



Barbara RADWANEK-BAK*,
Wojciech MIŚKIEWICZ**,
Dariusz BRZEZIŃSKI***

Możliwości zastosowania kamieni łamanych z polskich złóż dla potrzeb kolejnictwa

Streszczenie: Celem niniejszej pracy jest próba szczegółowej oceny kopalin skalnych z udokumentowanych złóż dla specyficznego kierunku zastosowań, jakim jest kolejnictwo. Bodźcem do przeprowadzenia takiej analizy jest planowane znaczne zwiększenie zapotrzebowania na naturalne kruszywa łamane dla kolejnictwa, związane z wieloletnim programem modernizacji sieci kolejowej w Polsce. Kruszywa takie muszą spełniać wysokie wymagania jakościowe, odznaczać się dużą wytrzymałością na ściskanie i zwięzłością, małą porowatością, całkowitą mrozoodpornością i odpornością na wietrzenie, a także odpowiednimi parametrami geometrycznymi. Punktem odniesienia analizy pozostają obowiązujące normy, w szczególności norma PN-EN 13450:2013 „Kruszywa na podsypkę kolejową”. Jej założeniem jest odejście od powiązania wymagań jakościowych z konkretnymi rodzajami skał, a ukierunkowanie na deklarowanie jakości wyrobów gotowych i ich certyfikację. Powoduje to z jednej strony rozszerzenie potencjalnego spektrum rodzajów kopalin możliwych do wykorzystania w kolejnictwie, z drugiej – potrzebę weryfikacji i zróżnicowania jakościowego dużej grupy złóż. Efektem analiz i badań jest propozycja klasyfikacji udokumentowanych w Polsce złóż pod kątem przydatności zawartych w nich kopalin do produkcji kruszyw łamanych dla kolejnictwa. Brak możliwości bezpośredniego powiązania obecnych wymagań normowych z parametrami jakościowymi kopalin podanymi w dokumentacjach geologicznych złóż powoduje konieczność wypracowania odpowiedniej ich klasyfikacji. W zaproponowanej klasyfikacji podzielono złoża na 3 klasy o parametrach kopalin – najkorzystniejszych, korzystnych i miernych – dla produkcji tych kruszyw. Klasyfikacja taka, mimo że w odniesieniu do złóż rezerwowych ma charakter wstępny ze względu na niedostateczny stopień rozpoznania szczegółowych parametrów jakościowych kopalin i ich zmienności, może stanowić wskazówkę dla przyszłych inwestorów, ułatwiającą wybór złóż o oczekiwanych właściwościach technicznych kopalin.

Słowa kluczowe: kruszywa łamane dla kolejnictwa, klasyfikacja, złoża kopalin, Polska

* Dr. hab. inż., prof. PIG-PIB, Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Oddział Karpacki, Kraków; e-mail: brad@pgi.gov.pl

** Mgr inż., *** Mgr, Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa; e-mail: Wojciech.Miskiewicz@pgi.gov.pl, dariusz.brzezinski@pgi.gov.pl

The possibility of use of the crushed stones from the mineral deposits in Poland for railway construction

Abstract: The purpose of presented publication is a detail assessment of the rock quality from the Polish mineral deposits for the specific use in the railway construction. The impulse for this evaluation is the expected increase of demand for crushed stones for railways, related to the long-term program of the railway network modernization in Poland. The crushed stones for railway construction have to be high quality materials with a high strength, low porosity, high frost and weathering resistance, and some specific geometric parameters. The basis for the analysis should be a EU standard PN-EN 13450. Its founding seems to be focused on the declaring the quality of final products (crushed stones) and their certification, and derogate from direct relation to the types of rocks. It should be preferred because of increasing of the spectrum of raw materials (including secondary sources too), but due to the domination of primary sources (rocks from documented mineral deposits) the knowledge about their suitability is important for future proper management of the deposits. New standards also create a need for quality verification of many mineral deposits. As the result of the analysis, a proposal of classification of mineral deposits in the aspect of possible use of the rocks in the railway construction, has been presented. In the paper, a methodology and classification criteria were shown. According to the proposed classification all analyzed mineral deposits have been divided into 3 groups: most favorable, favorable and less favorable for crushed stones production for railway construction. Even though it is of preliminary nature, it should be helpful for future investors making it easier the selection of the deposits with the expected parameters.

Key words: crushed stones for railway construction, classification, mineral deposits, Poland

Wprowadzenie

Możliwości wykorzystania skał zwięzłych do produkcji kruszyw łamanych dla kolejnictwa są limitowane specjalnymi wymaganiami jakościowymi. Ze względu na duże i wieloletnie obciążenia oraz długi czas ekspozycji na zmienne warunki atmosferyczne, kruszywa takie muszą odznaczać się dużą wytrzymałością na ściskanie i zwięzłością, małą porowatością, całkowitą mrozoodpornością i odpornością na wietrzenie. Wymaganą cechą technologiczną jest ich odpowiednia granulacja. Jest to regulowane stosownymi normami. Wymagania te spełniają kruszywa pozyskiwane z większości skał magmowych oraz wybranych skał metamorficznych i osadowych (kwarcyty, piaskowce kwarcytowe, niekiedy dolomity). W świetle obowiązującej normy nie jest wykluczone stosowanie do celów kolejnictwa kruszyw łamanych pochodzących z innych złóż skał osadowych, jeśli tylko surowiec spełnia jej wymagania i został poddany obowiązującym procedurom certyfikacji.

Podjęta w ostatnich latach modernizacja infrastruktury kolejowej, w tym linii kolejowych, spowodowała wzrost zapotrzebowania na tzw. kruszywa kolejowe, a równocześnie dała asumpt dla oceny przydatności krajowej bazy zasobowej kopalin skalnych dla tych zastosowań. Efektem przeprowadzonych analiz jest propozycja klasyfikacji polskich złóż wybranych kopalin skalnych ze względu na przydatność kopalin do produkcji kamienia łamanego dla kolejnictwa. Wyodrębniono trzy klasy złóż o parametrach kopalin: najkorzystniejszych, korzystnych i miernych. Analiza otrzymanych wyników pozwoliła na ocenę potencjału zasobowego kopalin skalnych dla zabezpieczenia wieloletnich potrzeb modernizacji i budowy infrastruktury kolejowej.

