

# **Kruszywa mineralne**

**t. 2**

Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii  
Politechniki Wrocławskiej

Wrocław 2018

Redaktor naukowy  
Wojciech GLAPA

Recenzenci  
Krzysztof GALOS  
Daniel SARAMAK

Korekta tekstów w języku angielskim  
Stanisław ŚLUSARCZYK

Redaktor techniczny  
Jarosław GOGOLEWSKI

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej książki, zarówno w całości, jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny, fotograficzny i inny bez zgody wydawcy i właścicieli praw autorskich.

© Copyright by Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii  
Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2018

WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII, GÓRNICTWA I GEOLOGII  
POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ  
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
[www.wggg.pwr.edu.pl](http://www.wggg.pwr.edu.pl)  
[wggg@pwr.edu.pl](mailto:wggg@pwr.edu.pl)

**ISBN 978–83–946706–5–8**

## Spis treści

Maria BRYCH, Arkadiusz GRZEŚKOWIAK Metoda ograniczenia zapylenia i stabilizacji podłoża z zastosowaniem fitomat	5
Anna GABRYŚ-GODLEWSKA, Dominika KAFARA, Olimpia KOZŁOWSKA, Barbara TURBIAK, Iwona WALENTEK Wstępna ocena stanu rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych w województwie mazowieckim	15
Krzysztof GALOS, Alicja KOT-NIEWIADOMSKA Strategiczne złoża kamieni łamanych i blocznych Dolnego Śląska w świetle przeprowadzonych waloryzacji	25
Stefan GÓRALCZYK, Michał FILIPCZYK Aktualne badania reaktywności alkalicznej polskich kruszyw – część II	37
Stefan GÓRALCZYK, Anita PABICH Analiza jakości krajowych kruszyw	49
Sebastian JENDRYSIK, Leszek BALCARCZYK Monitorowanie zasobów i urządzeń w procesie pozyskiwania surowców z hałd	61
Wiesław KOZIÓŁ, Ireneusz BAIC, Andrzej CIEPLIŃSKI Kruszywa żwirowo-piaskowe. Tendencje zmian jakości zasobów	69
Danuta KUKIELSKA Kruszywa sztuczne – produkt przyszłości?	85
Danuta KUKIELSKA, Przemysław CERBA Zagospodarowanie odpadów granitowych	93
Łukasz MACHNIAK, Dorota ŁOCHAŃSKA Kruszywa do betonu w budownictwie mieszkaniowym	99
Leszek MAJEWSKI, Jarosław STANKIEWICZ, Przemysław CERBA Kierunki zagospodarowania frakcji grubych uzyskiwanych w procesie produkcji kruszywa lekkiego Gransil	109
Jerzy MALEWSKI Planowanie zdolności produkcyjnej zakładu przeróbki surowców skalnych	117
Piotr MATUSIAK, Daniel KOWOL Zastosowanie inteligentnych rozwiązań w procesach produkcji kruszyw mineralnych	133
Remigiusz MODRZEWSKI, Piotr WODZIŃSKI, Katarzyna ŁAWIŃSKA Składowanie odpadów mineralnych razem z odpadami komunalnymi	143
Zdzisław NAZIEMIEC, Albin GARBACIK, Grzegorz ADAMSKI Długoterminowe badania reaktywności alkalicznej krajowych kruszyw	151
Ewelina PABIŚ-MAZGAJ, Zdzisław NAZIEMIEC, Anna MIERZEJEWSKA-KMIEĆ Ocena możliwości wystąpienia minerałów potencjalnie reaktywnych alkalicznie w kruszywie połodowcowym	161
Sławomir PATLA, Kamil ROGOSZ Możliwości wykorzystania doświadczeń z górnictwa odkrywkowego do makroniwelacyjnych robót strzałowych	173
Miranda PTAK, Zbigniew KASZTELEWICZ Ważne zmiany w przepisach dotyczących prowadzenia działalności górniczej	183
Mariola STEFANICKA, Danuta RAJZAKOWSKA Innowacyjność i gospodarka złożami w Strzeblowskich Kopalniach Surowców Mineralnych	191
Marek WILAND Przygotowywane zmiany w sferze planowania przestrzennego a ochrona złóż i wydobywanie kopalni	201
Stanisław WOŁKOWICZ, Anna GABRYŚ-GODLEWSKA, Paulina KOSTRZ-SIKORA Problematyka surowców pospolitych w projekcie polityki surowcowej państwa	213
Jacek ZAJĄC, Piotr KOWALSKI, Małgorzata REJMAN Drgania ogólne na stanowiskach pracy związanych z przeróbką rud miedzi	223
Autorzy	230

## Contents

Maria BRYCH, Arkadiusz GRZEŚKOWIAK The use of phytomats (phyto-cloths) to reduction of dustiness and stabilization of soil	5
Anna GABRYŚ-GODLEWSKA, Dominika KAFARA, Olimpia KOZŁOWSKA, Barbara TURBIAK, Iwona WALENTEK Preliminary assessment of recultivation of post-mining excavations in Mazowieckie voivodeship	15
Krzysztof GALOS, Alicja KOT-NIEWIADOMSKA Strategic deposits of crushed and dimension stone in Lower Silesia in the light of the valorisation carried out	25
Stefan GÓRALCZYK, Michał FILIPCZYK Polish aggregate latest alkali reactivity test results – part II	37
Stefan GÓRALCZYK, Anita PABICH Quality analysis of national aggregates	49
Sebastian JENDRYSIK, Leszek BALCARCZYK Monitoring of resources and machines in a process of raw minerals recovery from mine heaps	61
Wiesław KOZIOL, Ireneusz BAIC, Andrzej CIEPLIŃSKI Gravel and sand aggregates. trends in the quality of resources	69
Danuta KUKIELSKA Artificial aggregates – a product of the future?	85
Danuta KUKIELSKA, Przemysław CERBA Development of granite waste	93
Łukasz MACHNIAK, Dorota ŁOCHAŃSKA Concrete aggregates in residential buildings	99
Leszek MAJEWSKI, Jarosław STANKIEWICZ, Przemysław CERBA Kierunki zagospodarowania frakcji grubych uzyskiwanych w procesie produkcji kruszywa lekkiego Gransil	109
Jerzy MALEWSKI Capacity planning in the rock processing plants	117
Piotr MATUSIAK, Daniel KOWOL Use of intelligent solutions in production of mineral aggregates	133
Remigiusz MODRZEWSKI, Piotr WODZIŃSKI, Katarzyna ŁAWIŃSKA Storage of mineral waste together with municipal waste	143
Zdzisław NAZIEMIEC, Albin GARBACIK, Grzegorz ADAMSKI Long-term measurements of alkali reactivity of domestic aggregates	151
Ewelina PABIŚ-MAZGAJ, Zdzisław NAZIEMIEC, Anna MIERZEJEWSKA-KMIEĆ Assessment of the possibility of occurrence of potential alkali-reactive minerals in crushed aggregates from glacial deposit	161
Sławomir PATLA, Kamil ROGOSZ Possibilities of using the experience of opencast mining for macro-levelling blasting works	173
Miranda PTAK, Zbigniew KASZTELEWICZ Important changes in regulations regarding conducting mining operations	183
Mariola STEFANICKA, Danuta RAJZAKOWSKA Innovation and deposits management in Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych	191
Marek WILAND Law changes in preparation in the sphere of spatial planning according to mineral deposits protection and mineral extraction	201
Stanisław WOŁKOWICZ, Anna GABRYŚ-GODLEWSKA, Paulina KOSTRZ-SIKORA Problematics of common raw materials in the project of state raw mineral policy	213
Jacek ZAJĄC, Piotr KOWALSKI, Małgorzata REJMAN Hazard of general vibration at the workstations in copper ore processing industry	223
Authors	230



Maria BRYCH, Arkadiusz GRZEŚKOWIAK

*POLTEGOR-INSTYTUT – Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław*

## **METODA OGRANICZENIA ZAPYLENIA I STABILIZACJI PODŁOŻA Z ZASTOSOWANIEM FITOMAT**

### **1. WSTĘP**

Emisja pyłu w odkrywkowych zakładach górniczych wiąże się z wydobywaniem kopalin, przeróbką i składowaniem produktów. Jest ona ograniczana głównie poprzez stosowanie hermetyzacji procesów przeróbczych (zamknięcie urządzeń i maszyn linii przeróbczej w budynkach), zadaszenia przenośników, przez różnego rodzaju osłony i uszczelnienia oraz wykorzystanie instalacji odpylających i zraszających. Źródłem wzmożonego pylenia są często miejsca zrzutu kruszywa z przenośników na urządzenia krusząco-sortujące stożki składowisk oraz nieutwardzone drogi transportowe. Ponadto pylenie może odbywać się z niezabezpieczonego przed aeromigracją materiału skalnego zawierającego drobne frakcje. Pozostający na zwałowiskach (do momentu rekultywacji) nadkład oraz zgromadzone produkty gotowe o małej granulacji (do momentu ich sprzedaży) są także miejscami powstawania zapylenia. Znajdujące się w powietrzu drobiny powodują szereg niekorzystnych oddziaływań zarówno na obiekty zakładu górniczego i przeróbczego, jak i na środowisko naturalne. Unoszone przez wiatr lotne części mineralne pogarszają skład jakościowy powietrza, a zatem warunków pracy ludzi i maszyn, przyczyniając się także do szybszego zużycia elementów maszyn i urządzeń. W przypadku składowania drobnych, odpadowych frakcji produktów, następuje stosunkowo niewielki ubytek ich masy, ale migracja na składowiska wysokiej jakości produktów gotowych może powodować pogorszenie ich jakości. Pyłące powierzchnie istotnie pogarszają walory przyrodnicze i krajobrazowe otoczenia oraz wpływają niekorzystnie na przyległe uprawy. Obniżają przede wszystkim komfort życia mieszkańców przyległych zabudowań i wartość rynkową nieruchomości. Stanowią powód częstych konfliktów środowiskowych i społecznych, co nierzadko skutkuje utrudnieniami w procesach legislacyjnych uzyskania lub przedłużenia koncesji na działalność górnictwem oraz karami i restrykcjami administracyjnymi.

## 2. ROZWIĄZANIA ZAPOBIEGAJĄCE EMISJI PYŁÓW

Przedsiębiorca górniczy zobowiązany jest rozpoznawać i usuwać zagrożenia środowiskowe na stanowiskach pracy oraz zagrożenia oddziałujące na tereny wokół zakładu. Dotychczasowe rozwiązania minimalizujące zapylenie w odkrywkowych zakładach górniczych dotyczą głównie punktów powstawania i kumulowania się frakcji pylastych. Zraszanie jest najczęściej stosowanym środkiem obejmującym przede wszystkim miejsca zrzutu kruszyw składowiska produktów kruszywowych, drogi transportowe, czasem na rekultywowane zwałowiska. Zapylenia ograniczane są najczęściej poprzez (Stefanicka, 2013):

- dalekosiężne zraszacze wodne instalowane w miejscach zrzutu, na przenośnikach, przesypach i wzdłuż dróg transportowych,
- mgłowe systemy zraszania głowicami dyspergującymi (dociążanie cząstek pyłu mikrocząsteczkami wody i koagulacja cząstek pyłu),
- zraszania wodą wzbogacaną w środki wiążące,
- mechaniczne odpylania,
- nasadzenia drzew i krzewów na kierunkach największego zagrożenia zapyleniem,
- tworzenie wałów chroniących przed migracją pyłów,
- zrzuty teleskopowe ograniczające rozprzestrzenianie się pyłów ze strumienia spadającego produktu z przenośnika.

W celu minimalizacji zapylenia wtórnego ze zwałowisk (czy hałd pokopalnianych) oraz dodatkowo w celu zwiększenia nośności gruntów i stabilizacji podłoża na skarpach stałych stosuje się:

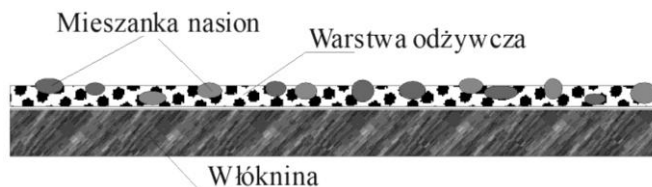
- iniekcje skarp i nasypów środkami zawierającymi plastyfikatory lub zraszanie środkami zawierającymi bitumeny (Stabicol CE),
- wtlaczanie hydrożelu (potasowego lub sodowego) wzbogaconego o nawozy i minerały poprawiające jakość gleby,
- zraszanie wodą wzbogacaną o chlorek wapnia będący środkiem wiążącym lub włókien celulozowych z dodatkiem komponentów użyźniających,
- biomaty plecione z włókien kokosowych i słomianych stabilizujące powierzchnie zwałowisk, skarp.

Zraszanie jest jak dotychczas najpowszechniejszym zabezpieczeniem przed emisją pyłów ze zwałowisk i składowisk produktów gotowych. Często są to urządzenia prowizoryczne i zawodne. W wielu przypadkach sumaryczna powierzchnia narażona na erozję jest na tyle duża, że zraszanie jest utrudnione, a efekty szczególnie w okresie letnim są krótkotrwałe. Zraszanie wiąże się ponadto z dużym zużyciem wody oraz kosztami utrzymania i konserwacji instalacji (Grześkowiak i in., 2015).

### 3. KONCEPCJA MAT Z MATERIAŁEM BIOLOGICZNYM

Obserwacje i badania prowadzone w kopalniach pozwoliły na bliższe zapoznanie się z problemem zapylenia. Przeprowadzono wstępne badania dotyczące zastosowania mat okrywowych wzbogaconych w materiał biologiczny do celów rekultywacyjnych. Koncepcja tzw. fitomat zakładała możliwość ich zastosowania jako przenośne elementy zabezpieczające powierzchnie stożków produktów gotowych przed pyleniem oraz elementy pokrycia docelowych skarp zwałowisk w celu poprawy stateczności i ochrony przed erozją. Fitomaty opracowano pod kątem ograniczenia lub wyeliminowania pylenia składowisk i zwałowisk zawierających drobne lotne frakcje kruszyw. Rozwiązanie to charakteryzuje się dużą skutecznością w zakresie zapobiegania przed unoszeniem drobnych, lotnych cząstek mineralnych przez wiatr. Zaletą jest także dość szybki i stosunkowo prosty sposób pokrycia powierzchni z wykorzystaniem maszyn będących na wyposażeniu kopalni (Grzeškowiak i in., 2015).

Idea mat okrywowych zakłada wykorzystanie naturalnych, biodegradowalnych materiałów organicznych; włókniny jutowej, kokosowej lub geowłókniny, z nanieśioną mieszanką nasion roślinnych, dostosowanych do rodzaju podłoża. Gotowy produkt składa się z trzech głównych elementów: podkładu, mieszanki nasion roślin i substancji odżywczych. Podkład (mata) stanowi bazę dla nasączenia składnikami odżywczymi i przyklejenia nasion roślin (rys. 1). W przypadku zastosowania mat z materiałów nie ulegających biodegradacji, możliwe jest zdjęcie fitomaty, np. ze składowiska i powtórne zastosowanie na innej powierzchni. Odpowiedni dobór roślin i krótki czas zastosowania pokrycia, zapobiega nadmiernej penetracji systemu korzeniowego w głąb powierzchni kruszywa. W przypadku stosowania fitomat do osłony produktów gotowych, system korzeniowy powinien być na tyle krótki i mocny, aby przy zdejmowaniu fitomaty nie uległ zerwaniu. Włóknina jutowa charakteryzuje się odpowiednią nasiąkliwością, zapewniającą utrzymanie wilgoci niezbędnej do wegetacji oraz przyczepnością do nasączenia zawieszoną będącą miksturą nasion i substancji odżywczych. Podstawę flory stanowi odpowiednio wyselekcjonowana mieszanka nasion roślinnych, zapewniająca gęste pokrycie podkładu warstwą wegetatywną z systemem korzeniowym, umożliwiającym wiązanie maty z podłożem. Ważnym składnikiem fitomaty jest substancja odżywcza stosowana w formie żelu, którym przytwierdzone są nasiona roślin i substancje nawozowe.



Rys. 1. Schemat ideowy fitomaty  
Fig 1. Schematic drawing of phytomata

W fazie opracowania jest również system rozwijania oraz kotwienia fitomat. Oprzyrządowanie może być montowane na wysięgnikach ładowarek lub innych maszyn, będących na wyposażeniu kopalń. System taki pozwala na stosunkowo szybkie rozwijanie lub zwijanie mat oraz ponowne zastosowanie ich w innej lokalizacji. Mobilność fitomat jest cechą stanowiącą o dodatkowych korzyściach związanych z zabezpieczaniem powierzchni przy zmiennym kierunku wiatru, przy konieczności udostępnienia części powierzchni oraz szybkiego zabezpieczenia skarp przed erozją czy obsuwaniem. Ze względu na różnorodność gromadzonych kruszyw i odpadów przerobczych, konieczne było do ułożenia fitomat dostosowanie składu ilościowego i jakościowego mieszanek nasiennych do podłoża. Do badań wykorzystano drobne odpadowe frakcje kruszyw bazaltowych, piaskowcowych, wapiennych oraz materiał pochodzący ze zwałowiska kopalni granitu.

#### 4. DOTYCHCZASOWE ZASTOSOWANIA FITOMAT

Na podstawie danych literaturowych przedmiotem prac były badania mieszanek nasiennych, przewidzianych do zastosowania w fitomatach. Przy wyborze materiału biologicznego do nanoszenia na maty uwzględniano cechy roślin stanowiące o ich możliwościach wzrostu w trudnych warunkach pogodowych i na podłożach ubogich w substancje odżywcze oraz spełniające inne założenia koncepcji fitomat (Falkowski i in., 1982; Chaber & Bzowski, 2002; Domański B., 2009). Jako kryteria przyjęto (Grześkowiak i in., 2015):

- zimotrwałość roślin,
- tworzenie gęstej darni korzeniowej,
- odporność na suszę; zraszanie jedynie na etapie kiełkowania i wzrostu,
- preferowany przez rośliny rodzaj pH i podłoża związane z lokalizacją mat,
- koegzystencja roślin zapewniająca ich współdziałanie i nie wykluczanie się,
- duża szybkość kiełkowania, szybkie osiągnięcie pełnego rozwoju,
- rozrastanie się siatki roślinnej, np. od pędów generatywnych pokładających się u podstawy i zakorzeniających się w dolnych węzłach.

Przykładem gatunku, który spełnia te oczekiwania okazała się kostrzewa owcza (*Festuca ovina*). Cechami decydującymi o jej przydatności jest występowanie na suchych i piaszczystych glebach, preferowanie stanowisk dobrze nasłonecznionych, odporność na ostre zimy. W korzystnych warunkach może być nawet zimozielona.

Cechą charakterystyczną dla innego gatunku – jastrzębca kosmaczka (*Hieracium pilosella* L.), jest jego występowanie na stanowiskach suchych, piaszczystych i słabo nawożonych, co spowodowało włączenie tego gatunku do stosowanej mieszanki nasiennej. Pod ziemią wytwarza on zgrubiałe, pełzające kłącza, które wzmacniają darń wytworzoną przez inne rośliny. Kolejnym wyselekcjonowanym w trakcie badań gatunkiem była życica trwała (*Lolium perenne* L.). Rozwija ona gęsty system

korzeniowy o płytkim zasięgu, co zapewnia szybki i równomierny wzrost. Jest to gatunek światłolubny, bardzo szybko wschodzący po siewie, szybko rozpoczynający vegetację na wiosnę i bardzo szybko odrastający. Polecany do stosowania na żwirach i frakcjach grysowych (Broda i in. 2017; Falkowski, 1982).

Przeprowadzone badania nad przydatnością poszczególnych gatunków traw i ich odmian do zastosowania w filomatach, pozwoliły na wyselekcjonowanie mieszanek nasiennych najlepiej znoszących trudne warunki wzrostu na ubogich podłożach skalnych (Grześkowiak i in., 2015). W niektórych przypadkach, niezbędne okazało się prowadzenie dodatkowych zabiegów pielęgnacyjnych. Na 1 m<sup>2</sup> maty średnio rozprowadzano ok. 20–25 g mieszanki nasiennej.

## 5. STABILIZACJA NASION

Testowano maty jedno- i dwuwarstwowe, a nasiona umieszczano odpowiednio na powierzchni maty lub pomiędzy jej dwoma warstwami. Czynniki pogarszającymi utrzymanie nasion były warunki atmosferyczne, w szczególności wiatr i opady deszczu. Przy dużych opadach i silnym wietrze wysiane nasiona częściowo migrowały w zagłębienia i rejonu osłonięte lub były całkowicie zmywane strugami wody lub wywiewane. Problem ten nie miał miejsca przy matach dwuwarstwowych. Celem poszukiwania metod pozwalających na dostatecznie trwałe związanie nasion z matą i podłożem był dobór środków z właściwościami klejącymi. Jednym z założeń było zastosowanie prostego i taniego środka oraz jego pełna biodegradowalność w trakcie rozkładania maty. Uśredniona gęstość środka wiążącego rozprowadzona na 1 m<sup>2</sup> wynosiła 15–35 g/0,5 dm<sup>3</sup> wody lub w proporcji 7,5–15 g/1 dm<sup>3</sup> w zależności od środka wiążącego.

Początkowe badania wskazały, że fitomaty przewidziane do zastosowania w warunkach kopalnianych muszą być tworzone z dwóch (dolnej i górnej) części mocnej tkaniny jutowej, połączonych (zszywanie, klejenie) tak, aby substancje odżywcze nie wysypywały się i nie przemieszczały, a nasiona chronione były przed działaniem warunków zewnętrznych. Wyniki obserwacji i doświadczeń prowadzonych w warunkach rzeczywistych na zwałowisko w kopalni granitu, wskazały na porównywalne efekty utrzymania nasion na macie jednowarstwowej lub w macie dwuwarstwowej (Grześkowiak i in., 2015).

## 6. BADANIA PRÓBEK NA ZRÓŻNICOWANYCH PODŁOŻACH

Zapylenie dotyczy kopalń niezależnie od rodzaju eksploatowanej na kruszywo kopaliny. Do badań wykorzystano materiał pobrany na zwałowiskach w kopalniach bazaltu, piaskowca, wapieni oraz granitu. Próby wykonano na podłożach z kruszywo oraz na podłożach materiału zwałowanego z niewielką kilkuprocentową domieszką

warstwy humusowej. Na stanowiskach badawczych testowano różne typy mat. Sprawdzano maty z geowłókniny jako osnowę do umieszczania na nich nasion, nawozu i czynnika stabilizującego. Sprawdzano także maty jutowe o zróżnicowanej gramaturze i gęstości siatki (150–350 g/m<sup>2</sup>). Na matach o niskiej gramaturze, nasiona utrzymywały się najslabiej, mimo zastosowania środka stabilizującego o wysokiej gęstości.



Rys. 2. Widok ukorzenia fragmentu fitomaty w podłożu  
Fig. 2. A view of the rooting of a phytomata fragment in the substrate



Rys. 3. Rozwój roślin w warunkach laboratorium  
Fig. 3. Plant development in laboratory conditions

Stanowiska badawcze umieszczono w zróżnicowanych warunkach nasłonecznienia i prowadzono obserwacje przy zróżnicowanym stopniu zraszania mat. Uzyskane efekty były monitorowane i utrwalane w formie fotografii. Badania wykazały, że dla wykiełkowania nasion i wzrostu roślin niezbędna jest minimalna ilość gleby. W próbkach, w których zastosowano w podłożu 3–8% domieszkę humusu,

zaobserwowano szybkie kiełkowanie nasion, gęste źdźbła i silniejsze ukorzenie (rys. 2, 3). Najlepsze efekty otrzymano każdorazowo przy wzbogacaniu maty w ziemię ogrodniczą i nawóz.

Ostatecznie określono, że badania terenowe zostaną przeprowadzone na składowiskach produktów albo zwałowiskach zewnętrznych. Fitomaty zostały przymocowane do podłoża kołkami; zastosowano maty z włókniny jutowej o grubości 0,5–2,2 mm, a przed ułożeniem zostały pokryte zawiesiną środka klejącego, humusu oraz mieszanką nasienną roślin wiechlinowatych, dzwonkowych lub astrowatych; w kilku przypadkach także nasączone mieszanką nawozu.

## 7. ZASTOSOWANIA

Próby ułożenia fitomat przeprowadzono w październiku i listopadzie 2016 roku na zwałowiskach Kopalni Granitu Gniewków. Stoki wybranych skarp pokryto fitomatami zawierającymi mieszankę nasion roślin, humusu i środka wiążącego. W innych miejscach zwałowisk ułożono maty o zróżnicowanym składzie mieszanki nasion i nawozów. Stały monitoring wykazał kiełkowanie nasion w okresie 10–15 dni od momentu rozłożenia fitomaty. Po 25 dniach roślinność była zwarta, źdźbła traw osiągały wysokość około 2 cm, a korzenie tworzyły gęstą lecz płytką darń (rys. 4).



Rys. 4. Rozwój roślin na zwałowisku kopalni granitu  
Fig. 4. Plant development on a granite mine dumping site

Pozwalało to na ich łatwe podniesienie i ewentualne ułożenie w innym miejscu lub usunięciu. W pierwszych dwudziestu dniach stosowano zraszanie fitomat urządzeniami stosowanymi w kopalni do ograniczania zapylenia powodowanego przez pojazdy transportowe na drogach kopalnianych. Adaptacja tych urządzeń do nawadniania mat umożliwiła jeszcze szybsze wykiełkowanie i wzrost roślin. Część mat pozostawiono bez wspomaganie nawadnianiem. Wynikiem tego było spowolnione kiełkowanie roślin w okresie późnej jesieni i wolniejszy wzrost. Jednak, mimo skrajnie



niedogodnych warunków, nasiona te zdołały wykiełkować i utrzymać wzrost do okresu prowadzenia ostatniej obserwacji. Rozwijanie mat w chłodniejsze, deszczowe dni w okresie wiosennym lub jesiennym zmniejsza zapotrzebowanie roślin na wodę, wystarczające okazuje się sporadyczne zraszanie. Po wykiełkowaniu, rośliny odznaczają się dużą żywotnością i nie potrzebują dodatkowych zabiegów pielęgnacyjnych czy nawożenia.

Opracowane i sprawdzone rozwiązanie ochrony przed pyleniem i stabilizacją powierzchni za pomocą fitomat jest chronione patentem na rzecz IGO – Instytut Górnictwa Odkrywkowego (Patent PL 226780 B1, 2017).

## 8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Efekt ograniczenia pylenia z całej powierzchni zwałowiska nie został osiągnięty ze względu na zastosowanie mat na niewielkiej powierzchni. Już w początkowym etapie kiełkowania uzyskano efekt stabilizacji maty przez korzenie roślin w warstwie powierzchniowej. Większą przyczepność osiągnięto na powierzchniach wstępnie wygładzonych i ubitych. W tym okresie kiełkowania rośliny wymagają sukcesywnego zraszania, natomiast po około 2 miesiącach fitomaty nie wymagały żadnych dodatkowych zabiegów pielęgnacyjnych. Umieszczenie nasion roślin na włókninie oraz dobór roślin do szczególnych warunków podłoża i funkcjonalności sprawiło, że fitomaty z powodzeniem mogły być przetransportowane w inny, bardziej narażony na pylenie rejon. Uzyskuje się również całkowitą biodegradowalność fitomat na bazie włókniny jutowej, co jest szczególnie przydatne w działaniach rekultywacyjnych.

Zapobieganie pyleniu z powierzchni zwałowisk może być bardziej skuteczne poprzez zastosowanie fitomat i prowadzenie nasadzeń drzew i krzewów. Zastosowanie fitomat daje natychmiastowy efekt braku zapylenia oraz poprawia stabilność skarp zapewniając jednocześnie korzystniejsze warunki wzrostu innym roślinom. Początkowy okres (kiełkowanie), wymaga nawadniania roślin, jednak w późniejszym czasie fitomaty nie wymagają dodatkowej pielęgnacji. Zastosowane mieszanki nasion mogą być modyfikowane i wzbogacane o nasiona innych roślin podnosząc efektywność zabiegów rekultywacyjnych i rewitalizujących tereny poprzemysłowe i zdegradowane działalnością wydobywczą lub do zabezpieczenia skarp i zboczy przed osuwaniem się czy erozją.

Kontynuacja badań i monitorowanie skuteczności zastosowanych rozwiązań, pozwolą na dalszą korektę składu materiału roślinnego i efektywnego podnoszenia jakości fitomat. Szersze wdrożenie opracowanych rozwiązań powinno przynieść wymierne efekty ekonomiczne przedsiębiorcom prowadzącym działalność górnictwa lub budowlaną oraz pozwolą na ograniczenie zasięgów niekorzystnego oddziaływania środowiskowego.



## LITERATURA

- BRODA J., GAWŁOWSKI A., GRZYBOWSKA-PIETRAS J., ROM M., PRZYBYŁO S., LASZCZAK R., 2017, *Zastosowanie geotekstyliów do stabilizacji stromych skarp w kopalniach żwirowych*, Inżynieria Ekologiczna, vol. 18, z. 1, 71–77.
- CHABER M., BZOWSKI Z., 2002, *Rekultywacja składowisk odpadów powęglowych*, Wiadomości Górnicze nr 3, s. 107–111.
- DOMAŃSKI B., 2009, *Rewitalizacja terenów przemysłowych – specyfika wyzwań i instrumentów*, Praca zbiorowa Jarczewski W. – red., *Przestrzenne aspekty rewitalizacji – śródmieścia, blokowiska, tereny przemysłowe, pokolejowe i powojkowe*, Instytut Rozwoju Miast, t. 4, 125–136.
- FALKOWSKI M., 1982, *Trawy polskie*, PWRiL.
- GRZEŚKOWIAK A., BRYCH M., PATLA S., ROGOSZ K., 2015, *Badania mieszanek nasiennych do zastosowania w fitomatach, ograniczających zapylenie w odkrywkowych zakładach górniczych*, IGO Poltegor-Instytut, (niepubl.).
- Patent nr PL 226780 B1, 2017, *Sposób ograniczenia pylenia pryzm, hałd czy zwalowisk odkrywkowych zakładów górniczych i przerobczych albo zabezpieczenia przed zanieczyszczeniem składowanych w pryzmach produktów sypkich oraz wytwór do realizacji tego sposobu*.
- STEFANICKA M., 2013, *Techniczne metody ograniczania zapylenia w zakładach kruszyw i ocena ich skuteczności*, Mining Science, vol. 20, 71–85.

## THE USE OF PHYTOMATS (PHYTO-CLOTHS) TO REDUCTION OF DUSTINESS AND STABILIZATION OF SOIL

Limitation of dustiness coming from heaps of loose material in open pits is one of the problems of minimizing of unfavorable effects connected with production and storage of aggregates or overburden material. With respect to protection against fine material migration, the effectiveness of commonly used spraying is temporary and limited, and causes many unfavorable influences on mining and processing facilities and natural environment. The use of phytomats, which form biological base for selected variety of plants, enables protection of heaps of materials stored in open pits, reduction of dustiness and stabilization of heap slopes.



Anna GABRYŚ-GODLEWSKA, Dominika KAFARA, Olimpia KOZŁOWSKA,  
Barbara TURBIAK, Iwona WALENTEK

*Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie*

## **WSTĘPNA OCENA STANU REKULTYWACJI WYROBISK POEKSPLOATACYJNYCH W WOJEWÓDZTWIE MAZOWIECKIM**

### **1. WSTĘP**

Przepisy prawne obowiązujące w Polsce definiują kto i na jakich zasadach zobowiązany jest do przeprowadzania prac rekultywacyjnych oraz jakie organy administracji państwowej mają za zadanie czuwać nad wypełnianiem tych obowiązków: ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* (dalej skrótowo *pgig*) oraz *o ochronie gruntów rolnych i leśnych*. Rekultywacja wyrobisk jest obowiązkiem przedsiębiorcy prowadzącego działalność górniczą (art. 129 ust. 1 *pgig*). Kierunek rekultywacji, jaki powinien zostać wykonany po zakończeniu eksploatacji, określany jest w projekcie zagospodarowania złoża, w uzgodnieniu z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego (Kasztelewicz & Ptak, 2011a, 2011b; Pietrzyk-Sokulska & Kulczycka, 2014). Praktyczne doświadczenia pracowników Państwowej Służby Geologicznej (PSG) pokazują, że obowiązujące procedury w zakresie rekultywacji gruntów nie zawsze są respektowane i w efekcie wiele użytków po wydobywaniu kopalin należy kwalifikować jako zdegradowane pod względem środowiskowym i krajobrazowym.

Dla dokładniejszego zbadania problemu służba geologiczna w ramach projektu Mapa Geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (MGŚP) podjęła się przeanalizowania stanu rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych na przykładzie województwa mazowieckiego. W tym celu wykorzystano informacje o prowadzonej i zakończonej eksploatacji w granicach złóż z baz: MIDAS, ROG i MGŚP, opracowywanych w Państwowym Instytucie Geologicznym-Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB). Bieżącą analizę należy traktować jako studialną, wstępną ocenę, przeprowadzoną na podstawie weryfikacji materiałów archiwalnych.

W wykonywanej od początku 2018 roku ocenie stanu rekultywacji, uwzględniono dotychczas ponad połowę z około 900 złóż zaniechanych (po wygaśnięciu koncesji na wydobywanie) i wybilansowanych. Analizą objęto także wyrobiska powstałe w wyniku eksploatacji prowadzonej bez wymaganych prawem koncesji, ponieważ stanowią one poważny problem środowiskowy, głównie ze względu na ubytek kopalin, ale również z uwagi na powstawanie znacznych powierzchni nieużytków. O ile na złożach po

zakończeniu eksploatacji rekultywacja prowadzona jest zgodnie z przepisami prawa, o tyle regulacje prawne w przypadku przeprowadzania rekultywacji „nielegalnych” wyrobisk są trudne do zastosowania. Na podstawie doświadczeń PSG można stwierdzić, że liczba wyrobisk poeksploatacyjnych, w których nie zostały przeprowadzone prace rekultywacyjne stale wzrasta. Dotyczy to zarówno złóż udokumentowanych, jak i miejsc „dzikiej” eksploatacji.

## 2. CEL OCENY

Bezpośrednim i finalnym celem oceny stanu rekultywacji wyrobisk pogórnich jest zbadanie skuteczności i zakresu stosowania obowiązujących przepisów prawnych w zakresie prowadzenia racjonalnej gospodarki złóż i ochrony środowiska na przykładzie województwa mazowieckiego. Pierwszym etapem prac jest dokonanie analizy i przygotowanie danych typujących lokalizacje do wizji terenowych, bez których nie ma możliwości zbadania wywiązywania się przedsiębiorców z obowiązku przywracania terenów do stanu zbliżonego sprzed eksploatacji złóż. Przeprowadzenie takiego rozpoznania wynika z obowiązków PIG-PIB w zakresie realizacji zadań PSG (art. 162 *ppig*). Artykuł powstaje w połowie zaplanowanych, analitycznych prac kameralnych, a ich wyniki będą stanowiły bazę wejściowych. Kontrola przeprowadzana w terenie dostarczy informacji, a w niektórych przypadkach być może zweryfikuje efekty przeprowadzanej oceny wstępnej.

## 3. METODYKA I ZAKRES DANYCH

Na potrzeby oceny stanu rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych pozyskano dane z bazy MIDAS i ROG w zakresie złóż zaniechanych i skreślonych z krajowego bilansu zasobów kopalin (wybilansowanych) z terenu województwa mazowieckiego (MIDAS).

Tab. 1. Zaniechane i wybilansowane złoża kopalin na terenie województwa mazowieckiego według wstępnej oceny stanu rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych

Tab. 1. Abandoned mineral deposits covered by preliminary assessment of the condition of reclamation of post-mining excavations in the Mazowieckie Voivodship

Złoża wybrane do analizy	855
sprawdzone złoża	490
złoża pozostałe do sprawdzenia	328
brak możliwości sprawdzenia (brak lokalizacji, brak geometrii)	37

Uwzględniono także dane z bazy (MGŚP) w przypadku złóż zaniechanych, dla których MIDAS nie zawiera geometrii tych złóż oraz w przypadku złóż, które znajdowały się w bazie MGŚP, a w ogóle nie figurowały w bazie MIDAS. Przeanalizowano

łącznie 490 złóż ze wszystkich 855 złóż zaniechanych i wybilansowanych (rys. 1). Wszystkie wytypowane do analizy złoża, dla których pozyskano informację o ich geometrii płaskiej, zajmują powierzchnię wynoszącą ponad 25 km<sup>2</sup>. Wejściowy zbiór złóż wytypowanych do analizy określa tabela 1.

W uwzględnionych złożach przedmiotem eksploatacji w znacznej przewadze były kruszywa naturalne piaskowo-żwirowe (398 złóż) i surowce ilaste (62), ale także piaski szklarskie (1), piaski formierskie (1), piaskowce (9), wapnienie (2), syderytowe rudy żelaza (2), torfy (11) i kreda pisząca (4). W analizowanych złożach organami koncesyjnymi byli Minister Środowiska (4 złoża) i Wojewoda/Marszałek województwa mazowieckiego (188), a dla 161 złóż koncesji udzielali starostowie. Analizowane złoża eksploatowane były głównie w latach 2000., ale także w 2 poł. XX w. (tab. 2). W zbiorze złóż objętych analizą – 248 to złoża wybilansowane, a 242 z zaniechaną eksploatacją. Ich powierzchnie wynosiły od 0,01 do prawie 400 ha. Analizowano złoża od II poł. XX w. do 2015 roku. Czas trwania prac rekultywacyjnych oszacowano na około 3-letni cykl obejmujący fazy: przygotowawczą, techniczną i biologiczną (Kasztelewicz i in., 2010).

Tab. 2. Orientacyjne zestawienie okresów prowadzonej eksploatacji (czasu trwania koncesji) na analizowanych złożach do 28 lutego 2018

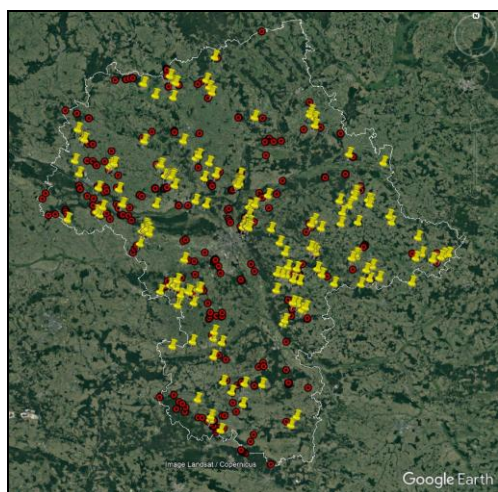
Tab. 2. An approximate summary of the mining periods (duration of the mining concession) on the deposits analyzed by February 28, 2018

Przedział czasowy rozpoczęcia eksploatacji [lata]	Liczba złóż	Przedział czasowy zakończenia eksploatacji [lata]	Liczba złóż
do 1995	117	do 1995	23
1996–2000	78	1996–2000	49
2001–2005	108	2001–2005	53
2006–2010	38	2006–2010	56
2011–2014	2	2011–2015	46
brak danych	147	brak danych	263

W dotychczas wykonanych pracach analitycznych uwzględniono 318 miejsc nielegalnej eksploatacji poza granicami udokumentowanych złóż, zinwentaryzowanych w bazie MGŚP. Wykonano także analizę dostępnych zdjęć satelitarnych i lotniczych w celu wytypowania miejsc z możliwą nielegalną eksploatacją. Łącznie do sprawdzenia w terenie wytypowano na obecnym etapie prac 179 nowych miejsc takiej eksploatacji poza terenami udokumentowanych złóż z powierzchnią wyrobiska > 100 m<sup>2</sup> (rys. 2). Kryterium powierzchniowe przyjęto, zgodnie z metodyką MGŚP, w celu wy-

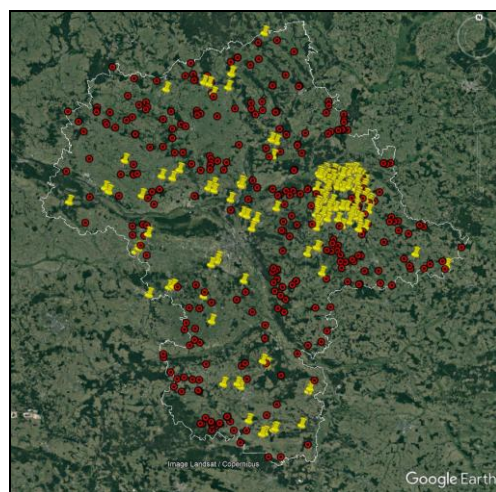
eliminowania miejsc podlegających dozwolonemu wydobywaniu na własne potrzeby (art. 4 *pgig*). Należy uwzględnić, że finalnie po zakończeniu prac analitycznych, miejsc z nielegalną eksploatacją poza granicami złóż będzie znacznie więcej.

Kierunek rekultywacji, widniejący w dokumentacji złoża jako planowany, poddany był sprawdzeniu na podstawie powszechnie dostępnych w sieci scen satelitarnych, Google Earth Pro, a także zdjęć SENTINEL 1 i 2. Analizowane sceny satelitarne i lotnicze były w większości na tyle dobrej jakości, że pozwalały na odróżnienie poszczególnych kierunków zagospodarowania: rolnego, leśnego, wodnego, rekreacyjnego innego niż wodny (boiska, parki). W pojedynczych przypadkach, gdy kierunek rekultywacji był trudny do określenia lub poszczególne części wyrobisk były zagospodarowywane w odmienny sposób, umieszczano stosowną uwagę o tym stanie.



Rys. 1. Złóża zaniechane i wybilansowane na terenie woj. mazowieckiego (czerwone punkty – złoża analizowane, żółte pinezki – złoża pozostałe do przeanalizowania)

Fig. 1. Abandoned and deleted mineral deposits in the Mazowieckie Voivodeship (red points – deposits already analysed, yellow pins – other deposits to be analysed)



Rys. 2. Zarejestrowane i „podejrzane o prowadzenie wydobywania” miejsca niekoncesjonowanej eksploatacji na terenie województwa mazowieckiego (czerwone punkty – zarejestrowane w bazie MGŚP, żółte pinezki – podejrzane o niekoncesjonowaną eksploatację – do weryfikacji terenowej)

Fig. 2. Registered and suspected points of minerals exploitation without having a mining concession in the Mazowieckie Voivodeship (red points – registered in the MGŚP database, yellow pins – suspected of unlicensed exploitation – to be verified)

#### 4. WYNIKI OCENY

Na podstawie analizy 490 złóż eksploatowanych metodą odkrywkową złóż stwierdzić można, że rekultywacja wykonana została w 61% przypadków. Na pozostałych

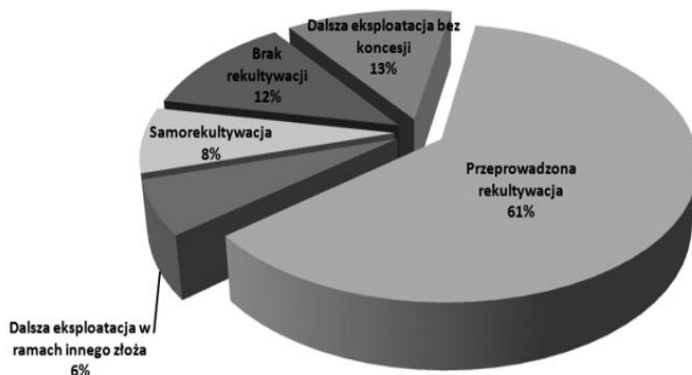
złożach nie zostały zrealizowane prace rekultywacyjne po zakończeniu eksploatacji. W przypadku 13% złóż, mimo braku koncesji na wydobycie, nadal były one eksploatowane. Na 6% złóż prowadzono eksploatację po wcześniejszym udokumentowaniu innego złoża w granicach poprzednio wybilansowanego lub zaniechanego. W przypadku 8% złóż nastąpiła renaturyzacja, (tzw. „samorekultywacja”), a 12% wyrobisk pozostało niezrekultywowanych (tab. 3, rys. 3).

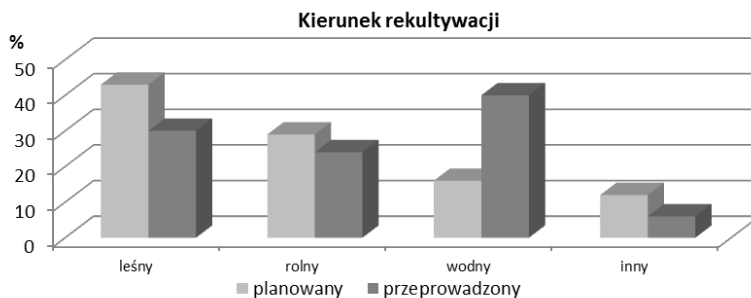
Daje się zauważyć różnice w kierunkach użytkowania nadanych w ramach rekultywacji w stosunku do zaplanowanych na etapie prowadzonej działalności górniczej (rys. 4). Rekultywacja zgodna z decyzjami rekultywacyjnymi została wykonana tylko na 49% analizowanych złóż (rys. 5). Planowany kierunek leśny w wielu miejscach został okazał się kierunkiem wodnym i w efekcie ten typ rekultywacji dominuje w analizowanych przypadkach (rys. 6). Zestawienie sposobu przeprowadzanych lub nie prac rekultywacyjnych zestawiono w tabeli 5.

Tab. 3. Sposób rekultywacji analizowanych złóż zaniechanych i wybilansowanych  
 Tab. 3. The method of reclamation of analyzed abandoned deposits

Wyszczególnienie sposobów rekultywacji	Liczba złóż
– zgodna z planowaną	196
– niezgodna z planowaną	54
– eksploatacja w ramach koncesji nowego złoża	31
– brak rekultywacji	124
– danych o sposobie rekultywacji	81
– brak możliwości weryfikacji	4

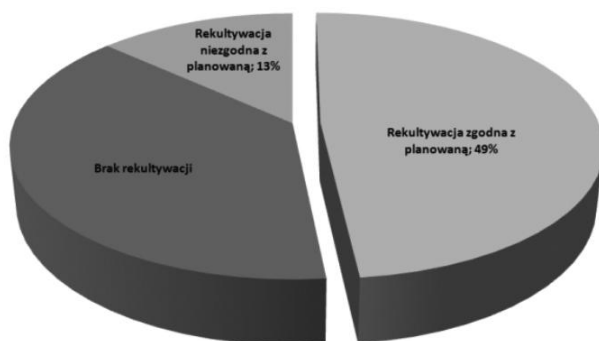
Rys. 3. Procentowy udział stanu rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych na analizowanych złóżach  
 Fig. 3. The percentage share of the reclamation state of analyzed post-mining voids





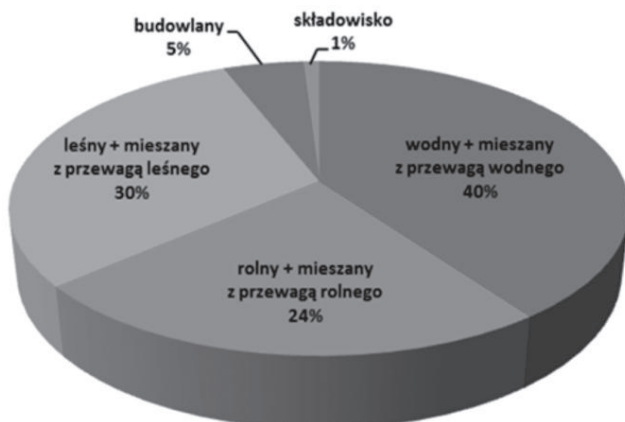
Rys. 4. Procentowy udział planowanych i przeprowadzonych kierunków rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych

Fig. 4. The percentage share of planned and conducted reclamation works of post-mining excavations



Rys. 5. Zgodność przeprowadzonych prac rekultywacyjnych z zaplanowanymi kierunkami zagospodarowania na terenach pogórnicych

Fig. 5. The compatibility of conducted reclamation works with the planned directions of development

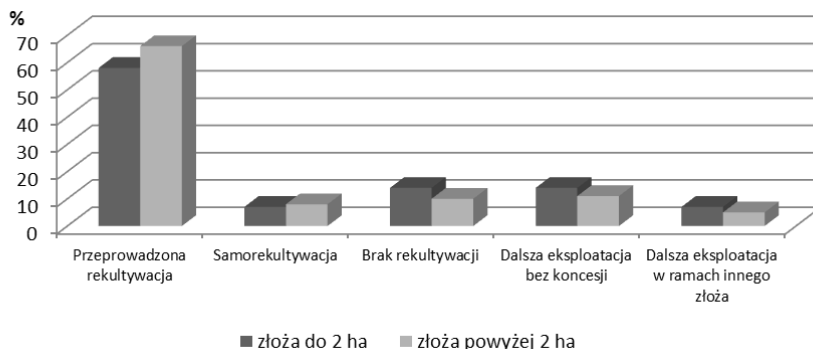


Rys. 6. Kierunki zagospodarowania terenów pogórnicych w ramach przeprowadzonych prac rekultywacyjnych

Fig. 6. The reclamation purpose of post-mining land within conducted reclamation works

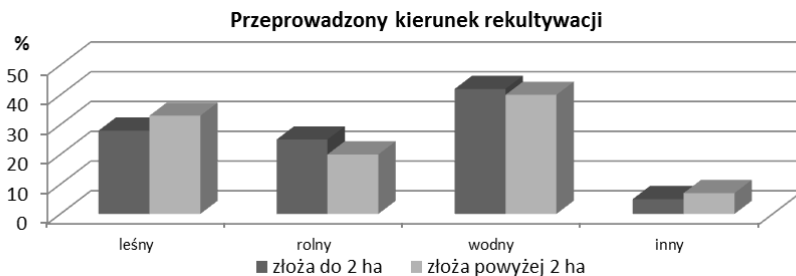


Wydaje się, że nie występują wyraźne różnice w sposobie rekultywacji lub jej braku między złożami do 2 i powyżej 2 ha (rys. 7), choć na złożach o większych powierzchniach rekultywacja była przeprowadzona nieco częściej (66% przypadków). Złóża o powierzchni > 2 ha rekultywowano też częściej w kierunku leśnym. Wodny lub rolny kierunek rekultywacji określany był częściej w dla złóż o powierzchni do 2 ha (rys. 8).



