103]:
a) wózek do trakowy transportu bloków, b) przenośniki krążkowe do transportu płyt z napędem i bez napędu, c) stół transportowy rozrządowy do płyt – zmiana położenia płyty



Rys. 6.23. Urządzenia do automatycznego załadunku i rozładunku elementów kamiennych [103]:
a) odbiór pasów kamiennych z traka wielotarczowego, b) odbiór i załadunek z przenośnika krążkowego płyt, c) odbiór z przenośnika rolkowego i składowanie płytek kamiennych



Rys. 6.24. Linia obróbca automatyczna produkcji płytek modułarnych z płyt uzyskanych z traków [103]: 1 – rozładunek wózka transportowego i załadunek na stół transportowy, 2 – transport płyty przenośnikiem rolkowym, 3 – żywicowanie płyty, 4 – rozcinanie płyty na pasy przecinarką wielotarczową przelotową poprzeczną, 5 – stół rozrządowy, 6 – rozdzielanie pasów i przesunięcie na przenośnik rolkowy, 7 – transport pasów przenośnikiem rolkowym, 8 – rozcinanie pasów na płytki przecinarką wielotarczową wzdłużną, 9 – transport płytek przenośnikiem rolkowym, 10 – rozdzielanie i zmiana kierunku transportu płytek do miejsca pakowania

7. Ocena układów technologicznych złóż blocznych

R. Chulist, D. Łochańska, M. Strykowski

7.1. Sposoby urabiania skał blocznych

Przy urabianiu skał na bloki należy brać pod uwagę rodzaj skały (typ skały, jej strukturę i teksturę, skład mineralny oraz właściwości fizyko-mechaniczne), warunki złożowe (zaleganie i kształt złoża, uławicenie, siatkę spękań poziomych i pionowych, łupliwość) oraz parametry narzędzi i urządzeń, jak i również parametry pracy.

Aby odspoić blok od calizny należy pokonać siły spójności, w tym celu wykonuje się dodatkowe powierzchnie odsłaniające oraz odpręża złożo. Do tego służą m.in. wyrobiska górnicze – pomocnicze:

- wdzierka – wcięcie w ławie skalnej mającej jedną płaszczyznę odsłoniętą (stropową) wykonywane w celu jej podziału na monolity lub bloki. Ma na celu udostępnienie złoża (odsłonięcie dodatkowych powierzchni lub utworzenie nowego piętra);
- wcinka – wcięcie w ławie skalnej, mające co najmniej dwie płaszczyzny odsłonięte (stropową i czołową), wykonane w celu podziału ławy na monolity i bloki. Wąskie wyrobisko górnicze przygotowawcze, prowadzone z danego poziomu, a mające na celu stworzenie dodatkowych powierzchni, przecięcie stopnia lub piętra.

Sposób urabiania złoża blocznego na bloki foremne zależy głównie od rodzaju skały, warunków geologiczno-górnich złoża, bloczności, własności fizycznych i mechanicznych skał oraz możliwości technicznych, czyli od posiadania odpowiedniego rodzaju maszyn i urządzeń. Biorąc pod uwagę powyższe, to przy wyborze metody urabiania na bloki należy brać pod uwagę przede wszystkim: rodzaj skały, strukturę, teksturę, skład mineralny, własności fizyczne i mechaniczne oraz zaleganie i kształt złoża, uławicenie i siatkę spękań poziomych i pionowych, łupliwość.

Znajomość wymienionych powyżej parametrów pozwala na ocenę bloczności złoża oraz wybór właściwej metody urabiania, a zatem i dobór odpowiednich maszyn i urządzeń. Duży zakres zmienności właściwości mechanicznych urabianych skał oraz zróżnicowanie w budowie geologicznej złóż przyczynia się do istnienia znacznej różnorodności metod i urządzeń stosowanych do urabiania złóż na bloki foremne.

Do technik tradycyjnych zaliczyć należy metody najczęściej stosowane: urabianie ręczne i przy użyciu rozłupiarek hydraulicznych, urabianie przy użyciu diamentowej piły linowej, urabianie przy użyciu wrębiarki łańcuchowej oraz urabianie przy użyciu MW – ale tylko w przypadku wydobywania granitoidów.

Do metod alternatywnych należy zaliczyć urabianie przy użyciu wrębiarki wiertniczej oraz przy użyciu materiału pęczniejącego.

Do nowych technologii należy zaliczyć urabianie przy użyciu wysokociśnieniowej strugi wody oraz urabianie przy użyciu wrębiarki taśmowej diamentowej.

Urządzenia stosowane przy eksploatacji złóż skalnych na bloki foremne można podzielić na urządzenia podstawowe i pomocnicze do odspajania oraz maszyny i urządzenia służące do transportu pionowego i poziomowego. Pomocniczymi urządzeniami stosowanymi przy urabianiu złóż na bloki są poduszki pneumatyczne oraz siłowniki hydrauliczne do odspajania, podnoszenia i odsuwania dużych bloków i monolitów w złożu.

7.2. Podział metod eksploatacji skał na bloki według genezy złóż

Przy doborze metody urabiania złóż blocznych należy przede wszystkim brać pod uwagę rodzaj skały, gdyż jej powstawanie wskazuje na pewne cechy fizyko-mechaniczne (techniczne).

Podział skał opiera się na ich genezie. Ze względu na warunki powstania rozróżnia się trzy zasadnicze grupy: skały magmowe, skały osadowe i skały metamorficzne.

Skały magmowe dzielą się na wylewne i głębinowe, powstały one w wyniku stygnięcia magmy, czyli stopu krzemianowego. Skały magmowe wylewne zostały utworzone wskutek szybkiego ostudzenia i zakrzepnięcia lawy na powierzchni lub blisko powierzchni ziemi. Skały głębinowe zostały utworzone wskutek powolnego zastygnięcia magmy w głębi skorupy ziemskiej.

Skały osadowe powstały wskutek osadzania się cząstek mineralnych lub organicznych w środowisku wodnym lub lądowym, bądź też zostały utworzone jako osady rozpuszczalnych w wodzie związków chemicznych. Są to skały powstałe w procesie sedymentacji produktów mechanicznego i chemicznego wietrzenia. Skały osadowe okruchowe zostały utworzone wskutek naturalnego rozdrobnienia i wtórnego nagromadzenia okruchów skalnych. Skały okruchowe dzielą się na luźne i zwarte. Skały osadowe pochodzenia organicznego zostały utworzone na dnie mórz i oceanów ze skorupki wapiennych oraz z krzemionkowych szkie-

letów zwierzęcych lub organizmów roślinnych. Skąły osadowe okrucrowe i pochodzenia organicznego na początku powstawania były skąłami luźnymi, dopiero później nastąpiło stwardnienie i scementowanie (proces diagenety). Skąły osadowe pochodzenia chemicznego powstały przez wydzielenie, krystalizację i osadzanie skądników z roztworów.

Skąły metamorficzne zostały utworzone przez przekształcenie skął magmowych lub osadowych (przemianę budowy i skądadu mineralnego) pod wpływem wysokiej temperatury i dużego ciśnienia.

Podstawowa charakterystyka skąły polega na określeniu jej cech strukturalnych opisujących ułożenie skądników oraz cech teksturalnych będących wyrazem sposobu ich wykształcenia.

7.2.1. Urabianie skął magmowych

Urabianie tego rodzaju skął odbywa się różnymi metodami, stosowanymi równocześnie (metody mieszane), np.: urabianie ręczne (klinowanie), urabianie mechaniczne (maszyny i urządzenia stosowane do tego typu skął) – m.in. rozłupiarki hydrauliczne, urabianie termiczne oraz urabianie przy zastosowaniu MW.

Ręczne urabianie – klinowanie – jest uciążliwe i pracochłonne. Natomiast przy urabianiu termicznym za pomocą palnika termicznego, skąła musi spełniać warunek dotyczący zawartości kwarcu (co najmniej 15%), gdyż wykorzystuje się jego właściwość: pod wpływem temperatury zwiększa swoją objętość, dzięki czemu jego cząstki odpryskują i powstaje wrąb – efekt przemian polimorficznych kwarcu.

Coraz częściej stosowane urządzenia do urabiania skął magmowych to perforatory i diamentowe piły linowe.

7.2.2. Urabianie skął węglanowych (wapienie zbite, marmury, trawertyny, dolomity, itp.)

Urabianie tego rodzaju skął odbywa się głównie przy zastosowaniu perforatorów i rozłupiarek hydraulicznych oraz diamentowych pił linowych – w złożach monolitycznych o dużej bloczności. Piły linowe diamentowe to najbardziej rozpowszechnione urządzenia diamentowe wykorzystywane przy urabianiu skął blocznych. Ich elementem roboczym są wkładki diamentowe w kształcie pierścieni (segmentów) o zewnętrznej średnicy równej 9–12 mm w liczbie od 25 do 40 sztuk na 1 m liny (zwijanej z kilku drutów stalowych). Im skąła twardsza tym większa liczba segmentów, im miększa tym mniej segmentów na 1 m.

Piła linowa diamentowa może również być zastosowana:

- w skalnym górnictwie odkrywkowym,
- w górnictwie podziemnym,
- robotach inżynierskich.

Zakres stosowania w skalnym górnictwie odkrywkowym obejmuje:

- cięcie skał w złożu (odspajanie monolitów i bloków foremnych),
- dzielenie monolitów na bloki (czynności obróbcze),
- dzielenie bloków na formaki (czynności obróbcze),
- dzielenie na płyty (czynności obróbcze),
- wycinanie profilowanych elementów kamiennych (czynności obróbcze).

Sposoby cięcia piłą linową diamentową to: w płaszczyźnie pionowej (cięcie ze spągu, cięcie ze stropu), w płaszczyźnie poziomej.

W złożach o niewielkiej i małej bloczności stosowane są młoty hydrauliczne (zaliczane do maszyn pomocniczych) oraz ładowarki z osprzętem widłowym do rozluźniania i podnoszenia luźnych brył skalnych. Często znajdują również zastosowanie poduszki pneumatyczne i siłowniki hydrauliczne – sprzęt pomocniczy. Nie należy zapominać o nowych technologiach, np. urabianiu przy użyciu wrębiarki taśmowej diamentowej.

7.2.3. Urabianie piaskowców

Przeważnie do urabiania piaskowców stosowane są rozłupiarki hydrauliczne, w mniejszym stopniu urabianie za pomocą klinów oraz urabianie za pomocą materiału pęcznijącego Cevamit (lub innego). Podobnie jak w skałach węglanowych stosuje się młoty hydrauliczne oraz ładowarki z osprzętem widłowym. Możliwe jest również stosowanie diamentowej piły linowej, przy założeniu że złoża ma odpowiednią bloczność.

Warunki złożowe również wpływają na wybór metody eksploatacji skał na bloki, są to przede wszystkim: zaleganie i kształt złoża, uławicenie, siatka spękań poziomych i pionowych, łupliwość oraz bloczność.

Eksploatacja złóż na bloki – prowadzi do tego, aby uzyskać możliwie foremne bloki, o określonych wymiarach bryły skalne, dlatego ważne jest zapoznanie się z pewnymi właściwościami zalegających złóż przeznaczonych do urabiania na bloki. Przede wszystkim – bloczność – wskazuje nam na uzysk bloków z danego złoża.

Rozpatrując rzeczywistą budowę wewnętrzną skał należy, oprócz cech strukturalnych, określić cechy teksturalne związane ze stopniem wypełnienia przestrzeni zajmowanej przez skałę.

Do cech struktury zalicza się m.in.:

- łupność (cios),
- uwarstwienie,
- porowatość,
- szczelinowatość.

Należy również pamiętać o mechanicznych właściwościach skał charakteryzujących zachowanie się skał przy oddziaływaniu na nie obciążeń mechanicznych. W zależności od typu, kierunku wielkości i czasu działania obciążenia powstają różnorodne związki między naprężeniami i odkształceniami w skałach.

7.3. Układy technologiczne złóż surowców blocznych

Układem technologicznym jest zespół maszyn i urządzeń racjonalnie do siebie dobranych, zapewniających osiągnięcie zadanych wydajności i stabilną pracę. Osiąga się to przez odpowiedni dobór do siebie maszyn urabiających, transportowych i obróbczych.

W procesie planowania produkcji wydajność Q_u określana jest jako wydajność wyjściowa, ustalana w dostosowaniu do popytu na produkcję elementów foremnych. Należy ją traktować jako wielkość podstawową w odniesieniu do której ustalane są wydajności pozostałych elementów układu.

W trakcie procesu technologicznego wydobywania i obróbki bloków wydajność z reguły jest zmienna zależnie od chłonności rynku zbytu, jak i zmian gustów odbiorców. Dlatego zachodzi konieczność określania wydajności urabiania.

Można to wykonać dwoma sposobami:

- 1) obliczyć wydajność urabiania w odniesieniu do techniki wydobywania bloków, posługując się harmonogramem wydobywania;
- 2) przez zmierzenie wydajności dla różnych stanów pracy, określenie rozkładu wydajności i parametrów rozkładu.

Techniki górnicze pozyskiwania surowców skalnych zwięzłych, ze względu na formę produktu końcowego, dzieli się na kruszywowe i bloczne. Ze złóż kruszywowych uzyskuje się różne frakcje, od kilku do kilkudziesięciu milimetrów. Przeznaczone są do różnych form budownictwa (mieszkalnictwa), drogownictwa, przemysłu cementowego, hutniczego, elektrotechnicznego i innych. Technika ich pozyskiwania i transportu jest jednolita i powtarzalna. W ścianach o jednakowej wysokości wiercone są otwory wiertnicze, załadunku się je materiałem wybuchowym i odpala się ładunki. Rozluzowany materiał skalny transportem samochodowym przewozi się do zakładu przeróbki mechanicznej. Technika urabiania i rodzaj stosowanych maszyn przy urabianiu i transporcie są takie same i powtarzalne w każdej kopalni eksploatującej złoża na kruszywo.

W przypadku złóż blocznych chodzi o to, by z calizny skalnej wydobyć blok o konkretnych wymiarach, podzielić go wtórnie i przewieźć do zakładu obróbczego.