W opracowaniu wykorzystano różnorodne materiały źródłowe. Były to przede wszystkim dokumentacje geologiczne złóż wraz z dodatkami, zgromadzone w NAG, publikacje dotyczące omawianych zagadnień, w szczególności specjalistyczne opracowania dotyczące

technicznych wymagań dla kruszyw stosowanych w kolejnictwie oraz obowiązujące i poprzednie normy krajowe i europejskie.

1. Wymagania jakościowe skał zwięzłych dla kolejnictwa – omówienie zakresu norm

Obecnie zalecane wymagania jakościowe podaje norma PN-EN 13450:2004 „Kruszywa na podsypkę kolejową”. Jest to norma europejska EN 13450:2002, która zgodnie z przepisami Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego ma status normy polskiej. Jej nową poprawioną wersję (PN-EN 13450:2013-09) opublikowano we wrześniu 2013 r., a wersja normy z 2004 r. może być stosowana do 28 lutego 2015 r. w ocenie zgodności.

Obecna norma (w obu wersjach) prezentuje inne podejście metodyczne niż obowiązująca wcześniej PN-B-11114:1996 „Kruszywa łamane do nawierzchni kolejowych”. Odnosi się bowiem do produktu rynkowego, nie zaś jak poprzednio do surowca skalnego. Norma ta podaje precyzyjnie sposób badań i oznaczeń oraz podział na kategorie, według których deklaruje się jakość kruszyw. Kładzie ona nacisk na dostosowanie wymagań jakościowych do zmiennych potrzeb odbiorców, wynikających z finalnego zastosowania surowca. Wymagania geometryczne dotyczą: wymiaru ziaren, zawartości frakcji drobnej i pyłów oraz ich kształtu, a wymagania fizyczne obejmują odporność na rozdrabnianie, ścieranie, mrozoodporność, gęstość i nasiąkliwość. Norma dotyczy zarówno kruszyw uzyskiwanych ze źródeł naturalnych, jak i wtórnych i sztucznych.

Wszystkie te elementy powodują jej nieporównywalność z dawniej stosowanymi normami, w szczególności z normą PN-B-11114:1996, obowiązującą do 2004 roku. Była ona stosowana do oceny jakości surowca skalnego przeznaczonego do produkcji kruszyw łamanych dla kolejnictwa (Skrzyński 2003).

Ze względu na znaczenie różnic w obu normach dla analiz objętych niniejszym opracowaniem zestawiono najważniejsze z nich. I tak:

1. W dawnej normie jednym z głównych parametrów surowca skalnego była wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno suchym; wyróżniano trzy klasy wytrzymałości. Obecna norma podaje jedynie, że ocena ta jest celowa, ale bez kategoryzacji.

2. Zgodnie z poprzednio obowiązującą normą ścieralność kruszywa określano metodą Devala, przyjmując średni wynik z badań na sucho i na mokro; wyróżniano trzy klasy ścieralności. Według normy PN-EN 13450:2004 ścieralność oznacza się za pomocą współczynnika mikro-Devala, określanego zgodnie z normą PN-EN 1097-1:2011; wyróżnia się sześć kategorii ścieralności.

3. Mrozoodporność – zasady oceny badania tej cechy są zbliżone, ale różnią się nieco warunki wykonywania badań.

4. Odporność na rozdrabnianie została wprowadzona w obecnej normie, wcześniej nie była uwzględniana. Podstawową metodą badania jest metoda *Los Angeles* (według normy EN 1097-2:1998 w zmodyfikowanych warunkach); wyróżnia się 6 kategorii tej właściwości. Metodą wariantową jest rozbijanie kruszywa w cylindrze (zgodnie z normą EN 1097:proszę podać rod dla pełnego opisu).

Zakres zastosowań kruszyw łamanych w kolejnictwie określają wewnętrzne przepisy PKP, uzależniając ją od pozycji i roli tych materiałów w konstrukcji podtorzy (Skrzyński

2003). Aktualizując przywołane wymagania po wprowadzeniu aktualnie obowiązującej normy w 2004 r. przyjęto, że powinny one:

- spełniać wymagania normy PN-EN 13450:2004 w zakresie metod badań, kategorii poszczególnych właściwości i oceny zgodności,
- jak najmniej różnić się od wymagań obowiązujących dotychczas (tzn. uwzględniać podział na klasy i gatunki, ułatwiający określanie przydatności materiału), jak to było w normie PN-B11114:1996 (dla linii magistralnych: klasa I, gatunek 1; dla linii pierwszorzędnych: klasa I, gatunek 1, dopuszczalne stosowanie gatunku 2, według założeń inwestycyjnych). Dla linii niższego rzędu wymagania jakościowe są bardziej liberalne,
- uwzględniać tłuczeń otrzymany z recyklingu (wymagania dla takiego tłucznia nie powinny zasadniczo różnić się od wymagań dla podsypki naturalnej),
- obejmować większą niż zawartą w normie PN-B-11114:1996 liczbę gatunków materiału, w tym surowce sztuczne i pochodzące z recyklingu,
- uwzględniać doświadczenia kolei europejskich.