Rys. 7. Procentowy udział stanu rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych na analizowanych złożach w zależności od powierzchni złóż

Fig. 7. The percentage share of reclamation state of analyzed post-mining excavations depending on deposits areas



Rys. 8. Kierunki przeprowadzonej rekultywacji terenów pogórnictwa w zależności od powierzchni złóż

Fig. 8. The purpose of conducted reclamations of post-mining land depending on deposits areas

W przypadku obszarów objętych eksploatacją poza granicami złóż stwierdzono w 497 lokalizacjach istnienie wyrobisk o powierzchni > 100 m<sup>2</sup>. W przypadku 318 lokalizacji wyrobiska te zostały zinwentaryzowane i udokumentowane w terenie w 2012 roku, a analiza aktualnych zdjęć satelitarnych wykazała, że w ich obrębie nie zostały przeprowadzone prace rekultywacyjne. Wytypowane w pierwszym etapie prac studialnych nowe miejsca (179) z prawdopodobną nielegalną eksploatacją zostaną zweryfikowane w terenie i uwzględnione w bazie MGŚP. Obecnie należy je traktować

jako potencjalne wyrobiska górnicze, których liczba po zakończeniu wszystkich prac na pewno ulegnie zmianie – z dużym prawdopodobieństwem wzrośnie.

## 5. WNIOSKI

Z wykonanej wstępnej oceny stanu rekultywacji złóż zaniechanych i wybilansowanych województwa mazowieckiego nasuwają się następujące wnioski:

1. W odniesieniu do regulacji prawnych dotyczących rekultywacji terenów pogórnich konieczne jest nadanie przejrzystości obecnie rozproszonym w aktach normatywnych zapisom. Brak odpowiednio sprecyzowanych wytycznych w obowiązujących przepisach prawnych powoduje utrudnienia w podjęciu działań pod kątem minimalizacji negatywnego oddziaływania środowiskowego terenów pogórnich. Zwolnienie z niektórych obowiązków przedsiębiorców użytkujących złoża podlegające kompetencjom starostów jest również niekorzystne, chociażby ze względu na brak wydzielonych funduszy rekultywacyjnych; złóż tych przybywa w znacznym tempie.
2. Brak jest regulacji prawnych dających organom administracji państwowej, geologicznej i górniczej efektywnego narzędzia do wykrywania występujących nieprawidłowości. Obowiązujące regulacje prawne stwarzają luki, przyczyniające się do pozostawiania niezabezpieczonych terenów poeksploatacyjnych. Obowiązujące procedury i działania administracji państwowej w zakresie wymagania, nadzoru i kontroli rekultywacji wyrobisk pogórnich nie są w pełni skuteczne. Już na rozpoznawczym etapie prac studialnych okazało się, że w granicach jednej trzeciej przeanalizowanych złóż nie podjęto działań rekultywacyjnych, co więcej, na wielu spośród nich (13% przypadków) nadal prowadzone jest wydobywanie, mimo prawne wygaszenia koncesji. Jest to sfera, która na pewno wymaga uporządkowania.
3. Często są przypadki pozostawiania wyrobisk poeksploatacyjnych działaniu natury – tzw. powolna renaturyzacja. Sprzyja to ciągle nielegalnej eksploatacji oraz stwarzaniu ryzyka wykorzystywania wyrobisk poeksploatacyjnych do niekontrolowanego składowania odpadów. Faktyczne zagrożenie i aktualny stan „zaśmiecenia” nieczynnych wyrobisk wykazany zostanie na etapie prac terenowych, zaplanowanych na II kwartał 2018 roku.
4. Oddzielnym problemem jest narastająca w znacznym tempie eksploatacja poza granicami złóż. Są to miejsca poza jakąkolwiek kontrolą, nieoznakowane i niezabezpieczone, stwarzające ryzyko wypadków, zagrożenia dla infrastruktury technicznej (np. dla słupów trakcji elektrycznej, wałów przeciwpowodziowych w dolinach rzek) i możliwość niekontrolowanego składowania odpadów, które w takich przypadkach środowiskowych należy traktować jako odpady potencjalnie niebezpieczne. Często wskutek braku możliwości wskazania sprawcy dewastacji lub degradacji gruntów organy administracji, odpowiedzialne za wymagania przeprowadzenia rekultywacji, nie mają żadnej możliwości egzekucyjnych. Miejsca niekon-

- cesjonowanej eksploatacji są oddzielnym problemem nie tylko w kwestii braku rekultywacji wyrobiska, ale także w zakresie rabunkowej eksploatacji i dewastacji zasobów środowiska przyrodniczego, w tym zasobów kopalin.
5. W celu poprawy sytuacji konieczne jest wprowadzenie stałego monitoringu powierzchni kraju pod kątem kontroli odkrywkowej eksploatacji kopalin i stanu rekultywacji wyrobisk pogórnich. Konieczne jest prowadzenie ewidencyjnych baz zebranych danych w postaci narzędzi sieciowych, dostępnych dla organów administracji państwowej i nadzoru górniczego. W tym zakresie zarówno pod względem wiedzy jak i doświadczenia pomocna jest państwowa służba geologiczna, która od wielu lat gromadzi takie informacje, również w zakresie eksploatacji poza granicami złóż.
  6. Duży nacisk powinien być położony na edukację społeczeństwa, zarówno w zakresie wymagań prawnych dotyczących procedur w eksploatacji kopalin, jak i faktu, że w przypadku prawidłowo przeprowadzonych prac rekultywacyjnych teren dawnej eksploatacji może nabrać np. walorów rekreacyjnych, przez co może stać się fundamentem dla nowego przedsięwzięcia (Pietrzyk-Sokulska, Uberman, Kulczycka, 2015).

#### LITERATURA

- Google Earth Pro, [www.google.com/earth/download/gep/agree.html](http://www.google.com/earth/download/gep/agree.html)
- KASZTELEWICZ Z., HAJDO S., SYPNIEWSKI S., 2010, *Górnictwo odkrywkowe a rekultywacja terenów pogórnich*, cz. 1. Problemy Ekologii, vol. 14 nr 1, 22–32.
- KASZTELEWICZ Z., PTAK M., 2011a, *Najważniejsze problemy górnictwa odkrywkowego na początku XXI wieku*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Studia i materiały, Gór. Geol. XVII, nr 132, 39, 149–163.
- KASZTELEWICZ Z., PTAK M., 2011b, *Rekultywacja terenów pogórnich w kopalniach surowców skalnych*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Studia i materiały, Gór. Geol. XVII, nr 132, 39, 165–175.
- MGŚP, *Mapa Geośrodowiskowa Polski 1:50 000*, PIG-PIB, Warszawa.
- MIDAS, *Baza danych o złożach*, PIG-PIB, [www.geoportal.pgi.gov.pl/midas-web](http://www.geoportal.pgi.gov.pl/midas-web)
- PIETRZYK-SOKULSKA E., KULCZYCKA J., 2014, *Rekultywacja i zagospodarowanie wyrobisk poeksploatacyjnych – problemy środowiskowe, ekonomiczne i społeczne*. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój, nr 2, 29–40.
- PIETRZYK-SOKULSKA E., UBERMAN R., KULCZYCKA J., 2015, *Wpływ górnictwa na środowisko – mity i rzeczywistość*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management, t. 31, 1, 45–63.
- ROG, *Rejestr obszarów górniczych*, PIG-PIB, Warszawa, [www.geoportal.pgi.gov.pl/midas-web](http://www.geoportal.pgi.gov.pl/midas-web)
- Sentinel 1, [www.sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview](http://www.sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview)
- Sentinel 2, [www.sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2?sessionId=DBEAFFB4A360DA816A107BDAAD044C33.jvm1](http://www.sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2?sessionId=DBEAFFB4A360DA816A107BDAAD044C33.jvm1)
- Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych, j.t. Dz.U.2017.1161.
- Ustawa z dnia 25 maja 2017 r. o zmianie ustawy *Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw*, j.t. Dz.U.2017.2126.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF RECULTIVATION OF  
POST-MINING EXCAVATIONS IN MAZOWIECKIE VOIVODESHIP

The legal regulations in Poland strictly define who and on what terms is obliged to carry out the reclamation work and which state administration authorities have the task of supervising the fulfillment of these duties. Reclamation of excavations after raw minerals exploitation according to the Polish Geological and Mining Law (Journal of Laws 2011 No. 163 item 981) is an obligation on the entrepreneur conducting mining activities. The direction and methods of reclamation after mining activity is determined in the Project of deposit management which is agreed with the local spatial development plan. However, the practical experience of the employees of the state geological survey show that the current procedures regarding the reclamation of post-mining excavations are not always respected and, as a result, there are places that after mineral extraction have to be classified as environmentally degraded. For a more detailed examination of the problem, the geological survey within the framework of the project: Geoenvironmental Map of Poland in scale 1: 50,000 undertook an analysis of the current status of the reclamation of post-mining excavations in the Mazowieckie Voivodeship using information on conducted and completed exploitation based on MIDAS PGI-NRI database. This analysis should be treated as a preliminary assessment, based on the verification of archival materials and available remote sensing and aerial images. Conclusions from this analysis will be checked and verified directly in the field, in the second quarter of this year.

In the ongoing assessment of the condition of reclamation of excavations, carried out at PGI-NRI since the beginning of 2018, accounted for more than a half of nearly 900 abandoned deposits (after the expiration of the mining license) and the areas suspected of operating without the mining license required by law, outside the areas of documented deposits. The latter objects are included in the analysis, because they constitute a serious environmental problem also in terms of non-recultivated post-mining voids. While the reclamation after the operation carried out in accordance with the law is regulated, the reclamation of "illegal" excavations of such regulations does not exist at all. Based on the experience of geological survey it can be concluded that the environmental damage of the lack of remediation of "wild" pits constantly growing, mainly due to the upward trend of number of such places, which have been shown in the frame of project Geoenvironmental Map of Poland in scale 1: 50,000, realized in PGI- NRI as a task of geological survey.

## **STRATEGICZNE ZŁOŻA KAMIENI ŁAMANYCH I BLOCZNYCH DOLNEGO ŚLĄSKA W ŚWIETLE PRZEPROWADZONYCH WALORYZACJI**

### 1. WSTĘP

Eksploatacja złóż kopalin w Polsce ma kluczowe znaczenie dla zaspokojenia potrzeb surowcowych społeczeństwa w sposób zrównoważony. Dla osiągnięcia tego celu społeczeństwo musi zapewnić możliwość prowadzenia poszukiwań i eksploatacji tych złóż, bez uszczerbku dla potrzeb obecnych i przyszłych pokoleń. Tym samym, potencjał możliwych do eksploatacji złóż kopalin (w tym zaniechanych i o znaczeniu historycznym) powinien zostać oceniony w kontekście wielkości zasobów złóż i jakości kopaliny, a także uwarunkowań przestrzennych i środowiskowych (Galos & Nieć, 2015). Dylemat wyboru górniczego lub innego kierunku zagospodarowania terenu powinien być rozstrzygany na podstawie szczegółowych analiz, z wykorzystaniem m.in. wielokryterialnych metod waloryzacji złóż, a następnie wdrażania mechanizmów ochrony wybranych złóż kopalin (Nieć red., 2013).

W Polsce zagadnienie potrzeby ochrony złóż kopalin jako składnika środowiska jest dyskutowane co najmniej od 30 lat. Ochrona taka deklarowana jest w ustawie *Prawo ochrony środowiska* ze wskazaniem, że powinna być realizowana w ramach planowania zagospodarowania przestrzennego. Sposób realizacji tej ochrony nie jest ustawowo określony. Wymaga się jedynie na mocy ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* (skrótowo *pgig*), aby udokumentowane złoża były przedstawiane w studiach uwarunkowań i planach zagospodarowania przestrzennego.

W Polsce dobrą podstawę dla realizacji postulatów ochrony złóż stanowi stan znajomości występowania złóż i obszarów perspektywicznych. Rozpoznawane złoża są dokumentowane w wymagany jednolity sposób i ewidencjonowane w Bilansie zasobów złóż kopalin. Granice złóż i obszarów perspektywicznego ich występowania przedstawiane są na Mapie Geośrodowiskowej Polski 1:50 000 (MGŚP) sporządzanej w jednolitej formie dla całego kraju w ujęciu arkuszowym, aktualizowanym co 5 lat. Na mapie tej przedstawiane są ponadto podstawowe elementy środowiska, w szczególności wielkoobszarowe, które stanowić mogą ograniczenia dla przyszłego wykorzystania złóż, w tym obszary objęte ochroną (Galos & Nieć, 2015).

Głównym krajowym dokumentem planistycznym jest *Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030* (uchwała nr 239 Rady Ministrów, 2011). Jej reko-

mendacje powinny być brane pod uwagę podczas przygotowywania planów zagospodarowania przestrzennego województw, a finalnie w planach zagospodarowania przestrzennego gmin. Wprowadzono pojęcie strategicznych złóż kopalin, które powinny być chronione przez ustanowienie odpowiednich obszarów funkcjonalnych w planach zagospodarowania przestrzennego województw, chronionych przez stałą zabudowę i obiektami liniowymi (Galos, 2015). Przygotowanie pełnej listy złóż strategicznych w Polsce do tej pory nie zostało zrealizowane, mimo podejmowanych prób. Należy wyrazić nadzieję, że stanie się tak w wyniku wdrażania Polityki Surowcowej Państwa, której projekt został zaprezentowany w listopadzie 2017 r. (*Polityka...*, 2017).

Odpowiednie mechanizmy ochrony złóż kopalin z pewnością nie mogą dotyczyć w równym zakresie wszystkich złóż. Stąd tak ważne jest wypracowanie właściwej i odpowiedniej metodyki waloryzacji złóż, jako podstawy do wyłonienia list złóż różnej rangi, które należałoby poddać mechanizmom odpowiedniej ochrony na poziomie krajowym, wojewódzkim czy gminnym. W artykule podjęto próbę takiej waloryzacji na przykładzie grupy niezagospodarowanych dolnośląskich złóż kamieni łamanych i blocznych, z zastosowaniem dwóch metod waloryzacji: opracowanej przez prof. Marka Niecia z zespołem w latach 2011–2013 (Nieć red., 2013) oraz zaproponowanej w ramach realizacji międzynarodowego projektu *MINATURA2020* (Galos i in., 2016).

## 2. ZASTOSOWANE METODY WALORYZACJI ZŁÓŻ

### 2.1. METODYKA ZESPOŁU MARKA NIECIA

Jednym z owoców dyskusji na temat instrumentów ochrony krajowych złóż była propozycja ustawowego określenia zasad ochrony, czy to poprzez odpowiednią nowelizację ustawy *pgig*, czy to w formie odrębnej ustawy „o ochronie złóż kopalin”. Jej zasady zostały zaproponowane w 2011 roku (Nieć & Radwanek-Bąk 2014). Istotnym elementem tej propozycji, której metodyka bazuje na czterech grupach kryteriów, jest waloryzacja złóż:

1. potencjalnego znaczenia gospodarczego (krajowego, regionalnego, lokalnego) określonego przez wielkość zasobów i walory surowcowe kopaliny,
2. atrakcyjności górniczej określonej przez stopień trudności eksploatacji oraz możliwości odstawy surowca do odbiorców,
3. ograniczenia możliwości eksploatacji przez wymagania ochrony środowiska,
4. ograniczenia możliwości eksploatacji przez stan zagospodarowania powierzchni, w szczególności zabudowę.

Na podstawie każdej grupy kryteriów proponowano wyróżnianie złóż o najwyższych (N), wysokich (W), i zwykłych (Z) walorach: odpowiednio: złożowo-surowcowych, górniczych, środowiskowych i planistycznych. Odpowiednio do tych

walorów zróżnicowany miałby być zakres ochrony i jej czasokres. W pierwszej grupie kryteriów zaproponowano kryteria kwalifikacyjne odrębnie dla każdej grupy kopalin, w tym odrębnie dla złóż skał związanych blocznych (tab. 1) i odrębnie dla złóż skał związanych nieblocznych, z wyłączeniem przemysłowych odmian wapieni, dolomitów, piaskowców kwarcytowych i kwarcytów (tab. 2).

Tab. 1. Kryteria waloryzacji złóż skał blocznych (Nieć &amp; Radwanek-Bąk, 2014)

Tab. 1. Resources-rock quality criteria of valorisation of dimension stone deposits

Jakość/wielkość zasobów [mln Mg]	Możliwość uzyskania bloków		
	bardzo dużych, dużych i średnich (> 1,0 m <sup>3</sup> ) o trwałym polerze lub o walorach dekoracyjnych	średnich i małych (1,5–0,5 m <sup>3</sup> ), nie przyjmujących poleru	bardzo małych (< 0,5 m <sup>3</sup> )
< 2	W	W	W
2–10	N	W	W
> 10	N	W	W

Tab. 2. Kryteria waloryzacji złóż nieblocznych skał związanych (Nieć &amp; Radwanek-Bąk, 2014)

Tab. 2. Resources-rock quality criteria of valorisation of crushed stone deposits

Jakość/wielkość zasobów [mln Mg]	do produkcji kruszyw budowlanych lub drogowych		
	głównie I klasy	głównie II klasy	niższych klas
< 5	Z	Z	Z
5–20	W	Z	Z
> 20	W	W	Z

W drugiej grupie kryteriów uwzględniono:

- warunki występowania złoża: grubość nadkładu, stosunek N/Z (1–3 pkt.),
- stopień skomplikowania budowy, zawodnienie (1–3 pkt.),
- dostępność komunikacyjna, odległość od potencjalnych odbiorców (1–3 pkt.).

Łączna suma wymienionych punktów w przedziale 3–4 pozwalała na zaliczenie złoża do klasy N, w przedziale 5–6 do W, pozostałe do Z.

W trzeciej grupie kryteriów uwzględniono aspekty ochrony: krajobrazu, przyrody i wód podziemnych (1–3 pkt.) oraz gleb i lasów (1–3 pkt.).

Łączna suma punktów w przedziale 2–3 pozwalała na zaliczenie złoża do klasy N, w przedziale 4–5 do klasy W, a przy 6 punktach do Z.

W czwartej grupie kryteriów uwzględniano dostępność terenu w zależności od stopnia jego zabudowy. Dostępność > 90% terenu pozwalała na zaliczenie złoża do klasy N, 30–90% do W, 10–30% do Z, a < 10% terenu – do klasy X (wykluczającej zagospodarowanie).

## 2.2. METODYKA PROJEKTU *MINATURA2020*

Realizowany w latach 2015–2018 Projekt *MINATURA2020* w ramach programu Horyzont 2020 (*MINATURA2020*, 2015) miał na celu wypracowanie narzędzi, pozwalających na zapewnienie dostępu do najważniejszych europejskich złóż kopalin oraz umożliwienie ich przyszłej eksploatacji, pod kątem zaspokojenia większości obecnych i przyszłych potrzeb społeczeństwa europejskiego w zakresie surowców mineralnych. Drogą do tego jest rozwój zharmonizowanej ogólnoeuropejskiej koncepcji Złóż Kopalin o Znaczeniu Publicznym oraz związanej z tym metodyk i rekomendacji dla ochrony takich złóż, aby zapewnić możliwość jak najlepszego i najpełniejszego ich wykorzystania w przyszłości. Wydzielanie złóż kopalin o znaczeniu publicznym, których eksploatacja byłaby z jednej strony możliwa, a z drugiej szczególnie wskazana z gospodarczego punktu widzenia, musi być poprzedzone wielokryterialną waloryzacją, z uwzględnieniem kryteriów geologicznych, górniczych, środowiskowych, ekonomicznych i społecznych.

W ramach projektu *MINATURA2020* wypracowano zatem m.in. definicję Złóż Kopalin o Znaczeniu Publicznym (dalej ZKoZP) oraz rekomendacje warunków kwalifikujących wybrane złoża do tej grupy (kryteria waloryzacji). Należy przy tym podkreślić, że definicja ta oraz propozycja warunków kwalifikujących musiały być na tyle pojemne, by możliwe było zastosowanie takich jednolitych pojęć zarówno na poziomie UE, jak i poszczególnych krajów członkowskich, gdzie podejście do tej tematyki i związane z tym szczegółowe uwarunkowania prawne bywają bardzo zróżnicowane. Dlatego też dokonano przeglądu istniejących tzw. dobrych praktyk w tym względzie w poszczególnych krajach europejskich (Galos i in., 2016).

W rezultacie według *MINATURA2020* zaproponowano do stosowania metodę wielokryterialnej waloryzacji obszarów perspektywicznych i prognostycznych, złóż niezagospodarowanych oraz złóż eksploatowanych, obejmującej cztery zasadnicze grupy czynników (rys. 1):

- a) poziomu wiedzy geologicznej o złożu (obiekcie złożowym),
- b) techniczno-ekonomiczne,
- c) środowiskowo-przestrzenne,
- d) społeczne.

W pierwszej grupie kryteriów związanych z poziomem wiedzy geologicznej (WG) wyróżniono elementy: dostępność i jakość podstawowych danych geologicznych w skali regionalnej, istniejąca informacja i wiedza na temat historycznej eksploatacji oraz aktualna informacja na temat danego obiektu złożowego. Dla obszarów perspektywicznych i prognostycznych łączna wartość tego zbioru kryteriów, dotyczących poziomu wiedzy geologicznej, może zmieniać się w przedziale 0,75–3,0 punktów, natomiast dla złóż niezagospodarowanych oraz eksploatowanych wynosi zawsze 3 punkty.



Rys. 1. Schemat metodyki waloryzacji *MINATURA2020* (Galos i in., 2016)Fig. 1. Scheme of methodology of mineral deposits valorisation *MINATURA2020* project

W drugiej grupie kryteriów techniczno-ekonomicznych (TE) wyróżnia się ilości i jakości kopaliny (bardzo podobnie jak w metodyce zespołu Niecia, możliwe wartości z przedziału 0,5–1,5 punktu) oraz z atrakcyjność górnictwem (również jak w metodyce zespołu Niecia; wartości z przedziału 0,5–1,5 punktu). Łączna minimalna wartość zbioru kryteriów TE wynosi 1,0 pkt., a maksymalna – 3,0 punkty.

W trzeciej grupie kryteriów środowiskowo-przestrzennych (ŚP) uwzględnia się ochronę przyrody i wód podziemnych (możliwe wartości mieszczą się w przedziale 0–1,5 punktu, przy czym wartość 0 punktu dla parków narodowych i rezerwatów), ochronę gleb i lasów (możliwe wartości z przedziału 0–1,5 punktu, przy czym wartość 0 punktu dla obszarów w ponad 90% porośniętych lasami), oraz z istniejącą zabudową, infrastrukturą i dziedzictwem kulturowym (wartości 0–1,0, przy czym wartość 0 w przypadku, gdy obiekty takie zajmują ponad 90% obszaru złoża). Łączna minimalna wartość zbioru ŚP wynosi 0,5 punktu, a maksymalna – 4,0 punkty.

Czwarta grupa kryteriów społecznych (SP) miałaby być brana pod uwagę tylko w przypadku złóż eksploatowanych (Galos i in., 2016).

Dla obszarów perspektywicznych i prognostycznych oraz złóż niezagospodarowanych wartość waloryzowanego złoża (obiektu) byłaby zatem sumą wartości kryteriów  $ZKoZP = WG + TE + ŚP$ . Dla złóż niezagospodarowanych wartość ta mieści się może w przedziale 4,5–10 punktów. W odniesieniu do złóż kamieni łamanych i blocznych zaproponowano, aby w przypadku wyniku waloryzacji przekraczającego 8 punktów złoża uznawano jako Złóża Kopalni o Znaczeniu Publicznym na poziomie krajowym (MDoPI-CL), dla wartości 7,0–8,0 punktów – jako Złóża Kopalni o Znaczeniu Publicznym na poziomie regionalnym (MDoPI-RL), dla wartości poniżej 7,0 jako nieuznawane za Złóża Kopalni o Znaczeniu Publicznym (Non-MDoPI).

### 3. REZULTATY WALORYZACJI NIEZAGOSPODAROWANYCH ZŁÓŻ KAMIENI ŁAMANYCH I BLOCZNYCH DOLNEGO ŚLĄSKA

Na podstawie opisanych metodyk poddano waloryzacji łącznie 58 niezagospodarowanych złóż kamieni łamanych i blocznych<sup>1</sup>. Są to głównie złoża skał magmowych, w mniejszej ilości metamorficznych i osadowych. Najliczniejszą grupę stanowiły złoża granitów (16 złóż), bazaltów, marmurów, piaskowców (po 6), granodiorytów i porfirów (po 5 złóż) oraz gnejsów (3). Wśród analizowanych znalazły się również pojedyncze złoża gabra, sjenitu, zieleńca, amfibolitu, migmatytu i serpentynitu (tab. 3). Złoża te wytypowane zostały spośród 104 niezagospodarowanych, udokumentowanych dolnośląskich złóż kamieni łamanych i blocznych wg stanu na 31.12.2016 r. (PIG-PIB, 2017). Wyboru dokonano na podstawie wyników waloryzacji z 2013 roku (Nieć red., 2013). Do dalszych ocen i waloryzacji zgodnej z metodyką *MINATURA2020*

---

<sup>1</sup> Uwzględniono także złoża z niegdyś prowadzoną eksploatacją, obecnie ze statusem złóż niezagospodarowanych (PIG-PIB, 2017).

(Galos i in. 2016) wybrane zostały złoża, które w obrębie kryterium zasobowo-surowcowego, uwzględniającego wielkość i jakość kopaliny, otrzymały ocenę najwyższą (N) lub wysoką (W).

Na podstawie waloryzacji przeprowadzonej według metodyki (Nieć red., 2013) najwyższą ocenę (N) w obrębie kryterium zasobowo-surowcowego otrzymało 12 złóż granitów (tab. 3) reprezentujących bloczną odmianę tej kopaliny. Tym samym, zgodnie z tą metodyką ich potencjał gospodarczy oceniony został jako najwyższy, a gospodarka nimi powinna być rozpatrywana w ramach planowania zagospodarowania przestrzennego na poziomie krajowym.

Tab. 3. Wyniki waloryzacji niezagospodarowanych złóż kamieni łamanych i blocznych z zastosowaniem dwóch metodyk\*

Tab. 3. Results of valorisation of undeveloped dimension and crushed stone deposits with use of two methodologies

Lp.	Złoże	Kopalinina	Zasoby bilansowe [tys. t]	Waloryzacja wg metodyki (MINATURA2020, 2015)	Waloryzacja wg metodyki (Nieć red., 2013)
1	2	3	4	5	6
1	Gronów	B	20 041	MDoPI-RL	WZWN
2	Liściasta Góra	B	18 780	MDoPI-RL	WZWN
3	Mszana-Obłoga	B	67 822	Non-MDoPI	WZZN
4	Paszowice	B	8 500	Non-MDoPI	WZZN
5	Sichów	B	11 193	Non-MDoPI	WZWN
6	Targowica-Wschód	B	16 516	MDoPI-RL	WZWN
7	Ząbkowice Śląskie	Gab	28 132	MDoPI-CL	WZNN
8	Gniewków I	G	20 898	MDoPI-CL	WZNN
9	Karpniki-Strużnica	G	78 228	Non-MDoPI	WZZN
10	Kostrza Jerzy-Wschód	G	2 645	MDoPI-RL	NZWN
11	Michałowice	G	10 987	Non-MDoPI	NZWN
12	Morawa-Wschód	G	14 088	MDoPI-CL	WZNN
13	Mrowiny	G	10 966	MDoPI-RL	NZWN
14	Mrowiny I	G	40 715	MDoPI-RL	NZWN
15	Mrowiny II	G	25 252	MDoPI-RL	NZZN
16	Mrowiny III	G	39 602	MDoPI-RL	NZWN
17	Rogoźnica-Południe	G	12 267	MDoPI-CL	NZWN
18	Rogoźnica	G	105 739	MDoPI-RL	NWWN
19	Strzegów I	G	28 251	MDoPI-RL	WWWN
20	Strzegów-Gęsiniec	G	39 304	MDoPI-RL	NWWN
21	Wiciarka	G	8 733	Non-MDoPI	NWZN
22	Zimnik II	G	11 084	MDoPI-RL	WZWN
23	Żółkiewka II	G	12 116	MDoPI-CL	NZNN
24	Brodziszów I	Gr, S	10 600	MDoPI-RL	WZWN
25	Brodziszów-Kłośnik	Gr	24 635	MDoPI-RL	WWWN

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5	6
26	Chwalisław	Gr	40 990	Non-MDoPI	NZZN
27	Rogówka	Gr	30 405	MDoPI-RL	WWZN
28	Zamczysko	Gr	12 344	Non-MDoPI	WZWN
29	Czarny Bór	Me	44 920	MDoPI-CL	WZNN
30	Rybnica I	Me	48 878	Non-MDoPI	WWZN
31	Rybnica Leśna	Me	157 875	Non-MDoPI	WWZN
32	Rybnica	Me	5 869	Non-MDoPI	WWZN
33	Chełmczyk	P	406 570	Non-MDoPI	WZZW
34	Chełmczyk I	P	76 736	MDoPI-RL	WWZW
35	Lubawka I	P	69 660	Non-MDoPI	WZZN
36	Lubawka II	P	40 677	Non-MDoPI	WZZN
37	Lubrza	P	51 365	Non-MDoPI	WWZN
38	Piekielnik	S	13 370	Non-MDoPI	WZWN
39	Koziniec	A	5 778	MDoPI-RL	WZWN
40	Wieściszowice	A	35 491	MDoPI-RL	WWWN
41	Grodziszczce	Gn	42 308	MDoPI-RL	WWWN
42	Padole	Gn	40 390	Non-MDoPI	WZZN
43	Stankowice	Gn	47 484	MDoPI-RL	WWWN
44	Kletno IV	M	4 370	Non-MDoPI	WZZN
45	Nowy Waliszów	M	2 090	MDoPI-RL	WZWN
46	Podgórk	M	7 370	Non-MDoPI	WWZN
47	Różanka	M	7 568	Non-MDoPI	WZZN
48	Słupiec	M	80 485	Non-MDoPI	WWZN
49	Czarnów	M	5 625	MDoPI-RL	WWWN
50	Kluczowa	Mi	16 856	MDoPI-CL	WWNN
51	Tomice	Se	36 221	MDoPI-CL	WWNN
52	Jurczyce	Z	27 924	MDoPI-RL	WZWN
53	Niwnice	Pc	6 137	Non-MDoPI	WZZN
54	Słupiec Kościelec-pole B	Pc	2 987	MDoPI-RL	WWZN
55	Szczytna Śląska	Pc	4 087	Non-MDoPI	WZWZ
56	Wartowice IV	Pc	7 983	Non-MDoPI	WZWN
57	Zbylutów II	Pc	11 055	MDoPI-RL	WZWN
58	Zbylutów III	Pc	2 311	MDoPI-RL	WZWN

\*) wielkość zasobów wg PIG-PIB, 2017.

Objaśnienia: kopalina: B – bazalt, Gab – gabro, G – granit, Gr – granitognejs, P – porfir, Me – melafir, S – sjenit, A – amfibolit, Gn – gnejs, M – marmur, Mi – migmatyt, Se – serpentynit, Z – zieleniec, Pc – piaskowiec; waloryzacja wg metodyki *MINATURA2020*: MDoPI-CL – złoża kopaliny o znaczeniu publicznym – poziom krajowy, MDoPI-RL – złoża kopaliny o znaczeniu publicznym – poziom regionalny, Non-MDoPI – złoża niezaliczone do złóż kopaliny o znaczeniu publicznym; waloryzacja wg metodyki (Nieć red., 2013), objaśnienia w tekście.

W większości położone są one w powiecie świdnickim, pojedyncze w powiatach: ząbkowickim, jeleniogórskim i strzelińskim. Pozostałe złoża znalazły się w kategorii wysokiej (W). Ich znaczenie gospodarcze ocenione zatem zostało jako regionalne i na

tym szczeblu powinny być uwzględniane w procesie planowania przestrzennego. W dalszej kolejności oceniona została atrakcyjność górnicza obrazująca warunki eksploatacji oraz dostępność środowiskowo-przestrzenna. Złoża reprezentują warunki eksploatacji zadowalające (36 złóż kategorii Z) lub wysokie (22 złoża kategorii W), a najczęstszymi czynnikami obniżającym ich atrakcyjność górniczną są warunki wodne, grubość nadkładu, rzadziej odległość od potencjalnych odbiorców surowca. Znacznie niżej ocenione zostały analizowane złoża pod względem ich dostępności, z uwagi na ochronę innych elementów środowiska przyrodniczego. Spośród 58 analizowanych złóż, tylko 7 znalazło się w najwyższej kategorii (N), co oznacza, że nie wykazują one konfliktowości z innymi elementami środowiska. Pozostałe znalazły się w kategorii warunkowej W (26 złóż) oraz najniższej kategorii zastrzeżonej Z (25 złóż). Dostęp do ich, w chwili obecnej, jest zatem utrudniony lub wręcz niemożliwy (kategoria Z), a czynnikiem najczęściej o tym decydującym są zwarte kompleksy leśne, gleby wysokich klas bonitacyjnych oraz ochrona wód podziemnych. Najwyżej ocenionym parametrem było natomiast kryterium związane ze stopniem zabudowy terenu nad złożem. Pod tym względem większość złóż (54) została zakwalifikowana do najwyższej kategorii (N).

Dla tej samej grupy złóż kamieni łamanych i blocznych, zastosowano także metodykę *MINATURA2020* (Galos i in. 2016). Z uwagi na wysoki stopień rozpoznania geologicznego obszaru województwa dolnośląskiego oraz istnienie dokumentacji geologicznych, kryterium to oceniono przydzielając każdemu z tych złóż maksymalną liczbę 3 punktów (Kot-Niewiadomska i in., 2017). Pozostałe kryteria były zasadniczo zgodne z metodyką (Nieć red., 2013), przy czym zastosowano tu ocenę punktową jak w projekcie *MINATURA2020* (Galos i in. 2016). Przydzielenie kryteriom odpowiedniej wagi pozwoliło na wytypowanie tylko 8 złóż w kategorii MDoPI-CL (znaczenie na poziomie krajowym). Wśród nich znalazły się 4 złoża granitów z powiatu świdnickiego, pojedyncze złoża gabra, melafiru, serpentynitu i migmatytu z powiatu ząbkowickiego oraz złożo melafiru z wałbrzyskiego (tab. 3). Kolejne 26 złóż znalazło się w grupie MDoPI-RL (znaczenie na poziomie regionalnym). Pozostałe 24 złoża, zgodnie z tą metodyką, nie zostały w ogóle zaliczone do złóż o znaczeniu publicznym. Wśród nich znalazła się m.in. większość złóż z grupy porfirów i melafirów (7 złóż), marmurów (4), bazaltów (3) i piaskowców (3 złoża) – tabela 3.

#### 4. WNIOSKI

Porównując wyniki waloryzacji przeprowadzonych przy użyciu dwóch metodyk, wyraźnie widać pewne rozbieżności, pomimo, że metodyki te w większości opierają się na tych samych kryteriach. Istotne jest jednak, że w metodyce (Nieć red., 2013) każda grupa parametrów jest waloryzowana osobno z przypisaniem kategorii N, W lub Z, natomiast w metodyce *MINATURA2020* (Galos i in. 2016) łączna waloryzacja wynika z sumy punktów przypisanych za poszczególne kryteria.

Za złoża, które uzyskały najwyższe oceny w waloryzacji wg metodyki (Niec red., 2013) uznano te, w przypadku których dla każdej grupy parametrów wykonana waloryzacja wskazała na kategorię N lub W. Spośród 58 analizowanych złóż tylko 10 uzyskało takie oceny (tab. 4). Spośród nich tylko 2 złoża, zgodnie z metodyką *MINATURA2020* (Galos i in. 2016), zostały wytypowane jako MDoPI-CL (znaczenie na poziomie krajowym). Są to złoża serpentynitu Tomice i złoża migmatytu Kluczowa (tab. 4). Pozostałe 8 najlepszych złóż (w tym 4 granitoidów) zgodnie z waloryzacją wg metodyki (Niec red., 2013), zgodnie z metodyką *MINATURA2020* zostały wytypowane jako MDoPI-RL (znaczenie na poziomie regionalnym).

Tab. 4. Wyniki waloryzacji niezagospodarowanych złóż kamieni łamanych i blocznych województwa dolnośląskiego z pogrupowaniem wg malejącego znaczenia

Tab. 4. Results of valorisation of undeveloped dimension and crushed stone deposits of Lower Silesia with its grouping according to decreasing importance

Lp.	Złoża	Kopalina	Zasoby bilansowe [tys. Mg]	Metoda waloryzacji	
				( <i>MINATURA2020</i> , 2015)	(Niec red., 2013)
Złoża, które uzyskały najwyższe oceny w waloryzacji wg metodyki (Niec red., 2013) oraz status złóż kopalin o znaczeniu publicznym – poziom krajowy ( <i>MINATURA2020</i> , 2015)					
1	Tomice	Se	36 221	MDoPI-CL	WWNN
2	Kluczowa	Mi	16 856		WWNN
Złoża, które otrzymały najwyższe oceny w waloryzacji wg metodyki (Niec red., 2013) oraz status złóż kopalin o znaczeniu publicznym – poziom regionalny ( <i>MINATURA2020</i> , 2015)					
1	Rogoźnica	G	105 739	MDoPI-RL	NWWN
2	Strzegów I	G	28 251		WWWN
3	Strzegów-Gęsiniec	G	39 304		NWWN
4	Brodziszów-Kłośnik	Gr	24 635		WWWN
5	Wieściszowice	A	35 491		WWWN
6	Grodziszczce	Gn	42 308		WWWN
7	Stankowice	Gn	47 484		WWWN
8	Czarnów	M	5 625		WWWN
Złoża, które uzyskały niższe oceny w waloryzacji wg metodyki (Niec red., 2013) oraz status złóż kopalin o znaczeniu publicznym – poziom krajowy ( <i>MINATURA2020</i> , 2015)					
1	Ząbkowice Śląskie	Gab	28 132	MDoPI-CL	WZNN
2	Gniewków I	G	20 898		WZNN
3	Morawa-Wschód	G	14 088		WZNN
4	Rogoźnica-Południe	G	12 267		NZNN
5	Żółkiewka II	G	12 116		NZNN
6	Czarny Bór	Me	44 920		WZNN

Objaśnienia jak w tabeli 3.

Dodatkowo 6 złóż wytypowano jako MDoPI-CL, pomimo że w waloryzacji wg metodyki Niecia nie uzyskały jednak kategorii N lub W pod względem atrakcyjności

górnictwej (tab. 4). Wydaje się, że nie powinno to przekreślać potencjalnego znaczenia tych złóż rezerwowych.

Wydaje się, że za strategiczne, rezerwowe złoża kamieni łamanych i blocznych, których ochrona docelowo powinna być uwzględniona w planie zagospodarowania przestrzennego województwa dolnośląskiego, należy uznać wszystkie 16 złóż z 3 wyróżnionych grup (tab. 4). Łącznie jest wśród nich aż 8 złóż granitoidów w masywie strzegomskim (w dużej części do produkcji kamienia blocznego), a także pojedyncze złoża innych kopalin (kruszywa łamane). Z drugiej strony postulat ten nie oznacza, że pozostałe 42 analizowane złoża tej grupy nie powinny podlegać ochronie, ale ta powinna być realizowana głównie w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego gmin.

#### LITERATURA

- GALOS K., 2015. *Poland: Mineral Policy*, [w]: Tiess G, Majumder T, Cameron P (Eds.), *Encyclopedia of Mineral and Energy Policy*, Springer.
- GALOS K., KOT-NIEWIADOMSKA A., NIEĆ M., 2016. *MINATURA2020 Project. MINATURA Deliverable 2.2. Set of qualifying conditions for a harmonised mapping framework (HMF) for each type of mineral* (nie publ.).
- GALOS K., NIEĆ M., 2015, *Europejska koncepcja złóż kopalin o znaczeniu publicznym (project MINATURA2020)*, Zesz. Nauk. IGSMiE PAN, 2015, 91,35–43.
- KOT-NIEWIADOMSKA A., GALOS K., LEWICKA E., BURKOWICZ A., KAMYK J., SZLUGAJ J., 2017, *Methodology of assignment of Mineral Deposits of Public Importance proposed by MINATURA2020 Project and results of its pilot testing in the Dolnośląskie Province (Poland)*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* (34) 3, 71–94.
- MINATURA2020*, 2015, *Mineral Deposits of Public Importance. First press release*, Bruksela.
- MGŚP, *Mapa Geośrodowiskowa Polski 1:50 000*, PIG-PIB, Warszawa.
- NIEĆ M. (red.), 2013. *Waloryzacja niezagospodarowanych złóż kopalin skalnych w Polsce*, Wyd. IGO Poltegor-Instytut, Wrocław.
- NIEĆ M., RADWANIEK-BAK B., 2014. *Ochrona i racjonalne wykorzystywanie złóż kopalin*, IGSMiE PAN, Kraków.
- PIG-PIB, 2017, *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2016 r. Polityka Surowcowa Państwa* (projekt), 2017, Ministerstwo Środowiska.
- Uchwała nr 239 Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r. *ws. przyjęcia Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030*, (M.P.12.252).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2011 r. *Prawo ochrony środowiska*, j.t. Dz.U.2016.1933.
- Ustawa z dnia 25 maja 2017 r. o zmianie ustawy *Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw*, j.t. Dz.U.2017.2126.

#### STRATEGIC DEPOSITS OF CRUSHED AND DIMENSION STONE IN LOWER SILESIA IN THE LIGHT OF THE VALORISATION CARRIED OUT

Future needs for minerals should be covered from undeveloped deposits. Access to such deposits should be assured by appropriate instruments of their safeguarding. As not all mineral deposits can be protected at the same level, some valorisation methods should be involved. In the paper, two recently proposed methodologies were analysed: one proposed in the years 2011–2013 by team of Marek Nieć,

and the second proposed within the international project *MINATURA2020* in the years 2015–2018. They were tested on the set of 58 undeveloped deposits of crushed and dimension stone in Lower Silesia. On the basis of both used methodologies, 16 from among 58 analysed deposits were recognized as strategic undeveloped deposits of crushed and dimension stone in Lower Silesia, safeguarding of which should eventually be included in the spatial plan of Dolnośląskie voivodeship. Among them, there are 8 dimension granite deposits in Strzegom Massif, as well as single deposits of other magmatic or metamorphic rocks suitable for crushed stone production.



Stefan GÓRALCZYK, Michał FILIPCZYK

*Institut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

## **AKTUALNE BADANIA REAKTYWNOŚCI ALKALICZNEJ POLSKICH KRUSZYW – część II**

### 1. WSTĘP

Artykuł powstał na podstawie badań prowadzonych w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie, w których porównywane są wyniki badania reaktywności alkalicznej otrzymanych na podstawie metod PN-B i AAR. Wnioski z zakończonej pracy wskazują, że wiele kruszyw, które w badaniach wg PN-B nie wykazywały reaktywności, w badaniach AAR wykazują potencjał reaktywny lub wręcz reaktywność. Zmusza to projektantów i wykonawców do zachowania szczególnej ostrożności oraz odpowiedniego postępowania przy zastosowaniu kruszyw, które mogą reagować z alkalią zawartymi w betonach.

W artykule przedstawiono wyniki badań reaktywności alkalicznej kolejnych 6 krajowych złóż kruszyw wg norm PN-B-06714-34 i PN-B-06714-46 oraz nowych metod badawczych wg dokumentów AAR z dodatkowymi badaniami kruszyw referencyjnych. Zasadniczym celem badań była weryfikacja możliwości wystąpienia reakcji z alkalią różnych typów kruszyw ze złóż krajowych, a także porównanie wyników badań reaktywności alkalicznej, uzyskiwanych metodami PN-B, z wynikami uzyskanymi metodami AAR. Dla wszystkich próbek zaplanowano pełny zestaw badań zgodnie z zaleceniami zawartymi w AAR-0 dla kruszyw, które nie były jeszcze badane nowymi metodami, zawartymi w dokumentach AAR.

Kruszywo jest jednym z najważniejszych składników betonu, dlatego też w znacznym stopniu właściwości fizykomechaniczne kruszywa wpływają na zachowanie betonu w konstrukcjach. Beton w swoim składzie zawiera także fazę ciekłą w postaci roztworów wykazujących odczyn zasadowy (głównie jony sodu i potasu). Niektóre kruszywa mogą wchodzić w reakcje z tymi roztworami, co może powodować efekt destrukcji betonu. Proces ten nazywany jest reaktywnością alkaliczną kruszyw. Reaktywność alkaliczna stanowi problem coraz częściej spotykany i powodujący zniszczenia struktury betonu. Wczesne wykrycie zjawiska jest więc bardzo istotne przede wszystkim ze względów bezpieczeństwa obiektów betonowych: mostów, zapor, wiaduktów, dróg i budynków.

Do niedawna z reakcjami alkalicznymi utożsamiano niewielką grupę litologiczną skał (Góralczyk & Kukielska, 2015). Najnowsze badania wykazały, że większość rodzajów litologicznych skał może być potencjalnie podatna na alkalia, tzn. może być

reaktywna. Podejrzewa się, że problem reaktywności dotyczy przynajmniej 30% polskich kruszyw. Wyróżnia się obecnie trzy rodzaje reaktywności alkalicznej, z krzemionką bezpostaciową, krzemianami lub węglanami – wymienione składniki to często główny lub znaczący składnik kruszyw. Zjawisko reaktywności kruszyw jest złożone, a wykonanie badań wg nowych metod AAR pozwalających określić, czy kruszywo jest reaktywne, wymaga przeprowadzenia długotrwałych, kilkietapowych badań (Góralczyk & Filipczyk, 2017).

Zgodnie z normami europejskimi, dotyczącymi wyrobów budowlanych, badanie reaktywności alkalicznej oraz jego ocenę wykonuje się na podstawie zasad zawartych w normach poszczególnych krajów członkowskich. Metody badań używane dotychczas zostały opracowane w latach 70. W ramach Komitetu Technicznego RILEM opracowano sześć podstawowych dokumentów AAR, dotyczących wykonywania badań reaktywności alkalicznej kruszyw. Dokumenty te opisują poszczególne etapy postępowania, poczynając od wstępnej klasyfikacji na podstawie opisu petrograficznego. Kolejnym etapem są badania próbek betonowych wykonywanych z zastosowaniem ocenianego kruszywa, uzależnionych od oceny petrograficznej i zaobserwowanych składników potencjalnie reaktywnych (Góralczyk, 2011).

## 2. METODY BADAŃ

Wszystkie metody badawcze zastosowane w niniejszej pracy zostały opisane w dokumentach AAR oraz normach PN-B:

- AAR-0 – Ogólne zasady stosowania metod RILEM
- AAR-1 – Wykrywanie potencjalnej reaktywności alkalicznej; badania petrograficzne niezbędne do wstępnego zaklasyfikowania skał
- AAR-2 – Przyspieszona metoda beleczek z zaprawy – metoda wstępna (2 tygodnie); wykonywana jest dla kruszyw potencjalnie reaktywnych ASR (reaktywność krzemionka alkalia)
- AAR-3 – Metoda badania mieszanek kruszywa w beleczkach betonowych w temperaturze 38 °C – badanie szczegółowe, trwające 12 miesięcy; wykonywane gdy metody AAR-2 i AAR-5 nie wykluczą potencjalnej reaktywności kruszywa
- AAR-4 – Metoda badania mieszanek kruszywa w beleczkach betonowych w temperaturze 60 °C – badanie szczegółowe, trwające 20 tygodni; wykonywane gdy metody AAR-2 i AAR-5 nie wykluczą potencjalnej reaktywności kruszywa
- AAR-5 – Badanie kruszyw węglanowych – metoda wstępna (28 dni); beleczkowa dla kruszyw zaklasyfikowanych wg AAR-1 do kruszyw potencjalnie reaktywnych ACR (reaktywność węglany alkalia)
- PN-B-06714-46:1992 – metoda wstępna, szybka, na podstawie której uzyskuje się informacje o kruszywach, które nie wykazują potencjalnej reaktywności

- PN-B-06714-34:1991+A1:2007 – długoterminowa metoda, tzw. beleczkowa, służąca do ostatecznej oceny reaktywności alkalicznej.