Obok możliwości stosowania różnych, odrębnych technik wydobywania, istnieje możliwość łączenia technik w tym samym złożu. Przykładowo przyjmijmy, że złoża bloczne urabiane jest równocześnie przez:

- klinowanie,
- piłę wiertniczą,
- wrębiarkę,
- MW (strzelanie podbierkowe, metoda fińska, strzelanie szczelinowe).

Mając możliwość stosowania czterech odrębnych technik, można określić na ile sposobów można urabiać to złoża.

Przyjmijmy, że urabiamy wyłącznie klinowaniem (A) – mamy wówczas tylko jeden stan pracy. Jeśli stosujemy równocześnie klinowanie (A) i urabianie piłą wiertniczą (B) mamy trzy stany pracy, tj.: (A) lub (B), lub równocześnie urabiamy dwoma metodami (A i B). Jeśli urabiamy klinowaniem (A), piłą wiertniczą (B) i wrębiarką (C), mamy siedem stanów pracy: (A), (B), (C), [(A) i (B)], [(A) i (C)], [(B) i (C)] oraz [(A) i (B) i (C)] równocześnie.

Zbiorczo pokazuje to tabela 7.1, w której dodatkowo przedstawiono stany pracy dla czterech metod urabiania, tj.: klinowaniem (A), piłą wiertniczą (B), wrębiarką (C), materiałem wybuchowym (D).

Tab. 7.1. Analiza metod możliwości urabiania złoza blocznego

Lp.	Sposób urabiania	Możliwe stany pracy	Liczba możliwych stanów pracy: $2^n - 1$
1.	(A)	(A)	1
2.	(A), (B)	(A), (B), [(A) i (B)]	3
3.	(A), (B), (C)	(A), (B), (C), [(A) i (B)], [(A) i (C)], [(B) i (C)], [(A) i (B) i (C)]	7
4.	(A), (B), (C), (D)	(A), (B), (C), (D), [(A) i (B)], [(A) i (C)], [(A) i (D)], [(B) i (C)], [(B) i (D)], [(C) i (D)], [(A) i (B) i (C)], [(A) i (B) i (D)], [(B) i (C) i (D)], [(A) i (C) i (D)], [(A) i (B) i (C) i (D)]	15

Przy wydobywaniu złóż blocznych stosowane są różne techniki transportu technologicznego: samochodowy, ładownikami, dźwigami, podnośnikami widłowymi, dźwignicami linowymi, przez wleczenie po wyrobisku.

Istnieje około 10 metod wydobywania bloków i wybór którejś z nich zależy od rodzaju i własności skały, a także możliwości inwestycyjnych prowadzącego wydobycie. Jeśli

dodatkowo przyjąć, że w odniesieniu do każdej kopalni może być stosowanych kilka metod uzyskuje się do kilkunastu stanów pracy. Oczywiście nie wszystkie są stosowane w jednej kopalni, gdyż wiązałyby się to z trudnościami organizacyjnymi związanymi z gospodarką remontową, zapleczem produkcji, itd. Niemniej często stosowane jest równocześnie kilka metod. Każda z metod wymaga stosowania pełnych procedur związanych z:

- wyznaczeniem w caliznie skalnej objętości przeznaczonej do wydobywania;
- określeniem płaszczyzn nieciągłości ograniczającej blok;
- pracami przygotowawczymi wydobywania bloku są gniazda pod kliny, wykonanie piły wiertniczej itd., zależnie od przyjętej metody wydobywania bloku;
- oddzieleniem bloku od calizny;
- paserowaniem bloku;
- przygotowaniem do transportu;
- transportem do zakładu obróbczego.

Przykładowo, dla jednego ze sposobów pozyskiwania bloków porównano kolejne cykle pracy [96]:

- 1) koparka jednonaczyniowa podsiębierna odsłania bloki dolomitu, które w sposób losowy rozmieszczone są w caliznie; zwierzelina skalna wywożona jest przez samochody na zwałowisko, a bloki skalne są składowane w oczekiwaniu na podział i paserowanie. Po uzyskaniu bloków o wymiarach umożliwiających ich załadunek na samochód, zostają one przetransportowane do zakładu obróbki (rys. 7.1–7.5);



Rys. 7.1. Odsłanianie bloków dolomitu przez koparkę [96]

- 2) pozyskiwane bloki w wyrobisku (rys. 7.2);



Rys. 7.2. Pozyskiwane bloki w wyrobisku [96]

- 3) odsłonięte bloki w caliznie będą zrzucane do wyrobiska za pomocą strzelania podbierkowego lub szczelinowego (rys. 7.3);



Rys. 7.3. Widok odsłoniętych bloków w caliznie [96]

- 4) paserowanie bloków; większe bloki są paserowane i dostosowywane do wymiarów umożliwiających transport samochodowy (rys. 7.4);



Rys. 7.4. Paserowanie bloku [96]

- 5) załadunek bloku na samochód (rys. 7.5).



Rys. 7.5. Załadunek bloku na samochód [96]

7.4. Określenie wydajności pozyskiwania bloków

W przypadku eksploatacji złóż na kruszywa łamane problem jest prosty. Kruszywa te pozyskiwane są jedną techniką, przez rozluźnianie calizny skalnej i załadunek jej na samochód. Wydajność ciągu jest wydajnością koparki (koparek). Ilościowo wydajność układu kruszyw łamanych jest objętością (masą) urobku znajdującego się w skrzyni samochodu.

W przypadku pozyskiwania złóż blocznych niejednokrotnie stosuje się kilka technik urabiania w odniesieniu do tego samego złoża (klinowanie, piła linowa itd.), a każda z metod zawiera wydłużone elementy składowe cyklu pracy, które same w sobie są odrębnymi operacjami (np. uzyskanie kolejnych płaszczyzn odsłonięcia, to odrębne operacje rozciągnięte w czasie).

Wydajność eksploatacji złóż blocznych określić można dwoma sposobami:

- 1) przez obliczenie,
- 2) przez pomiar.

7.4.1. Określenie wydajności przez obliczenie

Czynności związane z pozyskaniem bloku mają charakter cykliczny. Na każdy cykl urabiania bloków składają się czasy kolejnych czynności, co wynika z przyjętej metody urabiania. Przykładowo przy stosowaniu lontu wybuchowego będzie to: czas wiercenia otworów t_1 , łączenia sieci lontu i umieszczenie go w otworach t_2 , wtórne dzielenie bloku na mniejsze t_3 , załadunek na samochód t_4 . W tym przypadku rzeczywista wydajność pozyskania bloku W_b będzie:

$$W_b = \frac{V}{\sum(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)} \quad (7.1)$$

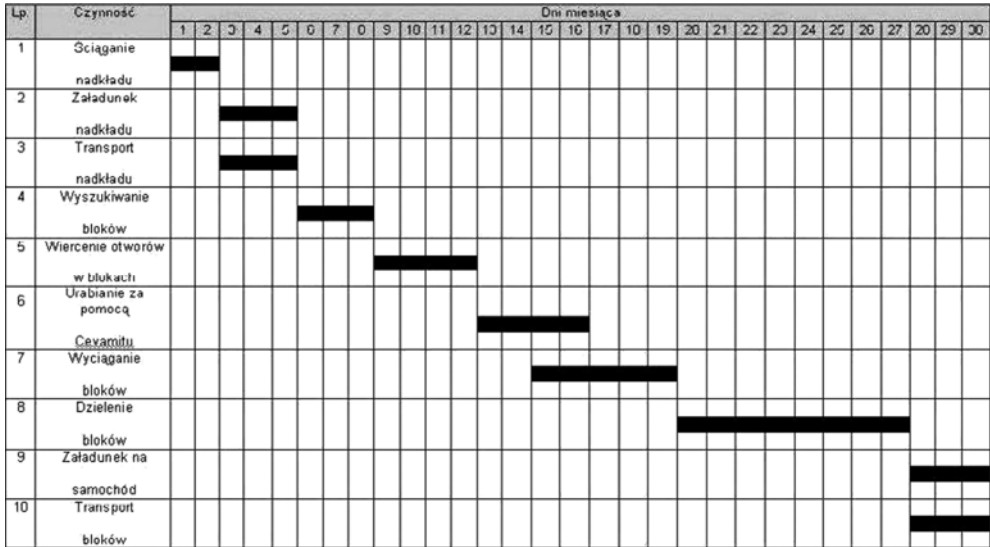
gdzie V oznacza objętość bloku, m^3 .

Przedstawiony tu przypadek określania wydajności pozyskiwania bloku ma jedynie charakter orientacyjny. W rzeczywistości, czynności prowadzące do uzyskania bloku są zwykle różne i dostosowane do warunków urabiania, które są różne w czasie i odmienne dla różnych złóż. W każdym przypadku obliczenia mają charakter specyficzny dla danych warunków.

Na rysunku 7.6 przedstawiono przykładowy harmonogram pozyskiwania bloku i związane z nim czynności, począwszy od usunięcia nadkładu, aż po transport bloku do zakładu obróbczego.

Technika pokazana na rysunku 7.6 składa się z czynności:

- ściąganie nadkładu przez koparkę z nadkładów;
- załadunku nadkładu na samochody;
- transportu nadkładu na zwalowisko, itd., według harmonogramu.



Rys. 7.6. Harmonogram pozyskiwania bloków przy zastosowaniu materiałów pęczniących [49]

Wydajność pozyskiwania bloków wyniesie:

$$W_b = \frac{\sum V}{\sum t} \quad (7.2)$$

gdzie:

$\sum V$ – łączna objętość bloków w czasie objętym harmonogramem, m³,

$\sum t$ – łączny czas pozyskiwania bloków, h.

Przy pozyskiwaniu bloków metodą klinowania będzie to czas: wyznaczenia płaszczyzn podzielności, wykonania gniazd klinowych, klinowania, podniesienia bloku i umieszczeniu na środku transportowym (rys. 7.7).

7.4.2. Określenie wydajności przez pomiar

Chodzi o to, by określić wydajność uzyskania jednego bloku (m³/h). Na ścianie eksploatacyjnej konieczne jest przygotowanie jednego bloku przystosowanego do transportu. Jest to zwykle prostopadłościan o wielkości (objętości) dostosowanej do nośności środków transportu. Dla danych warunków objętość bloku jest zwykle stała, ale różny jest czas jego pozyskania. Tak więc, czas pozyskiwania bloku przeznaczonego do transportu winien być zmierzony od rozpoczęcia pozyskiwania bloku, aż do zakończenia operacji.



Rys. 7.7. Pozyskiwanie bloków metodą klinowania (Sobolów):
a) pobijanie klinów; b) załadunek na samochód

Algorytm wyznaczenia rozkładu wydajności przez pomiar.

- określenie objętości (ciężaru) bloku przeznaczonego do transportu, m^3 (Mg);
- określenie czasu potrzebnego do uzyskania bloku, h (godz.);
- określenie wydajności pozyskania bloków, W ; $w_1, w_2, \dots, w_n, m^3/h$,

Wyznaczenie klas wydajności, obliczenie liczebności klas, prawdopodobieństwa osiągnięcia wydajności, jak w tabeli 7.2.

Tab. 7.2. Rozkład wydajności pozyskiwania bloków

Klasy wydajności	Liczebność klasy, n_i	Prawdopodobieństwo klasy, $p_i = n_i/n$
$w_1^* - w_2^*$	n_1	p_1
$w_2^* - w_3^*$	n_2	p_2
...
$w_{n-1}^* - w_n^*$
Σ	n	1

Rozkłady wydajności są normalne, charakteryzowane m.in. średnią. Niech wydajność produkcji bloków charakteryzowana jest zmienną losową:

$$W: w_1, w_2, \dots, w_n \tag{7.3}$$

Wówczas średnia wielkość produkcji wyniesie:

$$w_{\text{sr}} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{n} \tag{7.4}$$

gdzie n oznacza liczbę obserwacji.

Średnia rozkładu jest średnią wydajnością produkcji bloków w jednostce czasu i odpowiada jej największe prawdopodobieństwo uzyskania tej wielkości.

7.5. Określenie wydajności transportu

Uzyskany w wyrobisku blok skalny musi spełniać dwa warunki: mieć odpowiednie wymiary (by mógł być przedmiotem obróbki dla uzyskania kształtu i wymiarów odbiorców) i by był możliwy do załadowania i przewiezienia środkami transportu do zakładu obróbczego. W transporcie technologicznym bloków stosowane są różne środki transportowe zależnie od: organizacji pracy w wyrobisku, wzajemnej odległości wyrobiska i zakładu obróbczego, możliwości inwestycyjnych producenta.

Ich wspólną cechą jest cykliczny charakter pracy, a więc w postaci ogólnej wydajność transportu cyklicznego można napisać w postaci (rys. 4.54, 4.57, 4.58 i 7.5):

$$Q_c = q_t \cdot \frac{1}{T_c} \cdot k_c \quad (7.5)$$

gdzie:

q_t – średnia, rzeczywista objętość transportowanego bloku, m³,

T_c – średni czas trwania cyklu transportu, h,

k_c – współczynnik wykorzystania czasu roboczego.

$$T_c = \sum_{i=1}^n T_i \quad (7.6)$$

gdzie T_i to kolejne elementy składowe cyklu pracy środka transportowego.

Przykładowo będzie to dla:

– transportu samochodowego:

T_1 – czas załadunku samochodu,

T_2 – czas manewrowania samochodu przy załadunku,

T_3 – czas jazdy z ładunkiem do zakładu obróbczego,

T_4 – czas manewrowania samochodu przy wyładunku,

T_5 – czas wyładunku bloku pod zakładem obróbczym,

T_6 – czas jazdy powrotnej,

T_7 – czas postojów losowych na trasie przejazdu: wstrzymanie ruchu, postój na światłach, itd.

– transportu dźwignicami typu Derrick (rys. 5.2 i 5.3):

Obliczenie wydajności eksploatacyjnej

$$Q_e = q \cdot n_c \cdot k_u \cdot k_t \quad (7.7)$$

gdzie:

q – masa użyteczna, t (producent podaje zwykle maksymalny udźwig, który w praktyce zwykle jest wykorzystany w pewnej tylko części);

n_c – liczba cykli w godzinie,

$$n_c = \frac{1}{T_c} \quad (7.8)$$

gdzie:

T_c – czas trwania jednego cyklu, z pomiaru, h,

k_u – współczynnik wykorzystania udźwigu (0,6 do 1,0),

k_t – współczynnik wykorzystania czasu roboczego – z pomiaru w rzeczywistych warunkach pracy.