2. Klasyfikacja i ocena przydatności złóż kopalin skalnych pod kątem przydatności dla kolejnictwa

2.1. Metodyka oceny

Kopaliny skalne mogące znaleźć zastosowanie w budownictwie i drogownictwie, a w szczególności w kolejnictwie, tworzą grupę kilkuset złóż o bardzo zróżnicowanej wielkości udokumentowanych zasobów i zmiennych parametrach jakościowych. Konieczna jest więc już na wstępie eliminacja części złóż do dalszych analiz. W celu prawidłowego wyboru złóż do szczegółowych analiz przyjęto następujące założenia:

- a) generalne wskazania dotyczące jakości kopalin mogących znaleźć zastosowanie w kolejnictwie – na podstawie wymagań technicznych dla torów i podsypiek kolejowych;
- b) odpowiednią minimalną wielkość udokumentowanych zasobów złoża, umożliwiającą masową produkcję wymaganych asortymentów przez co najmniej kilka lat;
- c) skrajne ograniczenia środowiskowo-planistyczne uniemożliwiające dostęp do złóż.

Ad a. Podstawowym asortymentem surowców mineralnych wykorzystywanych dla budowy i modernizacji sieci kolejowej są kruszywa łamane, ale możliwości wykorzystania skał zwięzłych stosowanych do ich produkcji są limitowane specjalnymi wymaganiami jakościowymi. Wymagania te wynikają ze specyfiki zastosowania surowca, w szczególności: dużych i wieloletnich obciążeń oraz długiego czasu ekspozycji na zmienne warunki atmosferyczne i szok termiczny. Zasadniczo kruszywa łamane dla kolejnictwa muszą odznaczać się mrozoodpornością, co skorelowane jest z niską porowatością i dużą zwięzłością, dużą odpornością na ścieranie i rozdrabnianie oraz wysoką wytrzymałością na ściskanie. Wymaganą cechą technologiczną jest ich odpowiednia granulacja. Jest to regulowane odpowiednimi normami. Te wymagania spełniają kruszywa łamane pozyskiwane z większości skał magmowych oraz wybranych skał metamorficznych (amfibolity, częściowo gnejsy) i osadowych (kwarcyty, piaskowce kwarcytowe, niekiedy dolomity). Znalazło to odzwier-

ciędlenie w obowiązującej od 1996 do 2004 roku normie PN-B-11114:1996, odnoszącej się do surowca skalnego wykorzystywanego dla potrzeb kolejnictwa. Te właśnie rodzaje skał wybrano do analizy.

Ad b. Ze względu na masowy charakter produkcji górniczej, preferowane są złoża mogące zapewnić ją w co najmniej kilkuletnim przedziale czasowym. Analizie poddano złoża o zasobach ponad 2 mln t, a więc takie, których wielkość umożliwia podjęcie działalności wydobywczej przez co najmniej kilka lat na poziomie rzędu 200 tys. t/rok. Pozwala to na zapewnienie ciągłości dostaw wymaganych asortymentów kruszyw łamanych. Nie analizowano złóż, których eksploatacji zaniechano, uznając, że w większości przypadków powodem tego było wyczerpanie się zasobów o korzystnych parametrach jakościowych lub utrata dostępu do złoża spowodowana czynnikami planistycznymi (postępująca zabudowa terenu, względy ochrony przyrody i środowiska). Przeprowadzona wstępna analiza lokalizacji i wielkości zasobów w takich złożach, oparta na informacjach zgromadzonych na mapach geośrodowiskowych Polski w skali 1:50 000 i objaśnieniach do tych map, potwierdziła słuszność tego założenia.

Ad c. Wyłączenie z rozważań złóż z powodów środowiskowo-planistycznych ograniczono do niezbędnego minimum, tj. obszarów objętych najwyższymi formami prawnej ochrony (parki narodowe, rezerваты przyrody, bezpośrednia ochrona głównych i użytkowych zbiorników wodnych) oraz istniejącej trwałej zabudowy terenu wraz z główną infrastrukturą transportową (autostrady, linie kolejowe). We wszystkich innych przypadkach, w szczególności w razie lokalizacji złóż na obszarach parków krajobrazowych, obszarach chronionego krajobrazu i sieci Natura 2000, możliwe jest prowadzenie działalności wydobywczej, choć niekiedy wymaga ona pewnych ograniczeń. Nie może to więc wykluczać złóż jeszcze niezagospodarowanych z analiz surowcowych.

Do szczegółowej analizy wytypowano 180 złóż. Jej celem było zróżnicowanie tej dużej grupy i wyodrębnienie wśród nich złóż o najbardziej korzystnych parametrach przydatności kopaliny do produkcji kruszyw łamanych dla kolejnictwa. Klasyfikacja zakłada podział złóż na trzy grupy: o parametrach korzystnych dla kolejnictwa (przydatne dla linii magistralnych i pierwszego rzędu), średnio korzystnych (przydatne dla linii drugiego rzędu) i miernych (przydatne jedynie dla linii lokalnych i pozostałych).

Złoża poddane analizom dokumentowano w okresie kilkudziesięciu lat (od lat 1970. do 2013 r.), a więc na podstawie różnych kryteriów i wymagań normowych ocena taka może mieć jedynie charakter orientacyjny. Różne były bowiem metody badań, ilość i sposób poboru próbek oraz sposób prezentowania danych (zazwyczaj uśrednianie). Próba bezpośredniego ich przyporządkowania do poprzednich i do obecnie obowiązującej normy PN-EN 13450:2004 i jej poprawionej wersji EN-PN 14350:2013 jest więc niemożliwa, tym bardziej, że norma ta w przeciwieństwie do wcześniej obowiązujących nie zawiera regulacji dotyczących surowca skalnego, ale gotowego produktu rynkowego. Na trudności w kwalifikacji użyteczności kopaliny na podstawie kryteriów zawartych w normach zwracali już uwagę Karwacki i Bromowicz, autorzy klasyfikacji kopaliny skalnych dla potrzeb budowy autostrad (Karwacki 1992; Bromowicz i Karwacki 2000). Klasyfikacja A. Karwackiego dotyczyła grupy skał magmowych i metamorficznych. Głównym kryterium podziału była twardość wytrzymałościowa skał, mierzona średnią wytrzymałością na ściskanie. Pozostałe to wymagania jakościowe ujęte w normach dotyczących szczegółowych kierunków zastosowań materiału skalnego. Klasyfikacja zaproponowana przez J. Bromowicza obejmowała

skały osadowe, zaś jej kryteriami były: wytrzymałość na ściskanie (w stanie nasycenia wodą), nasiąkliwość wagowa i ścieralność w bębnie Devala, w nawiązaniu do norm z lat osiemdziesiątych.