### 3. BADANIA

#### 3.1. WYTYPOWANIE I POBIERANIE PRÓBEK

Złoża zostały wybrane tak, aby reprezentowały różne typy litologiczne. Na podstawie opisów petrograficznych oraz wiedzy autorów zostały także dobrane skały potencjalnie reaktywne nawet pomimo tego, że nie wykazywały one reaktywności w dotychczas wykonywanych badaniach. Do badań zostało wybrane kruszywo z sześciu kopalń (tab. 1).

Tab. 1. Badane kruszywa oraz skrócony opis petrograficzny wg AAR-1.

Tab. 1. Tested samples and petrographic description shortcut according to AAR-1

Kruszywo	Krótki opis petrograficzny	Klasa wg AAR-0
piaskowcowe, Dolnośląskie	kruszywo piaskowcowe (arkoza), z dużą zawartością kwarcu i spoiwa krzemionkowo-ilastego; składniki potencjalnie reaktywne: kwarc drobnokrystaliczny, spoiwo krzemionkowo-ilaste	II/IIIS
bazaltowe, Opolskie	kruszywo bazaltowe z nielicznymi oliwinami, częściowo zmienionymi; składniki potencjalnie reaktywne nie występują	I
dolomitowe, Dolnośląskie	kruszywo dolomitowe z niewielką zawartością kwarcu; składniki potencjalnie reaktywne – dolomit	II/IIIC
kwarcytowe, Kieleckie	kruszywo kwarcytowe (piaskowiec kwarcytowy o spoiwie krzemionkowo lub krzemionkowo-żelazistym; składniki potencjalnie reaktywne nie występują	I
granitowe, Dolnośląskie	kruszywo granitowe z występującymi strefami z bardzo drobnym łuseczkowym kwarcem; składniki potencjalnie reaktywne – kwarc drobnokrystaliczny	II/IIIS
żwirowe, Centralna Polska	kruszywo żwirowe zawierające różnego rodzaju granity oraz węglany, podrzędnie m.in. ziarna kwarcu; składniki potencjalnie reaktywne: kwarc drobnokrystaliczny, różne skały wapienne (dolomit)	II/IIISC

Klasa: I – potencjalnie mało reaktywne, II – potencjalnie reaktywne, III – potencjalnie bardzo reaktywne, S – możliwa reaktywność krzemionkowo-alkaliczna (ASR), C – możliwa reaktywność węglanowo-krzemionkowa (ACR).

Próbki z kopalń zostały pobrane odpowiednio z węzła produkcyjnego lub – jeśli nie było to aktualnie możliwe – ze składowisk. W tym przypadku miejsca pobierania próbek typowano losowo z kilku miejsc, wykorzystując próbnik laboratoryjny lub szufłę. Dodatkowo do badania zostały pozyskane kruszywa odniesienia wg zaleceń dokumentu AAR-0:

- dolomit, kruszywo, kamieniołom Pittsburg z Kingston, Ontario, Kanada – kruszywo odniesienia, wykazujące reaktywność węglanowo-alkaliczną (ACR)
- wapień krzemionkowy, kamieniołom Spratt k. Ottawy, Kanada – kruszywo odniesienia, wykazujące reaktywność alkaliczno-krzemionkową (ASR).

### 3.2. OPIS PETROGRAFICZNY

Wykonane zostały szczegółowe opisy petrograficzne zgodnie z wytycznymi dokumentu AAR-1. Skrócony opis podano w tabeli 1. Kruszywa z wybranych złóż na podstawie wykonanych badań petrograficznych zostały zaklasyfikowane do klas reaktywności alkalicznej (tab. 1).

### 3.3. BADANIA WG DOKUMENTU AAR-2

Badanie wykonuje się dla kruszyw potencjalnie reaktywnych i (bardzo) reaktywnych, zarówno dla kruszyw krzemionkowych, jak i węglanowych. Zestawienie uzyskanych wyników wyszczególniono w tabeli 2. Nie zaobserwowano żadnych zmian na powierzchniach badanych próbek.

Tab. 2. Wyniki badań kruszyw wg AAR-2.

Tab. 2. Test results according to AAR-2

Kruszywo	Ekspansja [%]	Ocena
piaskowcowe	0,10–0,17	niereaktywne/potencjalnie reaktywne
bazaltowe	0,07–0,15	
dolomitowe	0,06–0,08	potencjalnie reaktywne
kwarcytowe	0,09–0,11	niereaktywne/potencjalnie reaktywne
granitowe	0,09–0,10	niereaktywne
żwirowe	0,11–0,20	potencjalnie reaktywne
dolomit Pittsburg	0,10	
wapień Spratt	0,17–0,18	

### 3.4. BADANIA WG DOKUMENTU AAR-5

Tab. 3. Wyniki badań kruszyw wg AAR-5

Tab. 3. Test results according to AAR-5

Kruszywo	Ekspansja wg AAR-5 [%]	Ocena
żwirowe	0,08–0,11	potencjalnie reaktywne (ACR i/lub ASR)
dolomitowe	0,05–0,10	
dolomit Pittsburg	0,17–0,19	

### 3.5. BADANIA WG DOKUMENTU AAR-3

Badanie trwa 12 miesięcy, dlatego wykonuje się je w momencie, gdy wstępne metody (AAR-2 i AAR-5) nie wykluczą wystąpienia reaktywności. Zestawienie uzyskanych wyników podaje tabela 4.



Rys. 1. Próbkę po badaniu wg AAR-3 z widocznymi odbarwieniami, dolomit  
Fig. 1. Specimen with spots tested according AAR-2, dolomite



Rys. 2. Próbkę po badaniu wg AAR-3 z odbarwieniami, kwarcyt  
Fig. 2. Specimen with smears tested according to AAR-3, quartzite



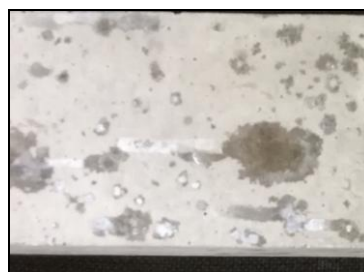
Rys. 3. Próbkę po badaniu wg AAR-3 z białymi naciekami żelu krzemionkowego, granit  
Fig. 3. Specimen with white silica gel smears tested according AAR-3, granite



Rys. 4. Próbkę po badaniu wg AAR-3, nacieki krzemionki w postaci żelu, żwir naturalny  
Fig. 4. Specimen with silica gel smears tested according to AAR-3, Natural gravel



Rys. 5. Próbkę po badaniu wg AAR-3 z widocznymi spękaniami na powierzchni, dolomit Pittsburg  
Fig. 5. Specimen with cracks seemed on the surface, tested according to AAR-3, dolomite Pittsburg



Rys. 6. Próbkę po badaniu wg AAR-3 widoczne odbarwienia, wapień Spratt  
Fig. 6. Specimen with smears tested according to AAR-3, limestone Spratt

- dolomit – bladopomarańczowe odbarwienia występujące na wszystkich próbkach; odbarwienia nie spowodowały przyrostu długości próbek (rys. 1.)
- kwarcyt – zaobserwowano jaśniejsze odbarwienia i niewielkie ślady białych nacieków, występujące na wszystkich próbkach (rys. 2).
- granit – występują nacieki i odbarwienia na wszystkich próbkach (rys. 3)
- żwir – zaobserwowano białe nacieki na wszystkich próbkach (rys. 4)
- dolomit Pittsburg – na wszystkich próbkach zaobserwowano liczne i dość głębokie spękania (rys. 5)
- wapień Spratt – na wszystkich próbkach zaobserwowano białe nacieki powstałe na skutek migracji powstającego w trakcie reakcji z alkaliami żelu krzemionkowego (rys. 6).

Tab. 4. Wyniki badań kruszyw wg AAR-3

Tab. 4. Test results according to AAR-3

Kruszywo	Ekspansja [%]	Ocena
piaskowcowe	0,00–0,01	niereaktywne
bazaltowe	0,00–0,01	
dolomitowe	0,02	
kwarcytowe	0,02–0,03	
granitowe	0,03–0,06	potencjalnie reaktywne (ASR) /niereaktywne
żwirowe	0,04–0,06	niereaktywne/potencjalnie reaktywne (ASR)
dolomit Pittsburg	0,31–0,35	reaktywne (ASR)
wapień Spratt	0,11–0,18	

### 3.6. BADANIA WG DOKUMENTU AAR-4

Metoda przewidziana jest dla kruszyw, które zawierają w składzie przede wszystkim potencjalnie reaktywną krzemionkę. Metoda wymaga obserwacji prowadzonych przez okres 20 tygodni, dlatego przewidziana jest dla kruszyw, dla których w trakcie badań wg głównych metod (AAR-2 i AAR-5) nie została wykluczona reaktywność. Zestawienie uzyskanych wyników znajduje się w tabeli 5 (tabela ze szczegółowymi wynikami badań znajduje się w Załączniku 1).

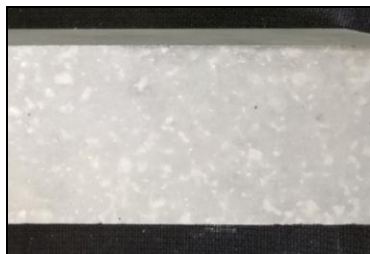
Zmiany zaobserwowane na powierzchni próbek: piaskowiec i bazalt – nie ma, dolomit – jaśniejsze bladopomarańczowe odbarwienia występujące na wszystkich próbkach (rys. 7). Barwa jaśniejsza niż w przypadku próbek po badaniu wg dokumentu AAR-3.

- kwarcyt – zaobserwowano jaśniejsze odbarwienia i niewielkie ślady białych nacieków, występujące na wszystkich próbkach
- granit – występują nacieki i odbarwienia na wszystkich próbkach (rys. 8)
- żwir – zaobserwowano nacieki żelu krzemionkowego na wszystkich próbkach
- dolomit Pittsburg – na jednej próbce zaobserwowano spękanie (rys. 8)

- wapień Spratt – na wszystkich próbkach zaobserwowano białe nacieki, powstałe na skutek wydostawania się na powierzchnię próbek żelu krzemionkowego powstałego w trakcie reakcji z alkaliarni (rys. 9).

Tab. 5. Wyniki badań kruszyw wg AAR-4  
Tab. 5. Test results according to AAR-4

Lp.	Kruszywo	Ekspansja, [%]	Ocena
1.	piaskowcowe	0,01	niereaktywne
2.	bazaltowe	0,00–0,02	
3.	dolomitowe	0,01	
4.	kwarcytowe	0,00–0,01	
5.	granitowe	0,07–0,09	potencjalnie reaktywne (ASR)
6.	żwir	0,00–0,03	niereaktywne/ potencjalnie reaktywne (ASR)
7.	dolomit Pittsburg	0,15–0,20	potencjalnie reaktywne (ASR)
8.	wapień Spratt	0,08–0,10	



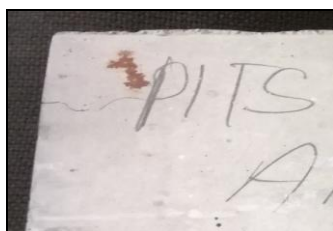
Rys. 7. Próbkę po badaniu wg AAR-4, widoczne jaśniejsze niewielkie regularne odbarwienia, dolomit

Fig. 7. Specimen with briter spots tested according to AAR-4, dolomite



Rys. 8. Próbkę po badaniu wg AAR-4 z widocznymi odbarwieniami i białawymi nalotami, granit

Fig. 8. Specimen with stains and white spots; tested according to AAR-4, granite



Rys. 9. Próbkę po badaniu wg AAR-4 z widocznym spękaniem, dolomit Pittsburg

Fig. 9. Specimen with single crack tested according to AAR-4, dolomite Pittsburg



Rys. 10. Próbkę po badaniu wg AAR-4 z widocznymi odbarwieniami, wapień Spratt

Fig. 10. Specimen with spears tested according to AAR-4, limestone Spratt

## 3.7. BADANIE WG PN-B-06714-34:1991

Jest to metoda długotrwała (180 dni). Wyniki zestawiono w tabeli 6. Zgodnie z treścią tej normy kruszywo należy uznać za reaktywne, gdy po jakiegokolwiek serii pomiarów  $r_{a\text{sr}} > 0,1$ .

Tab. 6. Wyniki badań kruszyw wg PN-B-06714-34:1991 + A1:1997

Tab. 6. Test results according to PN-B-06714-34:1991 + A1:1997

Próbka	Zmiany liniowe $r_{an}$ , wartość średnia				
	T <sub>14</sub>	T <sub>28</sub>	T <sub>60</sub>	T <sub>90</sub>	T <sub>180</sub>
piaskowiec	0,010	- 0,005	- 0,007	- 0,005	- 0,005
bazalt	- 0,008	- 0,004	- 0,002	0,000	- 0,011
dolomit	0,008	0,000	- 0,001	- 0,004	- 0,001
kwarcyt	- 0,001	- 0,013	- 0,012	- 0,015	- 0,015
granit	0,005	- 0,004	- 0,007	- 0,007	- 0,004
żwir	- 0,010	- 0,005	- 0,007	- 0,005	- 0,005
dolomit Pittsburg	0,015	0,029	0,032	0,033	0,044
wapień Spratt	- 0,002	0,016	0,017	0,003	0,020

## 3.8. BADANIE WG PN-B-06714-46:1992

Jest to metoda szybka oceny potencjalnej reaktywności alkalicznej. Otrzymane wyniki zostały zestawione w tabeli 7.

Tab. 7. Wyniki badań kruszyw PN-B-06714-46:1992

Tab. 7. Test results according to PN-B-06714-46:1992

Lp.	Kruszywo	$X_1$ lub $X_4$	Ocena
1.	piaskowcowe	0,00-0,27	niereaktywne
2.	bazaltowe	0,00-0,10	
3.	dolomitowe	0,00-0,11	
4.	kwarcytowe	0,02-0,15	
5.	granitowe	0,00-0,01	
6.	żwirowe	0,00-0,25	
7.	dolomit Pittsburg	0,13-0,79	potencjalnie reaktywne
8.	wapień Spratt	0,09-0,34	niereaktywne

Kryteria kruszywo:

0 – niereaktywne dla wartości reaktywności wynoszącej  $\leq 0,5$

1 – potencjalnie reaktywne, wartość reaktywności wynosząca  $> 0,5$  i  $\leq 2,0$

2 – reaktywne dla wartości reaktywności wynoszącej  $> 2,0$ .



## 4. ANALIZA WYNIKÓW

W tabeli 8 zostały zestawione wyniki wszystkich badań.

Tab. 8. Analiza wyników badań reaktywności wg dokumentów AAR i norm PN-B  
Test results analysis according to AAR and PN-B methods

Badanie	AAR-2	AAR-5	AAR-3	AAR-4	PN-B-06714-34	PN-B-06714-46	Ocena końcowa
piaskowiec (II/IIIS)*)	NR/PR	–	NR	NR	NR	NR	kruszywo niereaktywne
bazalt (I)	NR/PR	–	NR	NR	NR	NR	
dolomit (II/IIISC)	NR	–	NR	NR	NR	NR	
kwarcyt (I)	NR/PR	–	NR	NR	NR	NR	
granit (II/IIIS)	NR	–	NR/PR	PR (ASR)	NR	NR	kruszywo potencjalnie reaktywne
żwir (II/IIISC)	PR	PR	NR/PR	NE/PR (ASR)	NR	NR	
dolomit Pittsburg	PR	PR	R (ASR)	PR (ASR)	NR	PR	kruszywo reaktywne
wapień Spratt	PR	PR	R (ASR)	PR (ASR)	NR	NR	

Piaskowiec – wyniki uzyskane metodami PN-B wykazały, że badane próbki są niereaktywne. Po analizie petrograficznej zakwalifikowano kruszywa do potencjalnie reaktywnych ze względu na zaobserwowany kwarc drobnokrystaliczny oraz spoiwo krzemionkowo-ilaste. Jednak ostateczny wynik uzyskany wg metod AAR wskazuje, że kruszywo jest niereaktywne i może być bezpiecznie stosowane w betonach.

Bazalt – kruszywo bazaltowe uzyskało wyniki negatywne (niereaktywne) metodami PN-B. Podobne wnioski wykazał opis petrograficzny. Również wyniki uzyskane metodami AAR potwierdziły, że badany bazalt jest niereaktywny.

Dolomit – kruszywo dolomitowe przebadane metodami PN-B nie wykazało reaktywności. Jednak na podstawie opisu petrograficznego kruszywo to zostało zaklasyfikowane jako potencjalnie reaktywne. Jednak na podstawie badań wg AAR (w tym wg AAR-5 wykonywanego tylko dla kruszyw, w których może pojawić się reaktywność alkaliczno-węglanowa) stwierdzono, że kruszywo jest niereaktywne. W badaniach wg AAR-3 i AAR-4 zaobserwowano odbarwienia na powierzchni próbek barwy samej skały; nie wpływają one jednak na otrzymane wyniki.

Kwarcyt – wyniki badań wg metod PN-B wykazały brak możliwości pojawienia się reaktywności alkalicznej. Zgodnie z opisem petrograficznym kruszywo zostało zaklasyfikowane jako niereaktywne. Badania wg dokumentów AAR potwierdziły, że

kruszywo jest niereaktywne. Na powierzchni próbek badanych długimi metodami (AAR-3 i AAR-4) zaobserwowano nieliczne odbarwienia oraz białawe naloty. Nie spowodowały one jednak przyrostu długości próbek.

Granit – wyniki badania reaktywności alkalicznej wg stosowanych dotychczas w Polsce metod PN-B wykazały, że kruszywo granitowe jest niereaktywne. Wg opisu petrograficznego stwierdzono występowanie kwarcu drobnokrystalicznego, dlatego zaklasyfikowano kruszywo jako potencjalnie reaktywne. Wyniki badania wg metod AAR potwierdziły, że kruszywo to jest potencjalnie reaktywne. Zaobserwowano również liczne ślady po żelu krzemionkowym na powierzchniach próbek.

Kruszywo żwirowe – zbadane wg metod PN-B zostało zaklasyfikowane jako niereaktywne, jednak na podstawie badań petrograficznych żwir został zaklasyfikowany jako potencjalnie reaktywny. Metody wg dokumentów AAR potwierdziły możliwość wystąpienia reakcji składników kruszywa z alkaliarni. Zaobserwowano również dość liczne ślady żelu krzemionkowego na powierzchni próbek badanych metodami wg AAR-3 i AAR-4.

Dolomit Pittsburg – metoda PN-B-06714-34 nie wykazuje możliwości wystąpienia reakcji, natomiast metoda szybka PN-B-06714-46 wykazuje, że badane kruszywo jest potencjalnie reaktywne. Dopiero metody wg dokumentów AAR wykazują reaktywność alkaliczną kruszywa, a na powierzchni próbek po badaniu wg dokumentu AAR-3 można zaobserwować spękania na każdej z badanych próbek.

Wapień Spratt – metody PN-B nie wykazują możliwości wystąpienia reakcji z alkaliarni. Wszystkie metody AAR wykazują możliwość wystąpienia reaktywności, natomiast wyniki badania wg dokumentu AAR-3 wykazały wystąpienie reakcji z alkaliarni. Ponadto na powierzchni wszystkich próbek również zaobserwowano liczne spękania i ślady powstałe na skutek migracji żelu krzemionkowego. Z analizy wyników badań poszczególnych próbek wynika wniosek, że nowe metody badawcze są niewspółmierne do dotychczas stosowanych metod. Nowe wyniki badań (AAR) znacznie częściej wykazały możliwość wystąpienia reakcji z alkaliarni.

Opis petrograficzny wykonany wg AAR-1 nie może być jedynym kryterium oceny kruszyw pod kątem reaktywności alkalicznej. Opis petrograficzny jest tylko metodą, dzięki której można określić zmienność bieżącej produkcji w zakładzie. Dopiero inne metody AAR pozwalają na ocenę reaktywności. Dlatego pierwsze badania wg dokumentów AAR powinny przewidywać wykonanie pełnej ścieżki badawczej, obejmującej metody szybkie AAR-2 oraz ewentualnie AAR-5 dla kruszyw zawierających węglany oraz metody długie AAR-4 i AAR-3. Przy kolejnych analizach już sam opis petrograficzny może posłużyć jako kryterium do uznania, że kruszywo jest bezpieczne do stosowania w betonach. Albo, gdy obserwuje się zmiany proporcji lub pojawienia się składników mogących wpłynąć na reaktywność kruszywo kieruje się do dalszych badań metodami AAR.

W trakcie badania w przypadku niektórych kruszyw zaobserwowano pojawiające się białe nacieki, będące efektem migracji żelu krzemionkowego. Takie zjawisko jest

symptodem wskazującym na zachodzące reakcje pomiędzy niektórymi składnikami kruszywa a alkaliami pochodzącymi z betonu. Badania reaktywności alkalicznej wg metod AAR wykazały w 4 (w tym 2 referencyjne) z 8 próbek reaktywność alkaliczno-krzemionkową próbek.

## 5. PODSUMOWANIE

Badanie reaktywności alkalicznej wykonane metodą wg normy PN-B-06714-34:1991+A1:1997 nie wykazało możliwości pojawienia się reakcji z alkaliami żadnego z badanych kruszyw, a badanie potencjalnej reaktywności metodą szybką wg PN-B-06714-46:1992 wykazało możliwość pojawienia się reakcji z alkaliami w przypadku najbardziej reaktywnego kruszywa referencyjnego Pittsburg z Kanady. Pozostałe kruszywa nie wykazały możliwości reagowania z alkaliami. Badania tych samych kruszyw wykonane metodami AAR wykazały możliwość wystąpienia 4 z 8 badanych kruszyw (w tym obu kruszyw referencyjnych).

Zaleca się, aby do badania wszystkich kruszyw stosowanych w betonach stosować nowe metody wg dokumentów AAR. Wyniki badań uzyskane tymi metodami odbiegają od wyników uzyskiwanych dotychczas stosowanymi metodami PN-B. Dzięki nowym metodom badawczym możliwe będzie dużo precyzyjniejsze określenie możliwości reakcji składników kruszywa z alkaliami występującymi w betonach. Dotychczas stosowana metoda szybka PN-B-06714-46:1992 i wycofana już, ale nadal często wykorzystywana, metoda beleczkowa PN-B-06714-34:1991+A1:1997 nie dają tak wyczerpujących informacji, jak nowe metody AAR.

Białe nacieki na powierzchniach próbek świadczą o reakcjach składników kruszywa z alkaliami krążącymi w betonach i powstawaniu żelu krzemionkowego. Niewielkie ślady żelu na powierzchni próbek nie powodują przyrostu długości znacząco wpływającego na wynik badania. Jednak, gdy na powierzchni próbek obserwuje się duże ilości żelu, świadczy to o silnej reaktywności składników, a przyrost długości próbek jest znaczący, przekracza dopuszczalne wartości. Skrajnym objawem reaktywności jest powstawanie rys i spękań na powierzchniach próbek.

W nawiązaniu do celu pracy dwie z sześciu zbadanych próbek krajowych kruszyw wg nowych metod opisanych w dokumentach AAR wykazały możliwość pojawienia się reakcji z alkaliami. Tego rodzaju kruszywo może spowodować reakcje z alkaliami prowadzące być może nawet do destrukcji betonu. Te same kruszywa nie wykazały reaktywności podczas badań wg dotychczas stosowanych metod PN-B.

Reasumując – badania potwierdzają, że należy zastąpić dotychczas stosowane metody PN-B-06714-34 i PN-B-06714-46, jako mniej efektywne, nowymi metodami AAR.

## LITERATURA

- GÓRALCZYK S., FILIPCZYK M., 2016, *Aktualne badania reaktywności alkalicznej polskich kruszyw. Kruszywa Mineralne*, t. 1, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii PWr, 31–41.
- GÓRALCZYK S., 2011, *Reaktywność alkaliczna kruszyw. Nowa europejska metodyka badań i oceny*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr, Studia i Materiały, Gór. Geol. XV, nr 132, 69–77.
- KUKIELSKA D., GÓRALCZYK S., 2015, *Reaktywność alkaliczna kruszyw*, Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 22(1), 101–110.
- PN-B-06714-34:1991 + A1:1997, *Kruszywa mineralne – Badania – Oznaczanie reaktywności alkalicznej*.
- PN-B-06714-46:1992, *Kruszywa mineralne – Badania – Oznaczanie potencjalnej reaktywności alkalicznej metodą szybką*.
- RILEM RECOMMENDED TEST METHOD: AAR-0, 2003, *Outline Guide to the Use of RILEM Methods in Assessments of Alkali-Reactivity Potential of Aggregates*, RILEM/TC-ACS/11/03.
- RILEM RECOMMENDED TEST METHOD: AAR-1, 2003, *Petrographical Examination*, RILEM TC-ACS/14/07.
- RILEM RECOMMENDED TEST METHOD: AAR-2, 2002, *Detection of potential alkali-reactivity - Accelerated mortar-bar test method for aggregates*, RILEM/TC-ACS/11/05.
- RILEM RECOMMENDED TEST METHOD: AAR-3, 2000, *Detection of potential alkali-reactivity - 38 °C test method for aggregate combinations using concrete prisms*, RILEM/TC-ACS/11/06.
- RILEM RECOMMENDED TEST METHOD: AAR-4.1, 2004, *Detection of potential alkali-reactivity - 60 °C test method for aggregate combinations using concrete prisms*, RILEM/TC-ACS/11/07.
- RILEM RECOMMENDED TEST METHOD: AAR-5, 2003, *Rapid Preliminary Screening Test for Carbonate Aggregates*, RILEM/TC-APR/04/10.

## POLISH AGGREGATES LATEST ALKALI REACTIVITY TEST RESULTS – PART II

In the article there is compare the latest alkaline reactivity test results of selected aggregates. The test were made in accordance to obligate norms PN-B-06714-34 and PN-B-06714-46 and compared with alkaline reactivity test results made in accordance to new methods elaborated in PARTNER Research Project and in RILEM TC 191 International Comitee (replaced by RILEM TC 219 ACS). The article shows the second part of the results and date analysis of another different aggregate types from Poland.

Stefan GÓRALCZYK, Anita PABICH

*Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

## **ANALIZA JAKOŚCI KRAJOWYCH KRUSZYW**

### **1. WPROWADZENIE**

W związku z dynamicznym rozwojem budownictwa ogólnego i drogowego zapotrzebowanie na kruszywa stale rośnie. Rada Ministrów 20 czerwca 2017 roku podjęła uchwałę, w której zwiększono limit finansowy „Programu Budowy Dróg Krajowych na lata 2014–2023...” ze 107 do 135 mld zł (Uchwała nr 97/2017). Tym samym prognozuje się wzrost zapotrzebowania surowców stosowanych w drogownictwie. Dobra koniunktura trwa także w budownictwie, na którą ma wpływ tempo rozwoju gospodarczego kraju. Ogólny wskaźnik syntetyczny koniunktury gospodarczej GUS (SI) w lutym 2018 roku wynosił 114,1 i kształtuje się na poziomie wyższym niż w miesiącu i roku poprzednim, a produkcja w sektorze budowlanym wzrosła o prawie 40%. Rozwój inwestycji budowlanych w kraju spowoduje wzrost zapotrzebowania na surowce i wyroby w stosunku do 2017 roku.

W niniejszym artykule porównano wszystkie typowe kruszywa o frakcji 8-16 mm przebadane w latach 2011–2017 w Laboratorium Surowców i Wyrobów Budowlanych IMBiGS z wynikami badań z lat 2005–2010 Laboratorium Badań Maszyn Roboczych i Górniczych IMBiGS (Góralczyk&Kukielska, 2011) pod względem odporność na: rozdrabnianie, ścieranie, polerowanie, ścieranie powierzchniowe, na szok termiczny oraz nasiąkliwości i mrozoodporności. Wyniki zinterpretowano w odniesieniu do wymagań norm PN-EN 12620 + A1:2010 i PN-EN 13043:2004 oraz wytycznych zawartych w WT-1 2004. Opierając się o otrzymane dane dokonano analizy jakości polskich kruszyw w okresie trzynastu lat.

### **2. JAKOŚCI POLSKICH KRUSZYW NA PODSTAWIE BADAŃ z lat 2005–2010 i 2011–2017**

Jakość surowca wpływa na jakość końcowego produktu, gdyż techniki uszlachetniania stosowane w zakładach produkcyjnych mogą wpływać tylko na poprawę jego pewnych właściwości. W trakcie uszlachetniania można uzyskać żądane uziarnienie,

pozbyć się frakcji drobnych, zanieczyszczeń organicznych, ziaren słabych i zwietrzalnych. Kruszywo jako podstawowy materiał budowlany w dużej mierze powinno zapewnić odpowiednią jakość i trwałość wyrobów oraz konstrukcji budowlanych.

Tab. 1. Odporność kruszyw na rozdrabnianie *LA*Tab. 1. Crushing resistance of aggregates *LA*

Kruszywo	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 PN-EN 13043	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 +A1:2010 PN-EN 13043:2004
	lata 2005–2010			lata 2011–2017		
melafir	3	7–11	<i>LA</i> <sub>15</sub> -3	1	12	<i>LA</i> <sub>15</sub> -1
bazalt	12	6–13	<i>LA</i> <sub>15</sub> -12	24	8–14	<i>LA</i> <sub>15</sub> -24
szarogłaz	1	16	<i>LA</i> <sub>15</sub> -1	1	19	<i>LA</i> <sub>15</sub> -1
amfibolit	2	12–19	<i>LA</i> <sub>15</sub> -1 <i>LA</i> <sub>20</sub> -1	4	18–20	<i>LA</i> <sub>20</sub> -4
żużel	3	15–23	<i>LA</i> <sub>15</sub> -1 <i>LA</i> <sub>20</sub> -3 <i>LA</i> <sub>25</sub> -3	5	15–24	<i>LA</i> <sub>15</sub> -1 <i>LA</i> <sub>20</sub> -2 <i>LA</i> <sub>25</sub> -2
dolomit	8	11–25	<i>LA</i> <sub>15</sub> -2 <i>LA</i> <sub>20</sub> -3 <i>LA</i> <sub>25</sub> -3	6	16–28	<i>LA</i> <sub>15</sub> -2 <i>LA</i> <sub>20</sub> -3 <i>LA</i> <sub>25</sub> -1
sjenit	1	19	<i>LA</i> <sub>20</sub> -1	1	20	<i>LA</i> <sub>20</sub> -1
żwir z przewagą ziaren magnezowych	13	18–25	<i>LA</i> <sub>20</sub> -6 <i>LA</i> <sub>25</sub> -5 <i>LA</i> <sub>30</sub> -2	19	19–29	<i>LA</i> <sub>20</sub> -2 <i>LA</i> <sub>25</sub> -6 <i>LA</i> <sub>30</sub> -11
żwir kruszony ziarna kruszone > 50%	15	16–30	<i>LA</i> <sub>20</sub> -2 <i>LA</i> <sub>25</sub> -7 <i>LA</i> <sub>30</sub> -6	6	20–28	<i>LA</i> <sub>20</sub> -1 <i>LA</i> <sub>25</sub> -4 <i>LA</i> <sub>30</sub> -1
żwir z przewagą ziaren kwarcowych lub piaszczystych	10	16–34	<i>LA</i> <sub>20</sub> -1 <i>LA</i> <sub>25</sub> -3 <i>LA</i> <sub>30</sub> -4 <i>LA</i> <sub>35</sub> -2	9	15–32	<i>LA</i> <sub>25</sub> -1 <i>LA</i> <sub>30</sub> -4 <i>LA</i> <sub>40</sub> -4
wapień	3	24–30	<i>LA</i> <sub>25</sub> -2 <i>LA</i> <sub>30</sub> -1	4	20–24	<i>LA</i> <sub>20</sub> -1 <i>LA</i> <sub>25</sub> -3
gnejs	1	34	<i>LA</i> <sub>35</sub> -1	2	26–29	<i>LA</i> <sub>30</sub> -2
granit, granitognejs	5	21–43	<i>LA</i> <sub>25</sub> -1 <i>LA</i> <sub>30</sub> -1 <i>LA</i> <sub>35</sub> -1 Dekl.-2	8	23–40	<i>LA</i> <sub>25</sub> -1 <i>LA</i> <sub>30</sub> -2 <i>LA</i> <sub>40</sub> -5
kwarcyt	2	21–32	<i>LA</i> <sub>25</sub> -1 <i>LA</i> <sub>35</sub> -1	7	14–32	<i>LA</i> <sub>15</sub> -1 <i>LA</i> <sub>20</sub> -3 <i>LA</i> <sub>25</sub> -3
żwir z przewagą ziaren węglanowych	10	21–31	<i>LA</i> <sub>25</sub> -8 <i>LA</i> <sub>30</sub> -1 <i>LA</i> <sub>35</sub> -1	2	21–22	<i>LA</i> <sub>25</sub> -2

W latach 2011–2017 analizie poddano 140 asortymentów kruszyw z 51 krajowych zakładów przerobczych. Badania zostały wykonane metodami:

- odporność na rozdrabnianie  $LA$  wg normy PN-EN 1097-2:2010,
- odporność na ścieranie  $M_{DE}$  wg PN-EN 1097-1:2011,
- odporność na ścieranie powierzchniowe  $AAV$ , wg PN-EN 1097-8:2009 zał. A,
- odporność na polerowanie  $PSV$ , wg PN-EN 1097-8:2009,
- odporność na szok termiczny  $I, V_{LA}$ , wg PN-EN 1367-5:2011,
- nasiąkliwość  $WA_{24}$ , wg PN-EN 1097-6:2002 i PN-EN 1097-6:2013,
- mrozoodporność  $F$ , wg PN-EN 1367-1:2007.

Przy danej kategorii podano liczbę kruszyw spełniających wymagania.

Najwyższą kategorię odporności na rozdrabnianie, tak jak w latach 2005–2010, osiągnęło kruszywo z melafiru, bazaltu i szarogłazu. W latach 2011–2017 przebadano 4 asortymenty amfibolitu. Wszystkie spełniały kategorie  $LA_{20}$ . W latach wcześniejszych kruszywo amfibolitowe spełniało również kategorię  $LA_{15}$ . Żuźle, dolomity, sjenity, żwiry z przewagą ziaren magmowych, żwiry kruszone można zaliczyć do tych samych kategorii co w latach 2005–2010. W przypadku kwarcytów, wapieni, żwirów z przewagą ziaren węglanowych, gnejsów zaobserwowano niższy współczynnik  $LA$ . Najwyższe współczynniki  $LA$  wykazują kruszywa żwirowe z przewagą ziaren kwarcowych lub piaskowcowych, granity i granitognejsy.



Rys. Przykłady aparatury wykorzystywanej w badaniach  
Fig. Examples of the apparatus used in the research

Tab. 2. Odporność kruszyw na ścieranie  $M_{DE}$   
 Tab. 2. Abrasion resistance of aggregates  $M_{DE}$

Kruszywo	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 PN-EN 13043	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 + A1:2010 PN-EN 13043:2004
	lata 2005–2010			lata 2011–2017		
melafir	4	6–14	$M_{DE}10-3$ $M_{DE}15-1$	1	10	$M_{DE}10-1$
żużel	3	3–11	$M_{DE}10-2$ $M_{DE}15-1$	5	1–6	$M_{DE}10-5$
żwir z przewagą ziaren kwarcowych lub piaszczowców	10	6–23	$M_{DE}10-6$ $M_{DE}15-3$ $M_{DE}25-1$	11	8–18	$M_{DE}10-6$ $M_{DE}15-2$ $M_{DE}20-3$
granit, granitognejs	5	7–16	$M_{DE}10-2$ $M_{DE}15-2$ $M_{DE}20-1$	8	6–12	$M_{DE}10-7$ $M_{DE}15-1$
bazalt	12	7–18	$M_{DE}10-4$ $M_{DE}15-4$ $M_{DE}20-4$	22	4–18	$M_{DE}10-13$ $M_{DE}15-8$ $M_{DE}20-1$
dolomit	9	7–18	$M_{DE}10-3$ $M_{DE}15-2$ $M_{DE}20-4$	4	8–19	$M_{DE}10-1$ $M_{DE}20-3$
amfibolit	2	9–16	$M_{DE}10-1$ $M_{DE}20-1$	1	7	$M_{DE}10-1$
kwarcyt	2	10–17	$M_{DE}10-1$ $M_{DE}20-1$	8	5–20	$M_{DE}10-6$ $M_{DE}20-2$
żwir z przewagą ziaren magmowych	13	3–21	$M_{DE}10-2$ $M_{DE}15-5$ $M_{DE}20-5$ $M_{DE}25-1$	15	12–26	$M_{DE}15-5$ $M_{DE}20-8$ $M_{DE}25-2$
żwir kruszony ziarna kruszone > 50%	14	9–26	$M_{DE}10-1$ $M_{DE}15-4$ $M_{DE}20-2$ $M_{DE}30-2$	6	13–26	$M_{DE}15-5$ $M_{DE}35-1$
żwir z przewagą ziaren węglanowych	10	20–40	$M_{DE}15-3$ $M_{DE}20-4$ $M_{DE}25-2$ $M_{DE}40-1$	2	12	$M_{DE}15-2$
wapień	3	18–38	$M_{DE}20-1$ $M_{DE}30-1$ Dekl.-1	7	13–18	$M_{DE}15-2$ $M_{DE}20-5$
szarogłaz	1	23	$M_{DE}25-1$	1	36	$M_{DE}Dekl.-1$



Tak jak w latach 2005–2010 kruszywa z melafiru, bazaltu, kwarcytu, dolomitu, granitu i żużli charakteryzują się niskim współczynnikiem  $M_{DE}$ . Dużą różnorodność zaobserwowano w przypadku kruszyw żwirowych. Najwyższym współczynnikiem  $M_{DE}$  charakteryzowało się kruszywo z szarogłazu i żwiry kruszone.

Tab. 3. Odporność kruszyw na ścieranie powierzchniowe  $AAV$ Tab. 3. Surface abrasion of aggregates  $AAV$ 

Kruszywo	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 PN-EN 13043	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 +A1:2010 PN-EN 13043:2004
	lata 2005–2010			lata 2011–2017		
amfibolit	2	5	$AAV_{10-2}$	2	2–3	$AAV_{10-2}$
bazalt	12	2–4	$AAV_{10-12}$	19	2–4	$AAV_{10-19}$
dolomit	9	7–10	$AAV_{10-9}$	2	10–11	$AAV_{10-1}$ $AAV_{15-1}$
żużel	3	2–5	$AAV_{10-3}$	4	2–3	$AAV_{10-4}$
gabro	2	3	$AAV_{10-2}$	2	3	$AAV_{10-3}$
gnejs	1	5	$AAV_{10-1}$	2	4–6	$AAV_{10-2}$
granit, granitognejs	5	3	$AAV_{10-5}$	9	2–5	$AAV_{10-9}$
kwarcyt	2	1–3	$AAV_{10-2}$	3	2	$AAV_{10-3}$
melafir	4	3–4	$AAV_{10-4}$	2	3–5	$AAV_{10-2}$
szarogłaz	1	4	$AAV_{10-1}$	2	7–8	$AAV_{10-2}$
żwir z przewagą ziaren kwarcowych lub piaskowcowych	7	1–3	$AAV_{10-7}$	7	1–5	$AAV_{10-7}$
żwir z przewagą ziaren magmowych	8	2–4	$AAV_{10-8}$	18	2–6	$AAV_{10-18}$
żwir z przewagą ziaren węglanowych	10	2–6	$AAV_{10-10}$	2	4	$AAV_{10-2}$
żwir kruszony ziarna kruszone > 50%	13	2–4	$AAV_{10-13}$	5	3–5	$AAV_{10-2}$
wapień	4	2–15	$AAV_{10-1}$ $AAV_{15-3}$	8	9–15	$AAV_{10-4}$ $AAV_{15-4}$

Wśród przebadanych kruszyw, tak jak w latach 2005–2010, tylko kruszywa węglanowe osiągnęły kategorię  $AAV_{15}$ . Pozostałym kruszywom przypisano kategorię  $AAV_{10}$ .

Tab. 4. Odporność kruszyw na polerowanie *PSV*  
 Tab. 4. Polishing resistance of aggregates *PSV*

Kruszywo	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 PN-EN 13043	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania	Kategorie wg norm PN-EN 12620 +A1:2010 PN-EN 13043:2004
	lata 2005–2010			lata 2011–2017		
gnejs	1	59	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub>	3	58–62	<i>PSV</i> <sub>62-1</sub> <i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-1</sub>
szarogłaz	1	58	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub>	2	40–66	<i>PSV</i> <sub>62-1</sub> <i>PSV</i> <sub>Dekl.-1</sub>
granit	brak danych	brak danych	brak danych	12	48–59	<i>PSV</i> <sub>56-7</sub> <i>PSV</i> <sub>50-4</sub> <i>PSV</i> <sub>44-1</sub>
granodioryt	brak danych	brak danych	brak danych	3	53–56	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-2</sub>
granitognejs	brak danych	brak danych	brak danych	1	54	<i>PSV</i> <sub>50-1</sub>
żwir z przewagą ziaren węglanowych	10	45–61	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-5</sub> <i>PSV</i> <sub>44-4</sub>	2	52	<i>PSV</i> <sub>50-2</sub>
kwarcyt	2	51–56	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>44-1</sub>	4	55–59	<i>PSV</i> <sub>56-3</sub> <i>PSV</i> <sub>55-1</sub>
amfibolit	2	49–54	<i>PSV</i> <sub>50-1</sub> <i>PSV</i> <sub>44-1</sub>	4	53–58	<i>PSV</i> <sub>56-2</sub> <i>PSV</i> <sub>55-2</sub>
żwir kruszony ziarna kruszone > 50%	15	39–55	<i>PSV</i> <sub>56-2</sub> <i>PSV</i> <sub>50-8</sub> <i>PSV</i> <sub>44-4</sub> Dekl.-1	6	43–59	<i>PSV</i> <sub>56-2</sub> <i>PSV</i> <sub>50-3</sub> <i>PSV</i> <sub>Dekl.-1</sub>
żużel	3	42–60	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>44-1</sub> Dekl.-1	4	40–57	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-2</sub> <i>PSV</i> <sub>Dekl.-1</sub>
bazalt	12	44–52	<i>PSV</i> <sub>50-5</sub> <i>PSV</i> <sub>44-7</sub>	22	44–52	<i>PSV</i> <sub>50-13</sub> <i>PSV</i> <sub>44-9</sub>
diabaz	brak danych	brak danych	brak danych	7	49–59	<i>PSV</i> <sub>56-2</sub> <i>PSV</i> <sub>50-5</sub>
gabro	2	49–53	<i>PSV</i> <sub>50-1</sub> <i>PSV</i> <sub>44-1</sub>	2	54–57	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-1</sub>
żwir z przewagą ziaren kwarcowych i piaskowcowych	7	43–53	<i>PSV</i> <sub>50-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-4</sub> Dekl.-1	8	48–56	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-5</sub> <i>PSV</i> <sub>44-2</sub>
żwir z przewagą ziaren magmowych	13	42–53	<i>PSV</i> <sub>50-6</sub> <i>PSV</i> <sub>44-4</sub> Dekl.-3	18	46–56	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub> <i>PSV</i> <sub>50-11</sub> <i>PSV</i> <sub>44-6</sub>
melafir	4	52–55	<i>PSV</i> <sub>44-4</sub>	1	58	<i>PSV</i> <sub>56-1</sub>
dolomit	6	41–47	<i>PSV</i> <sub>44-3</sub> Dekl.-3	2	41–42	<i>PSV</i> <sub>Dekl.-2</sub>
wapień	3	42–43	Dekl.-3	9	34–41	<i>PSV</i> <sub>Dekl.-9</sub>

Najwyższy wskaźnik  $PSV$  uzyskały kruszywa z gnejsu i szarogłazu  $PSV_{62}$ . Według badań przeprowadzonych w latach 2005–2010 żadne kruszywo nie osiągnęło tak wysokiego wskaźnika. Większość przebadanych kruszyw charakteryzowało się kategorią  $PSV_{56}$  i  $PSV_{40}$ . Kategorie  $PSV_{Dekl.}$  i  $PSV_{44}$  dają się zauważyć w kruszywach wapiennych, dolomitowych, niektórych bazaltach.

Tab. 5. Odporność kruszyw na szok termiczny  
Tab. 5. Thermal shock resistance of aggregates

Kruszywo	Liczba kruszyw badanych, lata 2005–2010	Ubytek masy $I$ [%]	Spadek wytrzymałości $V_{LA}$	Liczba kruszyw badanych, lata 2011–2017	Ubytek masy $I$ [%]	Spadek wytrzymałości $V_{LA}$
amfibolit	2	0,03	1	1	0,1	1
bazalt	12	0,02–0,1	1–5	3	0,1–1,4	1–3
dolomit	9	0,03–1,8	1–4	1	0,05	3
wapień	3	0,3–0,1	1–10	8	0,03–0,6	1–6
żużel	3	0,2–0,7	0–1	3	0,2–0,3	1
granit, granitognejs	5	0,02	0–3	7	0,1–0,9	2–9
kwarcyt	2	0,2	0	1	0,2	0
melafir	4	0,02–0,1	1–3	1	1,3	5
szarogłaz	1	1,2	2	1	1,0	3
żwir kruszony ziarna kruszone > 50%	13	0,1–0,5	1–4	6	0,1–0,3	1–7
żwir z przewagą ziaren kwarcowych i piaskowcowych	8	0,1–0,3	1–6	2	0,2	2
żwir z przewagą ziaren magmowych	12	0,1–0,3	0–6	15	0,1–0,6	2–7
żwir z przewagą ziaren węglanowych	9	0,1–0,5	1–4	2	0,1	6

Największy ubytek masy zaobserwowano podczas badania melafiru, >1%. W latach 2005–2010 ubytek masy kruszywa był na bardzo niskim poziomie 0,02–0,1. Nie należy wyciągać na tej podstawie ogólnych wniosków, ponieważ przebadano tylko jeden asortyment tego kruszywa. Dla niektórych bazaltów otrzymano wynik powyżej 1%. Ubytek masy w przypadku pozostałych kruszyw nie przekraczał 1%. Straty wytrzymałości kruszyw są zróżnicowane i mieszczą się w przedziale 0–9%.

Podobnie jak w latach 2005–2010 największe straty wytrzymałości występują w przypadku kruszyw wapiennych, granitowych i granitognejsowych, zaś najmniejsze dla kruszyw kwarcytowych, żużli i kruszyw amfibolitowych.

Tab. 6. Nasiąkliwość kruszyw  
Tab. 6. Water absorption of aggregates

Kruszywo	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania [%]	Kategorie wg norm PN-EN 12620 PN-EN 13043	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania [%]	Kategorie wg norm PN-EN 12620 +A1:2010 PN-EN 13043:2004
	lata 2005–2010			lata 2011–2017		
amfibolit	2	0,6	<1 – 2	4	0,2–0,8	<1 – 4
szarogłaz	1	0,5	<1 – 1	1	0,9	<1 – 1
sjenit	1	0,3	<1 – 1	1	0,5	<1 – 1
żużel	3	0,4–0,5	<1 – 3	3	0,6–0,7	<1 – 3
granit, granitognejs	5	0,3–0,7	<1 – 5	7	0,4–0,7	<1 – 5
kwarcyt	2	0,3–0,7	<1 – 2	1	0,9	<1 – 1
wapień	3	0,3–0,4	<1 – 3	7	0,3–0,5	<1 – 2
żwir kruszony ziarna kruszone > 50%	12	0,1–1,6	<1 – 11 >1 – 1	2	0,7–0,8	<1 – 2
żwir z przewagą ziaren kwarcowych i piaskowcowych	10	0,7–1,4	<1 – 9 >1 – 1	6	0,4–1,2	<1 – 5 >1 – 1
dolomit	8	0,5–2,4	<1 – 8 >1 – 5	2	0,5–2,2	<1 – 1 >1 – 1
żwir z przewagą ziaren magmaowych	8	0,3–1,4	<1 – 8 >1 – 5	19	0,4–2,0	≤1 – 14 >1 – 5
melafir	3	0,8–1,3	<1 – 2 >1 – 1	2	1,2–1,8	>1 – 2
żwir z przewagą ziaren węglanowych	10	0,5–2,3	<1 – 7 >1 – 3	2	0,5	<1 – 2
bazalt	11	0,5–1,7	<1 – 4 >1 – 7	17	0,3–2,0	≤1 – 15 >1 – 2
gnejs	brak danych	1	0,6	<1 – 1		

Nasiąkliwość badanych kruszyw kształtuje się poniżej 1%. Nasiąkliwość powyżej 1% wykazywały kruszywa bazaltowe, żwirowe z przewagą ziaren magmaowych, kwarcowych i piaskowcowych oraz dolomitowe.