Dźwignice stosowane są często w kopalniach, w których zachodzi konieczność systematycznego przenoszenia bloków skalnych w kierunku pionowym. Często jest stosowany ten rodzaj transportu przy wydobyciu bloków skalnych w małych i jednocześnie stromych wyrobiskach i przeniesienia ich na powierzchnię. Działa praktycznie jak podnośnik.

7.6. Określenie wydajności układów obróbczych elementów kamiennych blocznych

Obróbkę kamienia należy postrzegać jako proces technologiczny obejmujący zespół czynności obróbczych wykonywanych za pomocą narzędzi, maszyn i środków pomocniczych dla nadania bryle kamienia określonego kształtu, wymiaru oraz faktury powierzchni. Rozróżnia się obróbkę kamienia:

- mechaniczną (obróbka maszynowa) – czynności obróbcze wykonywane przez urządzenia i maszyny kamieniarskie, a praca fizyczna obsługi ogranicza się do ustawienia maszyny i obrabianych elementów, obserwacji pracy maszyny i innych czynności pomocniczych związanych z danym procesem obróbczym. Do procesów obróbczych wykonywanych mechanicznie zalicza się m.in.: przecinanie (przecieranie) bloków kamienia na trakach, cięcie na cyrkularkach i frezarkach, szlifowanie i polerowanie na szlifierkach i polerkach, toczenie na tokarkach, itp.;
- ręczną – zespół czynności obróbczych wykonywanych pracą mięśni człowieka i za pomocą prostych lub złożonych narzędzi kamieniarskich przy wyrobie kamiennych elementów budowlanych i innych. Do czynności ręcznej obróbki kamienia zalicza się: klinowanie, groszkowanie, grotowanie, dłutowanie, szlifowanie i polerowanie itp.

Zakłady obróbki kamienia charakteryzują się różnorodnym zestawem maszyn i urządzeń oraz bardzo zróżnicowanym asortymentem produkcji. Obecnie dominuje produkcja kamiennych elementów płytowych z przeznaczeniem na okładziny poziome i pionowe. Następną grupę stanowią elementy kamienne budowlane dekoracyjne i konstrukcyjne, tj.: cokół, słupki, obramienia okienne, parapety okienne, tralki, stopnie, krawężniki, płyty chodnikowe, kostka, itp. Uzupełnieniem produkowanego asortymentu kamiennego są elementy kamienne znajdujące zastosowanie jako części składowe pomników i nagrobków.

Stosowane układy obróbcze w zakładach kamieniarskich zależne są od organizacji tych zakładów. Dlatego też wyróżnia się następujące układy technologiczne [58]:

- układ gniazdowy – charakteryzujący się wyodrębnionymi gniazdami, czyli zespołami jednego rodzaju maszyn – obrabiany element w postaci półproduktu po zakończeniu kolejnej operacji obróbczej nie przechodzi do następnej operacji, ale składowany jest w magazynie półproduktów;
- układ potokowy – postać linii obróbczej bezbrakowej. Należy to rozumieć jako szereg maszyn kamieniarskich ustawionych w określonym porządku, wykonujących na jednakowych przedmiotach wiele operacji obróbczych z góry ustalonego planu operacyjnego, przy zachowaniu ustalonego rytmicznego przepływu obrabianych elementów kamiennych.

Układ potokowy charakteryzuje się możliwością masowej produkcji, co niewątpliwie jest ważną zaletą ze względu na bardzo duże zapotrzebowanie na takie elementy, jak: cokoly, słupki, obramienia okienne, parapety okienne, tralki, stopnie, krawężniki, itp. Poza tym zalety stanowią: stosunkowo niskie koszty produkcji oraz wysoka jakość wytwarzanych elementów.

Jedyną wadą układów potokowych, a równocześnie zaletą układów gniazdowych, jest przystosowanie do produkcji elementów nietypowych. Dlatego też układy gniazdowe nie mogą być wycofane z zakładów obróbki skał blocznych, mimo że produkowane elementy wymagają, niekiedy ręcznej pracy człowieka.

Rosnące zainteresowanie elementami wykonanymi z kamienia zmusiło zakłady obróbcze do zastosowania nowych maszyn i urządzeń, które przyczyniły się do zmiany organizacji produkcji. Konsekwencją było częściowe zastępowanie układów gniazdowych układem potokowym, tzw. beztrakową linią obróbczą. Zmiany te wpłynęły na rozwój produkcji masowej kamiennych elementów o podwyższonej jakości oraz niższych kosztach produkcji. Rozbudowa i ulepszanie zakładów obróbki kamienia przyczynia się do obniżenia kosztów produkcji, a tym samym kamień staje się atrakcyjnym i bardziej konkurencyjnym materiałem w stosunku do innych obecnie stosowanych materiałów budowlanych [55, 57].

W procesie obróbki kamienia wyróżnia się następujące podstawowe operacje obróbcze [56]:

- 1) cięcie bloków kamienia na płyty surowe;
- 2) przecinanie i obcinanie płyt surowych na elementy kamienne płytowe o żądanym kształcie i rozmiarze;
- 3) szlifowanie i polerowanie powierzchni;
- 4) operacje pomocnicze, tj. wiercenie otworów, profilowanie itp.

Aby wykonać wymienione powyżej operacje obróbcze, stosuje się maszyny obróbcze, tj.: traki kamieniarskie, cyrkularki i frezarki, szlifierko-polerki oraz inne urządzenia o mniejszym znaczeniu.

W przypadku wydajności układów technologicznych obróbczych rozpatruje się wydajności poszczególnych maszyn zastosowanych w danej linii obróbczej. Ze względu na dużą

różnorodność stosowanych maszyn i urządzeń w opracowaniu określono wydajności tylko maszyn podstawowych.

7.6.1. Traki kamieniarskie

Pierwszą grupę maszyn podstawowych tworzą traki kamieniarskie. Służą one do cięcia (przecierania) bloków na płyty surowe stosowane.

Ze względu na konstrukcję wyróżniamy [58]:

- traki wahadłowe,
- traki diamentowe – prostoliniowe,
- traki uniwersalne,
- traki tarczowe diamentowe,
- traki linowe stosowane ze ścierniwem luźnym,
- traki linowe diamentowe.

Konstrukcja traków wskazuje na ich zastosowanie, tj.: do cięcia lub przecierania skał magmowych, czyli granitoidów, mocnych piaskowców, skał magmowych przeobrażonych, kwarcytów i innych stosowane są traki wahadłowe, traki linowe diamentowe, traki tarczowe oraz na mniejszą skalę traki linowe na ścierniwo luźne. Natomiast do cięcia skał łatwiejszych do obróbki, czyli skał węglanowych, stosowane są traki diamentowe o ruchu posuwisto-zwrotnym oraz traki tarczowe. Do przecierania piaskowców służą zarówno traki wahadłowe, traki diamentowe, jak i traki tarczowe. Traki uniwersalne ze względu na mniejszą efektywność cięcia w porównaniu z trakami diamentowymi zostają stopniowo wycofywane z zakładów obróbczych [67].

Miarą efektywności pracy traków jest wydajność, określana ilością przetartej powierzchni cięcia w jednostce czasu.

Do czynników wpływających na wydajność traków zalicza się:

- długość przecieranego bloku (L),
- ilość czynnych pił (n),
- postęp przecierania (p).

Wydajność pracy traka można zatem przedstawić jako funkcję długości przecieranego bloku, ilości czynnych pił oraz postępu przecierania:

$$A = f(L, n, p) \quad (7.9)$$

Natomiast obliczenie wydajności traka można dokonać za pomocą wzoru:

$$A = 0,01 \cdot L \cdot (n - 1) \cdot p \text{ [m}^2\text{/h]} \quad (7.10)$$

gdzie:

- A – wydajność traka, m^2/h ,
- L – długość ciętego bloku, m ,
- n – ilość czynnych pił, sztuk,
- p – postęp cięcia, cm/h .

Postęp cięcia to prędkość opadania ramy traka wraz z zestawem czynnych pił w czasie cięcia. Do określenia postępu cięcia służy wzór:

$$p = \frac{H}{T} \text{ [cm/h]} \quad (7.11)$$

gdzie:

- p – postęp cięcia, cm/h ,
- H – wysokość obrabianego bloku, cm ,
- T – czas przecierania, h .

Na wielkość postępu przecierania mają wpływ następujące czynniki:

- rodzaj przecieranego kamienia,
- konstrukcja traka,
- rodzaj materiału ściernego dla traków wahadłowych,
- długość ciętego bloku,
- sposób i ilość doprowadzanej wody,
- organizacja pracy i sumienność obsługi.

Postęp cięcia (postęp przecierania) jest funkcją wymienionych powyżej czynników oraz parametrów pracy traka. Biorąc pod uwagę fakt, że obecnie zadawany postęp cięcia w większości przypadków nie zależy od sumarycznej długości przecierania, czyli od długości ciętego bloku i ilości pił czynnych, to wydajność cięcia, jak również efektywność cięcia zależna jest od stopnia wykorzystania pojemności roboczej traka.

Pod pojęciem pojemności roboczej traka należy rozumieć przestrzeń określaną przez maksymalną długość, szerokość i wysokość obrabianego bloku. Czas cięcia takiego bloku będzie zależał od maksymalnego lub założonego postępu cięcia i wysokości bloku. Im bardziej wymiary bloku będą zbliżone do pojemności roboczej traka, tym większy będzie stopień wykorzystania czasu roboczego oraz większa wydajność. Przy założeniu stałego postępu przecierania można podjąć próbę określenia wpływu trzech wymiarów bloków, czyli jego wysokości, szerokości i długości, a następnie równocześnie zespołowego oddziaływania tych trzech wymiarów pod pojęciem objętości [67].

Parametr γ_v przedstawia stopień wykorzystania pojemności roboczej traka, określane jest jako stosunek objętości przecieranego bloku do pojemności (objętości) roboczej traka i jest wyrażony następującym wzorem:

$$\gamma_v = \frac{V_b}{V_t} \quad (7.12)$$

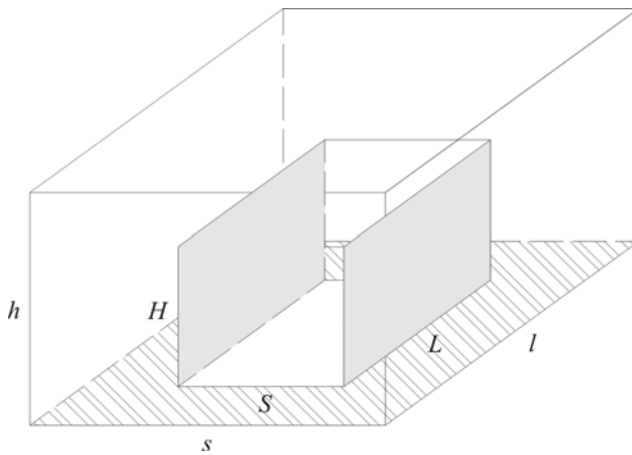
gdzie:

γ_v – współczynnik wykorzystania pojemności roboczej traka,

V_b – objętość przecieranego bloku, m³,

V_t – pojemność robocza traka, m³.

Na rysunku 7.8 przedstawiono schemat pojemności (objętości) roboczej traka i objętości obrabianego bloku.



Rys. 7.8. Schemat pojemności (objętości) roboczej traka i objętości obrabianego bloku: l, s, h – długość, szerokość i wysokość robocza traka; L, S, H – długość, szerokość i wysokość bloku [67]

Wykorzystanie długości, szerokości i wysokości przestrzeni roboczej ma bezpośrednio wpływ na stopień wykorzystania pojemności roboczej traka oraz pośrednio na wielkość współczynnika wykorzystania czasu pracy traka, a to wiąże się z organizacją pracy układu technologicznego zakładu obróbczego.

W zakładach obróbczych wyposażonych w traki kamieniarskie wielopiętne wahadłowe i inne trudno jest zwiększać wydajność techniczną ze względu na stałą charakterystykę techniczną wynikającą z konstrukcji traka. Natomiast duże rezerwy istnieją w możliwości podniesienia wartości współczynników wykorzystania pojemności roboczej traka oraz współczynnika wykorzystania czasu pracy. Można tu mówić o czynnikach związanych z organizacją pracy oraz czynnikach technologicznych.

Usprawnienie tych czynności i pełne wykorzystanie parametrów technicznych, konstrukcyjnych traków przyczyni się do podniesienia wydajności technologicznej, czyli ich efektywności [58].

7.6.2. Piły tarczowe (frezarki i cyrkularki)

Frezarki i cyrkularki służą do przecinania i obcinania płyt kamiennych na elementy kamienne o określonym kształcie i wymiarze. Elementem roboczym tych maszyn jest piła tarczowa uzbrojona we wkładki diamentowe.

Pod względem ilości pił rozróżnia się cyrkularki i frezarki [58]:

- jedno-,
- dwu- lub
- wielotarczowe.

Zasadnicza różnica pomiędzy frezarką i cyrkularką:

- cyrkularka – obrabiarka o stałej osi obrotu pił tarczowych, przeznaczona do przecinania i obcinania;
- frezarka – obcinarka o uchylnej osi obrotu piły tarczowej, przeznaczona do obcinania, przecinania, profilowania i innych czynności obróbczych.

Podział pod względem konstrukcji wyróżnia obrabiarki [58]:

- kolumnowe (frezarki i cyrkularki) – charakteryzują się tym, że piła tarczowa jest stacjonarna, natomiast w ruchu znajduje się element obrabiany umieszczony na wózku;
- bramowa wózkowa i suportowa (frezarka) – w ruchu znajduje się element kamienny obrabiany;
- frezarka mostowa – obrabiany element spoczywa na nieruchomym lub obrotowym stole, a ruch w czasie cięcia wykonuje piła tarczowa wraz z suportem;
- frezarka przelotowa – piła lub zestaw pił jest stacjonarny, a ruch wykonuje obrabiany element umieszczony na ruchomej taśmie lub rolkach;
- frezarka wielkotarczowa (trak tarczowy) – element tnący to piła tarczowa o dużej średnicy (2000–5000 mm).