Dla oceny potencjalnej przydatności kopalin skalnych z poszczególnych złóż, za najwłaściwsze uznano porównanie kilku wybranych parametrów jakościowych, najbardziej reprezentatywnych dla oceny właściwości użytkowych kopalin (Góralczyk i Kukielska 2010a). Takimi pożądanymi parametrami, nawiązującymi również do obecnie obowiązującej normy, byłyby więc: nasiąkliwość, ścieralność w bębnie Devala, mrozoodporność i odporność na rozdrabnianie (kruszenie), pomocniczo wytrzymałość na ściskanie. Wobec powszechnego braku badań odporności na rozdrabnianie kryterium to odrzucono. Zrezygnowano też z oceny mrozoodporności, ze względu na jej powiązanie z nasiąkliwością, a także częsty brak danych. Ze względu na brak tego parametru w aktualnej normie oraz częste przypadki zaniżonej oceny wytrzymałości na ściskanie podawanej w dokumentacjach geologicznych w porównaniu do jakości surowca, zrezygnowano też z kryterium wytrzymałości na ściskanie. W efekcie klasyfikację oparto na podstawie dwóch kryteriów: nasiąkliwości w stosunku do suchej masy kruszywa i ścieralności w bębnie Devala.

Wartości charakteryzujące te właściwości fizykomechaniczne kopalin skalnych podawane w dokumentacjach geologicznych złóż porównywano z wymaganiami technicznymi inwestorów kolejowych w Polsce i innych krajach EU dla posypki kolejowej (Skrzyński 2003). Wyraźnie nawiązują one do dawnej normy PN-B-11114:1996, a w przypadku złóż aktualnie eksploatowanych, również do wielkości deklarowanych parametrów kruszyw łamanych (wg normy PN-EN 13450:2013), uznając wyższość tych deklaracji w stosunku do danych zawartych w dokumentacjach geologicznych złóż. Mimo nieporównywalności obu danych, uznano, że deklarowane wielkości, które odnoszą się głównie do odporności na ścieranie lub odporności na rozdrabnianie, potwierdzają jakość kopaliny poprzez jakość wyrobu gotowego.

Dla wykonania analizy zgromadzono informacje o parametrach jakościowych wybranej grupy złóż kopalin skalnych, zestawiając je w bazie danych arkusza Excel. Pozwala to na szybkie wyszukiwanie i segregowanie informacji. W analizach uwzględniano również wszelkie uwagi zawarte w dokumentacjach dotyczące zmienności budowy geologicznej złóż i jakości kopaliny, stopnia rozpoznania, metodyki opróbowania, ilości pobranych próbek oraz wskazań co do możliwych kierunków zastosowań.

2.2. Klasyfikacja

Podstawą klasyfikacji były średnie wartości przyjętych parametrów dla analizowanych złóż. Wyodrębniono 3 klasy złóż.

Klasa I – najkorzystniejsze parametry jakościowe kopaliny dla produkcji podsypek kolejowych (przydatne dla linii magistralnych i pierwszego rzędu):

- nasiąkliwość wagowa (w stosunku do suchej masy kruszywa): średnia maks. 1,5%,
- ścieralność w bębnie Devala: średnia maks. 5,6%, lub M_{DERB} 5.

Klasa II – korzystne parametry jakościowe kopaliny dla produkcji podsypek kolejowych (przydatne dla linii drugiego rzędu):

- nasiąkliwość (w stosunku do suchej masy kruszywa): maks. 2,0%,
- ścieralność w bębnie Devala: średnia maks. 7,0% lub M_{DERB} 7.

Klasa III – mierne parametry jakościowe kopaliny dla produkcji podsypek kolejowych (przydatne dla linii lokalnych i innych):

- nasiąkliwość (w stosunku do suchej masy kruszywa): średnia maks. 3,0%,
- ścieralność w bębnie Devala: średnia maks. 9,0% lub M_{DERB} 7.

Złoże o parametrach kopaliny niespełniających tych kryteriów uznano za nieprzydatne dla kolejnictwa, jakkolwiek nie jest wykluczone, że z niektórych spośród nich da się uzyskać pewne ilości kruszywa łamanego o właściwościach spełniających wymagania obowiązującej normy. Do klasy I zaliczano złoża w przypadku gdy wartości obu parametrów odpowiadały przyjętym dla klasy I, do drugiej odpowiednio te, których oba parametry odpowiadały klasie II, lub też jeden klasie I, a drugi klasie II. Analogicznie kwalifikowano złoża do klasy III. W przypadku częściowego braku danych decyzję podejmowano arbitralnie na podstawie analogii do sąsiadujących złóż lub komentarzy w dokumentacjach geologicznych. Pomocniczo uwzględniano też informacje na temat deklarowanych wartości ocenianych parametrów (dotyczy to złóż eksploatowanych). Wyniki klasyfikacji przedstawiono w tabeli 1.