Tab. 7. Mrozoodporność kruszyw  
 Tab. 7. Frost resistance of aggregates

Kruszywo	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania [%]	Kategorie wg norm PN-EN 12620	Liczba kruszyw badanych	Wynik badania [%]	Kategorie wg norm PN-EN 12620 +A1:2010 PN-EN 13043:2004
	lata 2005–2010		PN-EN 13043		lata 2011–2017	
amfibolit	2	0,8	$F_1-2$	1	1,0	$F_1-1$
żużel	3	0,2–0,7	$F_1-3$	4	0,1–0,5	$F_1-4$
granit, granitognejs	3	0,2–0,5	$F_1-3$	6	0,2–0,6	$F_1-6$
kwarcyt	2	0,5–1	$F_1-2$	8	0,5–1,9	$F_1-6$ $F_2-2$
szarogłaz	1	0,9	$F_1-1$	1	0,9	$F_1-1$
żwir z przewagą ziaren kwarcowych i piaskowcowych	8	0,2–1	$F_1-8$	6	0,3–0,9	$F_1-6$
bazalt	9	0,1–2,5	$F_1-6$ $F_2-3$	19	0,1–2,8	$F_1-16$ $F_2-3$
wapień	3	0,2–1,1	$F_1-2$ $F_2-1$	7	0,2–0,6	$F_1-7$
żwir z przewagą ziaren magmowych	13	0,1–2,0	$F_1-7$ $F_2-6$	17	0,3–2,6	$F_1-12$ $F_2-5$
dolomit	8	0,4–1,8	$F_1-6$ $F_2-1$ $F_4-1$	6	0,2–2,9	$F_1-3$ $F_2-2$
żwir kruszony ziarna kruszone > 50%	8	0,1–1,3	$F_1-4$ $F_2-4$	3	0,1–1,3	$F_1-2$ $F_2-1$
żwir z przewagą ziaren węglanowych	10	0,5–4,9	$F_1-3$ $F_2-4$ $F_4-2$ Dekl. – 1	2	0,6	$F_1-2$
melafir	2	0,7–2,8	$F_1-1$ $F_4-1$	1	0,9	$F_1-1$
gnejs	1	1,4	$F_2-1$	2	0,8–3,5	$F_1-1$ $F_4-1$

Według przeprowadzonych badań kruszywa amfibolitowe, żużle, granity, szarogłazy, żwiry, wapień i melafiry cechują się najwyższą kategorią odporności na mroz  $F_1$ . Zróżnicowanie pod względem mrozoodporności zaobserwowano w kruszywach kwarcytowych, bazaltach, żwirach z przewagą ziaren magmowych, dolomitach, żwirach kruszonych i gnejsach. Wyniki są bardzo podobne do tych otrzymanych w latach 2005–2010.

## 3. ANALIZA WYNIKÓW

W rozdziale 2 zaprezentowano wyniki badań kruszyw w odniesieniu do wymagań norm PN-EN 12620 i PN-EN 13043. Norma PN-EN 13043 opisuje właściwości geometryczne, fizyczne, chemiczne i mechaniczne kruszyw oraz podaje kategorie służące do oceny ich jakości, nie przedstawia jednak wymagań kruszyw służących do konkretnego ich zastosowania.

Obecnie wymagania kruszyw stosowanych w drogownictwie przedstawia dokument techniczny „WT-1 2014”. Wymagania te „są zgodne z obowiązującymi przepisami w Polsce, a przede wszystkim z ustawą o wyrobach budowlanych i z ustawą o systemie oceny zgodności oraz przepisami wykonawczymi do tych ustaw”. Omówienie otrzymanych wyników względem przywołanych wymagań przedstawiono w tabeli 8.

Tab. 8. Interpretacja wyników w oparciu o wytyczne „WT-1 2014”  
Tab. 8. Analysis of the results based on guidelines “WT-1 2014”

Kategoria ruchu	KR1÷KR2	KR3÷KR4	KR5÷KR7	
kategoria nie wyższa niż:	$LA_{50}$	$LA_{40}$	$LA_{40}$	
procentowy udział badanych kruszyw nie spełniających wymagań	wszystkie kruszywa <b>spełniają</b> wymagania			wymagane właściwości kruszywa grubego do podbudowy z betonu asfaltowego
kategoria nie wyższa niż	$F_4$			
procentowy udział badanych kruszyw spełniających wymagań	wszystkie kruszywa <b>spełniają</b> wymagania			
kategoria nie wyższa niż	$LA_{40}$	$LA_{30}$	$LA_{30}$	
procentowy udział badanych kruszyw nie spełniających wymagań	wszystkie kruszywa <b>spełniają</b> wymagania	62,5% granity, granitognejsy 44,4% żwiry z przewagą ziaren kwarcowych lub piaskowcowych		wymagane właściwości kruszywa grubego do warstwy wiążącej, wyrównawczej i wzmacniającej z betonu asfaltowego
kategoria nie wyższa niż	$F_2$			
procentowy udział badanych kruszyw nie spełniających wymagań	wszystkie kruszywa <b>spełniają</b> wymagania			

cd. tabeli 8

1	2	3	4	5
kategoria ruchu	KR1÷KR2	KR3÷KR4	KR5÷KR7 / KR5÷KR6	wymagane właściwości kruszywa grubego do warstwy ścieralnej z betonu asfaltowego / kruszywa grubego do warstwy ścieralnej z mieszanki SMA i BBTM / kruszywa grubego do warstwy wiążącej i ścieralnej z asfaltu lanego
kategoria nie wyższa niż:	<i>LA</i> <sub>30</sub>	<i>LA</i> <sub>30</sub>	<i>LA</i> <sub>25</sub>	
procentowy udział badanych kruszyw nie spełniających wymagań	62,5% kruszyw granitowych, granitognejsowych 44,4% żwirów z przewagą ziaren kwarcowych lub piaskowcowych	62,5% kruszyw granitowych, granitognejsowych 44,4% żwirów z przewagą ziaren kwarcowych lub piaskowcowych	100% kruszyw gnejsowych, 88,9% żwirów z przewagą ziaren kwarcowych lub piaskowcowych 57,59% żwirów z przewagą ziaren magmowych, 16,7% żwirów kruszonych	
kategoria nie niższa niż:	<i>PSV</i> <sub>44</sub>	<i>PSV</i> dekl. nie mniej niż 48	<i>PSV</i> <sub>50</sub>	
procentowy udział badanych kruszyw nie spełniających wymagań	100% kruszyw dolomitowych, wapiennych, 25% żużli, 16,7% żwirów kruszonych	—	40,9% kruszyw bazaltowych, 8,3% granitowych granitognejsowych, 33,3% żwirów z przewagą ziaren magmowych, 25% żwirów z przewagą ziaren kwarcowych i piaskowcowych	
kategoria ruchu	KR3÷KR7			
kategoria nie wyższa niż	<i>LA</i> <sub>20</sub>			
procentowy udział badanych kruszyw nie spełniających wymagań	100% żwirów z przewagą ziaren kwarcowych lub piaskowcowych, kruszyw gnejsowych, granitów, granitognejsów, żwirów z przewagą ziaren węglanowych, 89,5% żwirów z przewagą ziaren magmowych, 83,3% żwirów kruszonych, 75% kruszyw wapiennych, 42,9% kwarcytowych, 16,7% dolomitowych			
kategoria nie niższa niż	<i>PSV</i> <sub>50</sub>			
procentowy udział badanych kruszyw nie spełniających wymagań	40,9% kruszyw bazaltowych, 8,3% granitowych granitognejsowych, 33,3% żwirów z przewagą ziaren magmowych, 25% żwirów z przewagą ziaren kwarcowych i piaskowcowych			
				wymagane właściwości kruszywa grubego do warstwy dolnej i górnej z asfaltu porowatego

#### 4. PODSUMOWANIE

Jakość produkowanych w Polsce kruszyw badanym okresie 2005–2017 zmieniła się niewiele. Zdecydowana ich większość utrzymuje się na wysokim poziomie i spełnia wymagania dokumentu „WT-1 2014”. Kruszywa nie spełniające tych wymagań mogą być stosowane w innych obszarach budownictwa. Ważne zatem jest rozsądne stosowanie kruszyw w zależności od przeznaczenia produkowanych wyrobów.

#### LITERATURA

- GÓRALCZYK S., KUKIELSKA D., 2011, *Jakość kruszyw*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr, Studia i Materiały, Gór. Geol. XV, nr 132, 39, 79–99.
- PN-EN 1097-1:2011, *Oznaczanie odporności na ścieranie (mikro-Deval)*.
- PN-EN 1097-2:2010, *Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie*.
- PN-EN 1097-6:2002 i PN-EN 1097-6:2013, *Oznaczanie gęstości ziaren i nasiąkliwości*.
- PN-EN 1097-8:2009, *Oznaczanie polerowalności kamienia*.
- PN-EN 12620+A:2010, *Kruszywa do betonu*.
- PN-EN 13043:2004, *Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu*.
- PN-EN 1367-1:2007, *Oznaczanie mrozoodporności*.
- PN-EN 1367-5:2011, *Oznaczanie odporności na szok termiczny*.
- Strona internetowa Głównego Urzędu Statystycznego.
- Uchwała nr 97/2017 Rady Ministrów z dnia 20 czerwca 2017 r. *zmieniającą uchwałę ws. ustanowienia programu wieloletniego pn. Program Budowy Dróg Krajowych na lata 2014-2023 (z perspektywą do 2025 r.)*.
- Uchwała nr 156/2015 Rady Ministrów z dnia 8 września 2015 r. *Program Budowy Dróg Krajowych na lata 2014-2023 (z perspektywą do 2025 r.)*.
- WT-1 2014 *Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych*, załącznik do zarządzenia nr 46 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 25.09.2014 r.

#### QUALITY ANALYSIS OF NATIONAL AGGREGATES

This article presents the analysis national aggregates for fractions 8-16 mm. The following were compared: crushing resistance, abrasion resistance, polishing resistance, surface abrasion resistance, resistance to thermal shock, water absorption and frost resistance for all typical aggregates tested in 2011–2017 in the Laboratory of Raw Materials and Construction Products IMBiGS with results obtained in 2005–2010 in the Laboratory of Research Machines Working and Mining IMBiGS. The results were interpreted in terms of the requirements of the PN-EN 12620 + A1:2010 and PN-EN 13043:2004 and "WT-1 2004".



Sebastian JENDRYSIK

*Institut Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach*

Leszek BALCARCZYK

*3D FORMAT w Gliwicach*

## **MONITOROWANIE ZASOBÓW I URZĄDZEŃ W PROCESIE POZYSKIWANIA SUROWCÓW Z HAŁD**

### **1. WPROWADZENIE**

Rekultywacja hałd pokopalnianych, jest ważnym zagadnieniem w dążeniu do zrównoważonego rozwoju Górnego Śląska, regionu w którym jedną z głównych gałęzi gospodarki jest przemysł wydobywczy. Hałdy powstały głównie z materiału stanowiącego produkt odpadowy w górnictwie węgla kamiennego i hutnictwie. Składają się one ze skały płonej, pozostałości węgla i różnego rodzaju kruszyw, mogących znaleźć zastosowanie np. w budownictwie. Składowane odpady hutnicze, np. hałda Bobrek w Bytomiu, są miejscem występowania wysokiej jakości żużla wielkopiecowego i konwerterowego.

Powstałe kilkadziesiąt lat temu hałdy stwarzają obecnie poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego, ale stanowią równocześnie źródło różnego rodzaju surowców wtórnych. Szacuje się, że na niektórych tego typu obiektach zawartość węgla wynosi nawet 10%. Pozostałości węgla powodują ryzyko pożaru i uwolnienia się do atmosfery szkodliwych związków chemicznych, powstających w wyniku spalania surowców zebranych na hałdzie. Stąd obecnie prowadzi się rozbiórki hałd pogórnich. Możliwość odzysku cennych surowców, skłania wiele firm do ich eksploatacji. Warto podkreślić, że w Planie Gospodarki Odpadami dla Województwa Śląskiego, wymienia się m.in. wytwarzanie materiałów wykorzystywanych do makroniwelacji, rekultywacji terenu, budowy instalacji służących stabilizacji odpadów, a także produkcji mieszanek dla drogownictwa (Góralczyk, 2009; Lutyński & Blaschke, 2009).

W artykule przedstawia się propozycję metod pozyskiwania surowców, jak również innowacyjne metody i techniki skaningu laserowego oraz fotogrametrii niskopułapowej, realizowane z wykorzystaniem bezzałogowych platform latających, umożliwiających precyzyjne obliczenie eksploatowanego materiału oraz nadzoru nad prowadzonymi pracami.

## 2. POZYSKIWANIE I KIERUNKI ZAGOSPODAROWANIA MATERIAŁÓW

Odpady z górnictwa węgla kamiennego charakteryzują się dużym zróżnicowaniem fizykomechanicznym, co decyduje o ich właściwościach użytkowych. Do poprawy parametrów jakościowych skał płonych celem ich gospodarczego wykorzystania, konieczne jest stosowanie mechanicznych procesów przeróbczych, eliminujących przerosty węgla, skał litologicznie słabych oraz inne zanieczyszczenia i wtrącenia (Góralczyk & Baic, 2009).

Proponowana technologia jest stosowana w przeróbce węgla kamiennego. W pierwszej kolejności eksploatuje się materiał z hałdy koparkami i ładowarkami. Ważna w tym etapie jest odpowiednia realizacja prac, ograniczająca zagrożenia termiczne mogące prowadzić do pożarów endogenicznych oraz nadmiernego zapylenia środowiska. Wytyczne do jej prowadzenia podano w opracowaniu (Domagała & Różański, 2013). Otrzymany w ten sposób materiał jest wstępnie klasyfikowany z użyciem mobilnych urządzeń krusząco-przesiewających (rys. 1).



Rys. 1. Eksploatacja materiału z hałdy (źródło własne)  
Fig. 1. Recovery of materials from mine heaps (own source)

Następnie urobek transportowany jest do węzłów przeróbczych (rys. 2), gdzie wzbogacany jest na mokro. Węzeł składa się ze zbiornika zasypowego, z którego materiał podawany jest na przenośnik taśmowy. Nad przenośnikiem montuje się magnetyczne separatory metali, eliminujące z nadawy złom. Z przenośnika taśmowego materiał trafia na przesiewacz wibracyjny, odsiewający ziarna o wymaganej wielkości i transportujący materiał do klasyfikatora. Podstawą procesu rozdziału w klasyfikatorze pulsacyjnym jest jego rozwarstwienie w ośrodku wodnym, na pokładzie sitowym, według gęstości i rozmiaru ziaren (Matusiak & Kowol, 2016). Wzbogacony materiał jest odwodniony i kierowany do sprzedaży.

Pozostałe po procesie odzysku węgla kruszywo można wykorzystywać do: mieszank do betonów, budowy nasypów, budowania warstw mrozoodpornych, odsączają-

cych, obiektów inżynierskich, rekultywacji i makroniwelacji terenów, budowy wałów przeciwpowodziowych, utwardzania nawierzchni gruntowych, zimowego utrzymania dróg (Matusiak & Kowol, 2016; Gawenda & Olejnik, 2008).



Rys. 2. Węzeł wzbogacania z klasyfikatorem pulsacyjnym K-102 (źródło własne)  
Fig. 2. Beneficiation node with K-102 pulsating classifier (own source)

Wiodącym projektantem węzłów przerobczych i również samych klasyfikatorów, jest Instytut Techniki Górniczej KOMAG, którego doświadczenia związane ze wzbogacaniem węgla kamiennego, umożliwiły opracowanie efektywnych, mobilnych maszyn do rozdziału i oczyszczania kruszywa i odzyskiwania węgla z odpadów górniczych.

Zasięg terenu hałdy rodzi także problemy natury transportowej. Dostarczenie materiału do węzłów klasyfikujących realizowane jest transportem samochodowym lub przenośnikami taśmowymi. W przypadku przenośników taśmowych ich długotrwała praca wiąże się jednak z postępującym zużyciem i awariami, których skutkiem mogą być zagrożenia pożarowe. Zagrożenia takie powstają np. na skutek zatarcia krążników przenośnika i wzrostu ciepła w obszarze ich styku z taśmą; stąd występuje problem monitoringu tych urządzeń na całej długości. Innym problem jest inwentaryzacja postępu prac, związana z weryfikacją eksploatowanego materiału. Zarówno w jednym, jak i drugim przypadku rozwiązania te mogą być zrealizowane za pomocą nowoczesnej techniki, wykorzystującej bezzałogowe statki powietrzne zwane dronami.

### 3. METODY POMIARÓW OBJĘTOŚCI

Rozliczanie się zarządcy z firmami eksploatującymi, można przedstawić na przykładzie eksploatacji hałdy w Przechlebiu w gminie Zbrostawice. W początkowej fazie eksploatacji pomiary geodezyjne wykonywano technikami klasycznymi (RTK GPS, tachimetria). W przypadku znaczącego wzrostu produkcji nie było możliwe wierne odwzorowanie skomplikowanego ukształtowania powierzchni. W konsekwencji mogłoby to doprowadzić do niewłaściwych rozliczeń. Wykorzystanie metod geodezji „klasycznej” stało się nieefektywne, i co ważne, w obliczu intensyfikacji robót – niebezpieczne. Koniecznym staje się obecnie zastosowanie nowoczesnych technik pozyskiwania danych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (rys. 3).

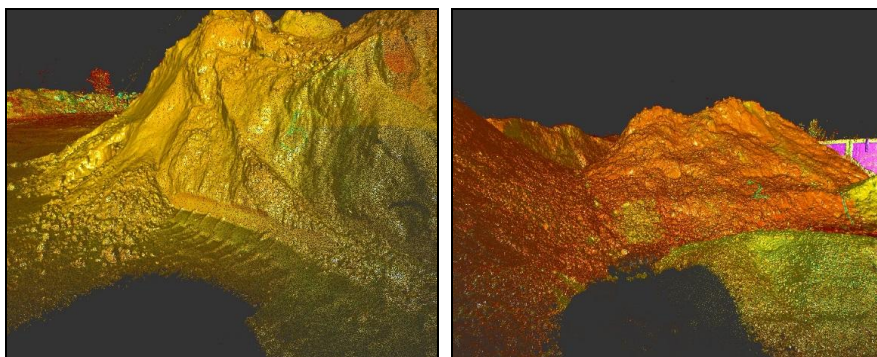


Rys. 3. Bezzałogowy statek powietrzny wykorzystywany na hałdach (źródło własne)

Fig. 3. Unmanned aerial vehicle (UAV) used on heaps (own source)

Zdecydowano się na zastosowanie techniki fotogrametrii niskopułapowej, pozwalającej na szybkie, dokładne oraz bezpieczne pozyskanie danych o aktualnym ukształtowaniu terenu. Technika ta polega na wykonywaniu dużej liczby wysokorozdzielczych zdjęć zachodzących na siebie znacznie, co pozwala algorytmom na rozpoznanie wspólnych, identycznych punktów na zdjęciach i wyznaczenia ich położenia przestrzennego. W końcowym efekcie pozwala wygenerować chmurę punktów 3D (Butowt & Kaczyński, 2003; Bernasik & Mikrut, 2003).

Alternatywą dla fotogrametrii jest metoda skaningu laserowego, pozwalająca na odwzorowanie geometrii obiektu, poprzez wysyłanie promienia laserowego z bardzo wysoką częstotliwością (Higgins, 2004). Skaner jest urządzeniem stacjonarnym. Odwzorowuje obszar w zakresie obejmującym dane stanowisko. W celu uzyskania pełnego obrazu obiektu należy wykonać odpowiednią liczbę skanów z różnych stanowisk, które są następnie łączone w chmurę punktów. Ze uwagi na wysoką dokładność pomiaru (nawet 1 mm) metoda stosowana jest głównie do inwentaryzacji i kontroli wymiarów obiektów kubaturowych, tj. maszyn, urządzeń, czy np. zakładów przerobczych. Oprócz informacji na temat współrzędnych punktów, ich koloru czy intensywności odbicia wiązki lasera, przy zastosowaniu techniki termowizyjnej, możliwe jest uzyskanie danych o przestrzennym rozkładzie temperatury danego obiektu.

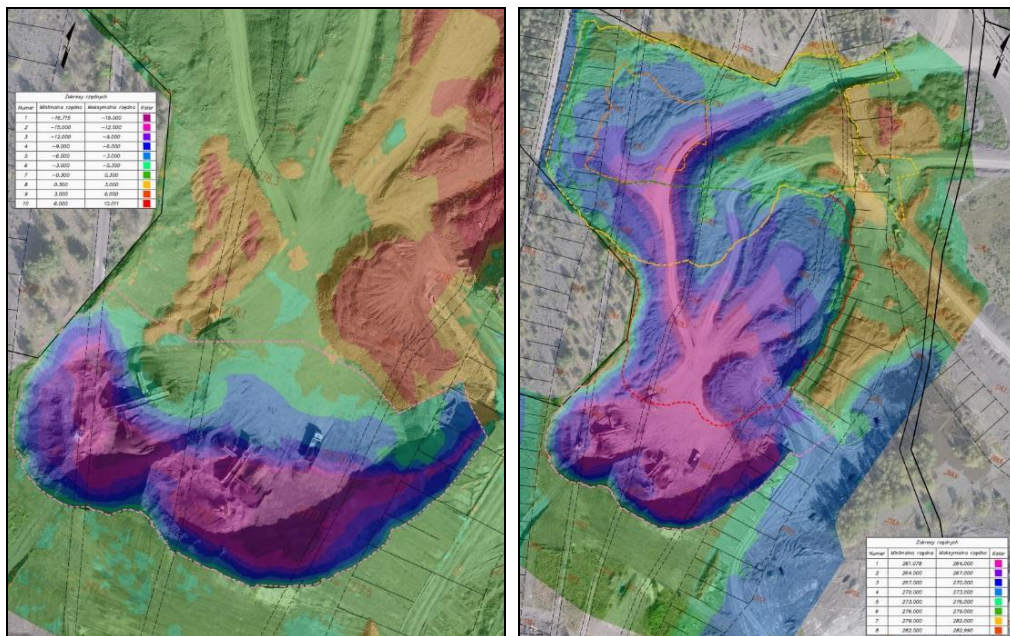


Rys. 4. Chmura punktów (źródło własne)

Fig. 4. Points cloud (own source)

Efektom skanowania laserowego 3D, jak i fotogrametrii jest chmura punktów 3D, trójwymiarowy, wielomilionowy ich zbiór o znanych współrzędnych X, Y, Z (rys. 4).

Skanowanie terenu przynosi wymierne korzyści, szczególnie w sytuacjach rozliczania efektów eksploatacji. Istotnym jest, że obszary, które uległy zmianom wysokościowym, identyfikuje się w sposób półautomatyczny, poprzez wykonanie mapy różnic wysokości (rys. 5), powstałej w wyniku porównania numerycznych modeli terenu. Takie podejście pozwala w czytelny sposób udokumentować postęp robót. Dostarcza zamawiającemu dane w postaci ortofotomap, wirtualnych przelotów przez model 3D, jak również chmury punktów 3D, obrazujących w niepodważalny sposób zakres prowadzonych prac.



Rys. 5. Mapa różnic wysokości względem poprzedniego pomiaru (źródło własne)  
 Fig. 5. Map of height differences in relation to the previous measurement (own source)

Wskazany przez zamawiającego obszar poddawany analizie, obejmuje zazwyczaj kilkadziesiąt hektarów. Podczas pojedynczego, dwudziestominutowego przelotu tzw. wielowirnikowcem odwzorować można obszar o powierzchni 20–40 ha, natomiast bezzałogowy płatowiec daje możliwość odwzorowania nawet 100 ha. Dokładne zlokalizowanie obszaru w układzie współrzędnych, wymaga założenia przed nalotem tzw. fotopunktów, które następnie są mierzone odbiornikiem RTK GPS. Dalsze prace analityczne mogą być wykonywane z wykorzystaniem specjalistycznych programów inżynierskich.



Rys. 6. Panorama hałdy w Przechlebie (źródło własne)

Fig. 6. Heap panorama in Przechlebie (own source)

W procesie monitoringu zmian pomocne mogą być również zdjęcia panoramiczne czy filmy nagrane z poziomu drona, oddające aktualny stan robót (rys. 6). Pozwalają one na dokładne przedstawienie realizowanych procesów oraz ruchu maszyn i ciężkiego sprzętu na poziomach eksploatacyjnych. Drony mogą być również stosowane do monitorowania urządzeń wykorzystywanych podczas prac eksploatacyjnych. Wyposażając drony w kamery wizyjne lub termowizyjne można monitorować w czasie rzeczywistym długie przenośniki taśmowe (rys. 7). Monitoring można prowadzić w celu zidentyfikowania występujących lub potencjalnych zagrożeń termicznych oraz kontroli sprzętu bez udziału operatora.



Rys. 7. Przenośnik taśmowy dostarczający urobek do węzłów przerobowych (źródło własne)

Fig. 7. Conveyor belt that delivers feed material to beneficiation node (own source)

#### 4. PODSUMOWANIE

Rekultywacja hałd (składowisk) wpisuje się w unijne regulacje, dotyczące zagospodarowania odpadów wydobywczych. Zobowiązują one producentów odpadów do ich recyklingu i przerobu w miejscu wytworzenia, zakazując przewożenia w inne miejsce. Z pokopalnianych hałd odzyskiwać można cenne kruszywa dla budownictwa, a odzyskane tereny mogą być ponownie zagospodarowane.

W ramach realizacji tych prac eksploatacyjnych pomocne stają się nowoczesne techniki, wykorzystujące bezzałogowe statki powietrzne. Pozwalają one generować ortofotomapy, modele 3D i chmury punktów o wysokiej rozdzielczości, czyli z dużą dokładnością. Można je wyposażać m.in. w kamery do robienia zdjęć i monitoro-

wania składowisk zarówno podczas rozbiórki, jak również ich tworzenia. Drony wyposażone w kamery termowizyjne mogą służyć do inspekcji urządzeń, instalacji i sprzętu pod kątem zagrożenia termicznego.

Zastosowanie nowoczesnych technik z wykorzystaniem bezałogowych statków powietrznych do inwentaryzacji i kontroli postępu prac podczas eksploatacji hałdy w Przechlebiu, usprawniło proces rozliczania się zarządcy z eksploatatorem.

#### LITERATURA

- BERNASIK J., MIKRUT S., 2003, *Fotogrametria inżynierska*, Skrypt uczelniany AGH, Ośrodek Edukacji Niestacjonarnej, AGH, Kraków.
- BUTOWTT J., KACZYŃSKI R., 2003, *Fotogrametria*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa.
- DOMAGAŁA L., RÓŻAŃSKI Z., 2013, *Bezpieczna technologia eksploatacji zwalowiska odpadów powęglowych*, *Górnictwo i Geologia*, t. 8, z. 2, PŚI. 1–20.
- GAWENDA T., OLEJNIK T., 2008, *Produkcja kruszyw mineralnych z odpadów powęglowych w Kompanii Węglowej SA na przykładzie wybranych kopalń*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi, IGSMiE PAN*, t. 24, z. 2/1, 27–42.
- GÓRALCZYK S., 2009, *Foresight, a problematyka odpadów z górnictwa węgla kamiennego w Polsce*, *Przegląd Górniczy*, t. 65, nr 10, 7–15.
- GÓRALCZYK S., BAIC I., 2009, *Odpady z górnictwa węgla kamiennego i możliwości ich gospodarczego wykorzystania*, *Polityka Energetyczna*, t. 12, nr 2/2, 145–157, PL ISSN 1429–6675.
- HIGGINS S., 2004, *Open-Pit Mine Surveyed with Laser Scanning*, SPAR 3D 2004.
- LUTYŃSKI A., BLASCHKE W., 2009, *Aktualne kierunki zagospodarowania odpadów przerobczyc węgla kamiennego*, *Przegląd Górniczy*, t. 65, nr 10, 33–35.
- MATUSIAK P., KOWOL D., 2016, *Zastosowanie osadzarkowego procesu wzbogacania do odzysku surowca ze składowisk odpadów górniczych*, *Mining Science – Mineral Aggregates*, vol. 23, 1, 115–125.

#### MONITORING OF RESOURCES AND MACHINES IN A PROCESS OF RAW MINERALS RECOVERY FROM MINE HEAPS

Current minerals processing technologies enable high effective recovery of aggregates and fuels from mine heaps. Heap is a deposit site for wastes from hard coal mining processes. The wastes can often pose hazards such as endogenous and exogenous fires, contamination of ground water with salt leached from heaps as well as onerous odours of gases released from the deposit sites.

At present many heaps in Poland are recultivated. They are dismantled and the recovered minerals in a form of aggregates are used in hydrotechnical, communication, marine and mining construction work.

In some mine heaps, due to low effectiveness of mining processes several decades ago, there are relatively high content of coal and its recovery seems to be profitable. Przechlebie heap is a good example, where mine wastes are reprocessed to obtain coal concentrates.

Processing machines and equipment used in recovery of materials from mine heaps are presented. Also innovative technology of 3D laser scanning and UAV (drones) photogrammetric low-altitude flights enabling precise determination of volume of recovered material as well as supervision of carried out work.





Wiesław KOZIÓŁ, Ireneusz BAIC

*Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

Andrzej CIEPLIŃSKI

*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, w Krakowie*

## **KRUSZYWA ŻWIROWO-PIASKOWE. TENDENCJE ZMIAN JAKOŚCI ZASOBÓW**

### **1. WSTĘP**

Kruszywa naturalne a zwłaszcza kruszywa żwirowo-piaskowe, pomimo że zaliczane są często do grupy kopalin pospolitych, zalegających dość powszechnie na niedużych głębokościach, w wielu krajach lub regionach są kopalinami deficytowymi. Postępująca urbanizacja i związany z tym rozwój budownictwa infrastrukturalnego powodują, że w niektórych krajach piaski i żwiry są surowcami importowanymi, niekiedy z dużych odległości. Do największych importerów piasków i żwirów należą między innymi Singapur i niektóre kraje arabskie (np. Dubaj), importujące piaski i żwiry z Indonezji, Malezji, Wietnamu i innych krajów Azji południowo-wschodniej oraz z Australii (Gazeta, 2018). Kraje arabskie rozpoczęły import kruszyw również z Europy (Niemcy). W wielu krajach (USA, Chiny, Indie, itd.) występuje regionalny deficyt kruszyw, powodujący rosnące koszty ich dostaw do odbiorców. Największym konsumentem piasków i żwirów jest oczywiście budownictwo, ale piaski specjalnie stosowane są również w wielu innych sektorach gospodarki, np. do wydobywania gazu i ropy metodą szczelinowania hydraulicznego, w elektronice (komputery, telewizory, telefony komórkowe, panele słoneczne itp.), do budowy i utrzymania pól golfowych, itd. W krajach importujących te kopaliny ich ceny przekraczają aktualne ceny surowców energetycznych, a rosnące zapotrzebowanie powoduje, że w wielu krajach działają „mafie piaskowe” specjalizujące się w kradzieży i nielegalnej ich eksploatacji, najczęściej z plaż ale również z innych złóż.

W Polsce o „mafiach piaskowych” czy „kruszywowych” nie mówi się, ale poważny problem występuje z ich nielegalną eksploatacją i związaną z tym niekiedy niską jakością produkcji, konkurencją cenową (niższe opłaty i koszty eksploatacji) i degradacją środowiska z braku późniejszej rekultywacji terenów. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na kruszywa naturalne w kraju (w okresie 25 lat wzrost ponad trzykrotny w porównaniu do rekordowego zapotrzebowania w 2011, a obecnego – ponad czterokrotny), warto ocenić jakie są tendencje zmian stanu ilościowego i jakościowego udokumentowanych i eksploatowanych zasobów żwirów i piasków oraz jak zmiany te wpływają na wielkość i jakość produkcji, zwłaszcza frakcji drobnych (0-2 mm), zaliczanych do frakcji bardzo trudno zbywalnych.

## 2. BAZA ZASOBOWA KRUSZYW ŻWIROWO-PIASKOWYCH W POLSCE. TENDENCJE ZMIAN W LATACH 2007–2015

W produkcji kruszyw w Polsce kruszywa żwirowo-piaskowe mają zdecydowaną przewagę, ich udział w produkcji kruszyw naturalnych ogółem stanowi 70–75% (Kozioł i in., 2016). W Unii Europejskiej i innych krajach europejskich przewagę mają raczej kruszywa łamane produkowane ze skał litych (ok. 55%), są jednak kraje, w których podobnie jak w naszym kraju, przeważają kruszywa żwirowo-piaskowe (Holandia, Łotwa, Islandia, Szwajcaria, Izrael). Z uwagi na dostępność, systematyczność i powtarzalność, jako podstawowe źródło danych, przyjęto sporządzany corocznie przez PIG-PIB *Bilans Zasobów Złóż Kopalin w Polsce (Bilanse..., 2008–2016)*.

W analizie uwzględniono dane z lat 2007–2015. Liczba udokumentowanych złóż kruszyw żwirowo-piaskowych systematycznie rośnie i w analizowanych latach wzrosła z 6029 w 2007 roku do 9525 w 2015, w tym liczba złóż zagospodarowanych z 2278 do 3870. Wydaje się, że główna przyczyna wzrostu liczby złóż wynika z podziału udokumentowanych złóż na mniejsze, często bardzo małe (do 2 ha powierzchni), co umożliwia ubieganie się o tzw. koncesje starościańskie.

Tab. 1. Podział zasobów kruszywa żwirowo-piaskowego (Bilans zasobów, 2016)

Tab. 1. Division of sand and gravel aggregates resources (Bilans zasobów, 2016)

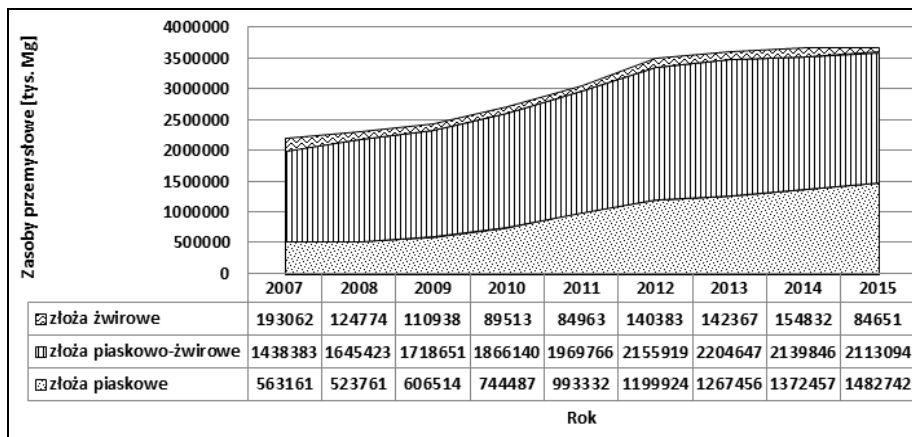
Rodzaj kopaliny		Punkt piaskowy* [%]	Podstawowa frakcja ziarnowa	Zawartość pyłów* (< 0,063 mm) [%]
piaski	piasek	> 90	0,05-2,0 mm	do 10 (do 5 w kwarcowych)
	piasek z domieszką żwiru	75–90		do 10
piaski ze żwirem (pospółki)	pospółka piaszczysto-żwirowa	50–75	0,05-63 mm	do 15
	pospółka żwirowo-piaszczysta	30–50		
żwir		< 30	2,0-63 mm	
głazy			> 63 mm	

\* wg kryteriów bilansowości.

W latach 2007–2015 starostowie wydali 3283 koncesje (Baradziej, 2016), tj. ok. 2/3 wydanych koncesji na odkrywkowe wydobywanie kopalin w kraju (w tym koncesje dla złóż żwirowo-piaskowych) stanowiło ok. 94%.

W latach 2007–2015 zasoby bilansowe żwirów i piasków wzrosły o ok. 25% (do 18,6 mld Mg), a przemysłowe aż o 67,7% (do 3,68 mld Mg). Liczba zasobów przemysłowych przyczyniła się do wzrostu wskaźnika wystarczalności zasobów z poziomu ok. 12 do 18 lat (*Identyfikacja*, 2017). W dokumentacjach geologicznych złóż żwirów i piasków (*Bilanse..., 2008–2016*), wyróżnia się trzy podstawowe grupy kruszywa żwirowo-piaskowego: piaski, piaski ze żwirem i żwiry. Kryterium podziału stanowi punkt piaskowy (PP), tj. udział drobnych ziaren o średnicy do 2 mm (tab. 1).

Zmiany wielkości zasobów w poszczególnych grupach i ich strukturę przedstawiono na rysunku 1 i w tabeli 2.



Rys. 1. Zmiana wielkości udokumentowanych zasobów przemysłowych kruszyw żwirowo-piaskowych w poszczególnych grupach złóż w latach 2007–2015

Fig. 1. Change in the volume of developed reserves of gravel and sand aggregate in particular groups of deposits in the years 2007–2015

Tab. 2. Zmiana struktury udokumentowanych zasobów kruszyw żwirowo-piaskowych w latach 2007 i 2015

Tab. 2. Change in the structure of documented sand and gravel aggregates in 2007 and 2015

Rodzaj złóż	Zasoby bilansowe [%]		Zasoby przemysłowe [%]	
	2007	2015	2007	2015
piaskowe	27,8	36,0	25,7	40,3
żwirowo-piaskowe	65,5	59,4	65,4	57,4
żwirowe	6,7	4,6	8,8	2,3

Charakterystyczny jest wzrost udziału zasobów piasków w zasobach ogółem. Dla zasobów bilansowych udział ten w latach 2007–2015 wzrósł z 27,8 do 36%, natomiast dla przemysłowych wzrost był większy i przekroczył 15% (z 25,7 do 40,3%). Udział zasobów złóż żwirowych wynosi około 4,5% dla zasobów bilansowych i tylko 2,3% dla przemysłowych. W 2015 roku udział ten zmniejszył się prawie o 50%. Należy mieć na uwadze, że przyjęty podział złóż kruszyw żwirowo-piaskowych na trzy grupy (piaskowe, piaskowo-żwirowe i żwirowe) jest podziałem umownym. W częstych przypadkach złoża zbudowane są z naprzemianległych warstw żwirów piaszczystych i piasków. Wówczas o zakwalifikowaniu złoża do jednej z grup decyduje średni udział frakcji piaskowej w profilu złoża i wykorzystanie poszczególnych frakcji ziarnowych.

### 3. REGIONALNA ANALIZA STRUKTURY ORAZ TENDENCJI ZMIAN

Zasoby piasków i żwirów udokumentowane i eksploatowane są na terenie całego kraju jednak ich rozmieszczenie i jakość są zróżnicowane. Regionalną ocenę bazy surowcowej przeprowadzono dla poszczególnych województw i 3 stref regionalnych różniących się budową geologiczną, występowaniem i jakością złóż. Przyjęto podział na strefy:

- A. południową, zwana też karpacko-sudecką; województwa: dolnośląskie, opolskie, śląskie, małopolskie, podkarpackie,
- B. środkową, największa powierzchniowo (44,3%) i ludnościowo (43,7%); województwa: wielkopolskie, łódzkie, świętokrzyskie, lubelskie, mazowieckie, kujawsko-pomorskie,
- C. północną, z województwami: lubuskim, zachodniopomorskim pomorskim, warmińsko-mazurskim, podlaskim.

Zmiany w poszczególnych województwach struktury terytorialnej zasobów przemysłowych żwirów i piasków w 2007 i 2015 roku przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Struktura terytorialna zasobów przemysłowych kruszyw żwirowo-piaskowych z podziałem na typy złóż w 2007 i 2015 roku (Identyfikacja, 2017)

Tab. 3. Territorial structure of developed reserves of gravel and sand aggregate with division into types of deposits in 2007 and 2015

Województwa/złóża	Zasoby przemysłowe, rok			
	2007		2015	
	[tys. Mg]	[%]	[tys. Mg]	[%]
1	2	3	4	5
Polska	2 194 606	100,00	3 680 487	100,00
złóża piaskowe	563 161	25,66	1 482 742	40,29
złóża piaskowo-żwirowe	1 438 383	65,54	2 113 094	57,41
złóża żwirowe	193 062	8,80	84 651	2,30
podlaskie	208 859	9,52	442 185	12,01
piaskowe	2 331	0,11	26 000	0,71
piaskowo-żwirowe	206 528	9,41	416 185	11,31
dolnośląskie	302 939	13,80	424 935	11,55
piaskowe	50 509	2,30	138 018	3,75
piaskowo-żwirowe	184 201	8,39	281 555	7,65
żwirowe	68 229	3,11	5 362	0,15
warmińsko-mazurskie	122 432	5,58	349 348	9,49
piaskowe	1 219	0,06	64 349	1,75
piaskowo-żwirowe	121 213	5,52	284 999	7,74
żwirowe	—	—	—	—
zachodniopomorskie	170 621	7,77	333 566	9,06
piaskowe	26 097	1,19	121 610	3,30
piaskowo-żwirowe	144 524	6,59	211 956	5,76

cd. tabeli 1

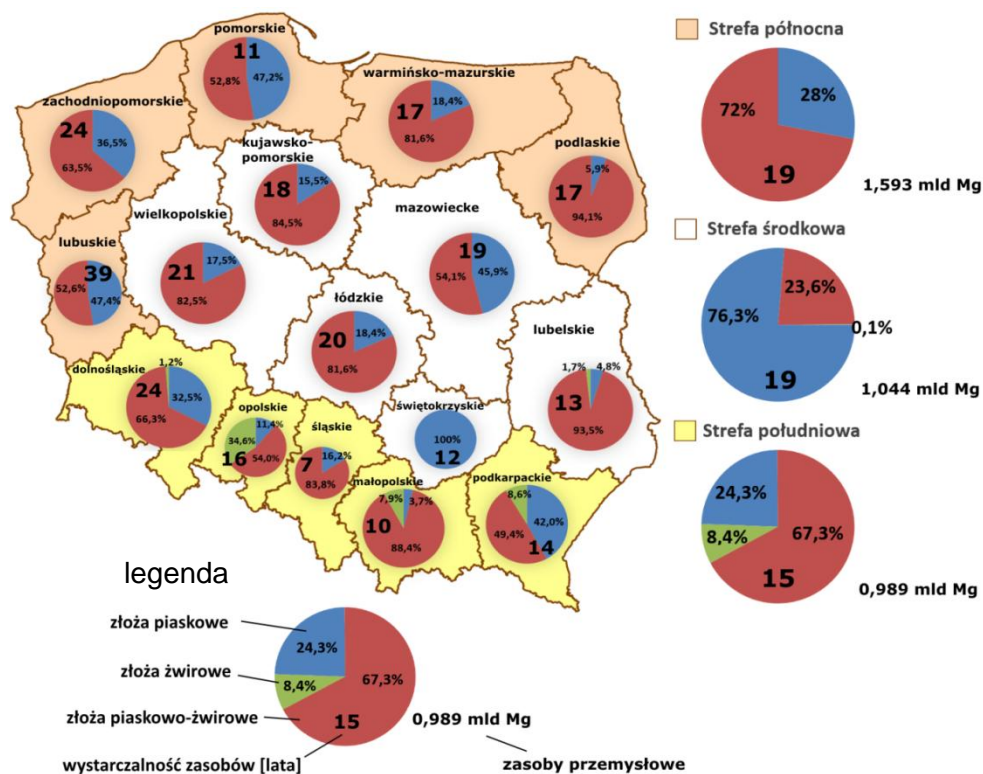
1	2	3	4	5
wielkopolskie	199 136	9,07	297 350	8,08
piaskowe	149 970	6,83	245 354	6,67
piaskowo-żwirowe	49 166	2,24	51 996	1,41
mazowieckie	175 220	7,98	281 242	7,64
piaskowe	71 646	3,26	152 257	4,14
piaskowo-żwirowe	103 574	4,72	128 985	3,50
lubuskie	122 630	5,59	249 011	6,77
piaskowe	20 401	0,93	131 067	3,56
piaskowo-żwirowe	102 229	4,66	117 944	3,20
łódzkie	83 865	3,82	238 035	6,47
piaskowe	60 235	2,74	194 243	5,28
piaskowo-żwirowe	23 630	1,08	43 792	1,19
pomorskie	105 907	4,83	218 807	5,95
piaskowe	21 254	0,97	103 317	2,81
piaskowo-żwirowe	84 653	3,86	115 490	3,14
małopolskie	178 722	8,14	180 445	4,90
piaskowe	14 225	0,65	6 686	0,18
piaskowo-żwirowe	136 902	6,24	159 558	4,34
żwirowe	27 595	1,26	14 201	0,39
podkarpackie	80 860	3,68	155 981	4,24
piaskowe	22 263	1,01	65 536	1,78
piaskowo-żwirowe	57 437	2,62	77 007	2,09
żwirowe	1 160	0,05	13 438	0,37
opolskie	158 766	7,23	145 564	3,96
piaskowe	5 291	0,24	16 665	0,45
piaskowo-żwirowe	61 612	2,81	78 481	2,13
żwirowe	91 863	4,19	50 418	1,37
kujawsko-pomorskie	40 523	1,85	120 149	3,26
piaskowe	17 669	0,81	101 556	2,76
piaskowo-żwirowe	22 854	1,04	18 593	0,51
śląskie	102 277	4,66	82 573	2,24
piaskowe	11 565	0,53	13 336	0,36
piaskowo-żwirowe	87 856	4,00	69 237	1,88
żwirowe	2 856	0,13	—	—
lubelskie	74 429	3,39	74 384	2,02
piaskowe	65 249	2,97	69 570	1,89
piaskowo-żwirowe	7 821	0,36	3 582	0,10
żwirowe	1 359	0,06	1 232	0,03
bałtycki obszar morski	44 183	2,01	53 734	1,46
piaskowo-żwirowe	44 183	2,01	53 734	1,46
świętokrzyskie	23 237	1,06	33 178	0,90
piaskowe	23 237	1,06	33 178	0,90
piaskowo-żwirowe	—	—	—	—

Pod względem wielkości udokumentowanych zasobów przemysłowych czołowe miejsca zajmują województwa: podlaskie (12,01% zasobów krajowych), dolnośląskie

(11,55%), warmińsko-mazurskie (9,49%), zachodnio-pomorskie (9,06%) i wielkopolskie (8,08%).

W analizowanym okresie nastąpiły duże zmiany w kolejności województw, między innymi: podlaskiego (z 2 na 1 miejsce z ponad dwukrotnym wzrostem zasobów), dolnośląskiego (z 1 na 2 miejsce, warmińsko-mazowieckiego (z 9 na 3 miejsce z prawie trzykrotnym wzrostem zasobów), zachodniopomorskiego (z 6 na 4), wielkopolskiego (z 3 na 50), małopolskiego (z 4 na 8). Ostatnie miejsce pod względem wielkości zasobów przemysłowych zajmuje woj. świętokrzyskie (0,9% udziału).

Strukturę jakościową zasobów przemysłowych w województwach i strefach regionalnych przedstawiono na rysunku 2.



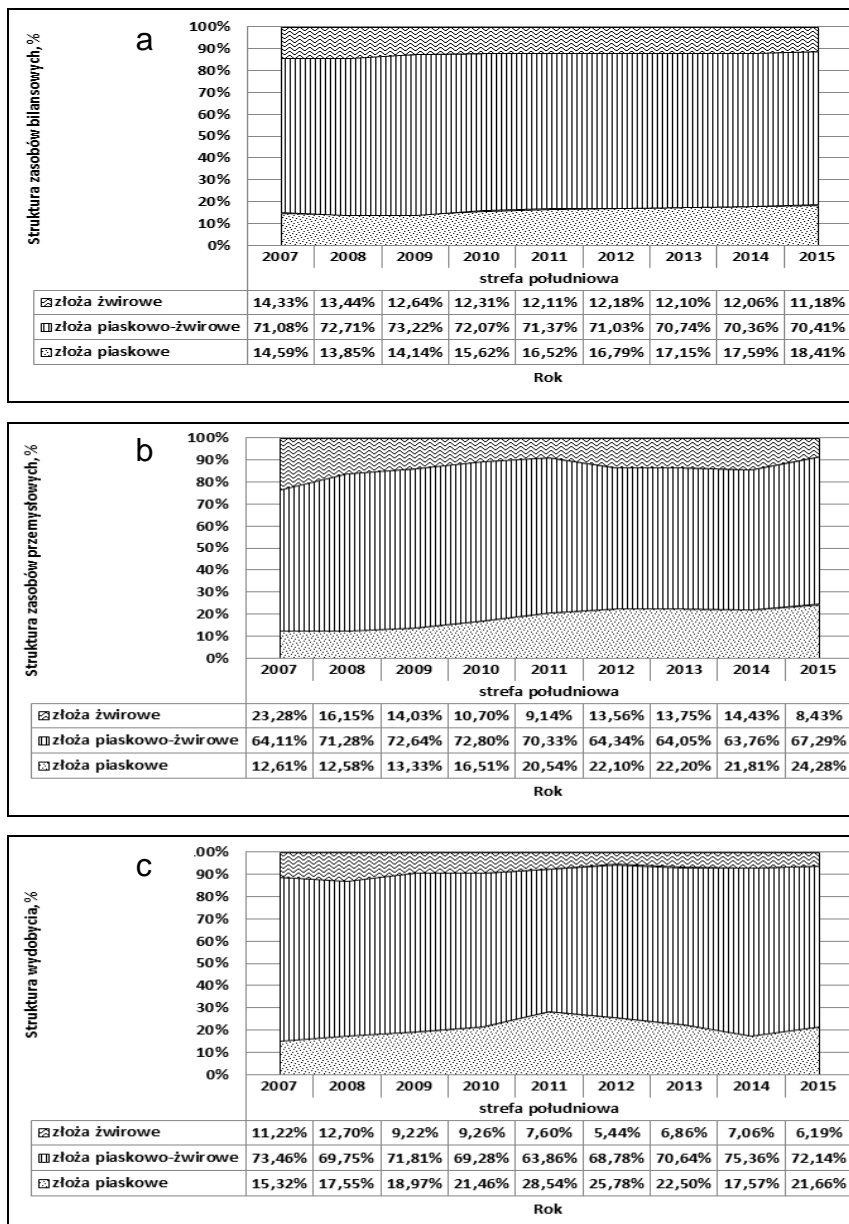
Rys. 2. Udział procentowy poszczególnych grup kruszyw w zasobach przemysłowych w województwach i strefach regionalnych wraz ze statystyczną wystarczalnością zasobów w 2015 r.