Wydajność cięcia przy użyciu diamentowych pił tarczowych zależy od:

- rodzaju frezarki (wielkości, typu, stanu technicznego),
- rodzaju i jakości pił tarczowych,
- sumienności obsługi,
- rodzaju kamienia.

Wydajność cięcia obrabiarki tarczowej (A_F) oblicza się następująco [56]:

$$A_F = \frac{l \cdot h \cdot 60}{t} \text{ [cm}^2\text{/min]} \quad (7.13)$$

gdzie:

- l – długość cięcia, cm,
- h – głębokość cięcia, cm,
- t – czas cięcia, s.

Do najważniejszych parametrów technicznych obrabiarek tarczowych zaliczamy:

- moc napędu,
- prędkość obrotową,
- średnicę stosowanej piły tarczowej,
- zakres regulacji prędkości obrotowej,
- zakres wielkości posuwu.

Natomiast najważniejsze parametry narzędzia tnącego (piły tarczowej) to:

- średnica piły,
- liczba segmentów na obwodzie,
- rodzaj piły tarczowej,
- kształt segmentów,
- wymiary segmentów,
- jakość dysku.

Zasadniczy wpływ na efektywność cięcia piłami tarczowymi wyposażonymi w segmenty diamentowe mają parametry:

- prędkość obwodowa,
- ilość i sposób chłodzenia,
- wydajność cięcia.

Prędkość obwodową (v) oblicza się ze wzoru:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} \text{ [m/s]} \quad (7.14)$$

gdzie:

- D – średnica piły tarczowej, mm,
- n – ilość obrotów piły, obr/min.

Istotną rolę przy efektywności cięcia piłami tarczowymi odgrywa ich liczba i sposób chłodzenia, które mają wpływ na trwałość diamentowych pił tarczowych (dotyczy to również pozostałych narzędzi diamentowych). Powszechnie stosowanym medium chłodzącym jest woda. Dotychczasowe badania wykazały, że dodanie do wody środków zmiękczających w postaci mydła, oleju napędowego, dodatków mineralnych itp. powoduje wzrost wydajności cięcia i trwałości piły o około 10–20%. Dodatki te ze względu na kłopoty techniczne wynikające z zastosowania zamkniętego obiegu wody nie znalazły praktycznego zastosowania [56].

Chłodziwo w procesie cięcia ma za zadanie: chłodzenie narzędzia (spoiwa i ziarna diamentowego) oraz zwilżanie i pomoc przy odprowadzeniu produktów cięcia – startej masy skalnej.

Do wyznaczenia właściwej ilości wody bierze się pod uwagę średnicę stosowanej piły tarczowej:

$$W = \frac{D}{25} \text{ [l/min]} \quad (7.15)$$

gdzie:

W – odpowiednia ilość wody (medium chłodzącego), l/min,

D – średnica piły tarczowej, mm.

Jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących jakość piły jest jej trwałość wyrażona w cm^2 przeciętej powierzchni, aż do całkowitego jej zużycia.

7.6.3. Szlifierki i polerki

Szlifierki i polerki również zaliczane są do maszyn podstawowych stosowanych w zakładach obróbczych. Służą one do wykonywania konkretnych czynności obróbczych, tj. szlifowania i polerowania elementów kamiennych. Pod względem konstrukcji, a w szczególności ze względu na sposób prowadzenia głowic roboczych po obrabianej powierzchni wyróżnia się następujące typy szlifierko-polerek [58]:

- szlifierko-polerka ręczna kolankowa: posiada ona tarczę szlifierską lub polerską osadzoną na przegubowym wsporniku, kierowaną i dociskaną w czasie pracy ręcznie;
- automatyczna szlifierko-polerka do płaszczyzn: urządzenie składa się z suportu wraz z zespołu napędu i docisku głowicy szlifierskiej lub polerskiej poruszającej się poziomo w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach. Układ elektromechaniczny pozwala na poruszanie się głowicy szlifierskiej lub polerskiej po obrabianej powierzchni według zadanego programu;
- automatyczna szlifierko-polerka przelotowa wielogłowicowa: obrabiany element przesuwany jest z określoną prędkością na przenośniku taśmowym pod zespołem obracających się tarcz szlifierskich i polerskich. Pierwsze głowice zawierają tarcze grubo (segmenty) ziarniste z materiałem szlifierskim, służą one do wyrównywania grubości obrabianych elementów. Kolejne segmenty zawierają coraz to drobniejsze ziarno ścierniwa do gładkiego szlifowania, a ostatnie głowice uzbrojone są w segmenty polerownicze i służą do polerowania.

Odmianą szlifierko-polerek automatycznych jest boczkarka, obrabiarka przeznaczona do obróbki powierzchni bocznych elementów płytowych.

Miarą efektywności procesu obróbczego jakim jest nadawanie faktury szlifowanej lub polerowanej jest wydajność konkretnej maszyny, na której obrabiamy element kamienny. Określenie tej wydajności innych szlifierko-polerek niż przelotowe jest dosyć skomplikowane,

gdź jest ona zależna od wielu czynników – przede wszystkim od rodzaju kamienia, doboru odpowiedniego materiału szlifierskiego bądź polerskiego, wpływu siły dociskającej (np. przy szlifierko-polerkach ręcznych), jakości wykonania segmentów (polerskich, szlifierskich), ilości doprowadzonej wody oraz prędkości głowicy szlifierskiej lub polerskiej [58].

W przypadku szlifierko-polerek przelotowych wydajność określa się za pomocą uproszczonego wzoru:

$$A_{SZP} = v \cdot s \text{ [m}^2\text{/h]} \quad (7.16)$$

gdzie:

- s – szerokość obrabianej płyty lub taśmy stołu ruchomego, m;
- v – prędkość taśmy, m/h.

Do wykonywania faktury szlifowanej i polerowanej kamieni stosuje się szereg materiałów pomocniczych naturalnych i sztucznych, z których wykonuje się segmenty szlifierskie lub polerskie, m.in.: piasek kwarcytowy, korund, szmergiel, tryple, pumeks, żeliwa, piasek stalowy, elektrokorund, sztuczny pumeks, diamenty naturalne i syntetyczne, czerwien polerownicza, żółc polerownicza, popiół cynowy, sól szczawikowa, filc, itp. [58].

7.6.4. Wychód geometryczny elementów kamiennych

W przypadku masowej produkcji elementów kamiennych w układach potokowych praktyczną miarą efektywności może być wychód geometryczny elementów kamiennych.

Wychód geometryczny jest to wskazanie jaką powierzchnię (m^2) jesteśmy w stanie wyłożyć wyprodukowanymi jednakowymi elementami budowlanymi kamiennymi, uzyskanymi z bloku o konkretnej objętości.

Wychód geometryczny (W) obliczamy ze wzoru:

$$W = \frac{i \cdot L \cdot S}{V_b} \text{ [m}^2\text{/m}^3\text{]} \quad (7.17)$$

gdzie:

- V_b – objętość bloku, który poddawany jest procesom obróbczym, m^3 ;
- L – długość płytki, m;
- i – liczba uzyskanych produktów końcowych, szt.;
- S – szerokość płytki, m.

Aby określić wychód geometryczny, a tym samym efektywność (wydajność) układu obróbczego potokowego, należy przeanalizować wszystkie operacje obróbcze w odpowied-

niej kolejności, zwracając każdorazowo uwagę przede wszystkim na ilość powstających elementów kamiennych (półproduktów), ich wymiary oraz ilość startej masy skalnej.

W trakcie procesów obróbki kamienia powstają dwa rodzaje strat:

- 1) straty technologiczne,
- 2) straty jakościowe.

Straty technologiczne powstają w wyniku przeprowadzanych operacji obróbczych, jak np. cięcie na płyty, obcinanie na płytki, szlifowanie itp. Objętość kamienia ulega ścieraniu na pył kamienny i po zmieszaniu z wodą (powstaje tzw. szlam) odprowadzany jest do osadników. Znajomość strat pozwala na określenie oczekiwanej wielkości produkcji elementów gotowych kamiennych z konkretnej objętości bloków skalnych poddawanych procesom obróbczym.

$$SS = SJ + ST \quad (7.18)$$

$$ST = \frac{V_{st}}{V_b} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7.19)$$

gdzie:

SS – straty surowca blocznego, %;

ST – straty technologiczne, %;

SJ – straty jakościowe, %;

V_{st} – objętość startej masy skalnej, m^3 ;

V_b – objętość bloku, który poddawany jest procesom obróbczym, m^3 .

Straty jakościowe wynikają z wad surowca poddawanego procesom obróbczym, które ujawniają się dopiero podczas operacji obróbczych, np.: ukryte spękania, przerosty, wklądki obcych materiałów, pustki, itp.

$$SJ = \frac{V_{sj}}{V_b} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7.20)$$

Dzięki określeniu ilości startej masy skalnej na poszczególnych etapach procesu obróbczego, jesteśmy w stanie określić, przy wykonywaniu której operacji uzyskujemy największe straty kamienia. Wówczas można analizować kolejność stosowanych maszyn kamiennarskich w układach obróbczych, co może przyczynić się do uzyskania mniejszych strat technologicznych.

7.7. Ocena układu technologicznego

Prace układu technologicznego można ocenić na kilka sposobów:

- wskaźnikowo w postaci wielkości liczbowych bez wnikania w istotę połączeń układu technologicznego i technikę wydobycia bloków; ocena taka może być stosowana do porównania kilku ciągów technologicznych dla dokonania wyboru któregoś z nich;
- ocenę prawdopodobieństwa pracy układu zależnie od sposobu połączeń jego elementów między sobą;
- ocenę porównawczą dwóch, lub więcej, technik pozyskiwania bloków.

Wskaźnikowo układ technologiczny można ocenić przez analizę wydajności efektywnej, niezawodności pracy i wskaźnik wykorzystania czasu pracy. Przedstawiono to w postaci poniższych wielkości.

Wydajność efektywna w odniesieniu do godzin pracy:

$$DM = \frac{PT}{HM + HP} \cdot 100 \quad (7.21)$$

gdzie:

DM – wydajność efektywna, m³/h,

PT – sprzedaż elementów foremnych, m³,

HM – rzeczywista liczba godzin pracy dla uzyskania tych elementów, h,

HP – liczba godzin przestoju, h.

Wskaźnik niezawodności pracy T_{fi} jest liczony jako stosunek rzeczywistej liczby godzin pracy do nominalnej liczby godzin pracy (suma rzeczywistej liczby godzin pracy i liczby godzin przestoju).

$$T_{fi} = \frac{HM}{HM + HP} \cdot 100 \quad (7.22)$$

gdzie:

T_{fi} – wskaźnik niezawodności pracy, %,

HP – liczba godzin przestoju w czasie nominalnym, do którego odnosimy HM , h.

Wskaźnik wykorzystania czasu pracy T_U jako iloraz rzeczywistej liczby godzin pracy i liczby godzin pracy na zmianach (czas nominalny):

$$T_U = \frac{HM}{HO} \cdot 100 \quad (7.23)$$

gdzie:

- T_u – wskaźnik wykorzystania czasu pracy, %,
- HO – liczba godzin pracy na zmianach, nominalna, h.

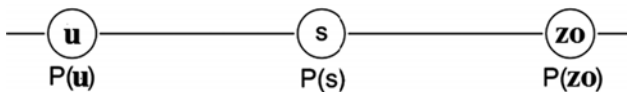
7.8. Ocena wydajności układu technologicznego

Na ciąg technologiczny składa się:

- wydobywanie bloków,
- transport,
- obróbka.

Elementy ciągu technologicznego mogą być w różny sposób ze sobą połączone. Wynika to z funkcji jaką pełnią, zaspokajając popyt na materiał bloczny. W przypadku kopalń, które prowadzą wydobywanie chwilowe, czy na potrzeby lokalne, są to często układy szeregowy. Większe kopalnie, które muszą zaspokajać popyt odbiorców w sposób ciągły, mają połączenia równoległe lub mieszane. Podstawowym wskaźnikiem charakteryzującym pracę całego układu jest prawdopodobieństwo pracy P_c . Jest to wielkość liczbowa, która służy do określenia rzeczywistej wydajności układu technologicznego w stosunku do potencjalnej. Dla różnych połączeń określa się go następująco:

Układ szeregowy połączeń, np. koparka – samochód – zakład obróbczy przedstawiono na rysunku 7.9.



Rys. 7.9. Układ szeregowy pracy [105]

$$P_c = P(u) \cdot P(s) \cdot P(z_0) \quad (7.24)$$

gdzie:

- $P(u)$ – prawdopodobieństwo pracy koparki przy wydobywaniu bloków,
- $P(s)$ – prawdopodobieństwo pracy samochodu,
- $P(z_0)$ – prawdopodobieństwo pracy zakładu obróbczego.

Prawdopodobieństwo pracy ($P(u)$, $P(s)$, $P(z_0)$), w postaci ogólnej, można określić w sposób ciągły lub poprzez badania migawkowe. W sposób ciągły, dla urabiania, wyniesie:

$$P_u = \frac{t_u}{t_{nom}} \quad (7.25)$$

gdzie:

t_u – rzeczywisty czas pracy przy wydobywaniu bloków, h,
 t_{nom} – nominalny czas pracy, h.

Pomiar czasu prowadzony jest od momentu rozpoczęcia czynności pozyskiwania bloku, aż do uzyskania wielkości przygotowanej do transportu.