Dla pewnej, nielicznej grupy złóż zakwalifikowanych do analizy klasyfikacji nie przeprowadzono z uwagi na brak danych. Złoża te to:

- dolomit – Czarnów, Korzecko, Nowy Staw, Zbrza-Kawczyn 1, Żelazno II,
- gnejs – Maciejowice I,

TABELA 1. Klasyfikacja złóż kopalin skalnych pod kątem zastosowania surowca do produkcji podsypek kolejowych

TABLE 1. The classification of dimension and crushed stones mineral deposits in terms of use in railway construction

Klasa	Nazwa złoża	Rodzaj kopaliny	Stan zagospodarowania	Zasoby [tys. t]
	Klasa I			
1	2	3	4	5
I	Dobrocin	Amfibolit	R	4 609
I	Kluczowa	Amfibolit	R	4 135
I	Koziniec	Amfibolit	R	12 400
I	Ogorzelec	Amfibolit	E	5 527
I	Ogorzelec I	Amfibolit	E	47 694
I	Bukowa Góra	Bazalt	E	95 981
I	Gracze	Bazalt	E	5 546
I	Gronowskie Wzgórza	Bazalt	E	10 682
I	Jawor-Męcinka	Bazalt	E	115 463
I	Kłopotno I – Pole 548.1	Bazalt	R	2 616
I	Krzeniów	Bazalt	E	12 890
I	Księginki-Północ	Bazalt	E	18 795

1	2	3	4	5
I	Leśna-Brzozy	Bazalt	E	2 382
I	Ligota Tułowicka	Bazalt	E	4 202
I	Liściasta Góra	Bazalt	R	18 780
I	Lutynia	Bazalt	E	2 055
I	Mikołajowice	Bazalt	T	2 871
I	Miłoszów	Bazalt	Z	4 779
I	Mszana-Obłoga	Bazalt	R	67 822
I	Owczarek	Bazalt	R	2 700
I	Paszowice	Bazalt	R	8 500
I	Rutki	Bazalt	E	10 418
I	Sichów	Bazalt	P	11 193
I	Sulików	Bazalt	E	45 610
I	Targowica	Bazalt	E	30 248
I	Wilcza Góra	Bazalt	E	9 254
I	Winna Góra	Bazalt	E	13 860
I	Wojciechów	Bazalt	T	2 618
I	Niedźwiedzia Góra	Diabaz	E	5 531
I	Brzeziny	Dolomit	R	11 951
I	Dubie	Dolomit	E	120 258
I	Grocholice	Dolomit	P	38 673
I	Połom	Dolomit	E	1 076
I	Dębówka	Gabro	T	184 300
I	Słupiec-Dębówka	Gabro	E	179 920
I	Doboszowice	Gnejs	E	32 761
I	Doboszowice 1	Gnejs	E	210 232
I	Mikoszów	Gnejs	E	7 623
I	Mościsko	Gnejs	Z	5 304
I	Strzelin	Gnejs	E	11 421
I	Gębczyce	Granit	E	30 064
I	Gniewków	Granit	E	60 319
I	Gniewków I	Granit	R	20 898
I	Gołaszycy	Granit	E	4 328
I	Górka	Granit	E	68 030

1	2	3	4	5
I	Graniczna III	Granit	E	4 779
I	Morawa	Granit	Z	40 136
I	Mrowiny	Granit	R	10 966
I	Mrowiny III	Granit	R	39 602
I	Pagórki Zachodnie	Granit	E	12 730
I	Rogoźnica	Granit	E	105 739
I	Rogoźnica-Południe	Granit	Z	12 267
I	Rogoźnica-Północ	Granit	R	44 228
I	Siedlimowice	Granit	Z	4 384
I	Strzeblów I	Granit	E	19 598
I	Wieśnica	Granit	E	29 497
I	Zimnik	Granit	R	19 448
I	Zimnik I	Granit	E	39 052
I	Żółkiewka-Wiatrak	Granit	E	29 711
I	Brodziszów I	Granodioryt	R	10 827
I	Koziniec	Granodioryt	R	12 400
I	Łażany	Granodioryt	Z	12 544
I	Zamczysko	Granodioryt	P	12 344
I	Borówno	Melafir	E	18 662
I	Grzędy	Melafir	E	85 143
I	Rybica	Melafir	R	5 869
I	Rybica I	Melafir	R	48 878
I	Rybica Leśna	Melafir	E	161 796
I	Świerki	Melafir	Z	32 811
I	Tłumaczów Południe	Melafir	P	3 793
I	Tłumaczów-Gardzień	Melafir	E	38 460
I	Piława Górna	Migmatyt	E	197 662
I	Jeleniowska Góra	Piaskowiec kwarcytowy	R	46 260
I	Wiśniówka	Piaskowiec kwarcytowy	E	57 336
I	Lubawka II	Porfir	R	16 044
I	Lubrza	Porfir	R	51 365
I	Uniemysł	Porfir	T	6 126
I	Zalas	Porfir	E	118 934
	Razem klasa I			2 915 715

1	2	3	4	5
Klasa II				
II	Ameryka	Bazalt	R	2 454
II	Gronów	Bazalt	R	20 041
II	Księginki I	Bazalt	T	8 196
II	Lubień	Bazalt	E	6 834
II	Męcinka I	Bazalt	E	8 441
II	Sady I	Diabaz	R	17 867
II	Czerwona Góra	Dolomit	R	54 350
II	Komorniki I	Dolomit	E	9 752
II	Braszowice	Gabro	E	95 451
II	Ząbkowice Śląskie	Gabro	R	28 132
II	Brodziszów II	Gnejs	R	12 883
II	Pomianów	Gnejs	E	25 125
II	Chwałków I	Granit	E	21 118
II	Czernica	Granit	E	14 727
II	Goczałków	Granit	T	19 675
II	Gola Świdnicka	Granit	E	15 359
II	Graniczna	Granit	E	87 207
II	Graniczna II	Granit	E	6 084
II	Maciejowice I	Granit	T	15 870
II	Nadziejów I	Granit	R	9 726
II	Rogoźnica-Las	Granit	E	9 408
II	Żółkiewka I	Granit	E	24 361
II	Strzeblów II	Granit	E	60 157
I	Tłumaczów Wschód	Melafir	T	20 749
II	Włodzicka Góra	Melafir	R	21 557
II	Rogówka	Granodioryt	P	30 405
II	Młynów	Szarogłaz	E	11 763
II	Dziewiątło	Piaskowiec kwarcytowy	E	7 626
II	Zalas I	Porfir	R	72 873
	Razem klasa II			738 191
Klasa III				
III	Piława Górna	Amfibolit	E	76 726
III	Targowica-Wschód	Bazalt	R	16 516
III	Byczyna	Dolomit	R	61 113