Fig. 2. Percentage share of individual aggregate groups of developed reserves in voivodships and regional areas together with statistical resource sufficiency in 2015

**Strefa południowa** zwana też karpacko-sudecką, charakteryzuje się zaleganiem zawodnionych i częściowo zawodnionych złóż kruszyw pochodzenia akumulacji rzecznej (ok. 80–90%) i akumulacji wodnolodowcowej. W części sudeckiej przeważają złoża piaszczysto-żwirowe (PP 50–75%), w których dominują skały krystaliczne i piaszczyste. W obszarze karpackim główną bazę stanowią złoża żwirowe i piaszczysto-żwirowe, z kruszywem ze skał fliszowych. Wyjątek stanowi dolina Dunajca, gdzie występują znaczne ilości skał krystalicznych. W górnych biegach rzek i tarasach akumulacyjnych licznie występują przewarstwienia glin i iłów. Udokumentowane zasoby bilansowe w strefie południowej wynosiły 7613,7 mln Mg to jest 41,2% ogółem udokumentowanych zasobów krajowych. Zasoby przemysłowe wynoszą 989,5 mln Mg (27,3%), zaś wydobycie w 2015 roku wyniosło 53,8 mln Mg, co stanowiło 32,1% wydobycia krajowego. Ze względu na wielkość powierzchni strefa południowa stanowi 23,9% powierzchni kraju, a pod względem ludności w tej strefie zamieszkuje 36,4% mieszkańców. W okresie 2007–2015 zmniejszył się udział tej strefy w zasobach bilansowych (z 45,8 do 41,2%) i przemysłowych (z 38,3 do 27,3%) i równocześnie wzrósł udział w krajowym wydobyciu z 28,5 do 32,1%. Praktycznie jedynie w strefie południowej udokumentowane i eksploatowane są złoża żwirowe (PP < 30%). Do tego typu złóż zaliczonych jest w tej strefie 11,2% zasobów bilansowych i 8,4% przemysłowych (zmniejszenie w latach 2007–2015 z 23,3 do 8,4% (rys. 3). W wydobyciu udział złóż żwirowych zmniejszył się z 11,2 do 6,2%.

Zasobów złóż, zaliczonych do żwirowych, najwięcej zalega (*Identyfikacja...*, 2017) w woj. małopolskim (w 2015 r. 29,4% zasobów bilansowych z tendencją malejącą i 7,8% zasobów przemysłowych – tendencja malejąca, tab. 2), opolskim (7,1% zasobów bilansowych i 34,6% przemysłowych) i podkarpackim (odpowiednio 6,6% i 8,6%). Również pod względem wydobycia frakcji żwirowych woj. małopolskie zajmuje pierwsze miejsce (w 2015 r. – 2,1 mln Mg, co stanowiło 15,2% wydobycia w województwie). Stosunkowo duży udział żwirów w wydobyciu jest również w woj. opolskim (11,6%); ma jednak tendencję malejącą (zmniejszenie z 25% w 2007 r.).

Zasoby piasków najmniejszy udział w wydobyciu mają w woj. małopolskim (6,6% w 2015 r., z tendencją wzrostową) i opolskim (14,5%). Największy udział piasków w wydobyciu ma woj. dolnośląskie (40,0% z tendencją wzrostową) i woj. podkarpackie (35,6%). W woj. podkarpackim jest też największy w strefie udział zasobów złóż piasków (44,7% zasobów bilansowych, 41,3% przemysłowych, z tendencją wzrostową).



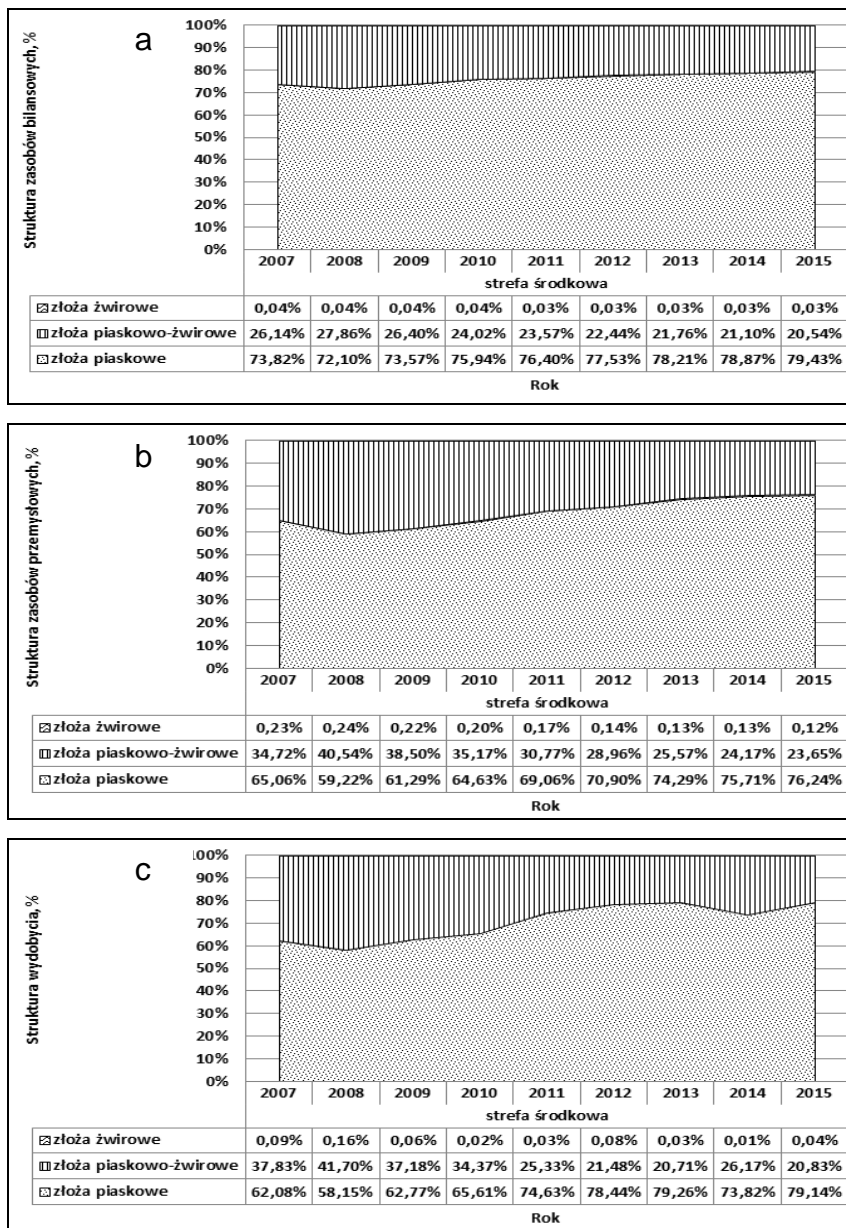
Rys. 3. Struktura zasobów i wydobywania kruszyw żwirowo-piaskowych w strefie południowej z uwzględnieniem jakości złóż w latach 2007–2015:

a) zasoby bilansowe, b) zasoby przemysłowe, c) zasoby wydobyte

Fig. 3. Structure of reserves and extraction of gravel-sand aggregate in the southern zone, taking into account the quality of deposits in the years 2007–2015:

a) balance reserves, b) developed reserves, c) extracted reserves





Rys. 4. Struktura zasobów i wydobywania kruszyw żwirowo-piaskowych w strefie środkowej z uwzględnieniem jakości złóż latach 2007–2015:

a) zasoby bilansowe, b) zasoby przemysłowe, c) zasoby wydobyte

Fig. 4. Structure of reserves and extraction of gravel-sand aggregate in the central zone, taking into account the quality of deposits in the years 2007–2015:

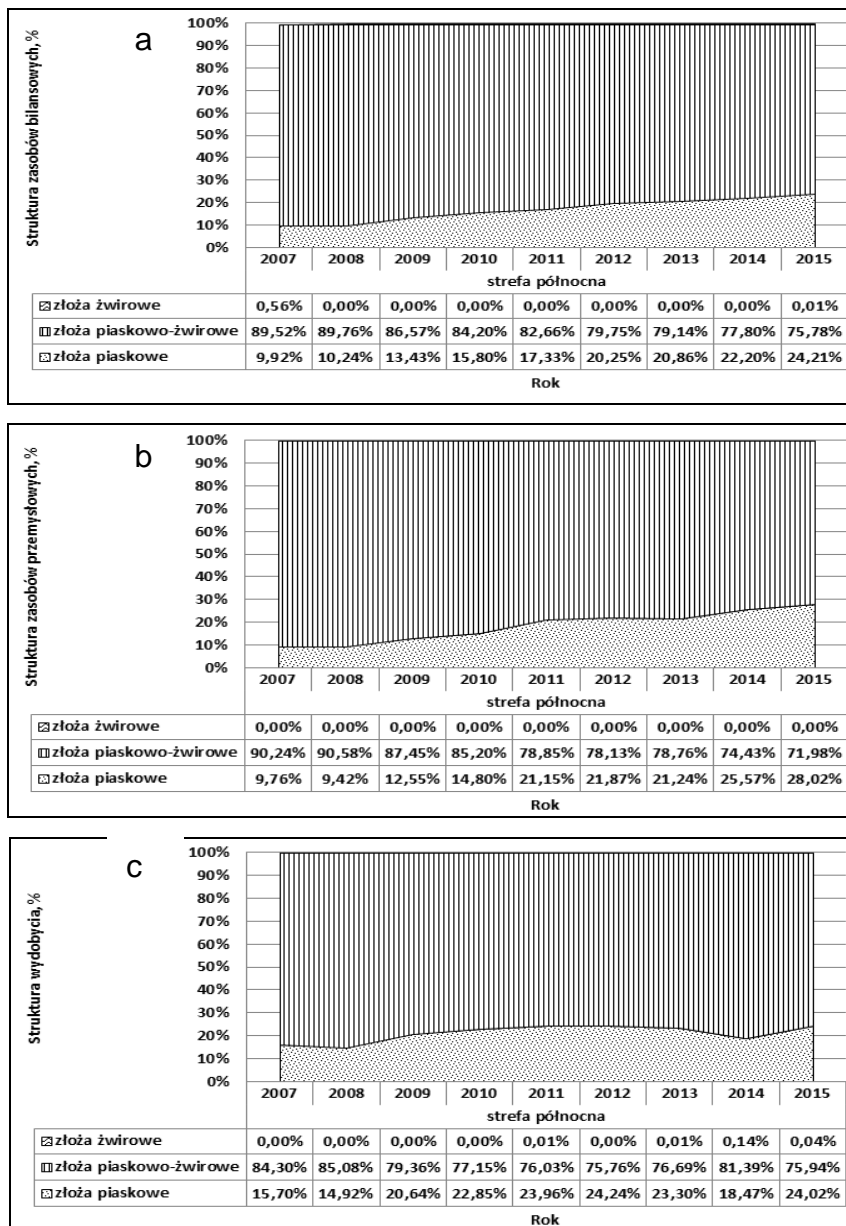
a) balance, b) developed reserves, c) extracted reserves

**Strefa środkowa** największa powierzchniowo i ludnościowo (44,3% powierzchni kraju i 43,7% ludności), charakteryzuje się zaleganiem złóż głównie akumulacji lodowcowej i wodnolodowcowej. Zawartość piasku w tych złożach wynosi od ok. 50% w woj. mazowieckim do prawie 100% w woj. świętokrzyskim. Średnio w całej strefie w 2015 roku udział zasobów złóż piasków wynosił 79,4% zasobów bilansowych, z tendencją wzrostową i 76,2% przemysłowych, również z taką tendencją w latach 2007–2015 (rys. 4).

Udział w wydobyciu zasobów piasków charakteryzuje się dużymi wahaniami od 58,2% do 79,3%, z tendencją wzrostową. Złoża żwirowe w tej strefie praktycznie nie występują (0,0% zasobów bilansowych i wydobycia, 0,1% zasobów przemysłowych). Zasoby kruszyw strefy południowej są najmniejsze i wynosiły w 2015 r. – 26,2% krajowych zasobów bilansowych i 28,8% przemysłowych. Udział w wydobyciu krajowym w 2015 r. wynosił 26,9% i w porównaniu do 2011 r. uległ znacznemu zmniejszeniu (z 36,7%), co było spowodowane głównie zmniejszeniem popytu na drobne frakcje kruszyw (0-4 mm). Pod względem zawartości frakcji grubszych kruszyw w stosunkowo najlepszej sytuacji jest województwo mazowieckie, gdzie udział zasobów piasków i żwirów w zasobach bilansowych wynosi 29,5% (z tendencją malejącą), a w przemysłowych – 45,9% (tab. 2). Jakościowo dużo gorsze zasoby kruszyw zalegają w woj. świętokrzyskim. W województwie tym niemal wyłącznie zalegają i eksploatowane są zasoby piasków (100% w zasobach przemysłowych i w wydobyciu). W zbliżonej sytuacji jest również woj. lubelskie (ok. 96% udziału piasków w zasobach bilansowych i w wydobyciu).

**Strefa północna** charakteryzuje się zaleganiem złóż pochodzenia lodowcowego i wodnolodowcowego, z zawartością ziaren piasku do 2 mm ok. 65–70% i więcej. Dość licznie występują w strefie okruchy skalne powyżej 250 mm oraz głązy 500 mm. Złoża są na ogół zaglinione i zailone. W strefie tej zalegają złoża żwirowo-piaszczyste i piaszczysto-żwirowe, zawierające głównie skały skandynawskie – utwory krystaliczne oraz wapienie z domieszką kwarcu i piaskowców. Strefa zajmuje 31,8% powierzchni kraju i zamieszkuje w niej 19,9% ludności. Udokumentowane zasoby bilansowe na koniec 2015 r. wyniosły 6034,7 mln Mg, tj. 32,6% ogółem zasobów krajowych, z tego przemysłowe – 1592,9 mln Mg (43,9%), zaś wydobycie wyniosło 68,8 mln Mg, co w wydobyciu krajowym kruszyw żwirowo-piaskowych stanowiło 41,1%. W okresie 2007–2015 udział strefy północnej w zasobach i wydobyciu krajowym zmieniał się: zasoby bilansowe – wzrost z 29,2 do 32,6%, przemysłowe – wzrost z 34,0 do 43,9%, wydobycie – wzrost z 37,8 do 41,1%.

Pod względem jakościowym złoża (rys. 5) te zaliczone są do grupy złóż piaskowo-żwirowych (w ok. 78%) oraz piasków (24,2% – zasoby bilansowe, 28,0% – przemysłowe, z tendencją wzrostową). Eksploatowane są głównie zasoby złóż piaskowo-żwirowych (w 2015 r. – 76,0%), jednak wzrasta również wydobycie zasobów piasków z 15,7% w 2007 r. do 24,0% w 2015 r. Złoża żwirowe praktycznie nie występują.



Rys. 5. Struktura zasobów i wydobywania kruszyw żwirowo-piaskowych w strefie północnej z uwzględnieniem jakości złóż w latach 2007–2015:

a) zasoby bilansowe, b) zasoby przemysłowe, c) zasoby wydobyte

Fig. 5. Structure of resources and extraction of gravel-sand aggregates in the northern zone, taking into account the quality of deposits in the years 2007–2015:

a) balance reserves, b) developed reserves, c) extracted reserves

W tej strefie najmniejszy udział zasobów piasków mają województwa: podlaskie (w 2015 r. 4,7% zasobów bilansowych i 5,9% przemysłowych, z tendencją wzrostową), warmińsko-mazurskie (16,9% zasobów bilansowych i 18,4% przemysłowych, z tendencją wzrostową). Również udział piasków w wydobywaniu w tych województwach jest najmniejszy (w 2015 r. w woj. podlaskim – 16,2% z tendencją wzrostową, a w woj. warmińsko-mazurskim – 20,3% z dużą tendencją wzrostową). Największy udział piasków w wydobywaniu ma woj. lubuskie – 58,7%, pomimo, że w zasobach bilansowych udział ten wynosi tylko 24,% (z tendencją wzrostową, a w przemysłowych – 52,6% z tendencją wzrostową).

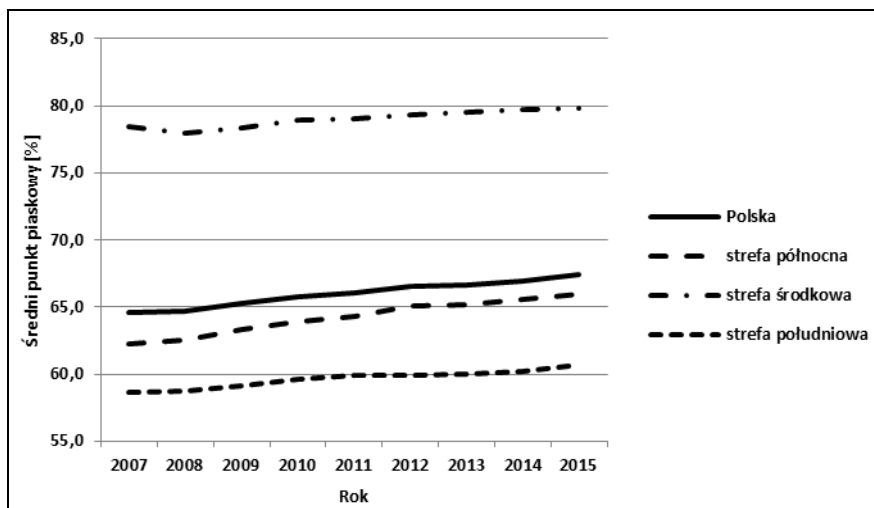
#### 4. OCENA ZMIAN UDZIAŁU DROBNYCH FRAKCJI

Stopniowe pogarszanie się jakości bazy złóż kruszyw naturalnych i równocześnie wzrost zapotrzebowania budownictwa na dobre jakościowo frakcje grubych kruszyw (5-8 mm, 8-11 mm, itp.), ma duży wpływ na wzrost trudnozbudowlanych frakcji produkowanych kruszyw w kraju. Dotyczy to szczególnie kruszyw żwirowo-piaskowych, w zasobach których systematycznie wzrasta udział frakcji drobnych (poniżej 2 mm), na które jest małe, a w niektórych regionach bardzo małe, zapotrzebowanie budownictwa i drogownictwa.

Często frakcje drobne traktowane są jako materiał nieużyteczny (odpadowy), co ma istotny wpływ na efektywność produkcji. W zagospodarowaniu drobnych frakcji kruszyw jest również to, że właściwie nie wiadomo ile ich mamy zarówno w skali kraju, jak i poszczególnych regionów. Ocenę ilości drobnych frakcji kruszyw w wydobywanym urobku kruszyw można w przybliżeniu ustalić na podstawie analizy średnich punktów piaskowych (skrótowo PP) w wydobytych i rozliczonych w rocznych operatach ewidencyjnych. Przyjmując podział kruszyw na trzy podstawowe grupy: piaski, piaski ze żwirem, żwiry i określając dla każdej z tych grup średnie punkty piaskowe; w pracy (*Identyfikacja*, 2017) obliczono średnie punkty piaskowe w zasobach bilansowych, przemysłowych (eksploatowanych) i w zasobach wydobywanych. Wyniki tych obliczeń dla poszczególnych województw, stref i całego kraju przedstawiono na rysunku 6–8. Analizę tę przeprowadzono dla lat 2007–2015, co umożliwiło określenie tendencji zmian zawartości frakcji drobnej w zasobach. Z obliczeń wynika, że w 2015 r. w zasobach bilansowych (rys. 6) średni PP wyniósł 67,4% i w latach 2007–2015 wzrósł o 4%.

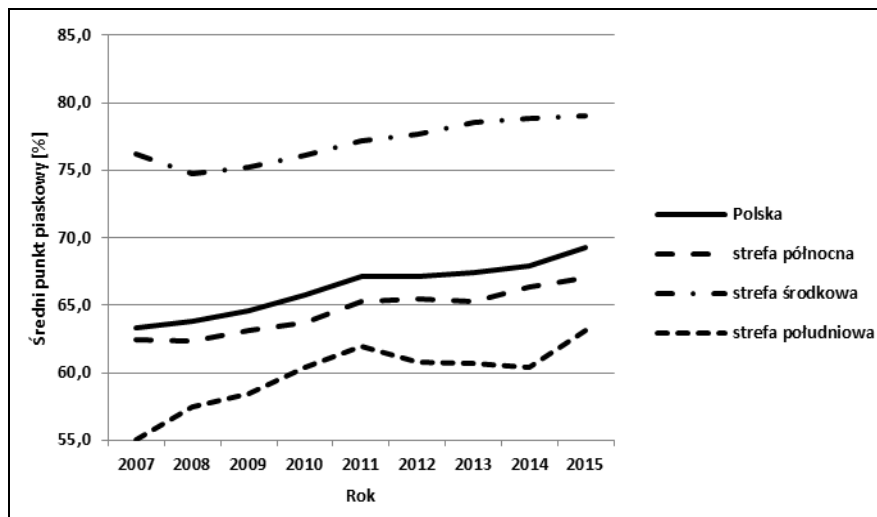
Najniższy PP mają zasoby w strefie środkowej (rys. 6), średni PP wynosi prawie 80% (79,8%), w tym w woj. lubelskim – 84,1%, a w woj. świętokrzyskim 82,9%. W zasobach przemysłowych (rys. 7) w kraju w 2015 r. średni PP był wyższy w porównaniu do zasobów bilansowych – 69,3% i co charakterystyczne w ciągu 9 lat

wzrósł aż o 9,3%, czyli średnioroczny wzrost w zasobach przemysłowych wynosił ponad 1%. Najwyższy wzrost odnotowano w regionie południowym (o 14,7%), czyli w regionie mającym pod względem jakości (uziarnienia) najlepsze złoża; następuje najszybsze ich pogorszenie.



Rys. 6. Zmiana średniego punktu piaskowego zasobów bilansowych w Polsce w latach 2007–2015

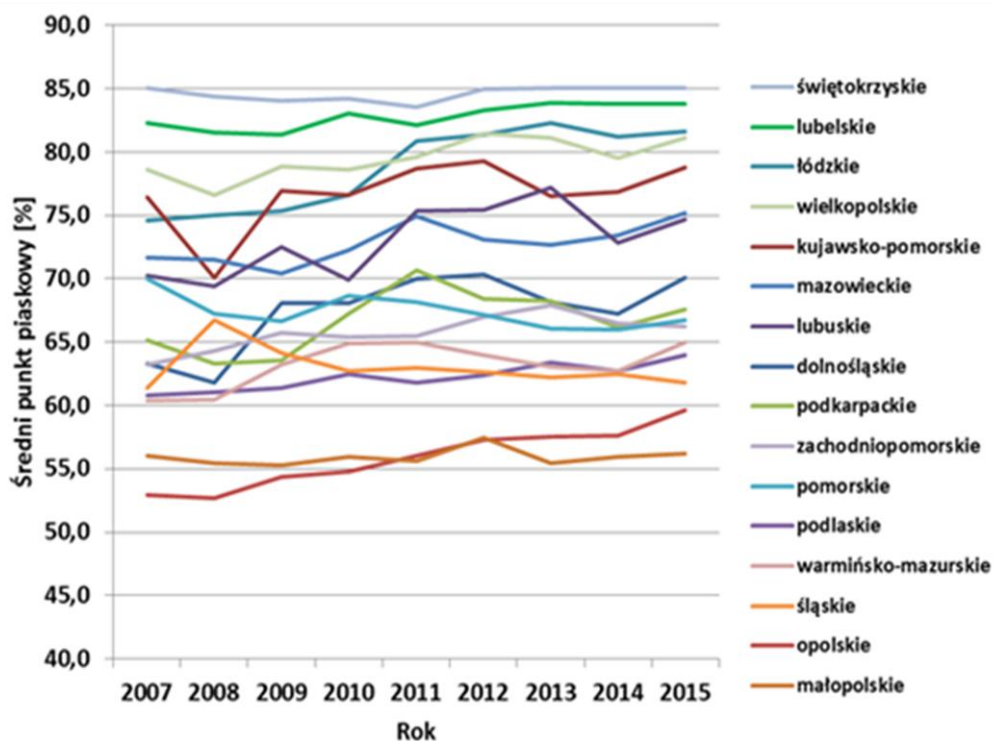
Fig. 6. Change of the average sand point of balance reserves in Poland in 2007–2015



Rys. 7. Zmiana średniego punktu piaskowego zasobów przemysłowych w Polsce w latach 2007–2015

Fig. 7. Change of average sand point of developed reserves in Poland in the years 2007–2015

Z eksploatacyjnego punktu widzenia ważne są wartości PP w zasobach wydobytych (rys. 8). W 2015 r. średni PP w zasobach wydobytych wyniósł 68,8% i najniższy był w regionie połud-niowym (63,2%), a najwyższy w regionie środkowym (79,8%). W skali poszczególnych województw (rys. 8) najniższe PP mają wydobywane zasoby w województwie małopolskim (56,2% w 2015 r.), opolskim (59,6% – wzrost w ciągu 9 lat o 12,7%) i śląskim (61,8%). Z kolei najwyższe PP w wydobywanych zasobach odnotowano w woj. świętokrzyskim (85%), lubelskim (83,8%), łódzkim (81,6% – wzrost o 9,45%) i wielkopolskim (81,8%). Wartości te są zbliżone do wartości PP w zasobach przemysłowych. Z analizy tendencji zmian PP w zasobach wydobytych w latach 2007–2015, wynika, że zmiany te (wzrost PP) są wolniejsze w porównaniu do zmian średniego PP w zasobach przemysłowych, a także i bilansowych. Oznacza to, że w pierwszej kolejności eksploatowane są zasoby lepsze jakościowo, co z punktu widzenia ekonomicznego jest oczywiste (*Identyfikacja*, 2017).



Rys. 8. Zmiana średniego punktu piaskowego zasobów wydobytych w województwach w latach 2007–2015

Fig. 8. Change of the average sand point of resources extracted in particular voivodships in the years 2007–2015

Podsumowując, w udokumentowanych i eksploatowanych zasobach kruszyw, należy stwierdzić, że średnie punkty piaskowe w zasobach żwirów i piasków wynoszą od ok. 50 do 85%. W 2015 r. w zasobach wydobytych średni PP wynosił: kraj – 68,8%, region: północny – 66,0%, środkowy – 79,8%, południowy – 63,2%, a w poszczególnych województwach w zasobach wydobytych kształtował się od 56,2% w woj. małopolskim do 85% w woj. świętokrzyskim.

## 5. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Z analizy bazy zasobowej złóż kruszyw żwirowo-piaskowych wynika, że w latach 2007–2015 pomimo eksploatacji, zasoby bilansowe wzrosły o ok. 24% (z 15 022,9 do 18 639,6 mln Mg), a przemysłowe o 67,7%, co przyczyniło się do wzrostu statystycznego wskaźnika wystarczalności zasobów przemysłowych, z ok. 12 lat 2007 r. do 18 lat w 2015 r.
2. Ze wzrostem udokumentowanych zasobów rośnie udział zasobów zaliczanych do grupy piasków, w zasobach bilansowych z 28 do 36%, a w przemysłowych z 25,7 do 40,3%.
3. Wymiernym wskaźnikiem pogarszania się jakości kopalin jest tendencja zmian średniego punktu piaskowego w udokumentowanych zasobach.
4. W 2015 r. w zasobach bilansowych średni punkt piaskowy wyniósł 67,4% i w ciągu 9 lat (2007–2015) wzrósł o 4%. Najniższy PP mają zasoby w regionie (strefie) południowym (60,7%), w tym w województwie małopolskim (50,5%) i opolskim (59,3%). Natomiast w regionie środkowym średni PP wynosi prawie 80% (79,8%), w tym w woj. lubelskim – 84,1%, a w woj. świętokrzyskim – 82,9%.
5. W zasobach przemysłowych w kraju w 2015 r. średni PP był wyższy w porównaniu do zasobów bilansowych – 69,3% i co charakterystyczne w ciągu 9 lat wzrósł aż o 9,3%, czyli średnioroczny wzrost PP w zasobach przemysłowych wynosi ponad 1%. Najwyższy wzrost odnotowano w regionie południowym (o 14,7%), czyli w regionie mającym pod względem jakości (uziarnienia) najlepsze złoża, następuje najszybsze ich pogorszenie.

## LITERATURA

- BARADZIEJ M., 2016, *Stan górnictwa odkrywkowego w 2015 r.*, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 12 (268), 9–16.
- Bilanse zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce z lat 2008–2015*, PIG-PIB, Warszawa 2016.
- Identyfikacja wielkości bazy zasobowej drobnych frakcji kruszyw z wydobycia i przeróbki kruszyw naturalnych wraz z kierunkami zagospodarowania*, IMBiGS, Badania statutowe nr 14-70/411-01/2015 (niepubl.).
- Gazeta wyborcza, 2018, *Na świecie znikają całe plaże i wyspy*, 11.01.2018.
- KOZIOŁ W., BAIC I. BORCZ A., 2017, *Regionalne zmiany bazy surowcowej i wydobycia kruszyw żwirowo-piaskowych w Polsce*, Przegląd Górnictwa, 10, 65–72, ISSN 0033-216X.

KOZIOŁ W., GALOS K. [red.], 2013, *Scenariusze zapotrzebowania na kruszywo naturalne w Polsce i w poszczególnych jej regionach*, Wyd. Poltegor-Institut, Kraków–Wrocław.

KOZIOŁ W., MACHNIAK Ł., BORCZ A., BAIC I., 2016, *Górnictwo kruszyw w Polsce – szanse i zagrożenia*, „Inżynieria Mineralna”, 2, 175–182.

*Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych, 2009–2013*, Projekt współfinansowany ze środków EFRR w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Poltegor-Institut, Wrocław–AGH Kraków.

*Surowce mineralne Polski. Surowce skalne – Kruszywa mineralne*, 2002, IGSMiE PAN, Kraków.

#### GRAVEL AND SAND AGGREGATES. TRENDS IN THE QUALITY OF RESOURCES

The analysis of trends of the quantity and quality of proved and workable reserves of gravels and sands in the scale of the country, voivodships and regional zones is presented. Special attention has been paid to the share of small fractions of aggregate in the workable reserves.



Danuta KUKIELSKA

*Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

## **KRUSZYWA SZTUCZNE – PRODUKT PRZYSZŁOŚCI?**

### **1. WSTĘP**

Fakt, że Unia Europejska nie jest bogata w surowce sprawił, że w zintegrowanej strategii (European Innovation Partnership on Raw Materials, 2011), wytyczającej kierunki działań, poprawiających dostęp do surowców, dużą wagę przywiązuje się do pełnego wykorzystania zasobów surowców naturalnych z jednej strony, a z drugiej jak najszerzego stosowania surowców wtórnych. Jednym z trzech filarów tej strategii uznano wykorzystanie zasobów recyklingu oraz poszukiwanie zamienników dla naturalnych surowców w celu zmniejszenia zużycia podstawowych surowców na terenie UE.

Takie podejście pozwala osiągnąć dwa ważne cele: uzyskać niezbędne surowce warunkujące rozwój i równocześnie chronić środowisko naturalne, poprzez oszczędzanie złóż surowców naturalnych i zagospodarowanie odpadów przemysłowych.

### **2. KRUSZYWA SZTUCZNE**

Definicję kruszyw sztucznych rozumiano początkowo bardzo wąsko, jako kruszywa pochodzenia mineralnego, uzyskane w wyniku procesu przemysłowego, obejmującego termiczną lub inną modyfikację. Do tej grupy zaproponowano zaliczenie także kruszyw z surowców wtórnych z procesów przemysłowych (Dokument Komisji Europejskiej, 2007), co zapisano w Dokumencie CEN/TC154/TG10/N736.

Zgodnie z tymi zapisami kruszywa sztuczne mogą być produkowane z wtórnych surowców odpadowych, powstających w energetyce (popioły, żużle), hutnictwie żelaza i metali kolorowych, ciepłownictwie, przemyśle ceramicznym, górnictwie. Zakres wykorzystywania odpadów do produkcji kruszywa jest nieograniczony, pod warunkiem, że wyprodukowane kruszywo spełnia wymagania normowe. Zakres stosowania kruszyw z odpadów jest identyczny jak dla kruszyw naturalnych, pod warunkiem, że spełniają wymagania ustalone według PN-EN w zależności od zamierzonego zastosowania. Wszystkie grupy kruszyw są równoprawne, jeśli chodzi o zastosowanie do betonu, mieszanek bitumicznych oraz mieszanek związanych lub niezwiązanych hydraulicznie. Jedynym kryterium zastosowania kruszywa są jego właściwości.

### 3. BAZA SUROWCÓW DO PRODUKCJI KRUSZYWA SZTUCZNEGO

Odpady z energetyki, ciepłownictwa, hutnictwa, przemysłu ceramicznego i górnictwa, które mogą być surowcem do produkcji kruszyw sztucznych, stanowią ponad 80% odpadów wytwarzanych w Polsce. Odpady te po przeróbce mogą być wykorzystywane jako kruszywa, a odpady gorszej jakości jako masy do robót ziemnych i inżynierskich. Surowce wtórne stanowią w stosunku do surowców naturalnych znaczącą bazę zasobową. Potencjalna produkcja kruszyw na tej bazie może osiągnąć poziom ok. 30% rocznej produkcji kruszyw w Polsce, czyli poziom porównywalny z krajami o najwyższej produkcji kruszyw sztucznych w Europie

Zgodnie z definicją obejmują one grupę kruszyw wyprodukowanych z surowców pochodzenia mineralnego (np. gliny, ropy, łupki itp.), które poddane zostały w procesach przemysłowych obróbce cieplnej lub innej modyfikacji. Źródła surowców do produkcji tych kruszyw sztucznych mogą być jednak jeszcze inne.

Przykładem może być kruszywo uzyskane wg technologii Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego (patent 210921, 2008; zgłoszenia P-408165, 2014, PTC/PL2015/000070, 2015). Do ich produkcji można stosować odpady z produkcji kruszyw, energetyki, ciepłownictwa, hutnictwa żelaza i metali kolorowych, ale ich podstawowym składnikiem są osady ściekowe.

W Polsce na koniec 2014 roku było 3288 oczyszczalni ścieków komunalnych, a ich przepustowość wynosiła 8 826 200 m<sup>3</sup>/dobę (Rocznik Statystyczny, 2015). Ilości wytwarzanych i zagospodarowanych osadów ściekowych podano w tabeli 1.

Tab. 1. Osady ściekowe z przemysłowych i komunalnych oczyszczalni  
(Rocznik Statystyczny, 2015)

Tab. 1. Sewage Sludge From Industrial And Municipal Wastewater Treatment Plants  
(Statistical Yearbook, 2015)

Wyszczególnienie osadów	Sucha masa [tys. Mg]
– ogółem w ciągu roku, w tym:	967,4
– z oczyszczalni przemysłowych	411,4
– z oczyszczalni komunalnych	556,0
Zużycie osadów	
– w rolnictwie	128,2
– do rekultywacji terenów	117,0
– do upraw roślin przeznaczonych do produkcji kompostu	48,0
– przekształconych termicznie	164,4
– składowanych	135,2
– nagromadzone na składowiskach oczyszczalni	6506,9
– z oczyszczalni przemysłowych	6280,9
– z oczyszczalni komunalnych	226,0

Na terenach oczyszczalni nagromadzono ok. 6500 tys. Mg osadów, a dodatkowo rocznie przybywa na składowiskach ok. 135 tys. Mg. Dodatkowo UE wprowadza przepisy prawne ograniczające możliwości rozprawdzania osadów na powierzchni ziemi. Dodatkowym źródłem surowca mogą też być spalarnie odpadów. Z publikowanych danych dotyczących bilansu masy spalarni odpadów komunalnych, po procesie spalania i zagospodarowaniu takich odpadów jak żużle, złom metali, do składowania pozostaje około 6,42% początkowej ilości spalanych odpadów, w tym 2,95% stanowią pyły lotne (Wielgosiński, 2011).

Wytworzony odpad jest niestabilny i zgodnie z obowiązującymi przepisami musi być poddany procesowi unieszkodliwiania lub stabilizacji przed umieszczeniem na składowisku odpadów, co generuje znaczne koszty. Stosowane metody unieszkodliwiania, polegające na wykonywaniu bloczków betonowych z domieszkami chemicznymi, ograniczają wymywalność substancji niebezpiecznych, ale z powodu możliwej korozji betonu nie są w pełni bezpieczne. Obecnie w kraju powstaje około 1,4 tys. Mg takich odpadów i są one składowane. W najbliższej przyszłości, w wyniku rozwoju tej metody zagospodarowania należy spodziewać się wzrostu ilości tego typu odpadów. Obecnie są budowane albo uruchamiane spalanie odpadów komunalnych w Krakowie, Białymstoku, Poznaniu, Szczecinie, Bydgoszczy i Koninie. Wytwarzanie kruszyw z odpadów jest bezpiecznym, nisko energochłonnym, przyjaznym dla środowiska i efektywnym ekonomicznie sposobem zagospodarowania odpadów komunalnych (osadów ściekowych, produktów spalania w spalarniach, stłuczka szklana). Dodatkowo pozwala na wykorzystywanie odpadów mineralnych, zawierających drobnoziarnistą krzemionkę jako składnik główny.

#### 4. ZALETY KRUSZYW SZTUCZNYCH

Wartość wielu właściwości kruszyw naturalnych jest ściśle powiązana z petrograficzną charakterystyką i strukturą materiału, z którego wyprodukowano kruszywo; dlatego nie można jej korygować procesowo. Wytwarzanie kruszyw sztucznych z materiałów odpadowych, według technologii IMBiGS, daje możliwość zmiany właściwości kruszyw poprzez modyfikację warunków procesu lub składu surowców wyjściowych. Pozwala to zmienić właściwości, jak np. gęstość, wytrzymałość, mrozoodporność produktu, co pozwala na uzyskanie kruszywa dostosowanego do zaplanowanego zastosowania. Przykładowe właściwości takich kruszyw podaje tabela 2.

Do warstw ściernalnych na drogi używane są wąskie frakcje kruszyw, jak 5,6-8, 8-11,2, 4-8; ich produkcja z surowców naturalnych powoduje powstawanie odpadów. Tymczasem kruszywa sztuczne, wytwarzane przywołaną technologią, mogą być otrzymywane w tych frakcjach w procesie produkcji bezodpadowej. Modyfikacje mogą zostać poprowadzone w kierunku otrzymania kruszyw dla potrzeb drogownictwa, charakteryzujących się wysokim PSV, a także jasną barwą. Kruszywa te w porównaniu z naturalnymi, nawet jasnymi, mają bardzo wysokie współczynniki lumi-

nancji, mogą być praktycznie białe. Mają także małą gęstość właściwą, co jest także atutem w aspekcie ich dostaw do odbiorców.

Tab. 2. Przykładowe parametry użytkowe kruszyw wg technologii IMBiGS  
Tab. 2. Example of functional parameters of aggregates according to IMBiGS technology

Parametr	Wartość
gęstość nasypowa [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	480–720
wytrzymałość na miążdżenie [MPa]	1,5–11
odporność na rozdrabnianie [LA]	32–35
luminancji $QD$ [ $\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lx}$ ]	200
nasiąkliwość [%]	5–32
mrozoodporność [%]	0
odporność na polerowanie [PSV]	60–69

Wiele krajów, w tym Polska, staje często przed problemem lokalnego niedoboru kruszyw naturalnych, co budzi zainteresowanie się alternatywnymi surowcami i technologiami ich wytwarzania. Pozwala na ograniczenie kosztów transportu, a także na eliminację uciążliwych surowców z działalności przemysłowej, czy też odpadów komunalnych.

Kruszywa sztuczne mogą być stosowane zarówno jako pełny zamiennik kruszyw naturalnych lub też razem z nimi w mieszankach. Taki wariant pozwala na uzyskanie pożądanego poziomu właściwości przy zastosowaniu materiałów z lokalnych lub bliższych surowców. Dobrym rozwiązaniem może być zastosowanie mieszanek kruszyw sztucznych i naturalnych. Pozwoli to na wykorzystanie kruszyw lokalnych o gorszych właściwościach i eliminacji dalekich przewozów. Należy podkreślić, że kruszywo sztuczne IMBiGS jest produktem w pełni ekologicznym. Struktura kruszyw, wytworzona na bazie związków krzemianowych, jest analogiczna z występującą w minerałach naturalnych; kruszywo nie posiada substancji reagujących w środowisku naturalnym, nawet po rozdrobnieniu

## 5. PODSUMOWANIE

Stosowanie kruszywa wytwarzanego z odpadów nie oznacza akceptacji gorszej jakości, a wręcz przeciwnie, może oznaczać uzyskanie materiału o pożądanym właściwościach, których kruszywa naturalne nie mogą spełnić. Obowiązujące przepisy zasadniczo nie hamują możliwości rozwoju tego typu materiałów. Dopuszczają odrębny sposób postępowania dla odpadów ewidentnie nie stwarzających zagrożenia środowiskowego, natomiast ograniczają w sensowny sposób możliwość zagrożeń środowiskowych. Zapobiegają obniżeniu jakości wyrobów budowlanych w wyniku

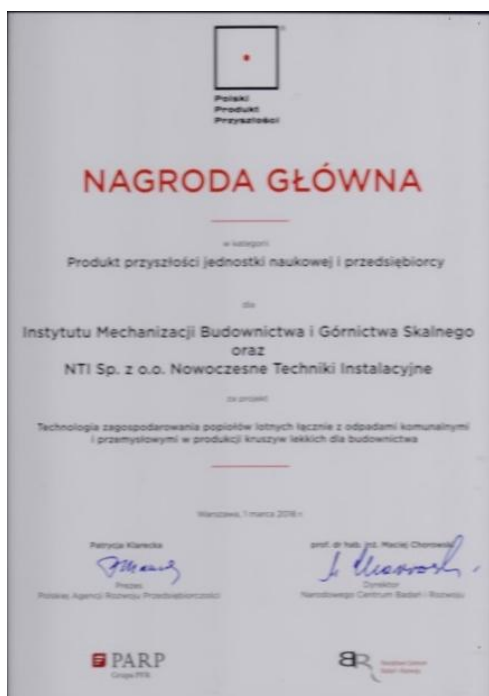
zamiany surowców naturalnych na odpady poprzez ustalenie i kontrolę właściwości wyrobów przez normy.



Rys. 1. Przykładowe rodzaje kruszyw wg technologii IMBiGS  
Fig. 1. Examples of aggregate types according to IMBiGS technology

Trzeba mieć jednak świadomość, że szersze stosowanie surowców wtórnych będzie możliwe, gdy produkcja kruszyw będzie ekonomicznie uzasadniona. W ocenie opłacalności ekonomicznej należałoby jednak uwzględnić wszystkie aspekty, jak uzyskanie użytecznego materiału dla budownictwa, oszczędność naturalnych źródeł surowca, bezpieczną eliminację odpadu. W przypadku zagospodarowania odpadu niebezpiecznego opłacalność może być wyższa, ponieważ dodatkowo nie ponosi się kosztów ich stabilizowania w formie nieużytecznej (i składowania), a w dłuższej perspektywie także kosztów skażenia, będącego skutkiem korozji, w wyniku której wymywanie substancji toksycznych zachodzi, choć w zwolnionym tempie.

Kruszywa wytwarzane z odpadów w procesach termicznych nie będą tańsze od naturalnych, ale w wycenie ich opłacalności należy uwzględnić wymienione aspekty. Produkcja kruszyw sztucznych pozwala uniknąć degradacji środowiska, wynikającej z górniczej eksploatacji złóż. Ma to znaczenie nawet jeśli ta degradacja jest czasowa, tj. po odpowiedniej rekultywacji. Istotne jest także to, że działalność taka pozwala na skuteczne pozbycie się odpadów, w tym także niebezpiecznych i uzyskać pożądany produkt rynkowy. Na pytanie postawione w tytule można więc odpowiedzieć pozytywnie. Potwierdzeniem tego są nagrody: w XX edycji Konkursu Polski Produkt Przyszłości w kategorii produkt przyszłości jednostki naukowej i przedsiębiorcy oraz za produkt eko-innowacyjny.



## LITERATURA

- European Innovation Partnership on Raw Materials WP1, 2011, *Developing new innovative technologies and solutions for sustainable raw materials supply*, Draft Experts Report.
- Dokument CEN/TC154/TG10/N736 *Materiały wtórne. Kruszywa sztuczne*, Raport końcowy dla kruszyw ze złóż wtórnych.
- Dokument Komisji Europejskiej End of Waste, 2007, *Aggregates Case Study*.
- Patent nr 210921, 2008, *Sposób otrzymywania kruszywa lekkiego z odpadów komunalnych i przemysłowych*.
- Rocznik Statystyczny, 2015, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- WIELGOSIŃSKI G., 2011, *Wtórne odpady ze spalania odpadów komunalnych. Bariery i perspektywy ich wykorzystania*, <http://sdr.gdos.gov.pl/Documents/GO/Spotkanie%2026.10.2011/Wtorne-odpady-ze-spalania-odpadow-komunalnych.pdf>
- Zgłoszenie patentowe P-408165, 2014, *Sposób unieszkodliwiania i zagospodarowania niebezpiecznych odpadów z instalacji spalania i mulów po flotacji rud metali nieżelaznych w produkcji kruszywa lekkiego dla budownictwa*.
- Zgłoszenie patentowe PTC/PL2015/000070, 2015, *A method of disposal and utilisation of dusts from an incineration installation and sludge from flotation enrichment of non-ferrous metal ores containing hazardous substances in the process of light aggregate production for the construction industry*.

## ARTIFICIAL AGGREGATES – A PRODUCT OF THE FUTURE?

The article presents the advantages of artificial aggregates in aspect of their production and properties. The possibility of producing of artificial aggregates from secondary raw materials is discussed. The base of raw materials for their production was presented, taking into account new raw materials such as sewage sludge, ashes after municipal waste incineration.





Danuta KUKIELSKA

*Institut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

Przemysław CERBA

*SZPEC Piotr Sz wajkowski, Strzegom*

## **ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW GRANITOWYCH**

### **1. WSTĘP**

Unia Europejska nie jest samowystarczalna w zakresie surowców, stąd wielka waga przywiązywana jest do możliwości zabezpieczania dostaw surowców poprzez zwiększenie wydajności wykorzystania zasobów i recyklingu. Innowacyjne Partnerstwo dla Surowców (European Innovation Partnership on Raw Materials, 2011) zakłada zwiększenie wydajności wykorzystania zasobów surowcowych. Wytyczne zostały podstawowe założenia, dotyczące spójnego programu działania w zarządzaniu zasobami, poprzez tzw. łańcuch wartości – od poszukiwań surowców poprzez ich wydobywanie i przetwarzanie, a skończywszy na ponownym użyciu odpadów wydobywczych, przetwórczych i wyrobów końcowych. Racjonalne wykorzystanie zasobów wiąże się także z potrzebą zapewnienia ochrony środowiska, co prowadzi często do ograniczenia dostępu do surowców naturalnych i narzuca konieczność bardziej kompleksowego wykorzystania złóż oraz zagospodarowania surowców odpadowych i wtórnych.

### **2. ODPADY PRZERÓBCZE W PRODUKCJI KRUSZYW**

W wielu zastosowaniach wykorzystywane są kruszywa o najlepszych parametrach, tj. frakcje o wąskim zakresie uziarnienia. Obecnie eksploatowane złoża charakteryzują się wysokim punktem piaskowym, w granicach 50–95% i jest to tendencja wzrostowa. Droбноziarnisty materiał, często zanieczyszczony, jest trudny do zagospodarowania. Podobne zjawisko nagromadzania się drobnych frakcji występuje także w kopalniach kruszyw łamanych i skał blocznych. Powstające tam droбноziarniste odpady są praktycznie niezbywalne. Materiały te z reguły zalegają na składowiskach lub lokowane są z powrotem w wyrobisku. Jest to niepożądane ze względów finansowych, ekologicznych i walorów krajobrazowych. Powstaje więc problem jak zagospodarować frakcje droбноziarniste.

Maleją zasoby naturalne, a w niektórych rodzajach kopalin szacowane są zaledwie na kilkanaście lat (żwir), co wymusza podjęcie jak najszybciej działań w kierunku

ochrony tych zasobów. Najlepszym sposobem ochrony jest dążenie do pełnego wykorzystania obecnie eksploatowanych zasobów. Jest to technicznie możliwe i ekonomicznie uzasadnione.

Innowacyjne pozyskiwanie surowców dla potrzeb budownictwa powinno równolegle obejmować działania zmierzające do przetwórstwa pozostałych frakcji kruszywa do innych zastosowań. Planowanie produkcji mało lub bezodpadowej jest ciągle nowym wyzwaniem, dla odpowiedniego dostosowania poszczególnych operacji technologicznych do przyszłego zastosowania także produktów ubocznych.