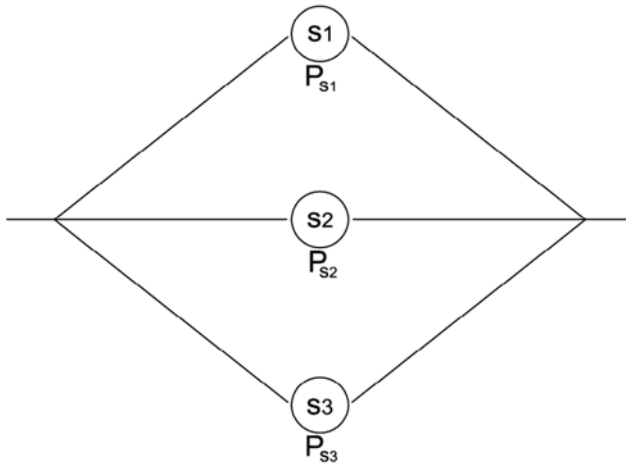
Prawdopodobieństwo pracy można też określić za pomocą badań migawkowych, w których wyróżnia się stany pracy (+) i postojów (-). Przy dotychczasowych oznaczeniach wyniesie on:

$$P_u = \frac{\sum(+)}{\sum(+)+\sum(-)} \quad (7.26)$$

gdzie:

$\sum(+)$ – liczba stanów pracy,
 $\sum(-)$ – liczba stanów postoju.

Układ równoległy pracy (przykładowo równoległe pracują trzy samochody) przedstawiono na rysunku 7.10.



Rys. 7.10. Układ równoległy pracy [105]

Oznaczmy:

- prawdopodobieństwo awarii pierwszego samochodu równa się $(1 - P_{S1})$,
- prawdopodobieństwo awarii drugiego samochodu równa się $(1 - P_{S2})$,
- prawdopodobieństwo awarii trzeciego samochodu równa się $(1 - P_{S3})$.

gdzie:

P_{S1} – prawdopodobieństwo pracy pierwszego samochodu,

P_{S2} – prawdopodobieństwo pracy drugiego samochodu,

P_{S3} – prawdopodobieństwo pracy trzeciego samochodu.

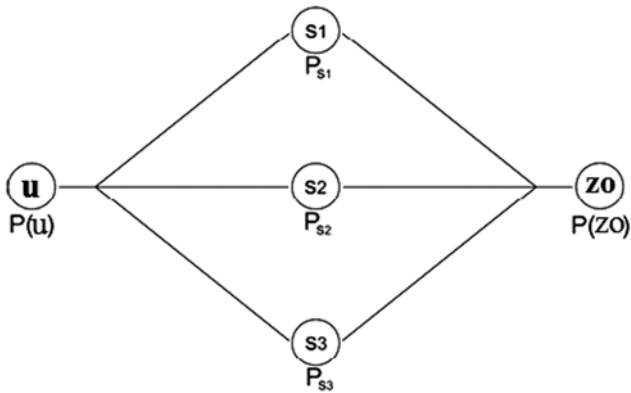
Ponieważ stan awarii każdego samochodu nie zależy od pozostałych samochodów, więc całkowite prawdopodobieństwo równoczesnej awarii wszystkich samochodów $P_{awarii\ samoch.}$ jest równe iloczynowi prawdopodobieństw:

$$P_{awarii\ samoch.} = (1 - P_{s1}) \cdot (1 - P_{s2}) \cdot (1 - P_{s3}) \quad (7.27)$$

Czyli prawdopodobieństwo pracy samochodów wyniesie:

$$P_{cs} = 1 - P_{awarii\ samoch.} = 1 - (1 - P_{s1}) \cdot (1 - P_{s2}) \cdot (1 - P_{s3}) \quad (7.28)$$

Połączenie mieszane: równoległo-szeregowe (przykładowo jeden sposób pozyskiwania bloków, trzy samochody i jeden zakład obróbczy) przedstawiono na rysunku 7.11.



Rys. 7.11. Układ mieszany [105]

$$P_c = P(u) \cdot P_{cs} \cdot P(zO) \quad (7.29)$$

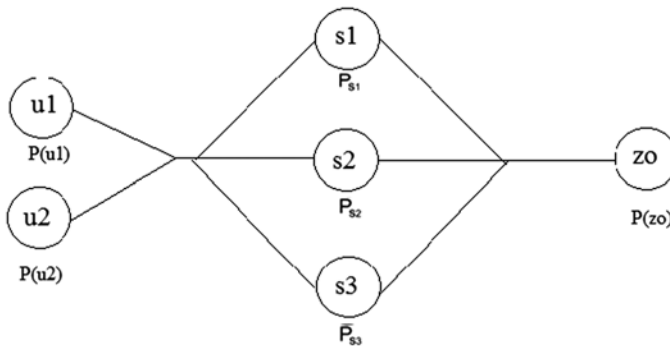
Po podstawieniach:

$$P_c = P(u) \cdot [1 - (1 - P_{s1}) \cdot (1 - P_{s2}) \cdot (1 - P_{s3})] \cdot P(zO) \quad (7.30)$$

Ocenę pracy ciągu technologicznego można dokonać w odniesieniu do różnych, wzajemnych połączeń elementów układu.

Przykład 7.1

Założmy, że z calizny skalnej bloki pozyskiwane są dwoma niezależnymi sposobami: przez piłę linową ($u1$) i wrębiarkę ($u2$). Transport odbywa się trzema samochodami $s1$, $s2$, $s3$, które wożą obrobione wstępnie bloki do jednego zakładu obróbczego (zo). Określić prawdopodobieństwo pracy układu.



Rys. 7.12. Przykład połączeń ciągu przy dwóch sposobach urabiania

Prawdopodobieństwo awarii pracy wrębiarki $P_{a(u1)}$ i piły diamentowej $P_{a(u2)}$:

$$P_{a(u1)} = (1 - P_{pu1}) \quad (7.31)$$

$$P_{a(u2)} = (1 - P_{pu2}) \quad (7.32)$$

gdzie:

P_{pu1} – prawdopodobieństwo pracy wrębiarki,

P_{pu2} – prawdopodobieństwo pracy piły diamentowej.

Prawdopodobieństwo równoczesnej awarii wrębiarki i piły diamentowej wyniesie:

$$P_{awarii(u1) i (u2)} = (1 - P_{pu1}) \cdot (1 - P_{pu2}) \quad (7.33)$$

Czyli prawdopodobieństwo pracy obu urządzeń:

$$P_{cu} = 1 - P_{awarii(u1) i (u2)} = 1 - (1 - P_{pu1}) \cdot (1 - P_{pu2}) \quad (7.34)$$

Ostatecznie prawdopodobieństwo pracy całego układu wyniesie:

$$P_c = P_{cu} \cdot P_{cs} \cdot P_{zo} \quad (7.35)$$

gdzie:

P_{cu} – jak we wzorze (7.34),

P_{cs} – jak we wzorze (7.28),

P_{zo} – prawdopodobieństwo pracy zakładu obróbczego.

W analogiczny sposób można określić prawdopodobieństwa pracy dowolnego układu technologicznego razem, jak też odrębnie dla każdego węzła układu: urabiania, transportu i obróbki. Zależy to wyłącznie od celu badania, związane jest też z koniecznością określenia prawdopodobieństw pracy każdego z elementów.

Należy podkreślić, że obliczenie prawdopodobieństw pracy elementów układu pozwala na określenie jaki ilościowy wpływ na ogólną wydajność ma awaryjność któregośkolwiek elementu układu.

Przedstawione powyżej połączenia elementów układów technologicznych nie wyczerpują wszystkich możliwych połączeń i mogą być w różnym stopniu skomplikowane. Najprostszy z nich – szeregowy – jest jednocześnie najbardziej wrażliwy na zakłócenia procesu technologicznego: losowe, lub wynikające z procesu technologicznego. Układy równoległe, a także mieszane zwiększają koszty pracy, lecz są bardziej stabilne i odporne na zakłócenia pracy układu. Zakłócenia procesu produkcyjnego skutkują zmniejszeniem wydajności pracy. Sposób połączeń elementów układów technologicznych wpływa zasadniczo na stabilność ich pracy i w konsekwencji na wydajność. Niezależnie od tego zabezpieczenie wydajności i stabilności pracy można osiągnąć przez:

- 1) odkrycie zasobów, które same w sobie są zbiornikiem rezerwowym zasobów w całości. Podjęcie ich wydobywania będzie możliwe w każdej chwili bez robót udostępniających i przygotowawczych;
- 2) istnienie rezerwy (naddatku) wydajności układu technologicznego w stosunku do wielkości zadanych. Utrata wydajności, będąca skutkiem zakłóceń, może zostać zniwelowana (wyrównana) przez wzrost wydajności układu po ustąpieniu przyczyn zakłóceń;
- 3) istnienie zbiorników buforowych (rezerwowych) produkcji w postaci bloków gotowych do obróbki w każdej chwili. Zbiorniki te mogą być w bezpośredniej bliskości wyrobiska lub zakładu obróbczego. Przerwa losowa w procesie wydobywania, lub transportu, nie wstrzymuje produkcji zakładu obróbczego.

7.9. Ocena porównawcza dwóch lub więcej technik pozyskiwania bloków

Celowość ilościowego porównania efektów pracy dwóch, lub więcej, technik urabiania, wynika z możliwości pozyskiwania bloków ze skał o różnym pochodzeniu i możliwych do pozyskania za pomocą różnych technik. Przykładowo za pomocą klinowania, czy diamentowej piły linowej można pozyskiwać skały magmowe i niektóre osadowe (piaskowce) o zawartości kwarcu powyżej 15%, itd. Celowe jest więc określenie, które z metod urabiania na bloki stosować ze względu na przyjęte kryterium. Jeśli przyjąć za kryterium koszt jednostkowy urabiania, to wykonać to można w układzie rodzajowym kosztów w odniesieniu do różnych metod. Układ rodzajowy kosztów obejmuje zwyczajowo koszty: materiałów, energii, płac, mediów, robocizny, amortyzacji itd. Ciekawą analizę porównawczą zaprezentowano w pracy [38]. Jej wyniki w syntetycznym zestawieniu przedstawiono w tabeli 7.3.

Tab. 7.3. Koszt jednostkowy urabiania surowców skalnych blocznych

Koszt jednostkowy urabiania, [zł/h]	
Palnik wrębowy	Piła linowa diamentowa
114,25	95,83

Z zestawienia wynika, że koszt jednostkowy pracy palnika wrębowego jest 1,2 razy większy od kosztu pracy piłą linową diamentową. Powyższą ocenę oparto wyłącznie na kryteriach ekonomicznych analizy porównawczej dwóch sposobów urabiania na bloki. Należy więc traktować ją jako „głos w dyskusji” nad wyborem metod urabiania na bloki. Oprócz niej istnieją jeszcze inne czynniki mające wpływ na wybór metody urabiania, np.: związane z bezpieczeństwem i higieną pracy.

W literaturze problem analizy porównawczej, ilościowej, pozyskiwania bloków różnymi metodami jest prawie nieznan.

Na układ technologiczny złóż blocznych składa się urabianie, transport i obróbka. W każdym z tych elementów istnieje duża różnorodność stosowanych metod urabiania i sprzętu. Szczególnie w samym tylko urabianiu stosowane jest około 10 sposobów pozyskiwania bloków przez: klinowanie, za pomocą koparek jednonaczyniowych podsiębiernych, piły wiertniczej, diamentowej piły linowej, za pomocą wrębiarki, rozłupiarek, materiałów pęczniących, wysokociśnieniowej strugi wody, z zastosowaniem materiałów wybuchowych (strzelanie z zastosowaniem lontu wybuchowego, metoda fińska, podbierkowe, z wrębem klinowym). Wybór którejkolwiek metody zależy od wielu czynników: budowy złoża, jego ciągłości, lub jej braku, rodzaju skały (osadowa, przeobrażona, bądź magmowa), wielkości wydobywania i możliwości ekonomicznych użytkownika złoża. Ważnym czynnikiem decydującym o wyborze metody (lub metod) pozyskiwania bloków jest ogólna zasada pozyskiwania możliwie dużego

bloku i jego kolejne wtórne podziały, aż do uzyskania objętości i ciężaru bloku dostosowanego do transportu.

Ważną wielkością związaną z planowaniem produkcji i organizacją pracy jest wydajność poszczególnych elementów układu technologicznego: pozyskiwania, transportu i obróbki bloków. Każdy z tych elementów zawiera różne elementy składowe, które same w sobie stanowią odrębne, rozwinięte w czasie operacje. Wydobycie bloku może być wykonane różnymi metodami, a każda z metod posługuje się różnymi sposobami dla uzyskania kolejnych płaszczyzn odsłonięcia dla wydobycia bloku. Określenie wydajności wydobycia bloku należy oprzeć na harmonogramie pracy wydobycia określonej objętości bloku jako sumy czasów związanych z wydobyciem bloku, w odniesieniu do czasu trwania tych czynności.

Transport bloków ma charakter cykliczny i może być: samochodowy, ładowarkami, wózkami widłowymi, dźwignicami. Wybór któregośkolwiek sposobu transportu zależy od: odległości wyrobiska do zakładu obróbczego, nachylenia dróg transportowych, głębokości wyrobiska. Obliczenia wydajności przeprowadza się z zastosowaniem zależności stosowanych w transporcie cyklicznym.

W przypadku wydajności układów obróbczych wykorzystywanych przy produkcji elementów kamiennych rozpatruje się kolejne czynności obróbcze i oblicza wydajności stosowanych maszyn i urządzeń kamienniarских.

Miara efektywności, jaką jest wydajność stosowanych maszyn oraz określenie produktów wytwarzanych z surowców blocznych pozwala na właściwe zaprojektowanie układów obróbczych, zwanych liniami obróbczymi. Optymalnie skonstruowana linia obróbcza przyczynia się do poprawienia jakości produktów, zmniejszenia strat kamienia poddawanego operacjom obróbczym, a zatem poprawia uzysk elementów kamiennych.

Praktycznym wykorzystaniem wydajności układów obróbczych potokowych jest wychód geometryczny. Dzięki niemu jesteśmy w stanie określić jaką powierzchnię uzyskamy z wyprodukowanych elementów budowlanych z bloku surowego o określonej objętości.

Na wydajność pozyskiwania bloków składa się zwykle wydajność maszyn i urządzeń podstawowych, jak i szereg czynności w wyrobisku związanych z nadaniem blokowi odpowiedniego kształtu i wymiarów do transportu, do zakładu obróbki. Ostatecznie wydajnością jest objętość bloku w odniesieniu do łącznego czasu poświęconego na przygotowanie go do transportu.