1	2	3	4	5
III	Dębska Wola-Kawczyn	Dolomit	R	5 928
III	Józefka	Dolomit	E	4 713
III	Jurkowice	Dolomit	E	22 772
III	Kowala Mała	Dolomit	E	43 371
III	Łukowa-Popławy	Dolomit	R	5 985
III	Piskrzyn	Dolomit	E	29 672
III	Podleśna	Dolomit	E	62 644
III	Wszachów	Dolomit	P	21 719
III	Wszachów I	Dolomit	E	27 391
III	Wszachów II	Dolomit	E	16 395
III	Grodziszczce	Gnejs	R	42 308
III	Kamienna Góra	Gnejs	E	17 248
III	Padole	Gnejs	P	40 390
III	Stankowice	Gnejs	R	47 484
III	Czernica-Wieś	Granit	E	15 999
III	Wiciarka	Granit	Z	8 733
III	Żółkiewka II	Granit	R	12 116
III	Brodziszów-Kłośnik	Granodioryt	T	24 635
III	Chwalisław	Granodioryt	P	40 990
III	Łażany II	Granodioryt	E	12 842
III	Dębowiec	Szarogłaz	E	35 384
III	Chełmczyk	Porfir	P	339 590
III	Chełmczyk I	Porfir	R	76 736
III	Gorce	Porfir	E	20 355
III	Tomice	Serpentynit	R	36 221
	Razem klasa III			1 165 976

Objaśnienia: E – eksploatowane, P – rozpoznane wstępnie, R – rozpoznane szczegółowo, T – eksploatacja czasowo wstrzymana, Z – zaniechane

- granit – Starowice, Zimnik II, Mrowiny I, Mrowiny II, Morawa Wschód,
- granodioryt – Kluczowa.

Klasyfikacji nie podlegały złoża kopalin posiadających rzadkie i cenne właściwości, ze względu na priorytet ochrony zasobów kopalin i racjonalne wykorzystanie zasobów, rozumiane tu jako ich przeznaczenie w pierwszym rzędzie do specyficznych zastosowań. Dotyczy to w szczególności:

- kopalin skalnych wykazujących właściwości bloczne – ze względu na priorytet przeznaczenia surowca do produkcji bloków lub elementów foremnych,

— czystych kwarcytów – ze względu na ich preferowane przeznaczenie do produkcji materiałów ogniotrwałych (złóże „Bukowa Góra”).

Złóża takie, mimo korzystnych niekiedy właściwości fizykomechanicznych, wyłączono z analizy. Nie wyklucza to użycia materiału skalnego pozostałego po produkcji bloków na kruszywa łamane, również dla kolejnictwa (po spełnieniu wymagań technicznych).

3. Ocena bazy zasobowej kopalin skalnych dla potrzeb kolejnictwa

Przeprowadzona analiza wykazała, że większość spośród analizowanych złóż nadaje się do zastosowania jako podsypki kolejowe. Spośród 180 analizowanych złóż, 33 odrzucono jako niespełniające wymagań dla asortymentów dla kolejnictwa na obecnym etapie rozpoznania jakości kopaliny. W grupie tej znalazły się głównie złoża dolomitów oraz kilka złóż gnejsów i granitów. Do klasy I zaliczono 78 złóż, do II – 29 złóż, do III – 28 złóż. Złóża wielokopalinowe: „Piława Górna” (migmatyty i amfibolity) oraz „Kluczowa” (migmatyty, amfibolity i grandiority), dla których zasoby poszczególnych rodzajów kopaliny zostały rozpoznane niezależnie, uwzględniono w tabeli podając odrębne kwalifikacje surowcowe dla każdego rodzaju kopaliny.

Całkowite zasoby złóż o wykazanej przydatności dla kolejnictwa wynoszą około 4 820 mln t. Około 60% zasobów znajduje się w złożach zaliczonych do I klasy – o najkorzystniejszych parametrach jakościowych; 15% w złożach zaliczonych do klasy II, pozostałe 24% – w złożach zaliczonych do klasy III. Większość, bo około 66% ogółu zasobów znajduje się w złożach już zagospodarowanych i eksploatowanych, a jedynie około 34% w złożach rezerwowych, najwięcej w złożach klasy I, nieco mniej w złożach klasy III i niewiele w złożach zaliczanych do klasy II. Przydatność kruszyw łamanych pochodzących ze złóż aktualnie eksploatowanych i wykorzystywanych dla potrzeb kolejnictwa potwierdzają ich atesty i deklaracje zgodności z obowiązującą normą. Z dużym prawdopodobieństwem można więc przyjąć, że w przyszłości ich jakość nie ulegnie drastycznemu obniżeniu i nadal spełniać będą oczekiwane wymagania. Poniżej przedstawiono krótką, syntetyczną ocenę przydatności poszczególnych rodzajów skał dla kolejnictwa.

Bazalt. Udokumentowane zasoby w ilości ponad 2 mln t posiada 30 złóż. Wymagania surowcowe dla kolejnictwa spełnia większość spośród 23 eksploatowanych złóż, choć nie we wszystkich produkuje się tego typu produkty. Również złoża rezerwowe i kilka złóż obecnie zaniechanych, ale posiadających znaczne pozostawione zasoby kopaliny, nadaje się dla kolejnictwa. Większość złóż zaliczono do klasy I. Wśród nich znajdują się złoża Krzeniów, Owczarek i Sichów, w których, choć w niewielkiej skali, stwierdzono zjawisko zgorzeli słonecznej.

Gabro, diabaz. Udokumentowanych jest obecnie jedynie 7 złóż, w tym 6 o zasobach ponad 2 mln t. Cztery złoża są eksploatowane, a asortymenty kruszyw kolejowych produkowane są ze złóż „Słupiec-Dębówka” i „Niedźwiedzia Góra”. Kopaliny ze wszystkich złóż spełniają wymagania kruszyw kolejowych, przy czym trzy złoża zaliczono do klasy I, a trzy do drugiej.