W górnictwie skalnym jako materiał odpadowy można uznać każdą substancję powstającą w wyniku przeróbki surowa mineralnego, który ze względu na swoje właściwości nie może być wykorzystany jak planowany wyrób w procesie przeróbczym. Jako materiały odpadowe można uznać:

- odpady złożowe, charakteryzujące się gorszymi właściwościami niż produkty końcowe oraz zawierające zanieczyszczenia ilaste, pylaste itp.,
- frakcje nieużyteczne, poza zainteresowaniem odbiorcy, np. 0-2 mm,
- produkty zanieczyszczone o nieopłacalnej ponownej przeróbce,
- odpady z płukania i innych procesów odpylania (frakcje < 0,1 mm).

### 3. WYKORZYSTANIE ODPADÓW PRZERÓBCZYCH

W większości przypadków materiały te są składowane lub wykorzystane do rekultywacji. W pierwszym przypadku generuje to koszty, w drugim pozbywamy się często wartościowego surowca, który po uszlachetnieniu może być pełnowartościowym produktem. Poszczególne grupy surowców odpadowych mogą być w zróżnicowany sposób zagospodarowywane. Problemem jest zagospodarowanie odpadów o gorszych właściwościach. Wymagają one zwykle dodatkowej przeróbki, najczęściej mechanicznej lub zastosowania dodatków uszlachetniających. Droбноziarniste odpady, które nie mogą być bezpośrednio wykorzystane w produkcji betonu lub budownictwie drogowym mogą być użyte w innych zastosowaniach, np.

- jako dodatek pucolanowy – odpadowe pyły krzemionki bezpostaciowej,
- w wyrobach z konglomeratów kamiennych – odpady drobnoziarniste,
- w produkcji kruszyw sztucznych z odpadów komunalnych – pyły zawierające krzemionkę lub odpady z innych instalacji, np. popioły, żużle i muły zawierające zanieczyszczenia związkami metali ciężkich.

### 4. OGNIWA ZAMYKAJĄCE ŁAŃCUCH WARTOŚCI

W Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego prowadzone są prace nad wykorzystaniem trudnozbywalnych materiałów, powstających w trakcie wytwarzania kruszyw i wyrobów z kamieni blocznych. Jednym ze sposobów ich za-

gospodarowania jest produkcja mieszanek związanych hydraulicznie o właściwościach odpowiadających wymaganiom technicznym, które mogłyby być zastosowane do konkretnych celów (Stankiewicz, 2011). Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym jest produktem, składającym się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, przygotowanym w sposób zapewniający uzyskanie jednorodnej mieszaniny, w której następuje wiązanie i twardnienie na skutek reakcji hydraulicznych. Czynnikiem wiążącym może być cement, żużel, popiół lotny wapienny lub krzemionkowy, spoiwo drogowe. Mieszanki takie mogą być wykorzystane m.in. do: stabilizacji gruntów, budowy nawierzchni drogowych, podbudowy zasadniczej i pomocniczej dróg. Taki sposób wykorzystania tego typu odpadów może być stosowany na szeroką skalę. Zapotrzebowanie na mieszanki stanowi ok. 70% całego zapotrzebowania na kruszywo do budowy dróg.

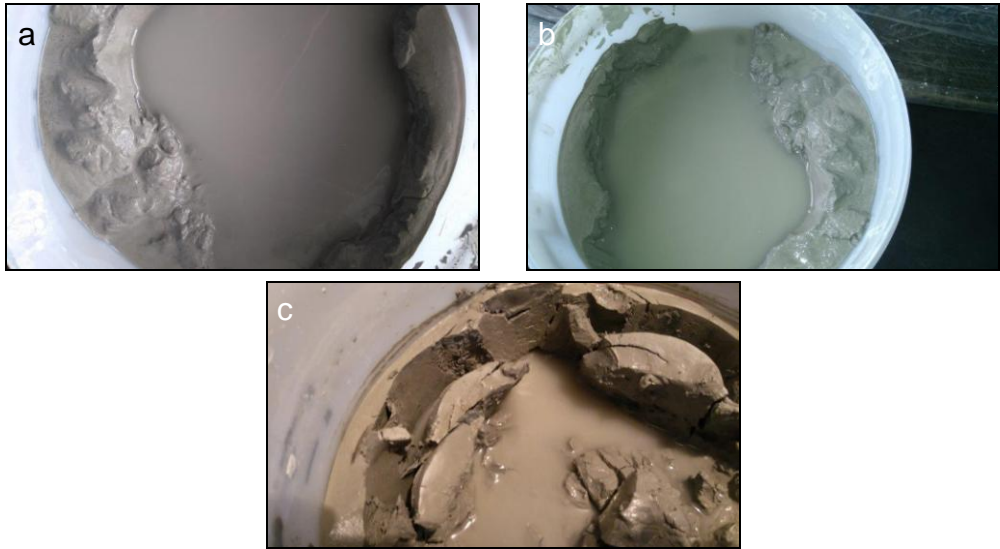
#### 4.1. KRUSZYWO SZTUCZNE

Zmiana metod wydobywania kruszyw piaskowo-żwirowych (zastąpienie koparek chwytakowych i wieloczepakowych przez koparki ssące) sprawiła, że najdrobniejsze frakcje transportowane są do zakładu przeróbczego. Rynkowe zainteresowanie tymi frakcjami jest znikome. Możliwości wytwarzania kruszyw sztucznych w tym zakresie nie są w pełni wykorzystane, stąd poszukiwane są rozwiązania uwzględniające w jak największym stopniu możliwość włączenia takich odpadów w proces przeróbczy. Chodzi tu o wytwarzanie kruszyw lekkich wyłącznie z drobnoziarnistych frakcji odpadowych i lokalnych odpadów komunalnych. W znacznym stopniu ogranicza to koszty ich wytwarzania oraz jednocześnie umożliwia zagospodarowanie frakcji drobnoziarnistych z wielu procesów produkcji kruszyw jak i w górnictwie innych kopalin.

### 5. BADANIA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ODPADÓW GRANITOWYCH

Aktualnie w prowadzone są prace nad zastosowaniem odpadów granitowych w opracowanej w IMBiGS technologii lekkich kruszyw sztucznych. W badaniach zastosowano odpady pochodzące z procesu cięcia wyrobów kamiennych piłą tarczową i trakiem linowym, z polerowania wyrobów kamiennych, odpad zmieszany z wymienionych źródeł i z prasy filtracyjnej. Jest to odpad drobnoziarnisty; całość ziaren  $< 0,063$  mm. Wyjątkiem jest odpad po procesach cięcia i polerowania, w którym znajdują się pojedyncze ziarna  $> 2$  mm, ilości tych ziaren wynoszą  $\sim 0,5\%$  masy odpadu.

Wykonano próbki kruszyw lekkich według opatentowanej przez IMBiGS technologii. Dotychczas stosowane surowce mineralne zastąpiono odpadem granitowym. Stopień zastąpienia wynosił od 30 do 100%. Warunki termiczne produkcji kruszyw lekkich wg nowych receptur były analogiczne jak w przypadku pierwotnych receptur.



Rys. 1. Droбноziarnisty odpad z przeróbki granitu;

a) odpad z cięcia granitu, b) odpad z polerowania, c) odpad z prasy filtracyjnej  
 Fig. 1. Fine granite waste from granite processing; a) waste from the granite cutting process, b) waste from the polishing process, c) waste after the filter press



Rys. 2. Próbkki lekkich kruszywo sztucznych z odpadu granitowego;

a) kruszywo, w którym 30% pyłu zastąpiono odpadem granitowym, b) kruszywo w którym 50% pyłu zastąpiono odpadem granitowym, c) kruszywo spiekane w temperaturze podwyższonej o ok. 70 °C  
 Fig. 2. Samples of light artificial aggregates made from granite waste; a) aggregate in which 30% of dust was replaced by granite waste, b) aggregate in which 50% of dust was replaced by granite waste, c) aggregate sintered at about 70 °C higher temperature

Rezultaty przeprowadzonych badań wskazują na możliwość zastosowania odpadu granitowego, aż do całkowitego wyeliminowania innych składników pylastych. Co więcej, zastosowanie odpadów granitowych w produkcji kruszyw lekkich okazało się korzystne. Wytrzymałość uzyskanych kruszyw jest wyższa nawet o ok. 1,5 raza od kruszyw produkowanych jedynie z zastosowaniem krzemionki, a gęstość nasypowa wynosiła w granicach 800–850 kg/m<sup>3</sup>. Ponadto modyfikacja ta pozwoliła na całkowite wyeliminowanie topnika, co upraszcza proces produkcji kruszyw.

## 6. PODSUMOWANIE

Wykonane wstępne prace pozwalają stwierdzić, że zakładany kierunek prac badawczych jest obiecujący. Należy zaznaczyć, że dotychczasowe działania mają charakter wstępny i możliwa jest dalsza poprawa dotychczas uzyskanych właściwości, chociażby przez zmianę parametrów procesu termicznego lub optymalizację proporcji składników. Następnie zostanie wykonana prototypowa partia sztucznego kruszywa lekkiego, dla badań właściwości zgodnie z wymaganiami norm.

W kolejnym etapie opracowane zostaną wytyczne dla wykonania partii kruszywa w warunkach przemysłowych oraz określona powtarzalność wyników. Pomyślne zakończenie prac pozwoli rozwiązać problem zagospodarowania drobnoziarnistego odpadu z produkcji granitowych kruszyw i wyrobów blocznych, zgodnie z ideą zamykania łańcucha wartości.

## LITERATURA

- European Innovation Partnership on Raw Materials WP1, 2011, *Developing new innovative technologies and solutions for sustainable raw materials supply*, Draft Experts Report.
- STANKIEWICZ J., 2015, *Technologia zagospodarowania materiałów odpadowych z górnictwa skalnego w mieszankach związanych hydraulicznie*, Mining Science – Mineral Aggregates vol. 22, 1, 141–148.

## DEVELOPMENT OF GRANITE WASTE

The article discusses the problem of partial use of the feedstock in broken aggregate production in the aspect of the EU raw materials policy. Methods of the defective fractions using are presented. The possibility of using them in the production of hydraulically bound mixtures and artificial aggregate has been presented.



## KRUSZYWA DO BETONU W BUDOWNICTWIE MIESZKANIOWYM

### 1. WPROWADZENIE

Budownictwo kubaturowe stanowi jedno z ważniejszych źródeł popytu na surowce. Budowa budynków wiąże się z koniecznością wykorzystania wielu surowców mineralnych, w tym głównie kopalin okrucowych (piasków i żwirów), kopalin zwięzłych oraz surowców ilastych. Kopaliny te w zdecydowanej większości nie znajdują bezpośredniego zastosowania, a wykorzystywane są do produkcji różnego rodzaju materiałów (wyrobów) budowlanych (tab. 1), do których przede wszystkim zaliczyć należy: beton, bloczki betonowe, wyroby ceramiczne (pustaki, cegły, dachówki), silikaty, beton komórkowy, spoiny, materiały wykończeniowe.

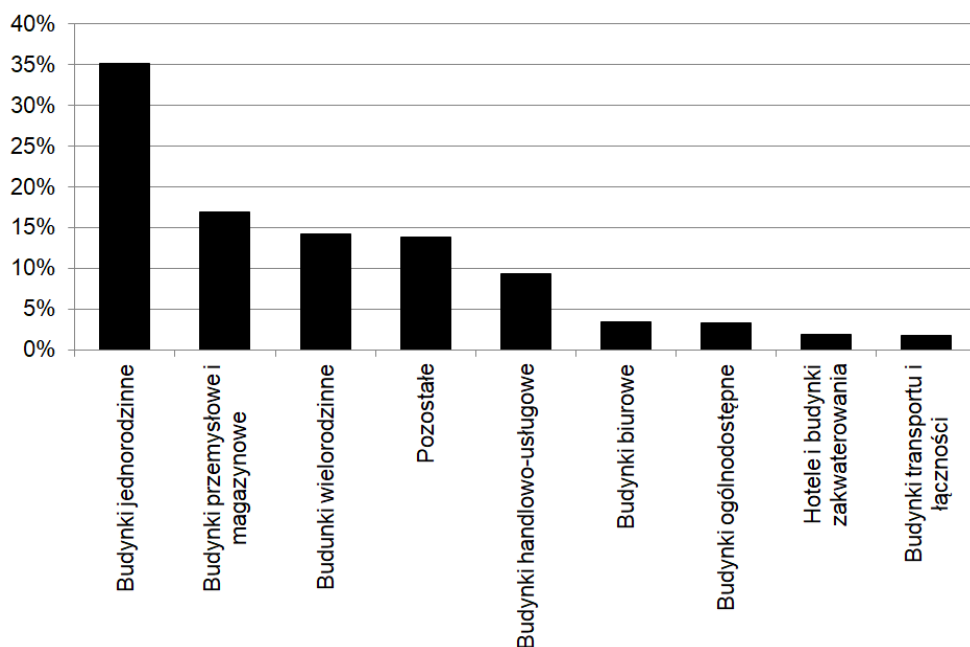
Tab. 1. Surowce mineralne wykorzystywane w konstrukcjach budynków (Machniak, 2015)

Tab. 1. Mineral raw materials used in building constructions (Machniak, 2015)

Kopalina	Materiał budowlany	Element w budynku
piasek, żwir, wapień <sup>1)</sup> , margiel <sup>1)</sup> , kreda <sup>1)</sup>	beton	ława fundamentowa, ściana fundamentowa i nośna, strop monolityczny, nadbeton w stropie gęstożebrowym, filar, belka, podciąg, schody
piasek kwarcowy, wapień <sup>2)</sup> , margiel <sup>2)</sup> , kreda <sup>2)</sup>	silikaty (wyroby wapienno-piaskowe)	ściany zewnętrzne i działowe
piasek kwarcowy, wapień <sup>2)</sup> , margiel <sup>2)</sup> , kreda <sup>2)</sup>	beton komórkowy	ściany zewnętrzne i działowe
pyły, mułki, lessy, gliny	wyroby ceramiczne (cegły, pustaki)	ściany zewnętrzne i działowe, dachówka ceramiczna, stropy gęstożebrowe

<sup>1)</sup> kopalina do produkcji cementu, <sup>2)</sup> kopalina do produkcji wapna palonego.

Do budownictwa kubaturowego zaliczają się budynki mieszkalne i niemieszkalne. Budynki mieszkalne to głównie domy jednorodzinne oraz wielorodzinne (wielomieszkańcowe). Natomiast do budownictwa niemieszkalnego należy przypisać głównie budynki: hotelowe, biurowe, handlowo-usługowe, transportu, łączności, przemysłowe, magazynowe oraz ogólnodostępne obiekty użyteczności publicznej (rys. 1).



Rys. 1. Struktura budownictwa kubaturowego w latach 2010–2017 (GUS, 2017)  
 Fig. 1. The structure of building construction in the years 2010–2017 (GUS, 2017)

Na podstawie danych z lat 2010–2017, powierzchnia użytkowa nowych budynków mieszkalnych stanowiła blisko 50% łącznej powierzchni budownictwa kubaturowego, w tym budownictwo jednorodzinne 35% i wielorodzinne 15%. Udział poszczególnych rodzajów budownictwa w ostatnich kilku latach nie uległ większym zmianom. Przedstawione dane wskazują na ważną rolę segmentu budownictwa mieszkaniowego w strukturze wznoszonych budynków, a tym samym stanowią ważny kierunek zastosowań dla wielu surowców mineralnych, w tym między innymi kruszyw do betonu.

## 2. BUDOWNICTWO MIESZKANIOWE W LATACH 2016–2017

Jako podstawę do określenia zużycia w 2017 roku kruszyw do betonu w budownictwie mieszkaniowym przyjęto średnią powierzchnię użytkową budynków, na budowę których wydano pozwolenie (lub zgłoszenie budowy – domy jednorodzinne) w latach 2016–2017 (tab. 2), zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego (GUS 2017). Pozwolenie na budowę nie oznacza rozpoczęcia budowy, stąd też wykorzystano w analizie wartość uśrednioną danych z dwóch lat.



Tab. 2. Pozwolenia wydane na budowę i zgłoszenia z projektem budowlanym budowy obiektów mieszkalnych; średnia z lat 2016–2017 (GUS 2017)

Tab. 2. Permits granted for residential buildings and registrations with a construction project; average from 2016–2017 (GUS 2017)

Województwo	Powierzchnia użytkowa [m <sup>2</sup> ]		
	budownictwo jednorodzinne <sup>1)</sup>	budownictwo wielorodzinne	łącznie
razem Polska	13 937 805	6 896 794	20 834 599
opolskie	208 829	47 479	256 308
świętokrzyskie	386 454	94 532	480 986
lubuskie	327 367	159 451	486 818
warmińsko-mazurskie	372 078	189 944	562 022
podlaskie	424 711	138 802	563 512
lubelskie	631 203	178 913	810 115
zachodniopomorskie	499 844	336 477	836 321
kujawsko-pomorskie	630818	254 688	885 505
podkarpackie	816 532	198 350	1 014 882
łódzkie	780 650	305 111	1 085 761
pomorskie	999 998	675 802	1 675 800
śląskie	1 367 425	404 041	1 771 466
dolnośląskie	1 057 720	891 542	1 949 262
małopolskie	1 539 833	703 965	2 243 797
wielkopolskie	165 6785	648 305	2 305 090
mazowieckie	2 237 560	1 669 398	3 906 958

<sup>1)</sup> uwzględniono budynki z dwoma samodzielnymi mieszkaniami

Powierzchnia użytkowa budynków mieszkalnych (w kraju) wyniosła 20,8 mln m<sup>2</sup>, w tym 13,9 mln m<sup>2</sup> w budownictwie jednorodzinnym i 6,9 mln m<sup>2</sup> w wielorodzinnym. Pod względem intensywności budownictwa wyróżnić można cztery grupy województw o małej, średniej, dużej i bardzo dużej intensywności:

- 1) opolskie, świętokrzyskie, lubuskie, warmińsko-mazurskie, podlaskie,
- 2) lubelskie, zachodniopomorskie, kujawsko-pomorskie, podkarpackie, łódzkie,
- 3) pomorskie, śląskie, dolnośląskie, małopolskie, wielkopolskie,
- 4) mazowieckie.

Województwo mazowieckie widocznie wyróżnia się w stosunku do pozostałych. Powierzchnia użytkowa mieszkań dla drugiego w rankingu województwa (wielkopolskiego) stanowi jedynie 58% tej wielkości.

### 3. METODYKA

Wartość całego rynku kruszyw do betonu oszacować można na podstawie danych o wielkości produkcji betonu towarowego, prefabrykatów betonowych oraz betonowych elementów nawierzchni. Dla określenia zużycia kruszyw do betonu w różnych

zastosowaniach wykorzystuje się dane o strukturze sprzedaży cementu (Zalewski, 2016). Ograniczeniem tego rozwiązania jest powszechny brak dostępności do tych danych. Są one znane dla firm zrzeszonych w Stowarzyszeniu Producentów Cementu (SPC). Alternatywnym sposobem jest wykorzystanie informacji dotyczących jednostkowych wskaźników zużycia kruszyw. Dla budownictwa mieszkaniowego średnie ich zużycie dla aktualnej struktury technicznej budowy budynków jednorodzinnych oraz typów architektonicznych wynosi  $1,22 \text{ Mg}$  na  $1 \text{ m}^2$  powierzchni użytkowej. Uwzględniając średnie odchylenie standardowe, wynoszące  $14,7\%$ , wskaźnik zużycia kruszyw na jednostkę powierzchni użytkowej może zawierać się w przedziale od  $1,04$  do  $1,4 \text{ Mg/m}^2$ . Zakładając utrzymanie się niezmiennie od kilku lat struktury budowanych domów, wartości te można przyjąć za reprezentatywne dla krajowego budownictwa jednorodzinnego i uwzględniać w prognozach zużycia kruszyw (Machniak, 2016b). W odniesieniu do budynków wielorodzinnych wartość tego wskaźnika wynosi około  $1,7 \text{ Mg/m}^2$ . Jest to wartość wynikająca z aktualnie prowadzonych badań, w których liczby danych nie zapewnia reprezentatywności próby. Nie mniej jednak wartość tę wykorzystano do oszacowania zapotrzebowania na kruszywa do betonu.

Podjęcie takie umożliwi określenie zużycia w budownictwie mieszkaniowym, w podziale na budownictwo jednorodzinne i wielorodzinne, na podstawie danych publikowanych przez GUS (m. in. liczba budynków, powierzchnia użytkowa, pozwolenia budowlane).

Zużycie kruszyw w budynkach mieszkalnych określono pośrednio przez poznanie zużycia betonu. Natomiast ilość kruszyw w mieszance betonowej przyjęto na podstawie średniego zapotrzebowania wynikającego z receptur betonu o różnych klasach wytrzymałości. W budownictwie mieszkaniowym zazwyczaj wykorzystywany jest beton o klasach wytrzymałości C8/10 (chudy beton), C12/15, C16/20 oraz C20/25. Niezależnie od klasy wytrzymałości betonu wymagana ilość kruszyw jest bardzo podobna, oscyluje w granicach  $1800$  do  $2050 \text{ kg}$  na  $1 \text{ m}^3$  mieszanki betonowej. Średnio jest to  $1900 \text{ kg}$  przy  $34\%$  udziale kruszyw o ziarnach  $0-2 \text{ mm}$  ( $650 \text{ kg}$ ) oraz  $66\%$  udziale kruszyw o ziarnach  $> 2 \text{ mm}$  ( $1250 \text{ kg}$ ). Powyższe wartości przyjęto za reprezentatywne i wykorzystano je do określenia zapotrzebowania na kruszywa w elementach betonowych i żelbetowych budynków (Machniak, 2016a).

#### 4. ZUŻYCIE KRUSZYW DO BETONU W BUDOWNICTWIE MIESZKANIOWYM

Łączne zapotrzebowanie na kruszywa do betonu w budownictwie mieszkaniowym oszacowane na podstawie danych z tabeli 2 oraz wartości wskaźników jednostkowego zużycia kruszyw dla budynków jednorodzinnych ( $1,22 \text{ Mg/m}^2$ ) i wielorodzinnych ( $1,7 \text{ Mg/m}^2$ ) wynosi około  $29 \text{ mln Mg}$  (tab. 3), w tym  $19 \text{ mln Mg}$  kruszyw o frakcji  $> 2 \text{ mm}$  i  $10 \text{ mln Mg}$  piasku.

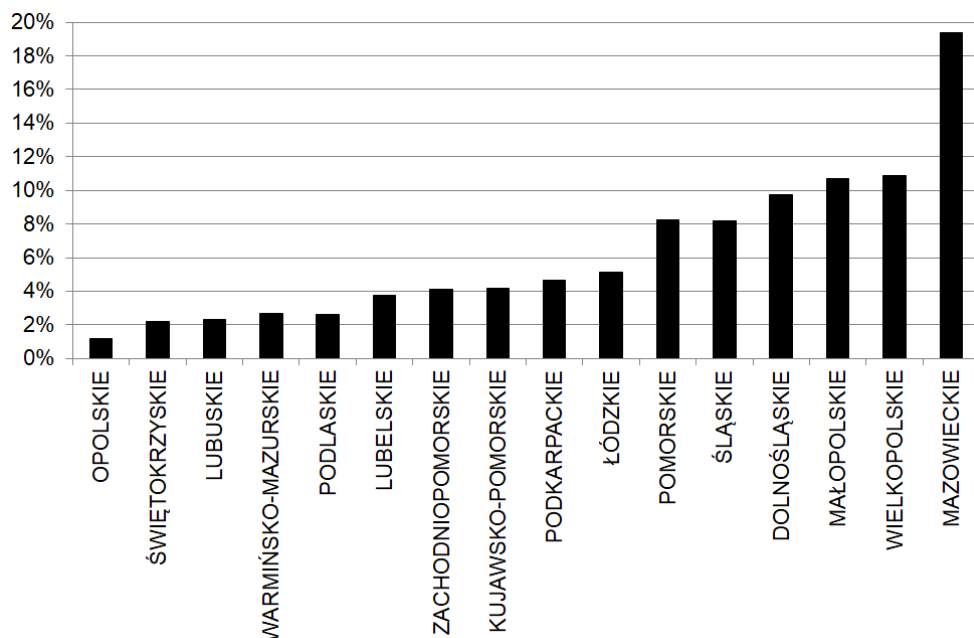
Tab. 3. Zużycie kruszyw do betonu w budownictwie mieszkaniowym  
 Tab. 3. Consumption of concrete aggregates in residential buildings

Województwo	Zużycie kruszyw [tys. Mg]		
	budownictwo jednorodzinne <sup>1)</sup>	budownictwo wielorodzinne	łącznie
razem Polska	17 000	11 725	28 725
opolskie	255	81	335
świętokrzyskie	471	161	632
lubuskie	399	271	670
warmińsko-mazurskie	454	323	777
podlaskie	518	236	754
lubelskie	770	304	1 074
zachodniopomorskie	610	572	1 182
kujawsko-pomorskie	770	433	1 203
podkarpackie	996	337	1 333
łódzkie	952	519	1 471
pomorskie	1 220	1 149	2 369
śląskie	1 668	687	2 355
dolnośląskie	1 290	1 516	2 806
małopolskie	1 875	1 197	3 071
wielkopolskie	2 021	1 102	3 123
mazowieckie	2 730	2 838	5 568

<sup>1)</sup> uwzględniono budynki z dwoma samodzielnymi mieszkaniami.

W budownictwie jednorodzinym zużyto ok. 17 mln Mg kruszyw, natomiast w wielorodzinnym ok. 11,7 mln Mg. Ze względu na różne wartości jednostkowych wskaźników zużycia kruszyw, udział budownictwa wielorodzinnego w zużyciu kruszyw (40%) jest większy od udziału w powierzchni użytkowej (32%). W budownictwie jednorodzinym jest odwrotnie, udziały wynoszą odpowiednio 60 i 68%.

Tylko w dwóch województwach, budownictwo wielorodzinne generuje większe zużycie kruszyw od budownictwa jednorodzinnego. Są to: dolnośląskie oraz mazowieckie. Budownictwo mieszkaniowe w województwie mazowieckim odpowiada za blisko 20% zużycia kruszyw, kolejne trzy województwa w zestawieniu (wielkopolskie, małopolskie, dolnośląskie) mają po ok. 10% udziału. Najmniejsze znaczenie na rynku ma województwo opolskie z jednoprocentowym udziałem w rynku (rys. 2).



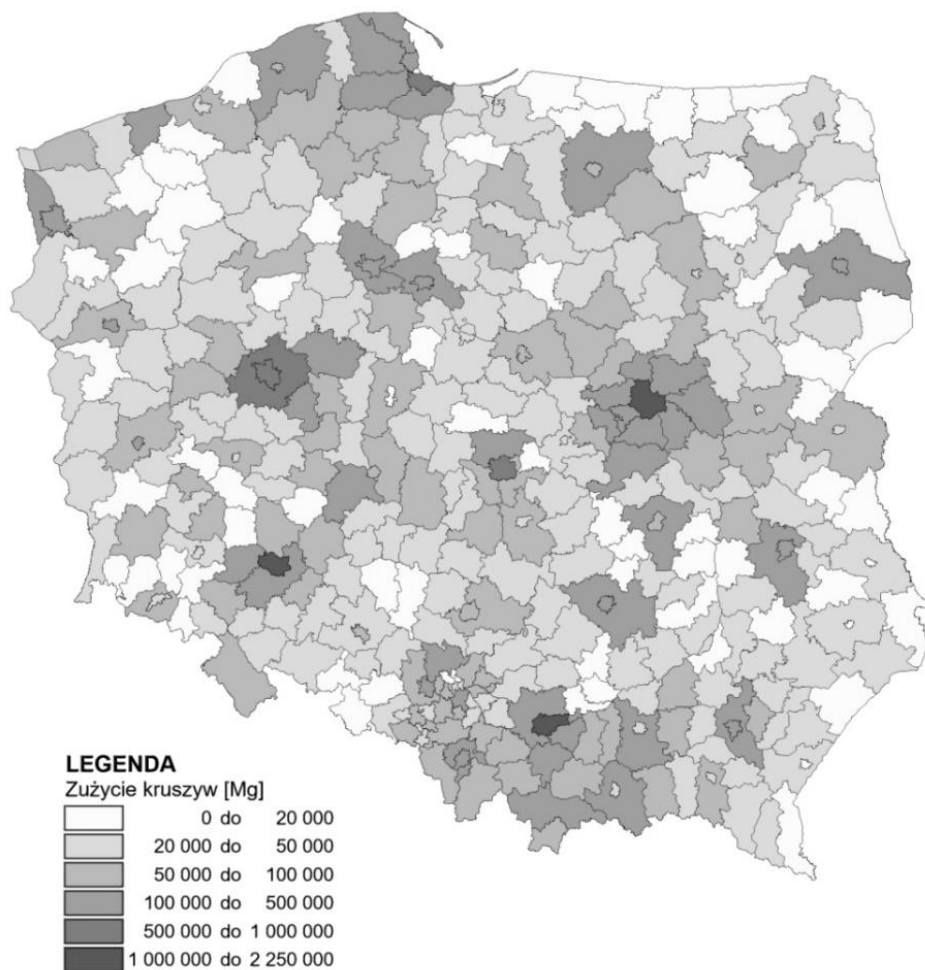
Rys. 2. Udział województw w zużyciu kruszyw do betonu w budownictwie mieszkaniowym  
 Fig. 2. Share of voivodeships in the consumption of concrete aggregates in residential buildings

Dla danych zagregowanych do województw średni wskaźnik zużycia kruszyw do betonu wynosi  $1,36 \text{ Mg/m}^2$  powierzchni użytkowej w budownictwie mieszkaniowym. Wartością tą nie można posługiwać się dla danych zagregowanych do granic powiatów lub gmin, w których w większości przypadków występuje jedynie forma budownictwa jednorodzinnego. Wskaźnik ten zawyżałby w sposób szacunek zużycia kruszyw do betonu.

W ujęciu granic powiatów obserwuje się bardzo duże zróżnicowanie zużycia kruszyw. Mapę z rozkładem zużycia przedstawiono na rysunku 3.

Zużycie kruszyw w przedziale:

0 – 20 tys. Mg	– zidentyfikowano w 73 powiatach,
20 – 50 tys. Mg	– w 163 powiatach,
50 – 100 tys. Mg	– w 85 powiatach,
100 – 500 tys. Mg	– w 51 powiatach,
500 – 1000 tys. Mg	– w 4 powiatach,
1000 – 2250 tys. Mg	– w 3 powiatach.



Rys. 3. Mapa zużycia kruszyw do betonu w budownictwie mieszkaniowym  
Fig. 3. Map of the consumption of concrete aggregates in residential buildings

Największe zużycie koncentruje się w miastach wojewódzkich oraz otaczających je powiatach. W miastach na prawach powiatu dominuje zużycie kruszyw w budownictwie wielorodzinnym, a w pozostałych w budownictwie jednorodzinym.

W tabeli 4 przedstawiono dziesięć powiatów o największym zużyciu kruszyw do betonu.

Największe zużycie kruszyw do betonu generuje Warszawa (2,2 mln Mg), w tym blisko 2 mln Mg przypada na budownictwo wielorodzinne. Na dziesięć powiatów, jedynie trzy są powiatami ziemskimi, pozostałe to miasta na prawach powiatu.

Tab. 4. Powiaty o największym zużyciu kruszyw  
 Tab. 4. Regions with the largest consumption of aggregates

Powiat	Budownictwo jednorodzinne [tys. Mg]	Budownictwo wielorodzinne [tys. Mg]	Łącznie [tys. Mg]
powiat m. st. Warszawa	270	1975	2245
m. Kraków	166	1025	1191
m. Wrocław	132	985	1117
poznański	606	160	766
m. Gdańsk	73	630	703
m. Poznań	98	480	578
m. Łódź	117	390	507
wrocławski	330	160	490
piaseczyński	265	109	374
m. Rzeszów	105	260	365

Powiatem ziemskim o największym zużyciu kruszyw (766 tys. Mg) jest powiat poznański, w którym 80% zużycia przypada na budownictwo jednorodzinne. Wszystkie powiaty w powyższym zestawieniu charakteryzują się większym zużyciem kruszyw od zużycia w województwie opolskim (335 tys. Mg).

Najmniejsze zużycie kruszyw przypada na powiat łobeski (woj. zachodnio-pomorskie) – 5,6 tys. Mg (tab. 5); jest 400 razy mniejsze niż w Warszawie.

Tab. 5. Powiaty o najmniejszym zużyciu kruszyw  
 Tab. 5. Regions with the least consumption of aggregates

Powiat	Budownictwo jednorodzinne, [tys. Mg]	Budownictwo wielorodzinne, [tys. Mg]	Łącznie [tys. Mg]
łobeski	4,0	1,6	5,6
głubczycki	5,7	—	5,7
górowski	7,8	—	7,8
kętrzyński	6,0	2,4	8,4
kazimierski	8,5	—	8,5
braniewski	6,9	2,1	9,0
kamiennogórski	9,1	—	9,1
sztumski	9,1	0,2	9,3
prudnicki	8,4	0,9	9,3
złotoryjski	9,0	0,7	9,7

Wszystkie powiaty zestawione w tabeli 5 są powiatami ziemskimi. Trzy z nich położone są w województwie dolnośląskim. Powiatem grodzkim o najmniejszym zużyciu kruszyw jest Sopot (11 tys. Mg).

## 5. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki, dotyczące budownictwa mieszkaniowego, są wycinkiem prowadzonych badań zużycia kruszyw do betonu w budownictwie kubaturowym. Prowadzone badania stanowią ważny element dla poznania struktury potoku sprzedaży, głównie kruszyw żwirowo-piaskowych. Przyjęta metodologia wyznaczania wskaźników zużycia kruszyw (identyfikacja zużycia betonu w budynkach) pozwala równocześnie na pokazanie podobnych danych dla betonu oraz cementu, co w znaczący sposób zwiększa użyteczność badań. Zużycie kruszyw do betonu w budownictwie mieszkaniowym wyniosło ok. 16% wielkości krajowego wydobycia kruszyw żwirowo-piaskowych (173 mln Mg). Uwzględniając średni punkt piaskowy eksploatowanych złóż (69%) daje to ok. 8% wydobycia piasku i ok. 35% wydobycia żwiru. Dla poszczególnych województw, ze względu na duże różnice wartości punktu piaskowego eksploatowanych złóż, udziały te są bardzo zróżnicowane. Mając na uwadze alternatywne w stosunku do żwiru wykorzystywanie kruszyw łamanych w recepturach mieszanek betonowych należy przyjąć, że wartość udziału w rynku żwiru jest nieco zawyżona. Odnosi się to w szczególności do województw, w których wydobywa się kopaliny związane przy jednoczesnym deficycie kruszyw żwirowych (np. świętokrzyskie).

*Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.100.597*

## LITERATURA

- GUS, 2016, *Bank Danych Lokalnych*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- MACHNIAK Ł., 2015, *Przestrzenny rozkład zapotrzebowania na kruszywa w budownictwie jednorodzinym*, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 91, 149–159.
- MACHNIAK Ł., 2016a, *Znaczenie budownictwa jednorodzinnego na rynku kruszyw do betonu*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 1(64), 62–64.
- MACHNIAK Ł., 2016b, *Wskaźniki zużycia kruszyw do betonu w budynkach jednorodzinnych*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management 3(32), 135–148.
- ZALEWSKI J., 2016, *Dokąd branża? Przyszłość kruszyw – szanse i zagrożenia*, Surowce i Maszyny Budowlane, 2, 8–13.

## CONCRETE AGGREGATES IN RESIDENTIAL BUILDINGS

The residential building is one of the most important sources of demand for mineral raw materials. The construction of buildings is connected with the necessity of using many of them. These minerals doesn't directly applicable, and are used for the production of various types of construction materials (products). Consumption of concrete aggregates in the residential construction amounted to approx. 16% of the production of aggregate gravel and sand aggregate (173 million Mg). The largest consumption of concrete aggregates is generated by Warsaw (2.2 million Mg), including nearly 2 million Mg in multi-family housing. Out of ten counties, only three are land poviats (district), the rest are cities with poviat (district) rights.





Leszek MAJEWSKI, Jarosław STANKIEWICZ

*Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie*

Przemysław CERBA

*SZPEC Piotr Sz wajkowski, Strzegom*

## **KIERUNKI ZAGOSPODAROWANIA FRAKCJI GRUBYCH UZYSKIWANYCH W PROCESIE PRODUKCJI KRUSZYWA LEKKIEGO GRANSIL**

### 1. WSTĘP

Sztuczne kruszywa lekkie powstają w procesach termicznych surowców naturalnych i materiałów odpadowych (Kozioł & Kawalec, 2008). Takim przykładem jest produkcja Gransilu, kruszywa wg koncepcji opracowanej w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego. Z uwagi na rozrzut właściwości materiałów odpadowych, zmiennych właściwości mieszaniny do produkcji kruszyw, wynikający z charakterystyki procesu mieszania, rozrzutu temperatur w piecu obrotowym (stosowanym w technologii produkcji), szczególnie w strefie wypalania, dochodzi do powstawania kruszyw o granulacji powyżej 25 mm, a więc nie spełniających zakładanych wymagań produkcyjnych w zakresie wymiarów końcowego wyrobu.

Z uwagi na ok. 5% zawartość frakcji > 25 mm w produkcie przeróbki uzyskiwanej na linii doświadczalnej produkcji Gransilu, istnieje potrzeba wytyczenia kierunków wykorzystania nadziarna produkcyjnego. Jedną z koncepcji jest zastosowanie ich jako kruszyw ozdobnych lub wypełnienia gabionów. W niniejszym artykule przedstawia się koncepcję produkcji kruszywa łamanego przeznaczonego do betonu (Góralczyk i in., 2005).

### 2. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII

Produkcja Gransilu polega na obróbce termicznej mieszany wykonanej z osadów ściekowych, pyłów krzemionkowych i topnika (głównie odpadowego szkła) (Góralczyk i in., 2008). Zachodzące reakcje powodują stapianie krzemionki i topnika i utworzenie struktury stabilnej w środowisku. Warunkiem osiągnięcia zakładanych parametrów kruszywa jest właściwy dobór parametrów termicznych, dostosowanych do procentowej zawartości poszczególnych składników w mieszaninie do produkcji kruszyw. W przypadku nieskorelowania warunków procesowych wypalania i składu kru-

szywa może dojść do dwóch zjawisk: nie utworzenia stabilnej struktury kruszywa (niska wytrzymałość mechaniczna) lub struktury zeszkliwionej, posiadającej wysokie parametry mechaniczne, ale niepożądanym efektem jest tworzenie agregatów złożonych z pojedynczych granul kruszywa lub struktur jednolitych, które nie zostały uformowane na ziarna  $< 25$  mm. Wymiary ziaren powstałych w trakcie spiekania zmieniają się od 25 do 125 mm (wynik analizy ziarnowej). Przykład struktury utworzonej z mniejszych ziaren jest przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Widok agregatu Gransilu składający się z granul o średnicy 2–4 mm

Fig. 1. View of Gransil aggregate composed of granules with a diameter of 2–4 mm

Nawet w przypadku uporządkowanego procesu, w którym steruje się dostępnymi parametrami (masa składników, czas mieszania, wilgotność mieszaniny, temperatura w piecu) udział nadziarna jest nieunikniony.

### 3. ZAGOSPODAROWANIA KRUSZYW LEKKICH

Typowe zastosowanie kruszyw lekkich to produkcja betonów, budownictwo drogowe i podsypki izolacyjne, a dodatkowe stanowią kruszywo dekoracyjne, ogrodnictwo, szczególnie modne ostatnio zielone dachy lub inne formy zastosowania w uprawach roślin. W przypadku frakcji grubszych możliwe kierunki zastosowania to głównie kruszywo dekoracyjne lub gabiony. Przykład zastosowania Gransilu jako materiału dekoracyjnego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Gransil jako kruszywo dekoracyjne  
Fig. 2. Gransil as the decorative aggregate

W przypadku braku możliwości wykorzystania kruszywa grubego w dedykowanych zastosowaniach, dodatkową możliwością jest produkcja kruszyw łamanych, a więc przeprowadzenie całego procesu przeróbki mechanicznej. Ponieważ struktura kruszywa Gransil, podobnie jak analogicznych rozwiązań, swoje właściwości zawdzięcza zamkniętej budowie porowatej, proces przeróbki może spowodować pogorszenie właściwości wyrobu, a zatem możliwości wykorzystania łamanych kruszyw sztucznych będą znacznie mniejsze niż w przypadku kruszyw niełamanych.

#### 4. WŁAŚCIWOŚCI KRUSZYW NATURALNYCH I ŁAMANYCH

W celu oceny przydatności lekkich kruszyw łamanych otrzymanych z frakcji grubych wykonano prace w zakresie rozdrabnianie kruszywa sztucznego (nadziarna), badania właściwości fizykomechanicznych i badania próbek betonu uformowanych z kruszyw łamanych i bez przeróbki mechanicznej.

##### 4.1. ROZDRABNIANIE GRANSILU

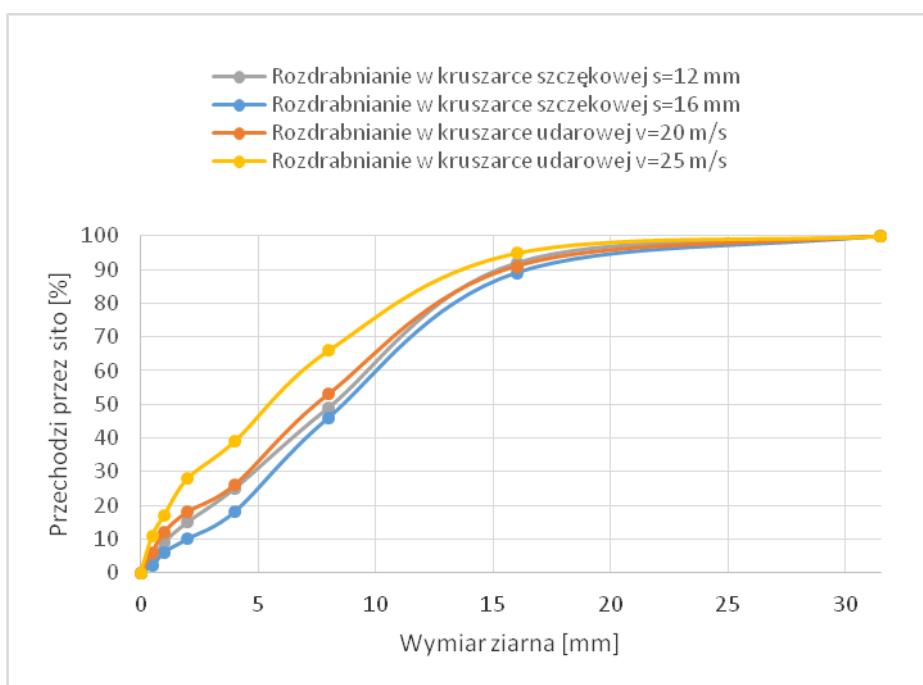
Przedstawia się badania kruszywa lekkiego, produkowanego w wyjściowej technologii (wg wstępnych prac IMBiGS). Kruszywo charakteryzuje się średnimi właściwościami mechanicznymi. W związku z tym zastosowano rozdrabnianie w kruszarce

szczękowej, w celu ograniczenia uzyskania dużej ilości frakcji drobnych. W trakcie tych prób wystąpiły problemy z zapewnieniem odpowiedniego przepływu kruszywa w komorze rozdrabniania. Było to prawdopodobnie związane z niskim współczynnikiem tarcia kruszywa o elementy mechanizmu rozdrabniania. Wykonano dodatkowe próby rozdrabniania w kruszarce udarowej w celu oceny możliwości efektywnego rozdrabniania kruszywa Gransil do zastosowania w produkcji betonu. Wynik rozdrabniania kruszywa przedstawiają tabela 1 i rysunek 3.

Tab. 1. Wyniki badania składu ziarnowego produktu rozdrabniania Gransilu

Tab. 1. The results study of the shredding Gransil

Próbka	Przesiew [%] / wymiar oczka sita [mm]							
	0	0,5	1	2	4	8	16	31,5
1	0	2	6	10	18	46	89	100
2	0	4	9	15	25	49	92	100
3	0	6	12	18	26	53	91	100
4	0	11	17	28	39	66	95	100



Rys. 3. Krzywe składu ziarnowego przeróbki Gransilu frakcji 25-125 mm

Fig. 3. Granulation curves of Gransil-processing fraction 25-125 mm

## 4.2. BADANIA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOMECHANICZNYCH

Tab. 2. Badanie właściwości kruszyw lekkich

Tab. 2. Properties of lightweight aggregates

Rodzaj kruszywa	Frakcja [mm]	Badana cecha		
		gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	nasiąkliwość [%]	wytrzymałość na miążdżenie [MPa]
łamane	0-2	1,39	39,5	–
	2-8	1,33	36,8	0,94
	8-16	1,29	34,2	0,85
niełamane	0-2	1,42	29,3	–
	2-8	1,35	27,7	2,3
	8-16	1,31	24,1	2,9

Badania właściwości kruszyw wykonano dla podstawowych cech, przydatnych do oceny i możliwość stosowania w betonach oraz budownictwie drogowym, tzn. gęstość, nasiąkliwość i wytrzymałość na ściskanie (Gawenda i in., 2013). Wyniki oznaczeń przedstawiono w tabeli 2.

## 4.3. BADANIE PRÓBEK BETONU

Kruszywo łamane i bez przeróbki zostało zastosowane do wykonania próbek betonowych. Sposób przygotowania kruszywa, skład ziarnowy i receptura mieszanki betonowej dla obu rodzajów kruszyw została wykonana analogicznie (LAFARGE; Domała, 2016). Wyniki pomiarów i podstawowe informacje dotyczące próbek betonowych zostały zestawione w tabeli 3.

Tab. 3. Wyniki badania właściwości betonu z zastosowaniem Gransilu

Tab. 3. The properties of the concrete obtained with Gransil

Lp.	Kruszywa	Zawartość cementu 32,5 [kg/m <sup>3</sup> ]	W/C*	Właściwości betonu		
				wytrzymałość na ściskanie [MPa]	nasiąkliwość [%]	gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]
1	łamane	300	0,45	10,5	24,5	1,42
2		250	0,45	6,4	27,5	1,31
3	niełamane	300	0,45	10,9	18,4	1,40
4		250	0,45	7,0	20,1	1,30

\* wskaźnik nie uwzględnia wody absorbowanej przez kruszywo.

## 5. ANALIZA WYNIKÓW

- Podatność na rozdrabnianie kruszyw sztucznych metodą uderową jak i przez zgniatanie jest niewielka, uwzględniając ich relatywnie niską wytrzymałość na miażdżenie. W przypadku wykorzystania frakcji łamanych w produkcji kruszyw betonu preferowany jest sposób rozdrabniania w kruszarce szczękowej – wymaga to jednak zmian konstrukcyjnych w zakresie kątów pochylenia szczęk w komorze rozdrabniania.
- Kruszywo łamane ma większą nasiąkliwość i niższą wytrzymałość na miażdżenie w stosunku do kruszyw sztucznych bez przeróbki mechanicznej. Na etapie produkcji wyrobów betonów oznacza to duże deficyty wody, powodujące znaczne obniżenie urabialności mieszanki betonowej.
- Wytrzymałość na miażdżenie kruszyw łamanych jest ponad dwa razy niższa od kruszyw niełamanych. Parametry mechaniczne kruszywa nie mają istotnego wpływu na właściwości mechaniczne betonu wyprodukowanego na bazie kruszyw lekkich. Natomiast wpływ rodzaju kruszywa na gęstość i nasiąkliwość są ściśle skorelowane z właściwościami kruszywa.
- Wytrzymałość na ściskanie betonu oraz hipotetyczna izolacyjność cieplna na poziomie  $\lambda = 0,25$  (oszacowana na podstawie gęstości betonu) oznaczają, iż możliwe jest wykonanie z betonu wg receptury 1–4 (tab. 3) wyrobów konstrukcyjnych o podwyższonej izolacyjności.

## 6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Produkt przeróbki surowców odpadowych, kruszywo lekkie Gransil, jest potencjalnie cennym surowcem do produkcji betonu i zastosowania w budownictwie drogowym. Przeróbka niezbywalnych frakcji, w tym przypadku nadziarna  $> 25$  mm umożliwi uzyskanie kruszywa przydatnego do produkcji betonu, natomiast w budownictwie drogowym na warstwy nośne – z uwagi na gorsze parametry mechaniczne – nie znajdzie zastosowania.

Możliwości zastosowania sztucznego kruszywa łamanego w różnych kierunkach, to pozytywny impuls do produkcji różnych wariantów kruszywa Gransil (o zróżnicowanych właściwościach), gdyż są możliwe metody przeróbki i zagospodarowania grubszych frakcji, które w przypadku procesu produkcji tego kruszywa, jak wskazały coraz szersze doświadczenia technologiczne, jest praktycznie nieuniknione.

Treścią artykułu była prezentacja kierunków wykorzystania oraz wyników badań dotyczących przeróbki nadziarna, powstającego przy produkcji kruszyw sztucznych z wykorzystaniem osadów ściekowych. Wstępne badania w zakresie przerobu frakcji grubych, do zamierzonego niższego poziomu uziarnienia w procesach kruszenia oraz uzyskane właściwości, wskazują na duże możliwości. Również betony otrzymywane z łamanym kruszywem sztucznym, co potwierdziły wstępne badania, wskazują na przydatność tego kruszywa do ich produkcji.