Ocenę pracy ciągu technologicznego można odnieść do parametrów technicznych i ekonomicznych: wydajności efektywnej, niezawodności pracy, wykorzystania czasu pracy. Analiza z wykorzystaniem tych wskaźników pozwala na porównywanie pracy różnych ciągów technologicznych w ramach jednego złoża, bądź do porównania pracy tych samych ciągów w odniesieniu do różnych złóż i warunków zalegania kopaliny. Uzyskane wyniki pozwalają na ocenę ilościową i jakościową wskaźników w odniesieniu do metod i złóż.

Układy technologiczne pozyskiwania, transportu i obróbki bloków są w różny sposób połączone ze sobą: szeregowo, równoległe i w sposób mieszany. Sposób połączeń elementów ma podstawowy wpływ na prawdopodobieństwo pracy (czyli inaczej wykorzystanie czasu pracy), a więc wydajność układu. Znajomość tych wskaźników oceny pozwala na

wyznaczenie wydajności układów technologicznych zależnie od wykorzystania czasu pracy elementów składowych ciągu i może być dobrym narzędziem planowania produkcji w różnym systemie połączeń jego elementów.

Na uwagę zasługuje też, skromny jak dotąd, stan prac nad ilościową oceną elementów pracy układów technologicznych pozyskiwania, transportu i obróbki bloków.

8. Podsumowanie

Głównym celem projektu było określenie innowacyjnych technologii wydobycia i obróbki bloków. Innowacyjność związana jest z dostosowaniem techniki wydobycia do warunków złożowych i właściwości skał. Cel główny zrealizowano przez analizę technologii wydobycia, transportu, obróbki materiału ze złóż blocznych w górnictwie krajowym i zagranicznym, a także przez ocenę ilościową pracy układów technologicznych w urabianiu, transporcie i obróbce.

1. Na światowym i europejskim rynku kamieniarskim, wśród oferowanych kamieni blocznych i dekoracyjnych przeważają wapienie. Znaczny i podobny jest udział granitów, marmurów i piaskowców. Wyraźnie zaznacza się obecność gnejsów i łupków, podczas gdy niewielki jest udział sjenitów, porfirów, bazaltów, serpentynitów i trawertynów. Wśród skał przyjmujących trwały poler (*granitów* w terminologii kamieniarskiej) znacznie przeważają jednorodne skały o różnych odcieniach barwy szarej. Skały przyjmujące nietrwały poler (wyróżniane w kamieniarstwie pod nazwą *marmury*) są w przewadze wierzyste, o barwach głównie żółtych i białych. Wśród nieprzyjmujących poleru skał węglanowych i okrucowych (obejmowanych jedną nazwą – piaskowce) przeważają głównie jednorodne skały o barwach żółtych, szarych i białych.
2. Złóża bloczne Dolnego Śląska to głównie granity o zasobach geologicznych 1,754 mld Mg i znaczeniu europejskim. Główne zasoby zlokalizowane są w masywie Strzegom–Sobótka. Łączne wydobycie 2,285 mln Mg/r. Posiadają bardzo dobre właściwości fizyczne i bloczność górnica 30–95%. Istnieje możliwość zwiększenia zasobów i wydobycia granitu w obrębie złóż już udokumentowanych, jak i w rejonach rozpoznanych jako perspektywiczne.

Eksploatacja sjenitu na bloki nie jest prowadzona na większą skalę. Istnieją perspektywy rozwoju wydobycia bloków w złożach prowadzących wydobycie na kruszywo, jak i złóż udokumentowanych – Brodziszów-Kłóśnik.

Wydobycie piaskowców na Dolnym Śląsku na wyroby bloczne prowadzone jest w niewielkim zakresie. Eksploatowanych jest 12 złóż, a wielkość wydobycia wynosi 89 tys. Mg/r. Istnieją perspektywy zwiększenia wydobycia ze złóż eksploatowanych i udokumentowanych.

Marmury na bloki eksploatowane są na niewielką skalę. Ich zasoby wynoszą 15,9 mln Mg, a wydobycie bloków 3 tys. Mg/rok ze złóż: Marianna Biała i Zielona oraz Sławniowice.

Dolny Śląsk stanowi dużą i zasobną bazę surowców blocznych, dobrze zagospodarowaną, jak i mającą ugruntowaną pozycję na rynkach zbytu.

3. Możliwy i konieczny jest powrót do zarzuconych kamieniarskich tradycji w Polsce południowo-wschodniej z racji licznych powiązań, poprzez historię, architekturę i sztukę, z narodową kulturą. W złożach skał blocznych Polski południowo-wschodniej generalnie stosowane są prymitywne sposoby wydobycia. W ciągu ponad półwiecza nic się nie zmieniło, a nawet nastąpił regres polegający na rezygnacji z wydobycia bloków ze złóż zwięzłych wapieni, gdzie już w połowie XX wieku podejmowano próby stosowania pił linowych (Zygmuntówka, Bolechowice). W złożach piaskowców poza klinowaniem stosowane są materiały pęczniące, sporadycznie metody termiczne i rozłupiarki hydrauliczne. Poza pojedynczymi złożami eksploatacja prowadzona jest, z różnych przyczyn, w sposób bardzo ograniczony. Istnieją możliwości wprowadzenia innowacyjnych technologii wydobycia i obróbki skał blocznych dostosowanych do budowy geologicznej złóż, dających możliwości produkcji bloków na skalę europejską, krajową i lokalną.

Na skalę europejską możliwa jest produkcja elementów budowlanych ze zwięzłych wapieni (*marmury* w nomenklaturze kamieniarskiej) oraz również zwięzłych, lecz rzadziej przyjmujących poler dolomitów. Są to odpowiednio: permskie zlepieńce zygmuntowskie, jurajskie wapienie morawickie z Gór Świętokrzyskich, wapienie zalesiackie oraz triasowe dolomity diploporowe z Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Sposób wykształcenia tych skał jest podobny, co warunkuje możliwości zastosowania w ich złożach podobnych rozwiązań technologicznych w zakresie wydobycia, a jedynie dla dolomitów nieco odmiennych w zakresie obróbki. Są to skały grubo- do bardzo grubo-ławicowych, połogo zalegające (maksymalne upady do 20°), w kompleksach o miąższościach od kilkudziesięciu do kilkuset metrów, regularnie i stosunkowo rzadko spękanane. Ich układy płaszczyzn podzielności składają się z trzech wzajemnie prostopadłych zespołów. Oceniane dla kilku złóż wskaźniki bloczności geologicznej sięgają 60%, a ich materiał bloczny jest słabo rozdrobniony zapewniając duże możliwości pozyskiwania brył o objętości przekraczającej 2 m³. Skały te posiadają korzystne walory dekoracyjne z uwagi na barwę, użyczenie, częstą obecność fauny oraz, poza dolomitami diploporowymi, zdolność do zachowania faktury polerowanej w izolacji od wpływu zmiennych warunków atmosferycznych. Są mrozo odporne, o średniej wytrzymałości na ściskanie w granicach 100 MPa. Sposób zalegania, zwykle znaczne powierzchnie

wychodni, stosunkowo słabe zaburzenia tektoniczne dają duże możliwości dokumentowania odpowiednio dużych zasobów jednorodnej kopaliny.

Perspektywy rozwoju eksploatacji w skali krajowej mają zarówno złoża pospolitych, powszechnie występujących, jak i rzadko pojawiających się skał o wysokich walorach dekoracyjnych i dużych tradycjach stosowania w architekturze. Należą do nich złoża wapieni dewońskich Gór Świętokrzyskich i dewońskich oraz karbońskich Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Ich produkcja powinna być dostosowana do potrzeb rynku poprzez zapewnienie podaży pożądanego asortymentu produktów, pochodzących z różnych złóż. Częściowo mogłyby to być złoża czynne okresowo, lecz przygotowane do wydobycia bloków przy użyciu łatwego do transportu sprzętu, w zależności od zapotrzebowania.

Na uwagę zasługują też złoża wapieni oolitowych, których wydobycia w formie bloków zaniechano, a które są pozyskiwane jako kruszywo. Tego rodzaju wapienie o interesującej barwie i teksturze znane są na rynku kamieniarskim Europy. Eksploatuje się je w różnych rejonach Francji m.in. w Burgundii (pod nazwami: Buxy, Massangis, Ravieres) i w Normandii (Caen). Istnieją duże możliwości zaopatrzenia rynku w wapienie lekkie. Podobne są i dla piaskowców Gór Świętokrzyskich, a szczególnie można je łączyć z triasowymi piaskowcami wąchockimi oraz jurajskimi serii ostrowieckiej i drzewickiej.

W skali krajowej mogą być produkowane piaskowce karpackie (jako materiał dekoracyjny i konstrukcyjny) ze złóż w okolicy Brennej (piaskowce godulskie), Bochni (piaskowce istebniańskie), Lubnia, Limanowej, Starego Sącza (piaskowce magurskie) i Wadowic (piaskowce krośnieńskie).

Znaczenie lokalne w zakresie produkcji materiałów dekoracyjnych i architektonicznych mają niewielkie złoża o małej bloczności i słabych walorach dekoracyjnych kopaliny. Szczególnie dużo jest ich wśród opisywanych powyżej piaskowców. Do tej grupy należy także zaliczyć drobne wyrobiska wapieni jurajskich produkujących „łupankę” wykorzystywaną w małej architekturze.

Podjęcie wydobycia omawianych materiałów skalnych wymaga spełnienia dwóch warunków:

- 1) rozszerzenie promocji kamienia koniecznej dla zapewnienia odpowiedniego poziomu popytu. Tym działaniom towarzyszyć powinna prezentacja wyrobów z upowszechnianych skał i stworzenie, zwłaszcza poprzez architektów, mody na ich stosowanie. W tym celu należy zainteresować nimi regiony, które nie posiadają tego rodzaju skał np. kraje skandynawskie;
 - 2) objęcie ochroną prawną złóż blocznych, by nie pozyskiwać ich na kruszywo. Stosowanie techniki strzelniczej w skałach osadowych i metamorficznych zmniejsza ich zasoby i pogarsza właściwości bloczne.
4. W procesie wydobycia istnieje wiele technik pozyskiwania bloków. Wynika to z różnic między złożami blocznymi: ich genezy, budowy geologicznej i właściwości fizycznych.

Istnieją złoża, w których stosuje się równocześnie kilka technik wydobywania, jak i złoża, w których bloki mogą być pozyskiwane jedną techniką. W tabeli 8.1 przedstawiono różne metody w zależności od częstości ich stosowania.

Wynika z nich, że najczęściej wykorzystywaną techniką do wszystkich rodzajów skał jest klinowanie, często stosowana jest piła linowa diamentowa oraz MW. Częste stosowanie dwóch pierwszych technik jest oczywiste, ale urabianie MW skał węglanowych i metamorficznych powinno być okazjonalne i sporadyczne, ograniczone do robót udostępniających i przygotowawczych, np. w urabianiu podbierkowym, bądź w szczelinach skalnych dla rozluźnienia bloków. Krajowe warunki zalegania złóż osadowych i metamorficznych mają swoją specyfikę, jednak częste stosowanie MW rodzi duże kontrowersje, szczególnie w kwestii ochrony zasobów i utraty właściwości blocznych złóż. Za wysoce naganny fakt należy uznać strzelanie długimi otworami w złożach kruszywowo-blocznych, gdzie nadgabyryty traktowane są jako materiał bloczny, a także prowadzenie w jednym wyrobisku równocześnie urabiania na kruszywo i bloki. Takie postępowanie wynika zarówno z chwilowej koniunktury na kruszywo, jak i zaszłości historycznych, kiedy wysokości ścian nie były dostosowane do wydobywania bloków, a były typowe dla eksploatacji na kruszywo łamane.

W tabeli 8.1 przedstawiono techniki pozyskiwania bloków w Polsce dla złóż różnego pochodzenia, a w tabeli 8.2 dla krajów europejskich, poza Polską.

W Europie dominującą rolę odgrywają diamentowe piły linowe oraz wrębiarki łańcuchowe. Wrębiarka wiertnicza oraz materiały pęczniące stosowane są sporadycznie. Cięcie za pomocą wysokociśnieniowej strugi wody jest co prawda techniką obiecującą, jednak w polskich warunkach jeszcze niestosowaną w urabianiu skał węglanowych i metamorficznych na bloki. W krajach europejskich stosowanie MW jest ograniczane ze względu na pogorszenie bloczności złóż.

Na uwagę zasługuje coraz częstsze stosowanie w Polsce pił linowych diamentowych, głównie w skałach węglanowych, jak i piaskowcach:

- w skałach węglanowych zostało dość późno wprowadzone z powodu istnienia wysokich ścian i silnie szczelinowatego górotworu skał;
- w piaskowcach wprowadzanie pił linowych diamentowych odbywało się z dużym powodzeniem i odwrotnie niż w przypadku skał węglanowych, złoża te były od początku przeznaczone pod eksploatację bloków przez dostosowanie ścian i geometrii wyrobiska do wprowadzenia pił linowych diamentowych.

Jeżeli chodzi o innowacyjność to można stwierdzić, że dzięki unijnym dofinansowaniom następuje swoisty przełom w dziedzinie urabiania złóż na bloki. Obecnie coraz większe znaczenie zdobywają mechaniczne sposoby odspajania. Dominującą rolę przejmują nowoczesne wiertnice i perforatory. Równolegle można zaobserwować coraz śmielsze zastosowanie diamentowych pił linowych w złożach magmowych. Nie bez znaczenia jest również zmiana samej organizacji pracy, obecnie kopalnie w miarę możliwości starają się zastąpić lub zmienić samą filozofię prowadzenia przodków.

Tab. 8.1. Współczesne metody i techniki używane przy odszpaniu bloków w Polsce [55]

Materiał	Rodzaj technologii		Tradycyjne technologie				Alternatywne technologie		Nowe technologie	
	MW		Urabianie termiczne	Roztwarzanie + klinowanie	Piła linowa diamentowa	Wrebiarka łańcuchowa	Wrebiarka wiertnicza multidrill	Wiertarka, materiał pęczniący	Wysokociśnieniowa struga wody	Wrebiarka taśmowa diamentowa
Piaskowce	xxx			xxxx	xxx		x	xx		
Skaly węglanowe (w tym metamorficzne)	xxx			xxxx	xxx		x	x		
Skaly magmowe	xxx		xx	xxx	xxx		xx	xx	x	

Objaśnienia: xxxx – powszechnie stosowana metoda, xxx – często stosowana metoda, xx – rzadko stosowana metoda, x – bardzo rzadko stosowana metoda.