Granit, granodioryt, sjenit. Ponad połowa (51) spośród wszystkich 94 złóż tej grupy jest obecnie zagospodarowanych. Część złóż posiada rzadkie i cenne własności bloczne oraz walory dekoracyjne. Ich zasoby powinny być chronione przed masową eksploatacją na kruszywa, a do produkcji tych asortymentów może być wykorzystywana część urobku po

produkcji elementów blocznych, jak np. ze złożeń granitu „Strzelin”. Spośród ujętych w prezentowanej klasyfikacji złóż granitów (nieblocznych) do klasy I zaliczono 19 złóż, do klasy II – 11 złóż, a tylko trzy do klasy III. Wymagania dla kolejnictwa spełniają granodioryty. Cztery ich złoża zaliczono do klasy I, jedno do klasy II i trzy do klasy III.

Porfir. Udokumentowano jedynie kilkanaście (14) złóż, a zasoby geologiczne ponad 2 mln t stwierdzono w dziewięciu spośród nich. Tylko trzy złoża są obecnie eksploatowane. Porfir posiada korzystne parametry fizykomechaniczne, pozwalające na wykorzystywanie go do produkcji kruszyw łamanych dla drogownictwa i kolejnictwa. Dla potrzeb tych może być wykorzystywana kopalina ze złóż eksploatowanych: „Zalas” (zgodnie z obecnym stanem), „Uniemysł” i „Gorce”, a spośród rezerwowych: „Lubawka II”, „Lubrza” zakwalifikowano do I klasy, „Zalas I” do klasy II oraz „Chełmczyk” i „Chełmczyk I” – do klasy III.

Melafir. Zasięg występowania melafiru w Polsce jest ograniczony i analogiczny do występowania porfirów, stąd stosunkowo niewielka ilość jego udokumentowanych złóż – 17. Zasoby geologiczne przekraczające 2 mln t stwierdzono w dziesięciu z nich. Kopalina ze wszystkich złóż może być wykorzystywana do produkcji najwyższej jakości kruszyw kolejowych.

Gnejs, migmatyt. Obecnie w Polsce znajduje się 19 udokumentowanych złóż tych skał (w tym 10 eksploatowanych). W 14 złożach zasoby przekraczają 2 mln t. Parametry jakościowe gnejsów są zmienne, tak w obrębie rejonów ich wystąpień, jak i w obrębie już udokumentowanych złóż, dlatego przeprowadzona analiza i klasyfikacja, która bazuje jedynie na ograniczonym stopniu ich rozpoznania, może być jedynie orientacyjna. Do I klasy zaliczono 5 złóż, wśród nich eksploatowane na dużą skalę na potrzeby kolejnictwa „Doboszowice” i „Doboszowice I”, do drugiej – dwa złoża, zaś do trzeciej – cztery złoża. W grupie tej znajdują się dwa złoża wielokopalinowe: „Piława Górna” (migmatyty i amfibolity) oraz „Kluczowa” (migmatyty, amfibolity i granodioryty). Ponieważ zasoby tych kopalin zostały rozpoznane niezależnie, w tabeli podano również odrębne kwalifikacje surowcowe. I tak: do I klasy zakwalifikowano migmatyty ze złoża „Piława Górna” (udokumentowane w tym złożu amfibolity zaliczono do klasy III), zaś do klasy III migmatyty ze złoża „Kluczowa” (amfibolity zaliczono do klasy I, granodiorytów nie oceniano ze względu na brak danych).

Amfibolit. Obecnie w Polsce znajduje się 11 udokumentowanych złóż, z czego osiem to złoża o zasobach ponad 2 mln t. Dla potrzeb kolejnictwa może być wykorzystywana kopalina ze złóż: „Ogorzelec”, „Ogorzelec I”, „Piława Górna” (eksploatowane) oraz „Dobrocin”, „Kluczowa”, „Koziniec” (rezerwowe); nie analizowano zaniechanego złoża „Więściszowice”.

Serpentynit. Aktualnie udokumentowane są tylko 4 złoża, wszystkie o zasobach ponad 2 mln t. Na masową skalę (jako źródło surowca drogowego) eksploatowane jest złożo „Nasławice”. Dla kolejnictwa może być też wykorzystywana kopalina ze złoża „Tomice”, zaliczona do klasy III.

Piaskowiec kwarcytowy. Udokumentowano tylko 7 złóż, wszystkie o zasobach ponad 2 mln t. Dwa są rezerwowe, a trzy są eksploatowane, w tym dwa na dużą skalę: „Bukowa Góra” na kruszywa łamane i dla materiałów ogniotrwałych oraz „Wiśniówka” na kruszywa łamane dla budownictwa, drogownictwa i kolejnictwa. Nowa kopalnia „Wiśniówka I” jest przygotowywana do eksploatacji, a kopalina spełnia wymagania dla kolejnictwa (Płonka 2013). Wymagania dla kolejnictwa spełniają też złoża „Jeleniowska Góra” i „Dziwiątło”.

Dolomit. Złóża skał dolomitowych przeznaczonych do wykorzystania do produkcji kruszyw znajdują się w odrębnej w grupie, tzw. złóż kamieni budowlanych i drogowych. Obecnie w grupie surowcowej kamieni budowlanych i drogowych znajduje się 38 złóż skał dolomitowych, z czego 19 jest eksploatowanych. Zasoby ponad 2 mln t stwierdzono aż w 32 złóżach. Tylko część może dostarczać surowca dla kolejnictwa, ale większość z nich, bo aż 11 zaliczono do klasy III. Do klasy I włączono tylko trzy złoża, w tym eksploatowane na dużą skalę złożo: „Dubie”, a do klasy II – dwa złoża.