#### LITERATURA

- DOMAGAŁA L., 2016, *Lekkie betony konstrukcyjne – projektowanie, wykonywanie, właściwości*, Przegląd Budowlany, nr 9, 38–44.
- KOZIOŁ W., KAWALEC P. 2008, *Kruszywa alternatywne w budownictwie*, Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie, 34–37.
- GAWENDA T., NAZIEMIEC Z., WALERAK A., 2013, *Badania wybranych właściwości kruszyw z odpadów ceramicznych oraz betonu wytworzonego z ich udziałem*, Rocznik Ochrona Środowiska, t. 15, 2003–2021.
- GÓRALCZYK S., MAZELA A., UZUNOW E. 2008, *Badanie możliwości otrzymywania kruszywa sztucznego z osadów ściekowych, odpadów wydobywczych z górnictwa skalnego i odpadowego szkła z gospodarki komunalnej energooszczędną metodą termiczną*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr, Studia Konferencyjne, nr 121, 41, 105–114.
- LAFARGE, *Karta charakterystyki betonów lekkich*.

#### DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THICK FRACTIONS OBTAINED IN THE PROCESS OF LIGHTWEIGHT „GRANSIL” AGGREGATE

The content of the article is a presentation of use directions and the results of studies on processing of artificial aggregates produced with the use of sewage sludge. Preliminary research on processing of thick fraction, to the lower level of granularity in the processes of crushing, and property so received broken aggregate, according to the results, indicate a great potential of this material. Also concrete obtained using a broken artificial aggregates, as shown by the preliminary studies, indicate the usefulness of aggregate for its production.



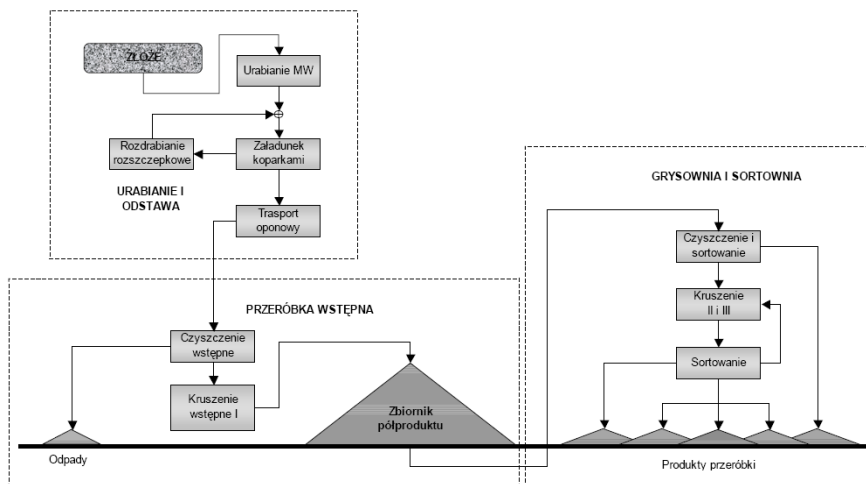


## PLANOWANIE ZDOLNOŚCI PRODUKCYJNEJ ZAKŁADU PRZERÓBKI SUROWCÓW SKALNYCH

### WSTĘP

Produkcja kruszyw to zintegrowany system operacji wydobywania skał (urabiania, odstawy) i przeróbki ich na kruszywa wg wymagań jakościowych rynku surowców mineralnych. Rysunek 1 przedstawia typową technologię zakładu wydobywania i przeróbki skał zwięzłych, a rysunek 2 typową strukturę maszyn i urządzeń zakładu przerobczego.

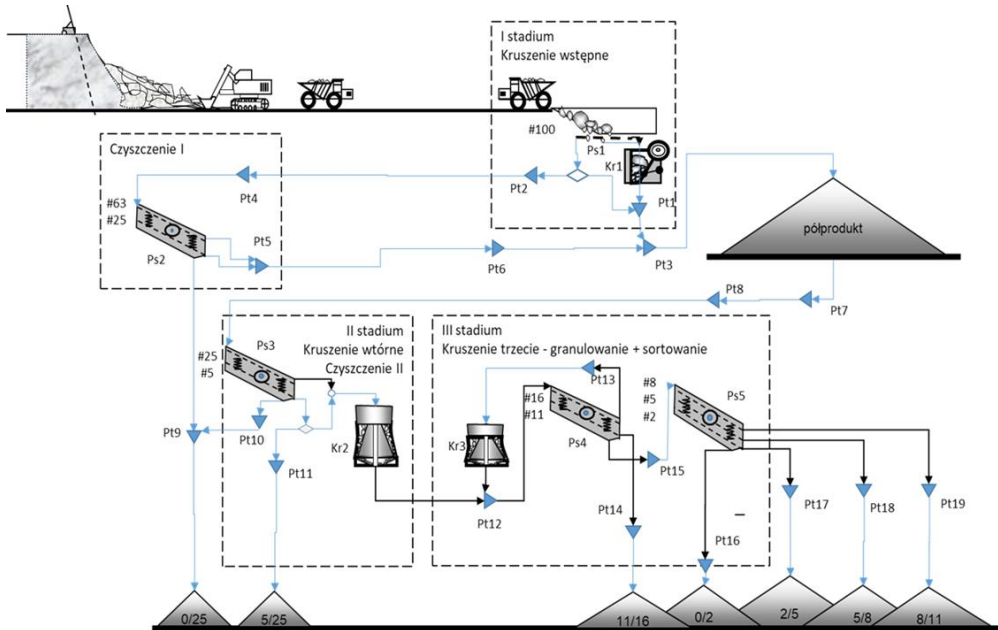
Przez zdolność produkcyjną systemu rozumiemy wydajność osiągniętą przez system w jednostce czasu. W praktyce funkcjonują pojęcia wydajności chwilowej, technicznej, efektywnej, katalogowej. Wszystkie one są funkcją czasu, ale także aktualnych parametrów maszyn i zmiennych środowiskowych, takich jak rodzaj, uziarnienie, właściwości fizyczne przerabianych skał, a także struktury technologicznej systemu produkcyjnego.



Rys. 1. Typowa technologia eksploatacja złoża jako zintegrowany zespół operacji górniczo-przerobczych

Fig. 1. Typical quarry technology as the integrated extraction and processing system

Szczególne znaczenie dla inwestora ma planowanie wolumenu produkcji na etapie projektowania zdolności produkcyjnej kopalni, a co za tym idzie zaprojektowanie odpowiedniej technologii produkcji (rodzaj maszyn, struktura i jakość produktów) i dobór odpowiedniej wielkości maszyn. Jest to krytyczny etap projektowania, ponieważ poza samą technologią i techniką produkcji potrzebna jest prognoza czasu efektywnej pracy systemu jako całości, co z kolei ma bezpośrednie przełożenie na koszty i wolumen produkcji oraz spodziewane przychody z ich sprzedaży.



Rys. 2. Typowa struktura systemu maszynowego eksploatacji złoża skał zwięzłych  
Fig. 2. Typical structure and equipment of rock processing plant

Inwestora interesuje zawsze spodziewany zysk z zainwestowanego kapitału. Zadaniem projektanta jest zaprojektowanie takiej instalacji, aby uzyskać zakładane efekty produkcyjne możliwie niskim kosztem, zaś operatora kopalni – utrzymanie wolumenu i jakości produkcji na projektowanym poziomie. We wszystkich tych przypadkach korzystamy z takich miar efektywności jak jednostkowy koszt  $k_j$  lub zysk  $z_j$ , rentowność  $R$  inwestycji albo kapitałochłonność  $n_j$ , i energochłonność  $e_j$  produkcji. Wszystkie te miary, aby miały wartość referencyjną – zawsze muszą być odniesione do wydajności efektywnej  $Q_{ef}$  systemu produkcyjnego, tj.

$$k_j = \frac{K}{Q_{ef}}; \quad e_j = \frac{E}{Q_{sf}}; \quad n_j = \frac{N}{Q_{ef}}; \quad z_j = \frac{R - K}{Q_{ef}} \quad (1)$$

gdzie:

- $K$  – koszty własne działania systemu,  
 $E$  – zużycie energii,  
 $N$  – nakłady inwestycyjne,  
 $R$  – przychody z produkcji:

$$R = \sum_i^m q_i \cdot c_i \quad (2)$$

$q_i$  i  $c_i$  – ilość oraz ceny uzyskanych produktów.

Ale wydajność efektywna  $Q_{ef}$ , to wydajność techniczna  $Q_{tech}$ , pomniejszona o przerwy nieplanowane (losowe) i wyrażona jest tzw. gotowością systemu do pracy, czyli prawdopodobieństwem  $P_e$  efektywnej pracy systemu

$$Q_{ef} = Q_{tech} \cdot P_e \quad (3)$$

Zatem aby system mógł osiągnąć założoną w projekcie wydajność efektywną systemu musi być zaprojektowany na odpowiednią wydajność techniczną, tj.

$$Q_{tech} = Q_{ef} / P_e^1 \quad (4)$$

Systemy produkcyjne to układy szeregowo połączonych podsystemów urabiania, załadunku, odstawy, przeróbki wstępnej i wtórnej. Na styku tych podsystemów obserwujemy nieciągłość przepływu strumieni z powodu cyklicznego charakteru pierwszych trzech podsystemów. W całości system produkcyjny projektowany jest od końca, tzn. w taki sposób, by wydajność każdego kolejnego podsystemu była większa od poprzedzającego. Zatem o zdolności produkcyjnej poprawnie zaprojektowanej kopalni zdecyduje zakład przerobczy.

W tym artykule ograniczono się do analizy efektywności takiego zakładu traktowanego jako niezależnego od pozostałych podsystemów. Przedstawimy w nim rzadziej prezentowane w literaturze przedmiotu zagadnienie prognozowania czasu pracy systemu, jako funkcji jego awaryjności. Wpływ pozostałych elementów wymaga użycia innej metodologii i narzędzi analizy i dlatego będzie on przedmiotem kolejnego opracowania.

## WYDAJNOŚĆ UKŁADU MASZYN

Wydajność maszyn lub ich systemów występująca w formule (3) jest pojęciem wieloznacznym i wymaga doprecyzowania. Wydajność pojedynczej maszyny można zdefiniować jako ilość przerobionej masy skalnej w okresie czasu  $T$ :

<sup>1</sup> Wydajność efektywna może być wyrażona w jednostkach objętości lub ciężaru. Przeliczenie jednych jednostek na drugie wykonujemy za pomocą gęstości nasykowej  $\delta = 1,5-1,7$  [Mg/m<sup>3</sup>]. Większe wartości przyjmuje się dla szerokich klas ziarnowych i rozkładów prawostronnie asymetrycznych, mniejsze – dla wąskich klas ziarnowych, dla których współczynnik ten może mieć wartości nawet mniejsze od 1,5; zatem  $Q[\text{Mg}] = \delta [\text{Mg}/\text{m}^3] \cdot Q[\text{m}^3]$ .

$$Q_T = \int_0^T Q(t) dt \quad (5)$$

$$Q(t) = \frac{dV}{dt}, \quad [m^3/h] \quad (6)$$

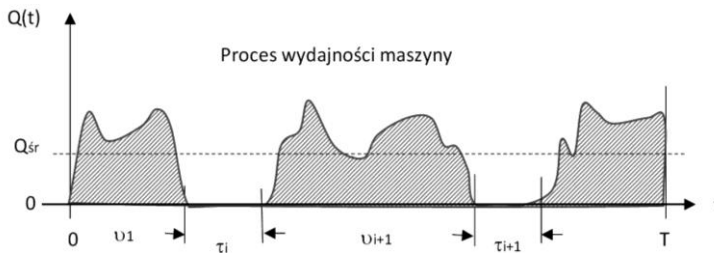
gdzie:

$Q(t)$  – natężenie strumienia masy lub objętości skał przepływających w maszynie w chwili  $t$ ,

$t$  – czas wydajności chwilowej,

$[0, T]$  – przedział – obserwowany okres czasu.

Na rysunku 3 pokazano wydajność  $Q_T$  (pole zakreskowane) i wydajność średnią (linia przerywana).



Rys. 3. Wydajność systemu jako proces produkcji i awarii

Fig.3. Capacity of the plant as the operating and breakdowns process

Jest to typowy proces wydajności, który charakteryzuje się zmiennym natężeniem w czasie. Zanikanie natężeń w odcinkach  $\tau_i$  spowodowane może być chwilowym zanikaniem zasilania lub przepływu (zaklinowania) strumienia, ale także awariami maszyn. Zatem jeżeli we wzorze (5) uwzględnimy tylko wydajności chwilowe  $Q(t) > 0$  z pominięciem odcinków o wartości zerowej, to taką wydajność maszyny nazywamy *wydajnością techniczną*. Czyli jest to wydajność maszyny lub instalacji w ruchu ciągłym, z wyłączeniem nawet krótkotrwałych przerw w zasilaniu tych maszyn.

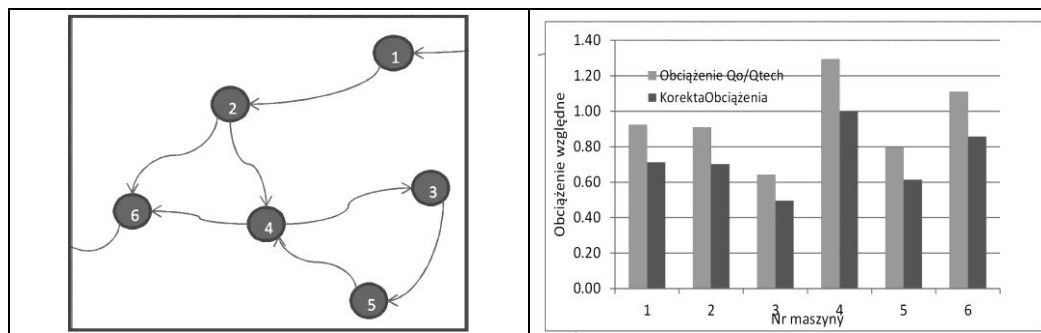
Jednakże czym innym jest wydajność techniczna pojedynczych maszyn, a czym innym jest wydajność techniczna systemu maszynowego jako całości. To rozróżnienie jest szczególnie istotne w systemach przerobczych, gdzie mamy do czynienia z obiegami zamkniętymi strumieni operacji, co znacznie komplikuje szacowanie wydajności systemu jako całości.

W *układach szeregowych* (rys. 7.1) wydajność techniczna będzie zatem takim obciążeniem systemu na początku układu  $n$ -elementowego, przy którym co najwyżej jeden element osiąga wartość  $\mu^* = 1$ , a pozostałe wartości  $\mu_i < 1$ , czyli

$$\mu^* = \max\{\mu_i\}_{i=1,2,\dots,n} \quad (7)$$

Problem ten rozpatrzmy na przykładzie fragmentu pewnego systemu o strukturze jak na rysunku 4. Do systemu dopływa strumień o natężeniu  $Q_0 = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ . Niech

poszczególne maszyny w systemie mają wydajność techniczną  $Q_{\text{tech}}$  i są obciążone nadawą  $Q_i$  jak w tabeli 1. Jeśli obliczymy obciążenia względne maszyn oznaczone symbolem  $\mu$  to zobaczymy, że pewne maszyny są przeciążone, a inne niedociążone. Wartości  $\mu > 0$  oznaczają stan przeciążenia, zaś  $\mu < 0$  – stan niedociążenia.



Rys. 4. Struktura przykładowego systemu i jego obciążenia względne przed (niebieskie) i po korekcie (czerwone słupki)

Fig. 4. Structure of some processing system and relative load of its elements (blue bars – before, red ones – after correction of the system loads)

Tab. 1. Przykład oznaczenia wąskiego gardła przykładowego systemu i obliczenie jego właściwej wydajności technicznej

Tab 1. An example of bottle neck of the system finding and determining of the system capacity

Element	$Q_i$ [m <sup>3</sup> /h]	$Q_{\text{tech}}$	$\mu_i = Q_i / Q_{\text{tech}}$	Skorygowane $\mu_i$ i $Q_i$	
1	120	130	0,923	0,713	92,727
2	80	88	0,909	0,702	61,818
3	45	70	0,643	0,497	34,773
4	220	170	<b>1,294</b>	<b>1,000</b>	170,000
5	35	44	0,795	0,615	27,045
6	2	1,8	1,111	0,859	1,545

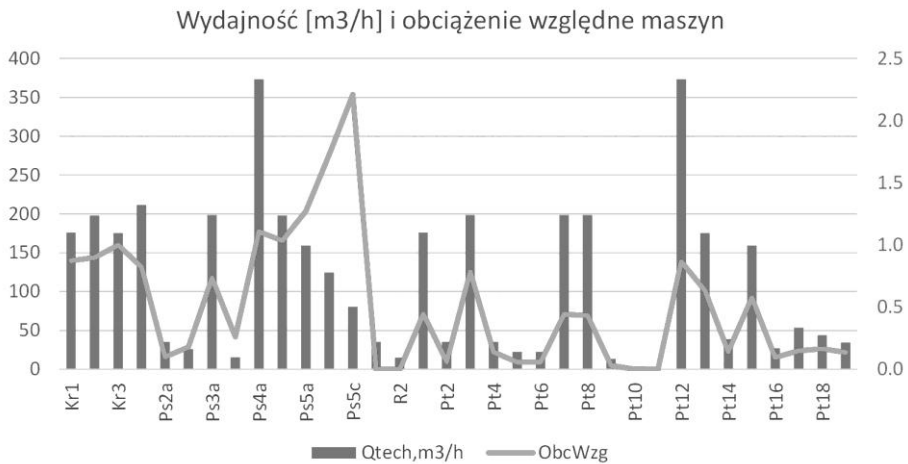
Porównując obciążenia względne wszystkich maszyn znajdujemy, że maksymalne  $\mu^* = \max\{\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots\} = 1,294$ . Jest to tzw. wąskie gardło systemu, które wymusza ograniczenie wydajności nadawy na wejściu tego systemu do wartości

$$Q_0(\text{nowe}) = \frac{Q(\text{stare})}{\mu^*} = \frac{120}{1,294} = 92,73 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Niestety, w systemach ze sprzężeniami zwrotnymi (obiegami zamkniętymi) poszukiwanie właściwego obciążenia wymaga zastosowania procedury iteracyjnej w celu dostrojenia obciążenia na wejściu systemu do możliwości technicznych wąskiego gardła. Rysunek 5 jest przykładem obliczenia wydajności typowego systemu przerobczego pokazanego na rysunku 2. W tym przypadku wąskim gardłem jest układ 3-stadium kruszenia (kruszarki Kr3) z obiegiem zamkniętym nadziarna. Bliskie wy-

dajności krytycznej są też kruszarki Kr1 i Kr2 oraz przenośnik 12. Obciążenie przesiewaczy nie jest tu brane pod uwagę jako ograniczenie wydajności tych maszyn.

W układach szeregowo-równoległych (rys. 7.2) wydajność techniczna będzie średnią wydajności poszczególnych podsystemów, ważonych wg prawdopodobieństwa pracy tych podsystemów. Jeśli na ścieżce szeregowego układu maszyn wstawimy zbiornik wyrównawczy, to charakter natężenia strumienia wejściowego i wyjściowego w takim układzie będzie się różnił, ale średnia wydajność efektywna pozostaje taka sama. Zbiorniki wyrównawcze nie mają wpływu na wydajność techniczną systemu, ale mogą mieć wpływ na czas pracy.



Rys. 5. Wydajność i obciążenie względne maszyn systemu przerobczego z rysunku 2.

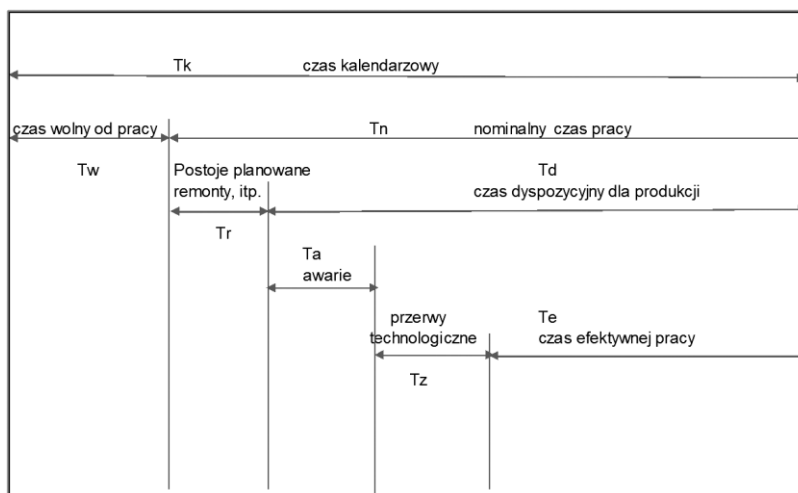
Obliczenia wykonano przy założeniu jednej kruszarki szczękowej 1,2×1,07 m, 1 stożkowej Dw = 1200 mm, 4 stożkowych Dw = 900 mm z podwójnym układem przesiewaczy III stadium, przenośnik 12, B = 1000 mm; dopuszczalne obciążenie systemu  $Q_0 = 211 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Fig. 5. Real (blue bars, m<sup>3</sup>/h) and relative (red line) machines capacities of the system presented on figure 2; Kr1–jaw crusher 1.2×1.07, Kr3–cone 1.2, Kr3–4 × Cone 0.9, Ps–screens, Pt–belt conveyors.

## CZAS I PRAWDOPODOBIENSTWA PRACY

Wydajność techniczną maszyn można oszacować na podstawie nawet kilkunastominutowej obserwacji procesu  $Q(t)$ . Wyłączając z rozważań okresy wyjątkowo niekorzystnych warunków pracy, (np. jesienno-zimowy, zmienność jakości złoża), oszacowanie będzie praktycznie prawdziwe dla dowolnego okresu w przyszłości. Ale to nie wystarcza do prognozowania wydajności efektywnej systemu, gdzie potrzebna jest prognoza prawdopodobieństwa bezawaryjnej pracy maszyn. Prawdopodobieństwo to określa się na bazie powszechnie stosowanych pojęć czasu:

- $T_k$  – kalendarzowego,  
 $T_w$  – wolnego od pracy: soboty, niedziele, święta,  
 $T_p$  – przerw planowanych (organizacyjnych, remontowych itp.),  
 $T_a$  – straconego z powodu usuwania awarii mechanicznych, elektrycznych,  
 $T_z$  – przerw w zasilaniu systemu; zalicza się tu głównie zaklinowania paszczy kruszarki wstępnej,  
 $T_i$  – innych przerw technologicznych o charakterze losowym, np. spowodowanych oczekiwaniem na nadawę, oczekiwaniem na opróżnienie zbiornika itd.



Rys. 6. Struktura czasu pracy zakładu przerobczego

Fig. 6. Structure of the processing plant operating time:  $T_r$  – inspection, maintaining time,  $T_a$  – breakdowns,  $T_z$  – choked primary crusher,  $T_d$  – disposed time,  $T_e$  – effective operation time,  $T_n$  – nominal working time,  $T_k$  – calendar time,  $T_w$  – off-time

Na przykład, jeśli przyjmijemy następujące założenia o organizacji produkcji jak w tabeli 2, w tym pracę na dwie zmiany po (8–1) godzin (godzina strat na rozruch i zakończenie zmiany), jedną zmianę w tygodniu przeznaczoną na remonty i konserwację instalacji, 13 tygodni przerw o charakterze sezonowym (przerwa zimowa), to czas efektywnej (produkcyjnej) pracy systemu wyniesie od 2179 (wydobycie spod wody), do 3395 godzin w roku (technologie suche).

Przy pomocy tak określonej struktury czasu można zdefiniować pojęcia czasów zdolności systemu do pracy jak niżej:

$$T_n = T_k - T_w - \text{czas nominalny pracy systemu,}$$

$$T_d = T_n - T_p - \text{czas dyspozycyjny,}$$

$$T_r = T_d - T_a - \text{czas ruchu systemu,}$$

$$T_e = T_r - T_z - \text{czas efektywnej pracy systemu.}$$

Czasy  $\tau_a$ ,  $\tau_z$  i  $\tau_i$ , które się składają na łączny czas postojów  $T_a$  i  $T_z$  mają losowy charakter. Rozróżnienie ich jest konieczne, ponieważ w czasie awarii  $\tau_a$  system jest zatrzymywany, natomiast w czasie zatrzymania przepływu (zaklinowania) w kruszarce wstępnej  $\tau_z$ , system nie jest zatrzymywany i dlatego możliwe są w tym stanie zdarzające się awarie. Oznacza to, że procesy wydajności  $Q(t)$  i awarii  $\chi(t)$  są częściowo zależne i niezależne od siebie.

Tab. 2. Przykładowe obliczenia dyspozycyjnego czasu pracy  
Tab. 2. Calculation of time for disposition  $T_d$ : dry or wet technology

Okresy/jednostki	Technologie suche			Technologie mokre		
	Tygodnie	Dni	Godziny	Tygodnie	Dni	Godziny
Kalendarzowe	52	365	8760	52	365	8760
Zimowe postoje	0	0	0	13	91	0
Soboty-niedziele	52	104	2496	52	104	2496
Święta		8	192		5	120
Remonty. profilaktyczne	1zm/tydz	50	400	1zm/tydz	37	296
Produkcyjne	52	253	3395	52	165	2179

Nie wchodząc w wyjaśnianie szczegółów tego problemu przyjmiemy dalej założenie o niezależności tych procesów, co znacznie ułatwi nam sposób ich szacowania, a jednocześnie nie wpłynie znacząco na dokładność obliczeń. Jednocześnie pominiemy wpływ czynników zewnętrznych na ciągłość dostaw i ograniczymy się tylko do strat czasu z przyczyn własnych (awarii) zakładu przerobczego i z powodu zaklinowań kruszarki wstępnej. Względne jednostkowe wartości tych czasów są właśnie interesującymi nas prawdopodobieństwami gotowości systemu do pracy, a mianowicie

$$P_e = (1 - P_z) \cdot (1 - P_a) = \frac{T_e}{T_e + T_z} \cdot \frac{T_e}{T_e + T_a} \quad (8)$$

$$P_e = \frac{1}{1 + T_z/T_e} \cdot \frac{1}{1 + T_a/T_e} = \frac{1}{1 + \kappa_z} \cdot \frac{1}{1 + \kappa_a} \quad (9)$$

gdzie (por. rys. 1)

$$\kappa = \frac{\tau_{\dot{s}r}}{t_{\dot{s}r}} = \frac{\lambda}{\beta}, \quad \lambda = \frac{1}{\nu_{\dot{s}r}}, \quad \beta = \frac{1}{\tau_{\dot{s}r}} \quad (10)$$

$\kappa_a$ ,  $\kappa_z$  – to stosunek średnich czasów przerw  $\tau_{\dot{s}r}$  do średnich czasów pracy  $\nu_{\dot{s}r}$  maszyny lub systemu maszyn, zależnie jakiego procesu dotyczą, tzn. awarii czy zaklinowań. Przy czym w teorii niezawodności używamy jeszcze odwrotności tych czasów nazywanych intensywnościami przejść systemu ze stanu pracy do stanu awarii  $\lambda$  lub odwrotnie  $\beta$ .



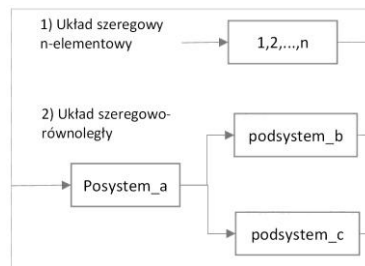
## UKŁADY PROSTE i złożone

Z punktu widzenia awaryjności *systemem prostym* będzie układ szeregowo sprzężonych elementów. Są to najczęściej występujące w praktyce instalacje produkcyjne, których przykładem jest system pokazany na rysunku 2, zredukowany do postaci jak na rysunku 7.1.

Rys. 7. Struktury

1) prostych i 2) złożonych systemów

Fig. 7. An example of the 1) simple and 2) complex systems from the reliability point of view



Taki system, w sensie awaryjności, redukuje się do systemu jednoelementowego, a jego wskaźnik awaryjności jest sumą wskaźników wszystkich maszyn (Malewski, 1977). Wtedy prawdopodobieństwo awarii i prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy (ruchu) układów  $n$ -elementowych, szeregowo połączonych elementów oblicza się wzorem (11)

$$P_r = 1 - P_a = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \kappa_i} \quad (11)$$

Przez *złożone systemy* rozumiemy takie, które mają równoległe lub szeregowo-równoległe ścieżki produkcji. Na przykład gotowość, czyli prawdopodobieństwo pracy układu pokazanego na rys. 7.2 zależy od tego, czy wszystkie podsystemy pracują jednocześnie, czy też alternatywnie. W takim systemie mamy  $2^n - 1$  stanów pracy i awarii, tj.  $S = \{abc, ab, ac, bc, a, b, c\}$ , w tym 3 stany pracy  $S_p = \{abc, ab, ac\}$  z prawdopodobieństwami:  $P_1, P_2, P_3$ ; lub oznaczając inaczej:  $P_{abc}, P_{ab}, P_{ac}$ .

Niestety, obliczenie tych prawdopodobieństw nie jest łatwe. Dla procesów stacjonarnych i tranzytywnych obliczamy je rozwiązując układ równań liniowych przy warunku, że suma prawdopodobieństw jest równa jeden<sup>2</sup>

$$|P_1, \dots, P_n| \cdot \begin{vmatrix} -a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & -a_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \end{vmatrix}, \quad \text{przy czym } \sum_i P_i = 1 \quad (12)$$

gdzie  $a_{ij}$  są intensywnościami  $(\lambda, \beta)$  przejść systemu ze stanu  $i$  do stanu  $j$ , a  $a_{ii}$  – intensywnością pozostania systemu w tym stanie, czyli  $a_{ii} = -\sum_j a_{ij}$ .

<sup>2</sup> Stochastyczne procesy Markowa (Karlin, 1968). Systemy niestacjonarne (tj. pracujące cyklicznie z prawdopodobieństwem 1 na początku cyklu) mają nieco wyższe wartości  $P$ .

Wydajność techniczna odpowiedniego stanu zdadności do pracy będzie zdeterminowana wydajnością wąskiego gardła w tym systemie, która może być określona metodą jak w punkcie 4. Stąd wydajność sumaryczna po stanach pracy  $S_p$  systemu wyniesie

$$Q = \sum_{i \in S_p} (Q_i \cdot P_i) = Q_{abc} \cdot P_{abc} + Q_{ab} \cdot P_{ab} + Q_{ac} \cdot P_{ac} \quad (13)$$

## WYDAJNOŚĆ I AWARYJNOŚĆ MASZYN

### WYDAJNOŚĆ MASZYN

Systemy przeróbcze w górnictwie skalnym to układ kruszarek przesiewaczy i przenośników. Każda maszyna może być traktowana jako naczynie przepływowe, którego wydajność zależy od powierzchni przekroju otworu wylotowego i prędkości przepływu strumienia masy w maszynie. Koncepcję i szczegóły tego sposobu omówiono we wcześniejszej publikacji autora (Malewski, 2015), więc opuścimy to zagadnienie i zatrzymamy się na problemach szacowania awaryjności maszyn oraz problemie identyfikacji procesu zaklinowań kruszarki wstępnej.

### AWARYJNOŚĆ MASZYN

Awaryjność maszyn, prawdopodobnie z powodów komercyjnych jest dość rzadkim tematem publikacji, jakkolwiek współczesna kultura techniczna w przemyśle surowcowym w zakresie eksploatacji maszyn pozwala już na dość precyzyjne oszacowania ich niezawodności. Służby techniczne kopalń mogą, choć nie zawsze są tym zainteresowane, prowadzić rejestrację wszelkiego typu postojów maszyn, zwłaszcza jeśli powodują one długie przerwy w produkcji. Jakie informacje są niezbędne do identyfikacji procesu awaryjności konkretnej maszyny pokazują wzory (8–10). Zatem prawdopodobieństwo awarii jednoznacznie określają wskaźniki awaryjności  $\kappa$  (kappa), tj. stosunek średniego czasu usuwania awarii  $\tau_{sr}$  do średniego czasu oczekiwania na awarię  $\nu_{sr}$  (por. rys. 3), albo ich odwrotności  $\beta$  i  $\lambda$ . Obserwując proces eksploatacji konkretnej maszyny w czasie ruchu przez okres  $T_r$  i rejestrując frekwencję tych awarii  $n$  uzyskamy średni czas do pojawienia się awarii jako  $\nu_{sr} = T_r/n$ . Podobnie sumując wszystkie przerwy  $T_a$  na naprawę maszyny i dzieląc ten czas przez frekwencję  $n$  otrzymany  $\tau_{sr} = T_a/n$ .

I chociaż istnieje bogata literatura o teorii procesów eksploatacji i odnowy maszyn, to nie znajdziemy w niej danych o ich awaryjności. Nieliczne publikacje w tym zakresie (np. Brabady, 2007; Biały i in. 2013; Makinde i in. 2017) zawierają bardzo skąpe informacje w zakresie, w jakim to jest potrzebne do obliczeń przedstawionych w rozdziale 5. Dlatego posłużymy się dalej naszym oszacowaniem średnich czasów między awariami i średnich czasów ich usuwania na podstawie własnych badań

w przeszłości i aktualnych opinii przedstawicieli przemysłu skalnego<sup>3</sup>. Są one podane w tabeli 3 i traktujemy je wyłącznie jako materiał ilustracyjny w przykładach obliczeniowych. Lewa część tabeli 3 przedstawia sposób szacowania wskaźników awaryjności, a prawa – obliczenia wykonane dla typowego w tej branży systemu jak rysunku 2.

#### ZAKLINOWANIA KRUSZARKI WSTĘPNEJ

Przez zaklinowanie kruszarki rozumiemy taki stan, w którym – mimo możliwości zasilania nadawą maszyny – występuje zatrzymanie przepływu nadawy na wyjściu maszyny, co wymaga interwencji obsługi. Są dwa rodzaje zaklinowań: jednym jest niefortunne ułożenie się brył nadawy w komorze kruszenia, drugim – występuje z powodu nieodpowiedniego kąta uchwytu bryły w stosunku do jej wielkości, a także zbyt małego skoku szczęki w pobliżu otworu wlotowego.

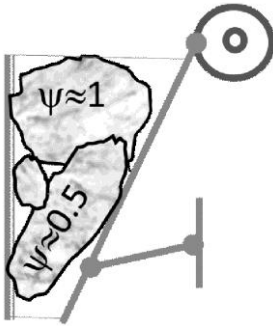
W praktyce są pewne trudności w precyzyjnym ustaleniu długości czasu trwania zaklinowania z powodu charakteru procesu kruszenia. Kruszarka bowiem w pewnym stopniu spełnia rolę zbiornika. Zatem z punktu widzenia zakładu przerobczego pojęcie zaklinowania ma sens, jeśli zmniejsza się istotnie natężenie strumienia masy (wydajność) na wyjściu kruszarki. W pracy (Hardygóra & Malewski, 1977) przedstawiono wyniki obszernych badań procesu zaklinowań w kruszarkach wstępnych szczękowych, gdzie przez zaklinowanie uważano obniżenie się poziomu wypełnienia kruszarki do 1/5 wysokości komory przy gotowości nieprzerwanego jej zasilaniu z leja zsywowego<sup>4</sup>. Badania pokazały, że w 70% średni czas pomiędzy zaklinowaniami zawierał się między 1–10 min, a czas usuwania 0,45–3 minut. Współczynnik zaklinowań  $\kappa_z$  wynosił od 0,18 (bazalty) do 0,79 (granity), co oznacza straty czasu dyspozycyjnego w tych kopalniach od 15 do 44%.

Te wyniki wymagają komentarza. W owych czasach zasilanie kruszarek odbywało się często za pomocą uchylnych podajników, co sprzyjało zaklinowaniom. Jednocześnie sposób usuwania zaklinowań odbywał się dość prymitywnie, tj. przez dodatkowe klinowanie zakleszczonej bryły albo próby jej przemieszczenia i odpowiedniego ułożenia za pomocą dźwignic. Obecnie do tego typu awarii używane są młoty hydrauliczne, które skracają znacznie czas potrzebny na usunięcie takiego zaklinowania.

Na podstawie tych badań i późniejszych prac w tym kierunku zaproponowano wzór na prawdopodobieństwo zaklinowań, zależny od kształtu brył nadawy i średniego względnego ziarna nadawy, mierzonego w stosunku do szerokości paszczy kruszarki.

<sup>3</sup> Obecnie inżynierowie produkcji uważają, że maszyny w kopalniach w zasadzie są niezawodne. Awarie kruszarek lub przesiewczy o charakterze katastroficznym są bardzo rzadkie. Frekwencje takich zdarzeń szacowane są jako jedna na kilka lat. Częstsze są awarie przenośników.

<sup>4</sup> w dwóch kopalniach granitu, trzech kopalniach piaskowca i jednej kopalni bazaltu. Układy z kruszarką wstępną 40.17 o szerokości paszczy 800 mm, nadawa o wielkości ziaren 0–900 mm, średnio 300 mm, załadunek urobku koparkami o pojemności łyżki 1,2–1,6 m<sup>3</sup>.



Rys. 8. Kształt ziaren jednakowej średnicy i ich możliwy wpływ na zaklinowania kruszarki  
 Fig. 8. An illustration to the shape factor definition

$$P_z \approx \Psi \cdot z_{sr}^k \quad (14)$$

gdzie  $\Psi$  – współczynnik kształtu ziaren wg Krumbeina

$$\Psi = \sqrt[3]{\frac{a \cdot b \cdot c}{a^3}} \quad (15)$$

gdzie:

$$z_{sr} = d_{sr}/B,$$

$a$  – długość,  $b$  – szerokość,  $c$  – grubość,

$d_{sr}$  – średni wymiar brył nadawy,

$B$  – szerokość paszczy kruszarki,

$\kappa$  – współczynnik zależny od sposobu zasilania kruszarki.

## PRZYKŁADY

### Przykład 1

Niech system jak na rysunku 2 zasilany jest nadawą o wydajności  $211 \text{ m}^3/\text{h}$ , uziarnieniu 0–900 mm, średnim wymiarze ziaren nadawy  $d = 350 \text{ mm}$ , współczynniku kształtu  $\Psi = 0,75$ ,  $k \approx 2$  i szerokości paszczy kruszarki  $B = 0,8$ . Dla takiej nadawy płynność kruszenia będzie zakłócana wg formuły (14) zaklinowaniami z prawdopodobieństwem  $P_z = 0,146$ .

Z kolei na podstawie danych z tabeli 3 (wskaźnik awaryjności dla całego systemu wynosi  $\kappa = 0,119$ ) otrzymujemy, że prawdopodobieństwo awarii  $P_a = \kappa/(1+\kappa)$  wynosi 0,107, a więc  $P_e = (1 - 0,146) \cdot (1 - 0,107) = 0,7626$ . Stąd wydajność efektywna układu  $Q_e = P_e \cdot Q_{\text{tech}} = 0,7626 \cdot 211 \text{ m}^3/\text{h} = 161 \text{ m}^3/\text{h}$ . Aby osiągnąć wydajność efektywną na poziomie  $211 \text{ m}^3/\text{h}$  system musiałby mieć wydajność techniczną powiększoną o  $1/0,7626$ , czyli  $276,7 \text{ m}^3/\text{h}$  i na taką wydajność muszą być wtedy zaprojektowane parametry maszyn.

Tab. 3. Przykładowe współczynniki awaryjności niektórych maszyn i ich zastosowanie do oszacowania awaryjności jak systemu z rysunku 2  
 Tab. 3. Supposed facility breakdown factors used for availability evaluation of the system shown in figure 2.

Oszacowanie				UKŁAD SZEREGOWY TYPOWY				
Przykład obliczeniowy				Przykład obliczeniowy				
Kruszarki	szcz	stoz	BD	Kruszarki	Liczba	Kappa	Pa	Pp
śrCzasDoAwarii	7000	10000	8000	szczękowa	1	0.006857	0.00681	0.99319
śrCzasUsuwAw	48	48	48	stożkowa	5	0.024	0.023438	0.976563
lambda	0.0001	0.0001	0.0001	Barmac	0	0	0	1
beta	0.0208	0.0208	0.0208	<b>Suma</b>	6	0.030857	0.029933	0.970936
kappa	0.0069	0.0048	0.0060					
Pa	0.0068	0.0048	0.0060					
Pp	0.9932	0.9952	0.9940					
<b>Przesiewacze</b>	<b>Ruszt</b>	<b>1-2p</b>	<b>3p</b>	<b>Przesiewacze</b>	<b>Liczba</b>	<b>Kappa</b>	<b>Pa</b>	<b>Pp</b>
śrCzasDoAwarii	3000	6000	5000	Ruszt	1	0.002667	0.00266	0.99734
śrCzasUsuwAw	8	8	8	2pokładowy	4	0.005333	0.005305	0.994695
lambda	0.0003	0.0002	0.0002	3pokładowy	2	0.0032	0.00319	0.99681
beta	0.1250	0.1250	0.1250	<b>Suma</b>	7	0.0112	0.011076	0.989045
kappa	0.0027	0.0013	0.0016					
Pa	0.0027	0.0013	0.0016					
Pp	0.9973	0.9987	0.9984					
<b>Przenośniki</b>	<b>Podajnik</b>	<b>Rozdz</b>	<b>PrzTasm</b>	<b>Przenośniki</b>	<b>Liczba</b>	<b>Kappa</b>	<b>Pa</b>	<b>Pp</b>
śrCzasDoAwarii	1500	1500	1000	Podajnik	0	0	0	1
śrCzasUsuwAw	2	2	4	Rozdzielnia	1	0.001333	0.001332	0.998668
lambda	0.0007	0.0007	0.0010	PrzenTaśm	19	0.076	0.070632	0.929368
beta	0.5000	0.5000	0.2500	<b>Suma</b>	20	0.077333	0.071782	0.933025
kappa	0.0013	0.0013	0.0040					
Pa	0.0013	0.0013	0.0040					
Pp	0.9987	0.9987	0.9960					
				<b>SYSTEM</b>	<b>Liczba</b>	<b>Kappa</b>	<b>Pa</b>	<b>Pp</b>
				Kruszarki	6	0.030857	0.029933	0.970936
				Przesiewacze	7	0.0112	0.011076	0.989045
				Transport	20	0.077333	0.071782	0.933025
				RAZEM		0.11939	0.106657	0.903623

Tab. 4. Parametry awaryjności podsystemów układu szeregowo-równoległego jak na rys. 7.2.

Tab. 4. Breakdown parameters of 3 subsystems of the complex system as in fig. 7.2.

Parametr	Podsystem		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
$\lambda$	0,077	0,035	0,013
$\beta$	2,106	0,237	0,231
$\kappa$	0,037	0,148	0,057

### Przykład 2

Obliczymy teraz wydajność efektywną pewnego realnego systemu szeregowo-równoległego, który składa się z: kruszarki szczękowej ( $B \times L = 1,07 \times 1,2$ ), 3 kruszarek stożkowych, jednej VSI (Barmac), 11 przesiewczy i 55 przenośników. Po zredukowaniu (w sensie niezawodności) system ma strukturę jak na rysunku 7.2. Korzystając z przykładowych danych o awaryjności maszyn jak w tabeli 3, zredukowane podsystemy mają parametry awaryjności jak w tabeli 4.

Tab. 5. Obliczenia prawdopodobieństw działania systemu szeregowo-równoległego z rysunku 7.2 z parametrami awaryjności jak w tabeli 4

Tab. 5. Numerical example of the system operating probabilities from figure 7.2 depending on the breakdown parameters from table 4

$P(abc)P(ab) P(ac) P(bc) P(a) P(b) P(c)$	$*$	$abc$	$ab$	$ac$	$bc$	$a$	$b$	$c$	$=$	$0$	$0$	$0$	$0$	$0$	$0$	$0$	$0$	Wynik $P(i)$
		-0.126	0.013	0.035	0.077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.799247
		0.231	-0.343	0	0	0.035	0.077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.019876
		0.237	0	-0.328	0	0.013	0	0.077	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.149115
		2.106	0.000	0	-2.154	0	0.013	0.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.022308
		0	0.237	0.231	0	-0.468	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001807
		0	2.106	0	0.231	0	-2.337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000548
		0	0	2.106	0.237	0	0	-2.343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007098

Prawdopodobieństwa przebywania systemu w jednym z siedmiu stanów pracy i awarii obliczymy rozwiązując liniowy układ 7 równań (por. pkt. 5). Jak wynika z tych obliczeń, układ znajdzie się w stanie pracy podsystemów  $abc$ ,  $ac$  i  $bc$  z prawdopodobieństwami:  $P_{abc} = 0,799$ ,  $P_{ab} = 0,0198$ ,  $P_{ac} = 0,149$ . Obliczenia wydajności technicznej systemu pokazały, że układ w całości zdeterminowany jest wydajnością podsystemu  $a$  (wstępne kruszenie, które jest wąskim gardłem dla każdej konfiguracji), tj.  $340 \text{ m}^3/\text{h}$ . Oznacza to, że niezależnie które produktywne podsystemy są w stanie pracy, będą one pracować z podobną wydajnością. Stąd całkowita wydajność systemu wyniesie  $Q_{ef} = 340 \cdot (0,788 + 0,0198 + 0,149) = 325 \text{ m}^3/\text{h}$ , wobec  $340 \cdot 0,788 = 268 \text{ m}^3/\text{h}$  gdyby pracował jako układ szeregowy ( $abc$ ) bez możliwości alternatywnej pracy podsystemów ( $ab$  lub  $ac$ ).

## PODSUMOWANIE

1. Przewidywanie wydajności efektywnej systemu przerobczego wymaga określenia dyspozycyjnego czasu pracy, wydajności technicznej systemu oraz prawdopodobieństwa efektywnej (nieprzerwanej) pracy systemu.
2. Wydajność techniczną systemu maszyn determinuje tzw. wąskie gardło w systemie. Obliczenie tej wydajności wymaga znajomości wydajności technicznej maszyn oraz ich aktualnego obciążenia nadawą.
2. Obliczenie wydajności technicznej systemów z obiegiem zwrotnym nadziarna wymaga zaawansowanej techniki obliczeniowej i zastosowania odpowiedniej procedury iteracyjnej i alteracyjnej obliczeń symulacyjnych.
4. Proces wydajności jest nieciągły. Główne powody przerw to awarie maszyn i zaklinowania kruszarki wstępnej. Wielkość strat czasu pracy z tego powodu może sięgać od kilkunastu do kilkudziesięciu procent dyspozycyjnego czasu pracy. Są to procesy o charakterze losowym, a ich identyfikacja wymaga zastosowania metod statystycznych i rachunku prawdopodobieństwa.
5. Proces awaryjności maszyn wyraża się przez tzw. wskaźniki awaryjności, których oszacowanie możliwe jest przez rejestrację zdarzeń awaryjnych i czasu ich trwania. W literaturze przedmiotu brak jest aktualnych tego typu informacji.

Zawarte w artykule dane na ten temat mają poglądowy charakter. Warto jednak zauważyć, że nawet zakładając bardzo wysokie prawdopodobieństwa poprawnej pracy poszczególnych maszyn (por. tab. 3), to prawdopodobieństwo awarii całego systemu osiąga wartość od kilkunastu do kilkudziesięciu procent.

Przedmiotem tego artykułu jest przedstawienie metodologii analizy tego typu zagadnień, a użyte dane liczbowe i wykonane obliczenia są jedynie przykładami jej użycia w praktyce produkcyjnej.

#### LITERATURA

- BIAŁY W., SKOTNICKA-ZASADZIEN B., 2013, *Narzędzia zarządzania jakością w ocenie awaryjności górniczych urządzeń technicznych*, Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, 2(4), PŚL, 9–19.
- BRABADY J., KOUMAR U., 2017, *Reliability Characteristics Based Maintenance Scheduling: A Case Study of a Crushing Plant*, International Journal of Performability Engineering, vol. 3, 319–328.
- HARDYGÓRA M., MALEWSKI J., 1977, *Zaklinowania w układach lej zsypany – podajnik – kruszarka wstępna*, Górnictwo Odkrywkowe, nr 11, 310–313.
- KARLIN S., 1968, *A first Course in Stochastic Processes*, Academic Press, NY-London, 1968, wyd. ros. Mir M. 1971, 536.
- MAKINDE O.A., MPOFU K., RAMATATSE B.I., ADEIERY M.K., 2017, *A maintenance system model for optimal reconfigurable vibrating screen management*, J. Ind. Eng. Int, Springer, 16.
- MALEWSKI J., 2015, *Wydajność maszyn w układach przeróbki skał*, Powder & Bulk, nr 5, 14–17.
- MALEWSKI J., 1977, *Синтез простых и сложных восстанавливаемых систем*, Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, vol. 12, z. 2, 239–245.

#### CAPACITY PLANNING IN THE ROCK PROCESSING PLANTS

Production of aggregates is the integrated system of mining operations (rock extracting and processing) of raw materials. The planning of the production volume at the stage of the mine's production capacity design, and thus the selection of appropriate production technology (kind of operations, structure and quality of products), as well as design the right size of machines - are of special importance to the investor. Any technical system is not reliable. The process of occurrence and removing system failures is the stochastic process, so the prognosis of the system's time to work should be considered in terms of probability. On top of this, the random nature of flow intensity the operations products is superimposed. And finally, the definition of the system efficiency is not obvious due to the looped cycles, which are always present in modern production technologies. This article is limited to the analysis of efficiency of the processing plant as independent of the remaining excavating and hauling subsystems. The influence of other elements of the mining-hauling-processing system requires the use another methodology and tools of system analysis and is not considered in this paper.