Tab. 8.2. Współczesne metody i technologie używane przy odspajaniu bloków w krajach Unii Europejskiej (poza Polską) [55, 95]

Rodzaj technologii	Tradycyjne technologie				Alternatywne technologie		Nowe technologie		
	MW	Urabianie termiczne	Rozłuparka + klinowanie	Pła linowa diamentowa	Wrębiarka łańcuchowa	Wrębiarka wiertnicza multidrill	Wiertarka, materiał pęczniący	Wysokociśnieniowa struga wody	Wrębiarka taśmowa diamentowa
Materiał									
Piaskowce	xx		xx	xx	xx	x	x	xx	xx
Skąły węglanowe (w tym metamorficzne)	xx		xx	xxxx	xxxx	x	x		xx

Objaśnienia: xxxx – powszechnie stosowana metoda, xxx – często stosowana metoda, xx – rzadko stosowana metoda, x – bardzo rzadko stosowana metoda.

Współcześnie planuje się wydobycie na 1, 2 lub 3 poziomach planując postęp odkrytych frontów robót, natomiast urabianie wgłębne jest w miarę możliwości coraz częściej zarzucane. Powoduje to zmianę w sposobie eksploatacji, urabianie mechaniczne nabiera tu coraz większego znaczenia. Ważne jest również lepsze wykorzystanie złoża, poprawa jakości pozyskiwanego surowca i ochrona bloczności złoża. W związku z tymi innowacjami zachodzą zmiany organizacyjne, zmienia się również transport technologiczny. Transport linowy ma coraz mniejsze znaczenie, a transport kołowy nabiera znaczenia podstawowego. Zmiany w technologii wydobycia na rzecz pił linowych i większego użycia wiertnic, zmiana w filozofii prowadzenia przodków i transporcie zmieniła pozytywnie również organizację pracy. Obecnie coraz większy nacisk położony jest na bezpieczeństwo przy jednoczesnym większym, ale koniecznie zmniejszonym kosztowo wydobyciu powoduje wprowadzanie coraz śmielej technik mechanicznych i wymusza inwestowanie w najnowocześniejsze maszyny urządzenia, przyczyniając się tym samym do zwiększenia konkurencyjności polskich przedsiębiorców górniczych.

5. Transport technologiczny rozpoczyna się od momentu odspojenia bloku od calizny. Może być w wyrobisku i poza nim – do miejsca składowania lub obróbki. Istnieje kilkanaście rodzajów transportu, co zależne jest m.in. od rodzaju złóż (magmaowe bądź osadowe), wielkości transportowanych bloków, uwarunkowań ekonomicznych. Istnieje znaczna swoboda wyboru rodzaju transportu do różnych technik eksploatacji złóż blocznych.
6. W skład procesu obróbczego wchodzi podstawowe czynności obróbcze wykonywane przy zastosowaniu urządzeń i maszyn kamieniarskich. Występują one na każdym etapie obróbki skał począwszy od obróbki wstępnej, następnie dokładnej oraz obróbki powierzchni.

Technologia obróbki skał w ostatnich latach charakteryzuje się szybkim postępem oraz bardzo dużą precyzją, jakością, wydajnością i niezawodnością produkowanych maszyn. Dzięki temu otrzymywane produkty posiadają walory estetyczne oraz precyzyjne i różnorodne wykończenia powierzchni uzyskiwane w krótszym czasie.

7. Niewątpliwie innowacyjnością procesów obróbczych jest standard produkowanych elementów kamiennych przy zastosowaniu nowocześniejszych urządzeń i maszyn obróbczych. Zasada ich działań jest znana od lat, natomiast wprowadzanie unowocześnieonych elementów tnących i nowych konstrukcji, przy wykorzystywaniu nowych materiałów tnących, szlifierskich, polerskich i innych – pozwala na wytwarzanie nowych produktów kamiennych wyróżniających się precyzją i jakością wykonania, nowymi kształtami, skomplikowanymi profilami oraz fakturami kamieniarskimi.
8. Zróżnicowanie własności skał blocznych skutkuje równoczesnym stosowaniem nawet kilkunastu technik ich pozyskiwania. Istnieje taka sama liczba technik transportu w zastosowaniu do tego samego złoża. Jest więc możliwość tworzenia różnego rodzaju połączeń elementów układu technologicznego: szeregowych, równoległych, mieszanych, a także możliwość tworzenia zbiorników buforowych produkcji.

Możliwość wyboru połączeń elementów układu technologicznego pozwala na:

- porównanie różnych technik pozyskiwania bądź transportu bloków i wyboru jednej z nich z punktu widzenia wybranego kryterium;
- porównywanie układów technologicznych w odniesieniu do różnych technik pozyskiwania, transportu i obróbki bloków; kryteriami oceny są: wykorzystanie czasu pracy układu, awaryjność, niezawodność, energochłonność, koszty jednostkowe produkcji i in.;
- wyznaczenie prawdopodobieństwa pracy układu technologicznego zależnie od sposobu połączeń jego elementów.

Ilościowe wyznaczenie tych wielkości pozwoli na stałą ocenę procesu technologicznego i sterowanie produkcją.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono metodykę ilościowej oceny układów technologicznych. Wyznaczenie odpowiednich wielkości liczbowych według tej metodyki możliwe jest po wykonaniu monitoringu pracy elementów układów technologicznych.

Literatura

- [1] Adamek R., Ptak J. (1984): *Górnictwo. Część I. Górnictwo surowców skalnych*. Gliwice.
- [2] Ashmole I., Motloung M. (2008): *Dimension stone: The latest trends in exploration and production technology*. Surface Mining.
- [3] Bęben A. (1998): *Maszyny i urządzenia do wybranych technologii urabiania surowców skalnych*. Wyd. Śląsk.
- [4] Bęben A. (2008): *Urabianie na bloki. Wykłady. Mechanizacja górnictwa odkrywkowego. Studium podyplomowe z Górnictwa Odkrywkowego*. Kraków (materiały niepublikowane).
- [5] *Bilans Gospodarki Surowcami Mineralnymi Polski i Świata 2007 (2009)*. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków.
- [6] *Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce (2010–2012)*. Warszawa.
- [7] Börnr K., Hill D. (2007): *Natural Stones Worldwide*. Abraxas Publishing House D-31180 Hasede/Germany.
- [8] Bristar, *Katalog firmowy (2006)*.
- [9] Bromowicz J. (1994): *Bloczne kamienie Polski. IV Konferencja „Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi” 5–7.X.1994*, PAN Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Zakopane.
- [10] Bromowicz J. (2001): *Ocena możliwości wykorzystania skał okolicy Krakowa dla rekonstrukcji kamiennych elementów architektonicznych*. Gosp. Sur. Min. 17.
- [11] Bromowicz J. (2009): *Pochodzenie kamienia z kolumn krypty św. Leonarda na Wawelu*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej 125.
- [12] Bromowicz J., Figarska-Warchoł B. (2011a): *Konieczność ochrony złóż unikalnych wapieni dekoracyjnych w Polsce*. Górnictwo Odkrywkowe 1–2. Wrocław.
- [13] Bromowicz J., Figarska-Warchoł B. (2011b): *Kamienie dekoracyjne i architektoniczne czynnych złóż Polski południowo-wschodniej*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej 132.
- [14] Bromowicz J., Figarska-Warchoł B. (2012): *Kamienie dekoracyjne i architektoniczne południowo-wschodniej Polski – złoża, zasoby i perspektywy eksploatacji*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi (w druku)*.

- [15] Bromowicz J., Figarska-Warchoł B., Karwacki A., Kolasa A., Magiera J., Rembiś M., Smoleńska A., Stańczak G. (2005): Waloryzacja polskich złóż kamieni budowlanych i drogowych na tle przepisów Unii Europejskiej. AGH UWN-D, Kraków.
- [16] Bromowicz J., Karwacki A. (1981): Bloczność złóż materiałów kamiennych. Zesz. Nauk. AGH Geologia 7/1.
- [17] Bromowicz J., Karwacki A. (1982): Geologiczne podstawy klasyfikacji bloczności złóż kamieni budowlanych. Prz. Geol. 4.
- [18] Bromowicz J., Karwacki A. (2000): Perspektywy wykorzystania zwięzłych skał osadowych polskich złóż w drogownictwie – porównanie ze skałami magmowymi. Zesz. Nauk. AGH, Geologia 26.
- [19] Bullen G. J., Bailey M. W. (1979): The Selection of De Beers SDA Diamond Abrasives for the Stone Industry, Industrial Diamond Application Conference, Bombay.
- [20] Bullen G. J., Wright D. N. (1988): Aspects Governing Grit Selection for Stone and Concrete Application, Report De Beers Industrial Diamond Division, Ascot.
- [21] Bury J. Frankiewicz W. (2012): Badania procesu obróbki granitowych elementów kamiennych za pomocą boczarki automatycznej, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 134.
- [22] Citran Giorgio (2000): La segazione del granito, Verona.
- [23] Darda, Katalog firmowy, (2005).
- [24] Darda. Strona internetowa: www.darda.de, (2010).
- [25] Declory J.C. (1979): Stone Extraction from the Quarry Using Diamond Wire, Diamond Information/Stone Sawing L47, (praca niepublikowana).
- [26] Diamand Board, (2010): Lina diamentowa w kamieniarstwie.
- [27] Diamant Board, Sawing with Diamond Wire in Granite – User Guide, 4/1993.
- [28] Diasint (2001): Sintered Diamond Wire Handbook.
- [29] Dokumentacja firmy Korfmann, Stone cutting machine rope saw, rys. numer OS-3-1339, (materiały niepublikowane).
- [30] Dziedzic K. i in. (1980): Surowce skalne regionu dolnośląskiego. COBPGO „POLTEGOR” Wrocław.
- [31] Frankiewicz W., Głapa W., Jarema B. (2004): Aktualny stan eksploatacji Dolnośląskich złóż piaskowców. Prace Nauk. Inst. Górn. PWr. nr 108, seria: Konferencje, nr 40, Wrocław.
- [32] Fuchs K. (1997): Natursteine aus aller Welt, entdecken, bestimmen, anwenden. Bd 1. München (Callwey).
- [33] Gągol J. (1994): Surowce kamienne regionu świętokrzyskiego. Sesja terenowa. [W:] Surowce kamienne regionu świętokrzyskiego – tradycje, możliwości i perspektywy wykorzystania, Kielce.
- [34] Głapa W., Korzeniowski J. (2005): Mały leksykon górnictwa odkrywkowego. Wydawnictwa i Szkolenia Górnicze Burnat & Korzeniowski, Wrocław.
- [35] Głapa W., Sroga C. (2011): Piaskowce dolnośląskie zagospodarowanie i eksploatacja złóż w latach 2002–2010, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk nr 81.
- [36] Guldon Z., Kowalski W. (1984): W kwestii identyfikacji surowców skalnych użytych w XIV–XVIII w. do wyrobu tablic inskrypcyjnych na terenie kielecczyzny. Kwartalnik Historii Kultury Materialnej, Rok XXXII, 4.
- [37] Hydrosplit. Katalog firmowy Pellegrini.
- [38] Jerzak S., Nędza Z., Solima T. (2005): Palnik termiczny czy piła diamentowa w procesie urabiania w kopalniach surowców skalnych? – Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 109. Seria Konferencje Nr 41.

- [39] Józwiak M. (2009): Analiza efektywności wydobywania bloków w kopalni granitu Strzelin. Praca magisterska. Wydział Geoinż. Górn. i Geol. PWr. Wrocław.
- [40] Kalacińska S. (2009): Analiza porównawcza efektywności eksploatacji na bloki z zastosowaniem transportu pionowego żurawiami wieżowymi „Bk-1000” lub dźwigami typu „Derrick” w kamieniołomach Granitu „Wekom II” i „Borów I – Kamieniołom 49a” w Kostrzy. Praca magisterska. Wydział Geoinż. Górn. i Geol. PWr. Wrocław.
- [41] Kamiński M. (1957): Złoże kamieni budowlanych i drogowych w Polsce. [W:] M. Kamiński i W. Skalmowski (red.) Kamienie budowlane i drogowy. Wyd. Geol. Warszawa.
- [42] Kamiński M., Peszat C., Rutkowski J., Skoczylas-Ciszewska K. (1968): O wykształceniu i własnościach technicznych piaskowców godulskich. Zeszyty Naukowe AGH, Geologia, z. 12.
- [43] Katalog firmy Diamond Board, (1995).
- [44] Katalog firmy Loegel.
- [45] Katalog firmy Nuova Fabrica Utensili Diamantati, (1995).
- [46] Katalog firmy Oy Forcit AB.
- [47] Katalog firmy Van Vorden.
- [48] Kaźmierczak J. (1971): Morphogenesis and systematics of the Devonian Stromatoporoidea from the Holy Cross Mountains, Poland. *Palaeontologia Polonica*, 26.
- [49] Klimowski K. (2009): Analiza urabiania piaskowca na bloki przy zastosowaniu cevamitu na przykładzie złoża „Barwałd”; Praca Dyplomowa, AGH, WGIG, Kraków.
- [50] Kobylec K. (2008): Tendencje w gospodarowaniu piaskowcami budowlanymi w Polsce, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, zeszyt 4/4.
- [51] Kostecka A. (1966): Litologia i sedymentacja cechsztynu synkliny gałęzicko-bolechowickiej (Góry Świętokrzyskie). *Prace Geologiczne Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w Krakowie*, 38.
- [52] Kozioł W., Ciepłiński A. (2011): Rozwój innowacyjnych technologii w wydobywaniu i obróbce skał blocznych w Polsce i za granicą. *Górnictwo Odkrywkowe* 6. Wrocław.
- [53] Kozioł W., Uberman R. (1994): Technologia i organizacja transportu w górnictwie odkrywkowym. Wydawnictwa AGH Kraków.
- [54] Krystek M. (2005): Charakterystyka, eksploatacja i zastosowanie piaskowców z Góry Chełmo. *Przegląd Geologiczny* 9. Katowice.
- [55] Kukiańska S. (1999): Czynniki wpływające na efektywność stosowania narzędzi diamentowych do obróbki kamienia. *Górnictwo Odkrywkowe* 2–3. Wrocław.
- [56] Kukiańska S. (1990): Obrabialność kamienia budowlanego piłami diamentowymi z uwzględnieniem własności surowca skalnego na przykładzie cięcia piaskowców. *Górnictwo*. Nr 158.
- [57] Kukiańska S. (1991): Stan i kierunki postępu w obróbce kamienia. *Symposium Naukowe. Kierunki Modernizacji Górnictwa*. Wyd. AGH Kraków 1991.
- [58] Kukiańska S. (2001): Terminologia kamieniarska. *Świat Kamienia* nr 4–6 (11–13). Opole 2001.
- [59] Kukiańska S. (2006): Wybrane zagadnienia z urabiania na bloki foremne i obróbki kamienia. *Górnictwo Odkrywkowe* 3–4. Wrocław.
- [60] Kukiańska S. (2007): Wybrane zagadnienia z urabiania złóż kamienia budowlanego na bloki, *Górnictwo Odkrywkowe* 3. Wrocław.
- [61] Kukiańska S. (1988): Urabianie skał na bloki – wybrane zagadnienia. *Górnictwo Odkrywkowe*. 4. Wrocław.
- [62] Kukiańska S., Chulist R. (2005): Wybrane zagadnienia z urabiania na bloki foremne przy użyciu diamentowej piły linowej. Cz. I. *Górnictwo Odkrywkowe* 4–5. Wrocław.