Szarogłaz. Wśród złóż kopalin spełniających potencjalne wymagania surowcowe dla kolejnictwa znalazły się również dwa spośród trzech udokumentowanych w Polsce złóż szarogłazu: „Młynów” (klasa II) i „Dębowiec” (klasa III); parametry trzeciego z nich – „Jenków” nie spełniają wymagań dla kruszyw kolejowych.

Wnioski

1. Tendencją obecnie obowiązujących norm dotyczących kierunków zastosowań kopalin skalnych, w tym w szczególności na potrzeby kolejnictwa, jest odejście od powiązania wymagań jakościowych z konkretnymi rodzajami skał, a ukierunkowanie ich na deklarowanie jakości wyrobów gotowych i ich certyfikację. Powoduje to większą elastyczność kierunków wykorzystania kopalin oraz możliwość zwiększenia spektrum możliwych rodzajów surowców, zarówno pierwotnych jak i wtórnych. Potencjalnym zagrożeniem związanym z takim podejściem do wykorzystania kopalin jest doraźne, koniunkturalne szczypanie kopalin o specyficznych właściwościach (np. blocznych) na masową skalę, chociażby dla drogownictwa lub kolejnictwa.

2. Dla potrzeb analiz surowcowych dotyczących optymalizacji i zrównoważonej gospodarki surowcami skalnymi w wieloletniej perspektywie czasowej, konieczna jest ocena możliwości wykorzystania krajowej bazy zasobowej. Dotyczy to wszystkich głównych kierunków zastosowań kopalin. Podstawą takiej oceny jest szczegółowa klasyfikacja ich przydatności dla konkretnych zastosowań, w tym w szczególności dla kolejnictwa.

3. Prezentowana klasyfikacja dotyczy złóż wybranych wcześniej w drodze wstępnej selekcji i poddanych szczegółowej analizie bazującej na dwóch głównych parametrach jakościowych kopalin: nasiąkliwości i ścieralności w bębnie Devala. Głównymi kryteriami wstępnej selekcji były: rodzaj kopalin skalnych w nawiązaniu do normy PN-B-11114:1996 (odnoszącej się do surowca skalnego wykorzystywanego dla potrzeb kolejnictwa) i wielkość zasobów (złoża o zasobach ponad 2 mln t).

4. Większość kopalin z analizowanych złóż spełnia wymagania konieczne do ich zastosowania w kolejnictwie, przy czym około 58% złóż zakwalifikowano do klasy I, 21% – do klasy II i 21% złóż do klasy III.

5. Ze względu na ochronę i racjonalne wykorzystanie zasobów kopalin złoża blocznych granitów i sjenitów oraz czystych kwarcytów nie powinny być rozpatrywane pod względem rezerw zasobowych dla kolejnictwa. Priorytetem ich wykorzystania powinno być w pierwszym przypadku budownictwo, w drugim przemysł materiałów ogniotrwałych. Dla kolejnictwa mogą być przeznaczone pozostałości surowca po produkcji asortymentów priorytetowych, jeśli spełnią oczekiwane wymagania techniczne. Ten element ochrony zasobów

kopalin o rzadkich i cennych walorach użytkowych powinien znaleźć odzwierciedlenie w polityce koncesyjnej.

6. Zasoby geologiczne kopalin skalnych o własnościach korzystnych dla ich wykorzystania w kolejnictwie w aktualnie eksploatowanych złożach są znaczne. Analizując jednak wysoki roczny ubytek zasobów kopalin związany z masową ich eksploatacją na cele budowlane i drogowe (w tym kolejnictwo), realnie w perspektywie kilku do kilkunastu lat nastąpi szczypanie zasobów kilkunastu złóż i konieczność rozpoczęcia eksploatacji złóż rezerwowych lub znacznego zwiększenia mocy produkcyjnych pozostałych istniejących kopalń.

Literatura

- Babicz, S. 2014. Wagon kontra naczepa. *Surowce i maszyny budowlane* nr 1, s. 12–14.
- Basiewicz, T., Gołaszewski, A. i Towpik, K. 2011. Nawierzchnia kolejowa z kompozytem tłuczniowym. *Pr. Nauk. Politech. Warszawskiej* nr 77, s. 5–26.
- Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce (na 31.12.2012). : PIG-PIB.
- Bromowicz, J. i Karwacki, A. 2000. Perspektywy wykorzystania zwięzłych skał osadowych polskich złóż w drogownictwie – porównanie ze skałami magmowymi i metamorficznymi. *Geologia AGH*, 26, 1, s. 9–50.
- Gawlik, L., Kryzia, D. i Uberman, R. 2013. Koszty transportu kolejowego i samochodowego w kontekście bilansowania rynków surowców skalnych w Polsce. *Prace Nauk. Inst. Górn. Polit. Wr.* nr 136.
- Góralczyk, S. i Kukielska, D. 2010. Jakość krajowych kruszyw. *Górnictwo i Geoinżynieria* R. 34, 4, s. 211–214.
- Góralczyk, S. i Kukielska, D. 2010. Europejskie kierunki prac normalizacyjnych dotyczących kruszyw sztucznych i z recyklingu. *Prace Nauk. Inst. Górn. Polit. Wr.* nr 133, nr 40.
- Góralczyk, S. i Kukielska, D. 2013. Surowce wtórne baza zasobową do produkcji kruszyw. *Prace Nauk. Inst. Gorn. Pol. Wr.* nr 136.
- Karwacki, A. 1992. Kryteria kwalifikacji jakościowej skalnych surowców drogowych dla potrzeb budowy autostrad. *Górn. Odkr.* 34, 3, s. 112–117.
- Płonka, P. 2013. Kruszywo pod Pendolino. *Surowce i maszyny budowlane* 4, s. 56–59.
- Raport: Prognoza potrzeb produkcji kruszyw w Polsce w latach 2012-2020. 2012. (www.kruszpol.pl).
- Skrzyński, E. 2003. Normy na kruszywa do nawierzchni kolejowych. *Materiały XII Konf. Naukowej – Drogi Kolejowe*. Gdańsk, Sobieszewo.