- [63] Kukialka S., Chulist R. (2005): Wybrane zagadnienia z urabiania na bloki foremne przy użyciu diamentowej piły linowej. Cz. 2. Górnictwo Odkrywkowe 6. Wrocław.
- [64] Kukialka S., Dąbek J. (1997): Perspektywy górnictwa kamienia budowlanego. Krajowy kongres górnictwa skalnego. Górnictwo skalne u progu XXI wieku. Kielce, 21–22 maj.
- [65] Kukialka S. i in. (2000): Nowa koncepcja urabiania złóż miedzi, o miąższości poniżej 1 m, z wykorzystaniem diamentowej piły linowej, Projekt badawczy nr 9T12 A 043 14 PAN IGSMIE, Kraków.
- [66] Kukialka S., Łochańska D. (2009): Faktura powierzchni kamienia budowlanego. Część I i II, Świat Kamienia nr 3–4 (58–59). Opole.
- [67] Łochańska D. (2007): Stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej traków kamieniarskich stosowanych do produkcji surowych płyt kamiennych. Czasopismo naukowo-techniczne Górnictwo Odkrywkowe, 1–2/2007, Poltegor–Instytut, Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław 2007.
- [68] Łopaciński H. (1902): Wiadomości o marmurach w Polsce z rękopisów oraz dzieł dawnych i nowszych. Sprawozdania komisji do badania Historii Sztuki w Polsce 7.
- [69] Mancini R., Cardu M. (1996): Hard Dimension Stone Extraction in Italian Quarries: an Overview of Methods and Productivities. MARMOMACCHINE.
- [70] Marini Quarries Group, Katalog Firmowy, LA TECNOLOGIA DEL FILO DIAMANTATO.
- [71] Marmomacchine PELLEGRINI (groszkowanie, płomieniowanie, piaskowanie).
- [72] Materiały informacyjne firmy JUMA.
- [73] Materiały szkoleniowe firmy Sandvik (2010); Sandvik DC crawlers, Experience counts.
- [74] Matti H. (1999): Rock Excavation Handbook, Sandvik Tamrock Corp.
- [75] MEC (łupiarki do bloków, kostki, formaków i układy łupiarek z transportem).
- [76] Miks-Rudkowska N. (1973): Rzemiosło kamieniarskie Kielecczyzny (zarys historyczny) [W:] Z dziejów rzemiosła w Kielecczyźnie. Materiały z sesji 11–12.12.1969, Muzeum Świętokrzyskie w Kielcach, Kielce.
- [77] Montani C. (2007): „Stone 2007: World Marketing Handbook”, Gruppo Editoriale Faenza Editrice s.p.a.; Faenza, Italy.
- [78] Moroz-Kopczyńska M. (1977): Litologia piaskowców krośnieńskich w obszarze między Istebną i Myślenicami w świetle ich wykorzystania w przemyśle materiałów budowlanych. Prace Geologiczne Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w Krakowie, 104.
- [79] Musiał T. (1987): Litologia i właściwości surowcowe wapieni miocenu Roztocza. Wydawnictwa UW, Warszawa.
- [80] Myszkowska J. (1992): Litofacje i sedimentacja dolomitów diploporowych (środkowy wapień muszlowy) wschodniej części obszaru śląsko-krakowskiego. Annales Societatis Geologorum Poloniae 62.
- [81] Officine Meccaniche BRA (2000) – (schematy linii obróbczych).
- [82] Olkowicz-Paprocka I. (1973): Możliwości uzyskania marmurów dewońskich w Górach Świętokrzyskich. Prz. Geol. 1.
- [83] Olkowicz-Paprocka I. (1974): Surowce węglanowe dewony środkowego okolic Łagowa w Górach Świętokrzyskich. Prz. Geol. 1.
- [84] Onderka Z. (1992): Technika Strzelnicza w Górnictwie Odkrywkowym; Skrypty Uczelniane AGH nr 1241, Wyd. AGH, Kraków.
- [85] PAN Baza danych Data ostatniej modyfikacji strony 22-05-2012 17:12:06.
- [86] Perfora, (2010) strona internetowa, www.perfora.com.
- [87] Peszat C. (1964): Litologia jurajskich skał węglanowych między Tokarnią a Chmielnikiem. Acta Geologica Polonica 14.

- [88] Peszat C. (1980): Własności fizyczno-mechaniczne skał węglanowych dewonu Gór Świętokrzyskich. Biuletyn IG 324.
- [89] Peszat C. (red.) (1976): Piaskowce karpackie, ich znaczenie surowcowe i perspektywy wykorzystania. Zeszyty Nauk. AGH. Geologia 2.
- [90] Peszat C., Bromowicz J., Buczek-Pułka M. (1985): Perspektywy dokumentowania złóż i racjonalnego wykorzystania piaskowców województwa krośnieńskiego. Zesz. Nauk. AGH Geologia 11/4.
- [91] Peszat C., red., Bromowicz J., Gucik S., Magiera J., Moroz-Kopczyńska M., Nowak T.W. (1976): Piaskowce karpackie, ich znaczenie surowcowe i perspektywy wykorzystania. Zeszyty Naukowe AGH, Geologia, t. 2, z. 2.
- [92] Piccoli G.C., Maletto G., Bosio P., Lombardo B. (2007): Minerali del Piemonte e della Valle d'Aosta. Associazione Amici del Museo "F. Eusebio" Alba, Ed., Alba (Cuneo).
- [93] PN-EN 12440 (2008): Kamień naturalny. Kryteria mianownictwa. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [94] Primavori P. (1999): Planet Stone, Giorgio Zusi Editore, Verona.
- [95] Primavori P. (2002): Technological Developments and the State-of-Art in Machinery and Installations for Extracting and Processing Stone Materials. Directory. Associazione Italiana Marmomacchine. Milano.
- [96] Radomski M. (2009): Koncepcja modernizacji transportu technologicznego kopalni „MARMUR” Sławniowic; Praca dyplomowa, Studium Podyplomowe z Górnictwa Odkrywkowego, AGH; Kraków 2009.
- [97] Rubinowski Z., Wróblewski T., Gągor J. (1986): Atlas geologiczno-surowcowy Gór Świętokrzyskich 1:50 000 z sozologiczną kwalifikacją kopalin. Wyd. Geol. IG, Warszawa.
- [98] Rutkowski B. (2010): Uzależnieni od rzeki – rozmowa. Surowce i maszyny budowlane 6.
- [99] Ryka W., Maliszewska A. (1982): Słownik petrograficzny. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa.
- [100] Samujło J.S. (1962); Górnictwo Kamienne cz. II; Eksploatacja i roboty strzelnicze i zwałowanie w górnictwie odkrywkowym; WGH, Katowice.
- [101] Sandvik (2007): Katalog firmowy wiertnicy DQ100.
- [102] Sandvik (2010): Katalog firmowy wiertarek TOYO.
- [103] SIMEC The Quality Star – Materiały informacyjne firmy SIMEC 2010.
- [104] Smoleńska A. (1983): Zagadnienia struktur i genezy wapieni z Zalesiaków. Zesz. Nauk. AGH Geologia 9/3.
- [105] Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych. Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Zadanie 4 Innowacyjne technologie wydobywania i przeróbki surowców skalnych dla głównych grup surowcowych, 2012.
- [106] Strona internetowa firmy GNR Co Ltd.: www.gnr.co.kr, 2010.
- [107] Strona internetowa firmy SIMEC: www.simec.it.
- [108] Strykowski M. (1987): Dobór elementów i ocena układów technologicznych z transportem samochodowym i taśmowym w kopalniach odkrywkowych. Górnictwo Odkrywkowe 4–5. Wrocław.
- [109] Szczegółowe mapy geologiczne Sudetów w skali 1:25 000 z objaśnieniami, Państwowy Instytut Geologiczny.
- [110] Śliwiński S. (red.) (1976): Surowce skalne regionu śląsko-krakowsko-wieluńskiego – utwory związane. Arch. Pracowni Złóż Surowców Skalnych AGH.

- [111] Tatariewicz W. (1952): Czarny marmur w Krakowie. PAU Prace Komisji Historii Sztuki, t. X.
- [112] TOOLS NEWS. Katalog firmy Tamrock.
- [113] Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, Wykaz koncesjonowanych złóż, stan na 01.10.2012.
- [114] Vormaa A. (1976): On the petrochemistry of rapakivi granites with special reference to the Laitila massif, southwestern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 285.
- [115] Wardzyński M. (2004): Piękno w kamieniu zakłete. Spotkanie z zabytkami 2.
- [116] Wather Jet Corporation, Katalog firmowy 2010.
- [117] WF Mayers Company Inc, Katalog firmowy.
- [118] Wierzbowski A. (1978): Ammonites and Stratigraphy of the Upper Oxfordian of the Wieluń Upland. Central Poland. Acta Geologica Polonica 28/3.
- [119] Wrębiarka łańcuchowa CH60 (2011), Katalog firmowy Pellegrini.
- [120] Wright D. (1993): The Effect of Parameters on Stationary Wire Sawing Performance. Dimension stone Afrika. The diamond connection. 24 march 1993.
- [121] Wright D.N.: Developments in Diamond Wire Sawing of Stone. Maszynopis.
- [122] Zagodziń P., Kuchta A. (2007): Stan rozpoznania krajowych zasobów granitu karkonoskiego, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa, Nr 118, 2007.
- [123] Zbroja S., Kuleta M., Migaszewski Z. M. (1998): Nowe dane o zlepieńcach z kamieniołomu „Zygmuntówka” w Górach Świętokrzyskich. Biuletyn PIG 379.



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007-2013

Priorytet 1 – Badania i rozwój nowoczesnych technologii,
Podzadanie 1.3.1 – Projekty Rozwojowe

KONSORCJUM REALIZUJĄCE PROJEKT

**„STRATEGIE I SCENARIUSZE TECHNOLOGICZNE
ZAGOSPODAROWANIA I WYKORZYSTANIA
ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH”**



**KOORDYNATOR PROJEKTU:
POLTEGOR-INSTYTUT
INSTYTUT GÓRNICCTWA ODKRYWKOWEGO
WE WROCŁAWIU**



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. S. STASZICA W KRAKOWIE**



**INSTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI
MINERALNYMI I ENERGIĄ
POLSKA AKADEMIA NAUK W KRAKOWIE**



**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
W WARSZAWIE – ODDZIAŁ DOLNOŚLĄSKI**



**Politechnika
Wrocławska**

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA



UNIwersytet WROCŁAWSKI



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007–2013

Priorytet 1 – Badania i rozwój nowoczesnych technologii,
Podzadanie 1.3.1 – Projekty Rozwojowe

REALIZACJA PROJEKTU OBEJMUJE:

Zadanie 1

Regionalne prognozy zapotrzebowania na surowce skalne w układzie przestrzennym
oraz logistyczne działanie optymalizujące

Zadanie 2

Diagnoza regionalna zasobów surowców skalnych oraz obszarów perspektywicznych
z zastosowaniem nowoczesnych metod środków

Zadanie 3

Stan zagospodarowania zasobów geologicznych i przemysłowych złóż surowców skalnych
w głównych regionach i możliwości optymalnego ich wykorzystania

Zadanie 4

Innowacyjne technologie wydobycia i przeróbki surowców skalnych
dla głównych grup surowcowych

Zadanie 5

Pilotowy system geoinformacji dla wybranych rejonów eksploatacji surowców skalnych
w województwie dolnośląskim

Zadanie 6

Scenariusze technologiczne pozyskiwania i zagospodarowania surowców skalnych
w głównych regionach Polski w nawiązaniu do występującego zapotrzebowania na nie

Zadanie 7

Ochrona złóż surowców skalnych
– kryteria, racjonalnego ich zagospodarowywania zasady i możliwości realizacji





**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007–2013

**KONSORCJUM REALIZUJĄCE PROJEKT
„STRATEGIE I SCENARIUSZE TECHNOLOGICZNE ZAGOSPODAROWANIA
I WYKORZYSTANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH”**



**KOORDYNATOR PROJEKTU:
POLTEGOR-INSTYTUT
INSTYTUT GÓRNICZWA ODKRYWKOWEGO
WE WROCŁAWIU**



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. S. STASZICA W KRAKOWIE**



**INSTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI
MINERALNYMI I ENERGIA
POLSKA AKADEMIA NAUK W KRAKOWIE**



**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
W WARSZAWIE – ODDZIAŁ DOLNOŚLĄSKI**



**Politechnika
Wrocławska**

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA



UNIWERSYTET WROCŁAWSKI