Piotr MATUSIAK, Daniel KOWOL

*Institut Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach*

## **ZASTOSOWANIE INTELIGENTNYCH ROZWIĄZAŃ W PROCESACH PRODUKCJI KRUSZYW MINERALNYCH**

### 1. WSTĘP

Zanieczyszczenia występujące w złożach kruszyw naturalnych, zarówno typu organicznego jak i mineralnego powinny być usunięte w procesie produkcji z uwagi na ich niekorzystny wpływ na jakość kruszywa. Proste metody oczyszczania kruszywa, np. w płuczkach mieczowych, zwłaszcza w przypadku znacznych udziałów zanieczyszczeń oraz niewielkiej różnicy gęstości rozdzielanych ziaren, nie zapewniają odpowiedniej efektywności wydzielenia substancji szkodliwych i zanieczyszczeń (Kowol & Matusiak, 2014).

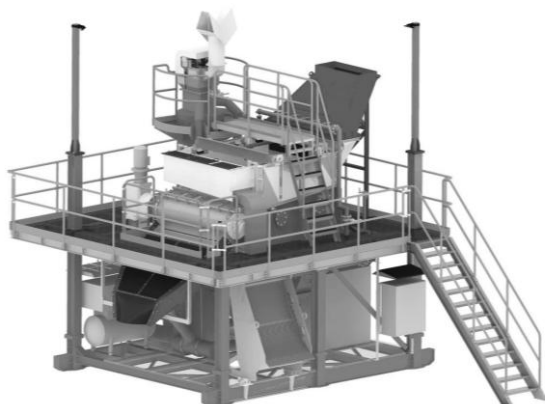
Wieloletnie doświadczenia Instytutu Techniki Górniczej w konstruowaniu i doborze technologicznym urządzeń (osadzarek pulsacyjnych) do wzbogacania węgla kamiennego pozwoliły na opracowanie konstrukcji maszyn do rozdziału i oczyszczania kruszywa – klasyfikatora pulsacyjnego (Matusiak & Kowol, 2012; Matusiak & Kowol, 2013). Urządzenie zostało wielokrotnie sprawdzone do pozyskiwania żwiru i piasku, z jednoczesnym wydzieleniem zanieczyszczeń organicznych i mineralnych. Przykładowe urządzenie pokazano na rysunku 1.



Rys. 1 Klasyfikator pulsacyjny K-100 na konstrukcji mobilnej  
Fig. 1. K-100 pulsating classifier on a mobile base

Prowadzone prace modernizacyjne oraz badawcze pozwoliły na rozwój klasyfikatora w zakresie zwiększania niezawodności i trwałości oraz wzrostu skuteczności procesu oczyszczania nadaw trudnowzbogacalnych o dużym udziale ziaren piaskowych lub ziaren reagujących w środowisku alkalicznym (Matusiak & Kowol, 2013; Kowol & Matusiak, 2015).

Zapotrzebowanie rynku oraz zapytania, dotyczące możliwości zastosowania klasyfikatora pulsacyjnego do przetwarzania odpadów z hałd kopalnianych, skłoniły do opracowania zmodernizowanej wersji urządzenia – klasyfikatora K-102 pokazanego na rysunku 2 (Kowol, Matusiak, 2016; Matusiak & Kowol, 2016).

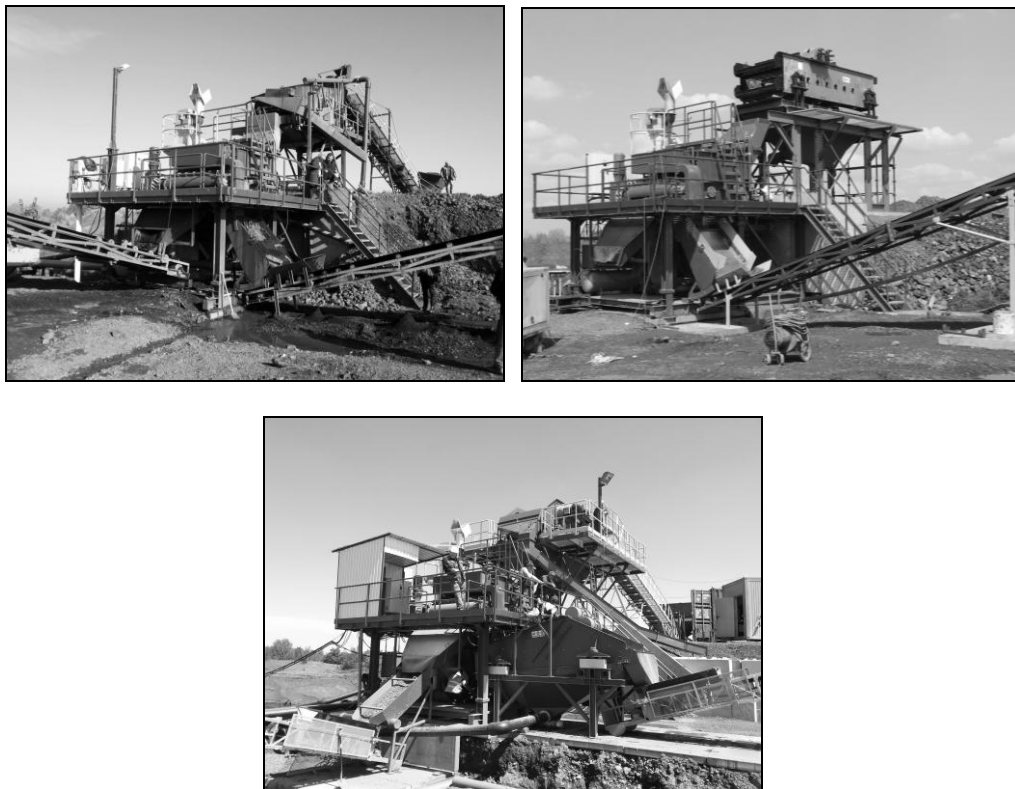


Rys. 2. Klasyfikator pulsacyjny K-102 do wzbogacania odpadów z hałd na konstrukcji mobilnej  
Fig. 2. K-102 pulsating classifier on mobile structure for beneficiation of wastes from mine heaps

Zastosowanie metody grawitacyjnego wzbogacania w klasyfikatorze pulsacyjnym K-102 pozwala na pozyskiwanie dwóch pełnowartościowych produktów. Produkt o wysokiej gęstości i śladowych ilościach substancji organicznej może stanowić kruszywo alternatywne o szerokich możliwościach zastosowania. Drugim produktem, o wysokiej kaloryczności i niskiej zawartości popiołu, jest energetyczny koncentrat węglowy (Matusiak & Kowol, 2016; Matusiak & Kowol, 2017).

## 2. WDROŻENIA KLASYFIKATORÓW PULSACYJNYCH NA SKŁADOWISKU ODPADÓW POKOPALNIANYCH

Pierwsze wdrożenie klasyfikatora typu K-102 do rozdziału odpadów kopalnianych nastąpiło w 2015 roku, na jednym ze składowisk na Górnym Śląsku. Kolejne wdrożenia na terenie tego składowiska nastąpiły w 2016 i 2017 roku (Matusiak & Kowol, 2017). Klasyfikator 1 z 2015 roku posiadał system sterowania PPU MICRO, natomiast w klasyfikatorach 2 i 3 z kolejnych lat zastosowano układy sterowania ITG KOMAG (rys. 1–3).



Rys. 3. Klasyfikatory pulsacyjne K-102 w instalacjach rekultywacji składowiska pokopalnianego  
Fig. 3. K-102 pulsating classifiers in the installations for reclamation of mine dump site

W urządzeniach wzbogacaniu poddawany jest wstępnie rozklasyfikowany na dwupokładowym przesiewaczu wibracyjnym materiał o uziarnieniu 3–35 mm. W klasyfikatorze uzyskiwane są trzy produkty: produkt koncentratowy, odprowadzany ponad progiem przelewowym, odpadowy usuwany obrotowym wygarniaczem oraz produkt przepadu drobnych ziaren przez sita. Produkt koncentratowy poddany zostaje następnie odwodnieniu na przesiewaczu jednopokładowym, wyposażonym w elektrowibratory, ze szczeliną sita 1 mm. Produkt odpadowy odwadniany jest na poliuretanowym sicie stałym, a następnie na sicie łukowym o szczelinach równych 1 mm.

#### 2.1. BADANIA SKUTECZNOŚCI ODZYSKU ZIAREN WĘGLOWYCH

Przeprowadzono badania porównawcze skuteczności działania klasyfikatorów K-102 z systemem sterowania PPU MICRO i ITG KOMAG. Wykazały one wysoką skuteczność dwuproduktowego procesu wzbogacania odpadów powęglowych w kla-

sie ziarnowej 3 (0,5)–35 mm (Łagódka i in., 2017). Dla przeprowadzenia zaplanowanych badań użytkownik przygotował materiał w klasie ziarnowej 0–35 mm z jednego miejsca wydobycia i zgromadził go w dwóch pryzmach przy zbiornikach nasypowych nadawy. Pobrane próbki nadawy oraz produktów wzbogacania z obydwu klasyfikatorów poddano analizom laboratoryjnym w celu określenia parametrów jakościowych nadaw i produktów wzbogacania oraz wyznaczenia skuteczności rozdziału.

Uzyskane podczas prób technologicznych wartości rozproszenia prawdopodobnego  $E_p$  charakteryzującego skuteczność wzbogacania wyniosły  $0,084 \text{ g/cm}^3$  przy gęstości rozdziału  $d_{50} = 1,475 \text{ g/cm}^3$  w klasyfikatorze 1 z systemem sterowania MICRO oraz  $0,082 \text{ g/cm}^3$  przy  $d_{50} = 1,564 \text{ g/cm}^3$  w klasyfikatorze 2 z systemem sterowania ITG KOMAG. Dla tych parametrów rozdziału materiału uzyskane dla badanych klasyfikatorów wartości imperfekcji  $I$  wyniosły odpowiednio 0,177 oraz 0,145 (tab. 2).

Tab. 2. Parametry procesu rozdziału  
Tab. 2. Parameters of separation process

Parametr	Klasyfikator 1	Klasyfikator 2
gęstość rozdziału $d_{50} [\text{g/cm}^3]$	1,475	1,564
rozproszenie prawdopodobne $E_p [\text{g/cm}^3]$	0,084	0,082
imperfekcja $I$	0,177	0,145

Parametry produktów uzyskanych z klasyfikatorów były zależne od charakterystyki nadaw oraz od gęstości rozdziału i skuteczności procesu wzbogacania. Korzystniejsze parametry nadawy na klasyfikator 2 oraz większa o  $0,089 \text{ g/cm}^3$  gęstość rozdziału spowodowały, że w porównaniu do wyników z klasyfikatora 1 wychód produktu koncentratowego, wynoszący 8,3% był lepszej jakości i większy o około 34%. Zawartość popiołu w produkcie koncentratowym z klasyfikatorów 1 i 2 wynosiła odpowiednio 13,2 i 11,8% przy uzysku ziaren węglowych o gęstości  $1,5 \text{ g/cm}^3$  – 84,1 i 94,3%.

Lepsza jakość produktu koncentratowego uzyskiwanego z klasyfikatora 2 wynikała z mniejszej zawartości popiołu w ziarnach frakcji  $< 1,5 \text{ g/cm}^3$  nadawy. W nadawie 1 zapopielenie frakcji węglowej wynosiło 8,96%, a w nadawie 2 było równe 7,64%. Wychód produktu odpadowego, wynoszący 94,6% w klasyfikatorze 1 oraz 91,7% w klasyfikatorze 2 wynikał ze znacznego udziału ziaren frakcji odpadowych o gęstości  $> 1,8 \text{ g/cm}^3$  w nadawach, gdzie odpowiednio wynosił 90,6 i 88,9% oraz z gęstości rozdziału materiału w klasyfikatorach. Wyniki analiz granulometryczno-popiołowych zamieszczono w tabelach 3 i 4.

W celu przeprowadzenia oceny stabilności procesu wzbogacania odpadów powęglowych w klasyfikatorach pulsacyjnych zestawiono w tabeli 5 wyniki analiz laboratoryjnych próbek produktu koncentratowego w postaci zawartości popiołu oraz wartości ciepła spalania (Kowol i in., 2017). W celu ujednoczenia jakości koncentratu węglowego uzyskiwanego z aktualnie eksploatowanego miejsca złoża, nadawa na wszystkie klasyfikatory była dostarczana z tych samych miejsc wydobycia.

Parametry produktu koncentratowego uzyskiwanego z klasyfikatorów były zależne zarówno od udziału w nadawie frakcji węglowych i przerostowych, nieprzekraczających przeważnie 10%, jak i od regulacji gęstości rozdziału dokonywanych przez obsługę klasyfikatora. Uzyskane wyniki, w postaci średnich z podokresów, obejmujących 10 dni roboczych zestawiono w tabeli 5.

Tab. 3. Wyniki analiz fizyko-chemicznych nadawy i produktów wzbogacania – Klasyfikator 1  
Tab. 3. Results of physical and chemical analyses of beneficiation products – Pulsating classifier 1

Gęstość frakcji [g/cm <sup>3</sup> ]	Nadawa		Produkt koncentratowy		Produkt odpadowy	
	wychód	popiół	wychód	popiół	wychód	popiół
	[%]					
< 1,5	5,58	8,96	86,49	8,69	0,94	17,19
1,5-1,8	3,80	39,43	9,80	32,92	3,46	40,73
> 1,8	90,62	82,83	3,71	65,44	95,60	82,09
suma	100,00	—	100,00	—	100,00	—
średnia		77,06		13,17		80,05

Tab. 4. Wyniki analiz fizyko-chemicznych nadawy i produktów wzbogacania – Klasyfikator nr 2  
Tab. 4. Results of physical and chemical analyses of beneficiation products – Pulsating classifier nr 2

Gęstość frakcji [g/cm <sup>3</sup> ]	Nadawa		Produkt koncentratowy		Produkt odpadowy	
	wychód	popiół	wychód	popiół	wychód	popiół
	[%]					
< 1,5	7,39	7,64	83,86	6,39	0,46	11,52
1,5-1,8	3,73	40,09	13,08	33,93	2,88	42,69
> 1,8	88,88	83,28	3,06	65,21	96,66	85,44
suma	100,00	—	100,00	—	100,00	—
średnia		76,08		11,79		83,87

Tab. 5. Wyniki analiz laboratoryjnych próbek produktu koncentratowego  
Tab. 5. Results of laboratory analyses of concetrate product

Klasyfikator 1		Klasyfikator 2		Klasyfikator 3	
popiół [%]	ciepło spalania [kJ/kg]	popiół [%]	ciepło spalania [kJ/kg]	popiół [%]	ciepło spalania [kJ/kg]
19,54	26 274	19,95	26 176	20,76	25 879
24,60	24 303	21,12	25 367	21,72	25 413
25,90	23 977	22,81	25 039	22,74	25 000
23,44	24 821	20,85	25 663	23,22	24 844

Na podstawie wyników analiz laboratoryjnych można stwierdzić, że uśrednione parametry jakościowe produktów koncentratowych klasyfikatorów 1 i 2, z zastosowa-

nym układem sterowania ITG KOMAG, były korzystniejsze niż w klasyfikatorze 1. Analiza wyników wykazała również tendencję do obniżania się jakości produktu, prawdopodobnie na skutek zmniejszania się zawartości substancji palnej w wydobywanych odpadach pokopalnianych.

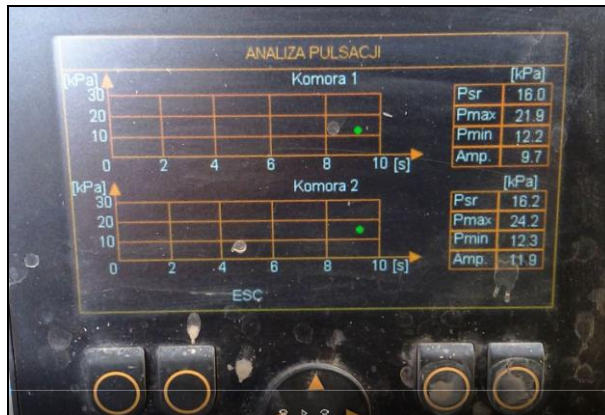
### 3. ROZWÓJ KLASYFIKATORÓW PULSACYJNYCH

Uruchomiony w 2016 roku klasyfikator 2 po raz pierwszy został wyposażony w autorski system sterowania (rys. 4). Zintegrowanie sterowania całego węzła pozwala na uzyskanie szeregu korzyści jak optymalizacja wydajności urządzeń w aspekcie dostosowania ich wydajności do obciążenia klasyfikatora, zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, zwiększenie żywotności układów wykonawczych w warunkach zmiennego obciążenia, zwiększenie zakresu monitorowania procesu i tworzenia dokumentacji przebiegu procesu, ograniczenie przestojów, łatwa rozbudowa systemu, dostęp do danych z jednego miejsca.



Rys. 4. Główny ekran panelu operatorskiego system sterowania klasyfikatora K-102 nr 2  
Fig. 4. Main screen of K-102 No. 2 pulsating classifier control panel

Kolejno, w 2017 roku klasyfikator 3 został wyposażony w system sterowania typu KOMAG, wzbogacony o algorytmy analizy pulsacji, obciążenia, statystyk pracy dmuchawy, wygarniacza itp. (rys. 5).



Rys. 5. System sterowania klasyfikatora 3 – analiza pulsacji  
 Fig. 5. Control system for classifier 3 – pulsation analysis

Klasyfikator wyposażono również w układ pomiarowy ciśnienia pulsacji (rys. 6), poprawiający możliwości regulacyjne klasyfikatora i uzyskiwanie przez niego wyższej sprawności oraz korzystniejszych wskaźników wzbogacania.



Rys. 6. Klasyfikator 3 – czujnik ciśnienia w komorach powietrznych przedziału roboczego  
 Fig. 6. Classifier 3 – pressure sensor in air chambers of operational compartment

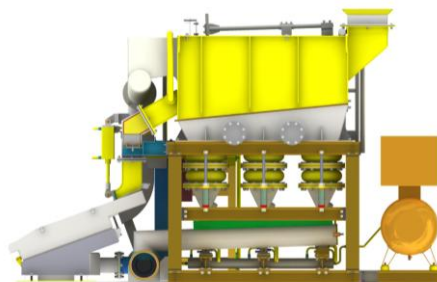
Kolejnym elementem podlegającym modernizacji jest pokład sitowy, z sitami poliuretanowymi (rys. 7). Rozwiązanie to pozwala na uzyskanie efektu samooczyszczania sit. Sita takie mają wyższą trwałość od sit zgrzewanych szczelinowych w omawianym zastosowaniu.



Rys. 7. Nowe rozwiązanie pokładu sitowego  
Fig. 7. New design of sieve deck

#### 4. NOWE ROZWIĄZANIA KLASYFIKATORA PULSACYJNEGO

Opracowano nowe rozwiązanie klasyfikatora pulsacyjnego, tzw. membranowego (rys. 8). Założeniem opracowanego rozwiązania była minimalizacja urządzeń niezbędnych do wykonywania podstawowych funkcji, jak pulsacja wzbogacanej nadawy oraz transport i odbiór produktów, a tym samym zmniejszenie kosztów produkcji, wyposażenia oraz eksploatacji (Nieckarz i in., 2016). Innowacyjny klasyfikator przeznaczony jest zarówno do wydzielania zanieczyszczeń z nadawy żwirowo-piaskowej, jak i do odzysku węgla z odpadów kopalnianych w klasie ziarnowej 2(0)–16(32) mm z wydajnością do 60 t/h.



Rys. 8. Klasyfikator pulsacyjny membranowy  
Fig. 8. Diaphragm pulsating classifier

W proponowanym rozwiązaniu elementem wywołującym ruch wzbogacanego materiału jest pulsator mieszkowy. Zbudowany jest z siłownika pneumatycznego i układu posobnego mieszków, połączonych ze sobą elementami śrubowymi, poprzez odpowiednio ukształtowane kołnierze i pierścienie dystansowe. Napęd ten posiada kołnierze do połączenia go ze skrzynią wodną klasyfikatora i ze stożkami wypływowymi, a także prowadnice regulacyjne skoku mieszków, zabudowane w ramie nośnej klasy-



fikatora. Regulacja odbioru produktu ciężkiego w nowym urządzeniu następuje za pomocą przysłonowego odbieralnika wahliwego, wyposażonego w siłownik pneumatyczny. Integralnym elementem nowego rozwiązania klasyfikatora jest układ sterowania, przeznaczony do sterowania siłownikami pneumatycznymi w pulsatorach mieszkowych oraz w odbieralniku przysłonowym wahliwym produktu ciężkiego.

## 5. PODSUMOWANIE

Instytut Techniki Górniczej KOMAG posiada wieloletnie doświadczenia w konstruowaniu innowacyjnych urządzeń do przeróbki surowców mineralnych, w tym do ich wzbogacania. Jednym z rozwiązań jest klasyfikator pulsacyjny, który z powodzeniem wykorzystywany jest w procesach oczyszczania kruszyw oraz wzbogacania odpadów powęglowych. Zaprezentowane wyniki badań wzbogacania odpadów powęglowych wykazują wysoką skuteczność działania urządzenia, pozwalającą na pozyskiwanie zarówno energetycznego koncentratu węglowego, jak i tzw. kruszywa alternatywnego.

Klasyfikator pulsacyjny wyposażony jest w inteligentny system sterowania, umożliwiający optymalizację działania pod względem wydajności oraz zużycia energii elektrycznej. Umożliwia również prowadzenie monitoringu i tworzenie dokumentacji przebiegu procesu, co w efekcie może prowadzić do ograniczenia przestojów zakładu.

Prace badawcze i modernizacyjne prowadzone w ITG KOMAG umożliwiają stały rozwój urządzenia i rozszerzanie zakresu jego zastosowania. Przykładem nowego rozwiązania jest klasyfikator pulsacyjny membranowy, w którym ruch pulsacyjny ośrodka, w odróżnieniu do aktualnie stosowanych urządzeń, jest wywoływany za pomocą pulsatora mieszkowego, zasilanego siłownikiem pneumatycznym.

## LITERATURA

- KOWOL D., MATUSIAK P., 2016, *Możliwości zastosowania klasyfikatora pulsacyjnego do rewitalizacji składowisk odpadów kopalnianych*, Innowacyjne rozwiązania rewitalizacji terenów zdegradowanych, t. 8, Praca zbiorowa Skowronek J. (red.), Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, 163–172.
- KOWOL D., MATUSIAK P., 2014, *Zastosowania klasyfikatora pulsacyjnego typu KOMAG do oczyszczania trudnowzbogacalnych surowców mineralnych*, Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 21, 1, 99–108.
- KOWOL D. i in., 2016, *Doskonalenie działania klasyfikatora pulsacyjnego K-102*, ITG KOMAG, Gliwice (niepubl.).
- ŁAGÓDKA M. i inni, 2017, *Badania porównawcze skuteczności działania klasyfikatorów pulsacyjnych K-102 z systemem sterowania PPU MICRO i ITG KOMAG w procesie wzbogacania odpadów powęglowych*, ITG KOMAG, Gliwice (niepubl.).
- MATUSIAK P., KOWOL D., 2012, *Klasyfikator pulsacyjny jako sprawdzone urządzenie do oczyszczania surowców mineralnych*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr, Studia i Materiały, Górn. i Geol., XVII, nr 134, 41, 191–199.

- MATUSIAK P., KOWOL D., 2016, *Zastosowanie osadzarkowego procesu wzbogacania do odzysku surowca ze składowiska odpadów górniczych*, Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 23, 1, 115–125.
- MATUSIAK P., KOWOL D., 2017, *Technologia odzysku koncentratu węglowego z odpadów pogórnich poprzez wdrożenia urządzeń typu KOMAG*, Maszyny Górnicze nr 2, 42–52, ISSN 2450-9442.
- MATUSIAK P., KOWOL D., 2017, *Wdrożenia urządzeń typu KOMAG do odzysku surowców z odpadów pogórnich*, IV Polski Kongres Górniczy, Kraków, 986–995.
- NIECKARZ R. i in., 2016, *Innowacyjne rozwiązanie konstrukcyjne klasyfikatora pulsacyjnego KOMAG*, ITG KOMAG Gliwice (niepubl.).

#### USE OF INTELLIGENT SOLUTIONS IN PRODUCTION OF MINERAL AGGREGATES

Intelligent system for controlling the device for washing the aggregates and post-mining wastes in a pulsating water medium is discussed. Implementations of new devices as well as development of modernized subassemblies are presented. Results from the comparative tests of operating devices, which proved possibility of recovery of mineral aggregates and high quality coal concentrate, are given. New design solution of pulsating classifier in which pulsating movement of water stream has been realized in different way is presented.

Remigiusz MODRZEWSKI, Piotr WODZIŃSKI

*Politechnika Łódzka*

Katarzyna ŁAWIŃSKA

*Instytut Przemysłu Skórzanego, Łódź*

## **SKŁADOWANIE ODPADÓW MINERALNYCH RAZEM Z ODPADAMI KOMUNALNYMI**

### **1. WPROWADZENIE**

Mimo burzliwego rozwoju selektywnej zbiórki odpadów i ich segregacji w miejscu powstawania, w dalszym ciągu deponowanie na składowiskach jest najczęściej stosowanym sposobem ich unieszkodliwiania. Dlatego nadal ważne są wszelkie pomysły dotyczące modernizacji tych składowisk. Z pewnością wiele jest do zrobienia w zakresie wykorzystania odpadów mineralnych jako elementu składowisk odpadów komunalnych. Odpady mineralne, rozumiane jako pozostałości działalności górniczej lub też materiały otrzymane w rezultacie recyklingu materiałów budowlanych, są problemem dla wielu przedsiębiorców. Materiały te można niejednokrotnie nabyć nieodpłatnie, kosztami są wydatki logistyczne (transport). Istnieje zatem ekonomicznie uzasadniona możliwość wykorzystania tych materiałów na składowiskach odpadów komunalnych, w szczególności do uszczelniania powierzchniowego. Mineralne materiały ziarniste mogą być wykorzystane jako zamienniki polimerowych elementów uszczelniających (folie, geowłókniny, geomembrany).

Zgodnie z dyrektywami UE w najbliższym czasie konieczne będzie zamykanie lokalnych, niewielkich składowisk odpadów komunalnych. Z drugiej strony zgodnie z postanowieniami Najwyższego Trybunału UE (EuGH) odnośnie mineralnych pozostałości poprodukcyjnych albo produktów ubocznych (ogólnie odpadów mineralnych) oraz zgodnie z dyrektywą unijną, dotyczącą zagospodarowania odpadów pogórnich, dużego znaczenia nabierze eliminacja i wtórne wykorzystanie tych materiałów.

Celem niniejszej pracy jest zaproponowanie wykorzystania odpadów mineralnych do budowy i uszczelniania składowisk odpadów komunalnych. Odpady mineralne o odpowiednim uziarnieniu (granulacji) odpowiednio ułożone w warstwie, mogą zastępować np. geomembrany uszczelniające składowiska. Warstwa odpadów mineralnych o odpowiedniej grubości, może stanowić tzw. zapórę kapilarną, będącą warstwą uszczelniającą i nie przepuszczającą wodę lub substancje ciekłe. Odpady mineralne powinny mieć jak najmniejsze uziarnienie (poniżej 1 mm), mogą to być np. odpady z produkcji kruszyw dla budownictwa drogowego (najdrobniejsza frakcja po przesia-

niu nadawy na sitach). Konieczny jest też pewien udział ziaren większych (1–50 mm), zapewniających stabilność i wytrzymałość na obciążenia. Zatem odpady mineralne powinny być mieszaniną ziaren o różnej wielkości, z przewagą jednak ziaren drobnych, bo w takiej warstwie powstają odpowiednio małe kapilary. Charakter i pochodzenie tych odpadów nie ma natomiast decydującego znaczenia; mogą to być nadkłady z górnictwa odkrywkowego, odpady pobudowlane (gruz, ziemia, drewno), pochodzące z przemysłu energetycznego i hutnictwa (popioły).

## 2. METODY USZCZELNIANIA SKŁADOWISK ODPADÓW

Istnieje szereg metod i sposobów wykonywania warstw uszczelniających dno składowiska odpadów komunalnych. Najprostsze składowiska wykonane w wyrobiskach glinowych (rys. 1) i żwirowo-piaskowych (rys. 2) były i są powszechnie stosowane w Polsce.



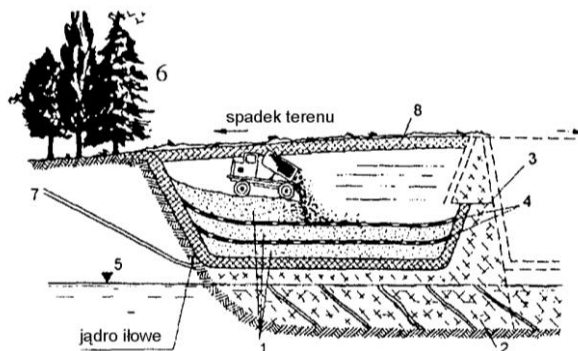
Rys. 1. Schemat składowania odpadów w wyrobisku po glinie (Leboda & Oleszczuk, 2002)

- 1 – warstwa przykrywająca pokryta zielenią, 2 – warstwa drenażowa,  
 3 – studzienka zbiorcza wód drenażowych, 4 – rów opaskowy, 5 – odpływ drenażowy do odbiornika  
 Fig. 1. Scheme of waste storage in clay working (Leboda & Oleszczuk, 2002)  
 1 – covering layer covered with vegetation, 2 – drainage layer, 3 – collective well of drainage water,  
 4 – drainage ditch, 5 – drainage run-off to receiving water

Typowe składowisko odpadów komunalnych, które po wypełnieniu zostało zamknięte, pokazane jest na rysunku 3. Składowiska takie zawierają w sobie jako materiały uszczelniające różnego rodzaju geomembrany (np. PEHD), geowłókniny lub inne typy wykładzin, mające za zadanie oddzielić odpady od otaczającego środowiska.

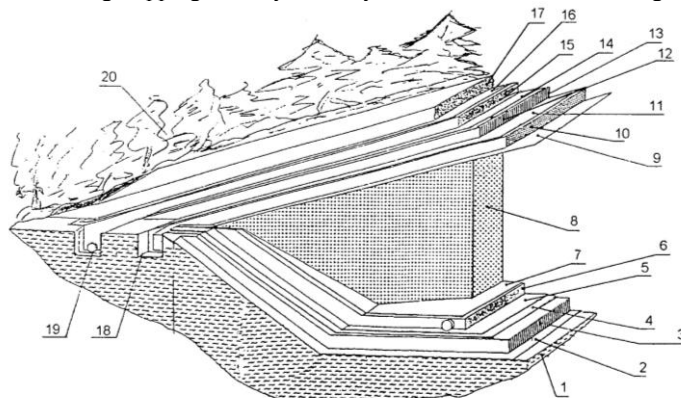
Zagadnienie uszczelniania kwater w składowiskach odpadów komunalnych ma zasadnicze znaczenie dla ochrony środowiska naturalnego. Stosowanie geomembran polimerowych ma jedną istotną wadę. Aby właściwie położyć odpowiednie warstwy, składające się na dno i boki oraz na zamknięcie kwatery, konieczne jest użycie odpowiednich maszyn budowlanych. Maszyny te służą do układania warstw ziarnistych i przykrywania nimi wcześniej ułożonych geomembran. Wjazd na stosunkowo cienką geomembranę (2,5–3 mm) maszyny o masie od kilku do kilkunastu ton, może spowodować uszkodzenie geomembrany. Nawet niezwykle staranne posługiwanie się tym

ciężkim sprzętem może prowadzić do uszkodzenia folii. Dlatego postuluje się zastosowanie zapory kapilarnej, tzn. mineralnej warstwy uszczelniającej.



Rys. 2. Model składowiska ulepszony w opuszczonej żwirowni (Leboda & Oleszczuk, 2002)

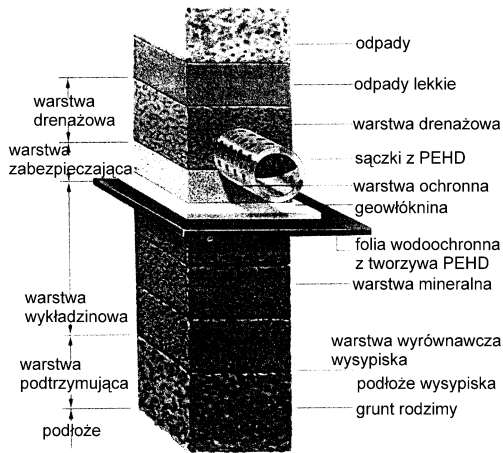
- 1 – warstwa odpadów co najmniej 2,0 m, 2 – ziemia lub gruz budowlany, 3 – obwałowanie, 4 – warstwy z materiału nieaktywnego, 5 – poziom wód podziemnych, 6 – pas ziemi ochronnej, 7 – droga dowozu odpadów, 8 – po wypełnieniu przykrycie warstwą łu i humusu, rekultywacja terenu
- Fig. 2. A model of improved dumping ground in an abandoned gravel-pit (Leboda & Oleszczuk, 2002)
- 1 – waste layer of at least 2.0 m, 2 – earth or building, 3 – embankment, 4 – layers of inactive material, 5 – a level of groundwaters, 6 – protective belt of earth, 7 – a road of waste delivery, 8 – after filing, capping with layer of clay and humus, recultivation of ground



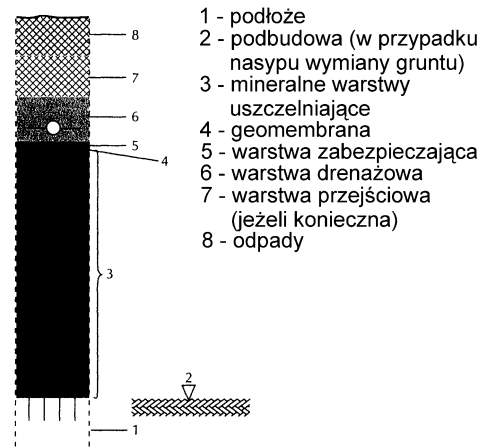
Rys. 3. Konstrukcja podłoża i przykrycia składowiska (Leboda & Oleszczuk, 2002)

- 1 – podłoże mineralne (uszczelnione, 2, 5, 7, 9, 11, 14 – włóknina oddzielająca); 3, 12 – wykładzina uszczelniająca PEEdg; 4 – włóknina ochronna; 6 – warstwa żwiru; 8 – odpady; 10 – warstwa odgazowania; 13 – włóknina filtracyjna; 15 – warstwa z uszczelnienia mineralnego; 16 – włóknina oddzielająca; 17 – warstwa gleby rekultywacyjnej; 18 – rowek kotwienia wykładziny; 19 – rowek opaskowy drenażu powierzchniowego; 20 – zarys szaty roślinnej
- Fig. 3. Construction of substrate and capping of dumping ground (Leboda & Oleszczuk, 2002)
- 1 – mineral substratum (sealed, 2, 5, 7, 9, 11, 14 – separating needle cloth); 3, 12 – sealing lining PEEdg; 4 – protective needle cloth; 6 – layer of gravel; 8 – waste; 10 – layer of degassing; 13 – filter cloth; 15 – layer of mineral sealing; 16 – separating cloth; 17 – layer of recultivation soil; 18 – groove of bolting lining; 19 – surface drainage ditch; 20 – profile of green zone

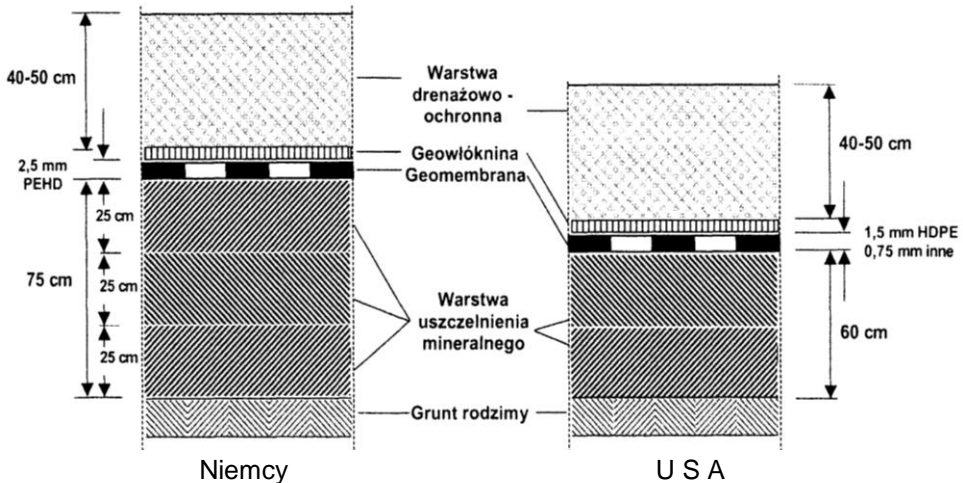
Możliwe jest zastąpienie geomembran (wykładzin), odpowiednimi warstwami materiałów mineralnych (odpadów pogórnictwa). Przekroje warstw kwater do składowania odpadów pokazane zostały na rysunkach 4-9. Zwraca uwagę użycie zarówno warstw materiałów ziarnistych, jak i wykładzin, obecność których dla pełnego uszczelnienia wysypiska, wydaje się konieczna.



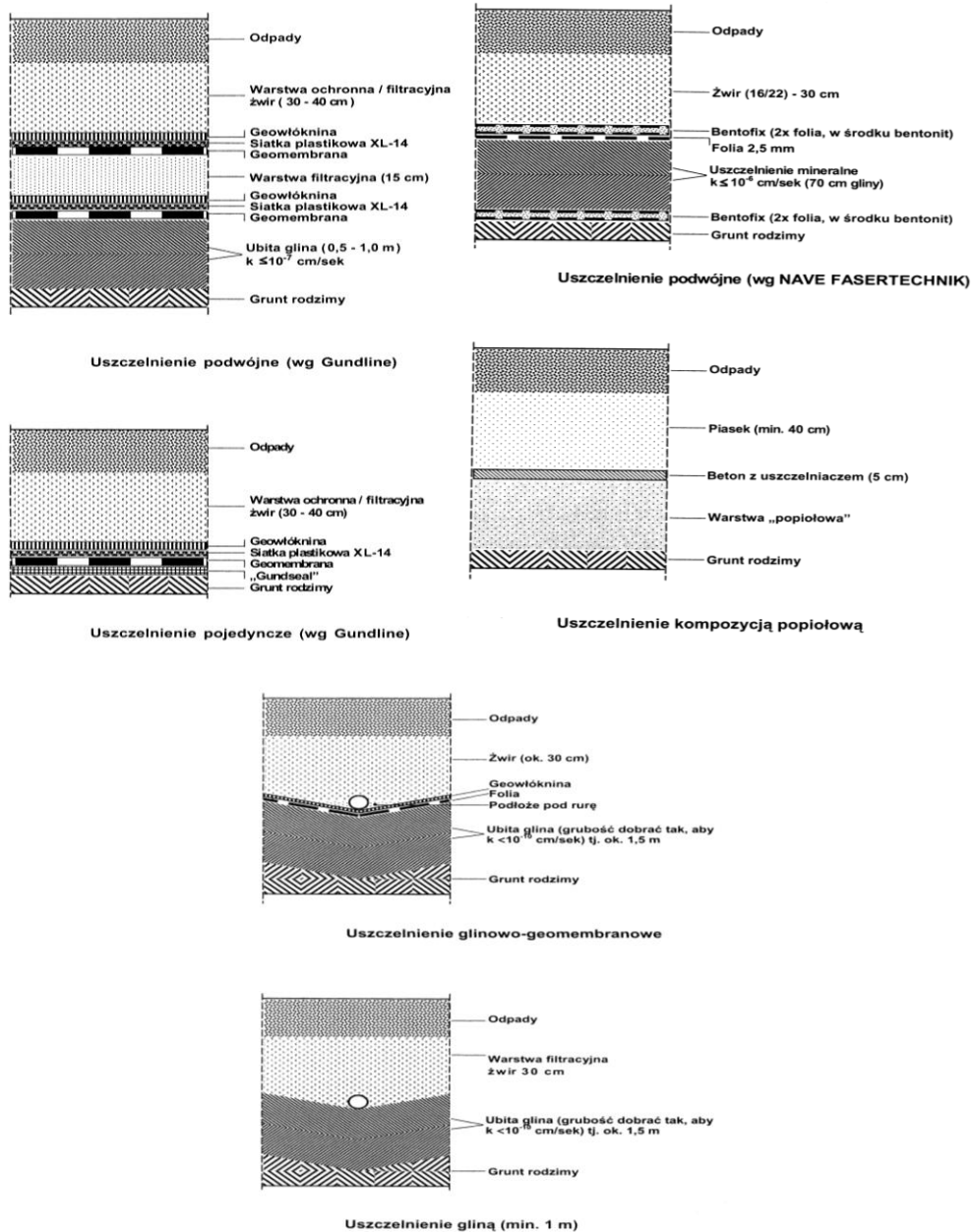
Rys. 4. Uszczelnienie kombinowane dna wysypiska (Żygadło i in., 2001)  
Fig. 4. Combined sealing of a landfill bottom (Żygadło i in., 2001)



Rys. 5. Warstwy systemu uszczelniającego w dnie składowiska (Rosik-Dulewska, 2002)  
Fig. 5. Layers of a sealing system in a landfill bottom (Rosik-Dulewska, 2002)



Rys. 6. Minimalne wymagania dotyczące uszczelnień dna składowiska odpadów komunalnych w Niemczech i USA (Żygadło i in., 2001)  
Fig. 6. Minimal requirements concerning the process of sealing of a municipal waste landfill bottom in Germany and the USA (Żygadło i in., 2001)

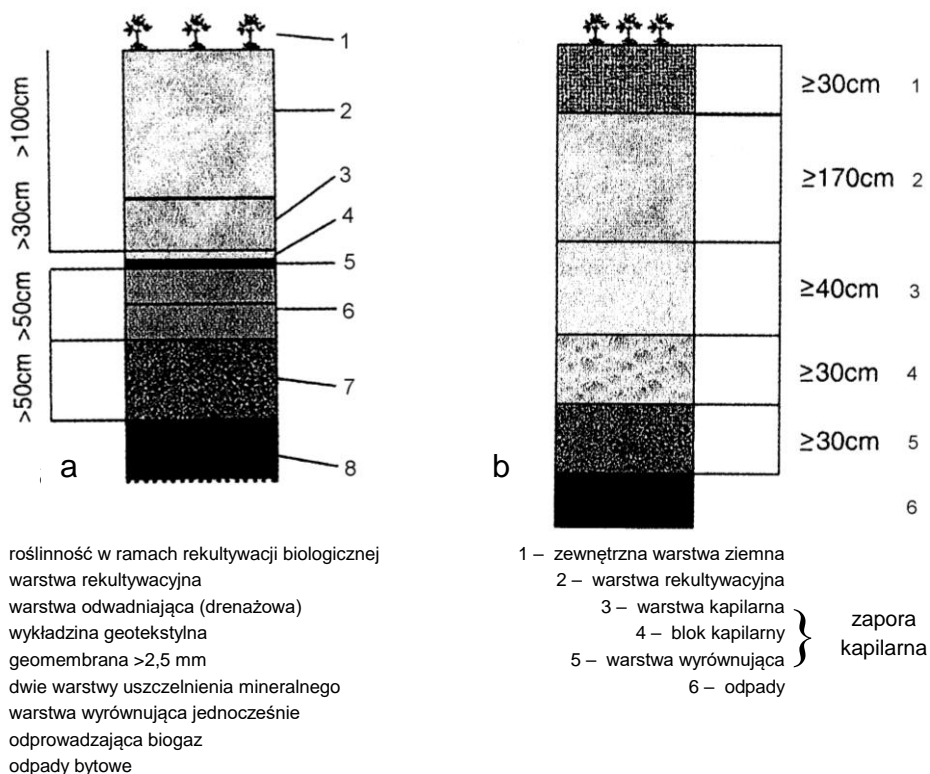


Rys. 7. Uszczelnienie składowisk odpadów o różnym stopniu szkodliwości i w zróżnicowanych warunkach gruntowych (Żygadło i in., 2001)  
 Fig. 7. Sealing of waste dump of various degree of harmfulness and in various ground conditions (Żygadło i in., 2001)

### 3. ZAMYKANIE KWATER Z ODPADAMI

Równie ważnym zagadnieniem jak budowa dna i ścian bocznych kwatery do depowania odpadów komunalnych, jest budowa zamknięcia takiej kwatery (stropu). Na rysunku 8a pokazano typowy przekrój warstw takiego stropu z zastosowaniem wykładzin uszczelniających.

Analizując rysunek 8b dochodzimy do wniosku, że nie musimy stosować w budowie zamknięcia składowiska odpadów różnych wykładzin (geomembran). Rolę ich pełni warstwa kapilarna, stanowiąca zaporę dla wód opadowych, które spływają poza kwaterę po warstwie kapilarnej. W warstwie tej możliwe jest wykonanie drenażu znanymi metodami.



Rys. 8. Zamykanie uszczelniające wysypisk odpadów (Zimmermann & Hennig, 2005)

a) sposób klasyczny, b) zapora kapilarna

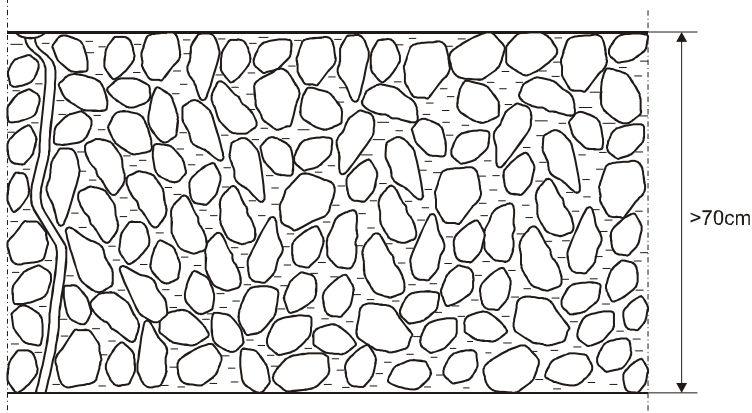
Fig. 8. Sealing closure of waste dumps (Zimmermann & Hennig, 2005)

a) classical manner, b) capillary barrier

Strop zamykający kwaterę wypełnioną odpadami komunalnymi można wykonać inaczej, nie stosując wykładzin syntetycznych, ale wykorzystując tzw. zaporę kapilar-

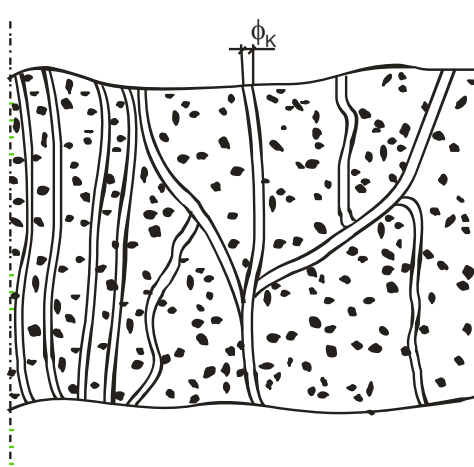


ną (rys. 9, 10). Zaporą kapilarną jest warstwa odpadów mineralnych o odpowiedniej grubości (dwie warstwy o grubości 30 i 40 cm (co najmniej) i o odpowiednim uziarnieniu. Wielkość ziaren mineralnych, z których składa się zapora determinuje wymiar charakteryzujący kanaliki (kapilary) jakie utworzą się pomiędzy poszczególnymi ziarnami, po usypaniu ich w warstwę. Kanaliki te napełniają się wodą deszczową (gdy zamykamy kwaterę) lub odciekami (gdy zaporę zastosujemy do uszczelnienia dna kwatery). Napięcie powierzchniowe powoduje, że woda ta pozostaje w kanalikach, stanowiąc uszczelnienie stropu kwatery. Następne warstwy wody nie będą już przepływać przez zaporę, ale spływać po niej jak po wykładzinie.



Rys. 9. Zapora kapilarna (warstwa geokapilarna)

Fig. 9. Capillary barrier (geo-capillary layer)



Rys. 10. Kapilara w złożu mineralnym

Fig. 10. Capillary in a mineral bed

#### 4. ZAKOŃCZENIE

Wykorzystanie odpadowych materiałów mineralnych, jako zamiennika dotychczas stosowanych wykładzin (geomembran) wydaje się być dobrym sposobem zagospodarowania tych odpadów. W szczególności powinny one być użyte do zamykania kwater wypełnionych odpadami komunalnymi. Odpowiednio uziarnione odpady mineralne mogą stanowić doskonałą zaporę kapilarną, będącą uszczelnieniem zdeponowanych odpadów i nie dopuszczają wodę opadową do tych odpadów. Według danych niemieckich (Zimmermann & Hennig, 2005) koszt wykonania różnych uszczelnień wynosi:

Uszczelnienie	koszt [€/m <sup>2</sup> ]
– mineralne	48
– matą bentonitową	44,5
– mineralne z matą bentonitową	58
– zaporą kapilarną	54
– mineralne z zaporą kapilarną	39
– kombinowane z folią PEHD	63

Koszt poszczególnych typów uszczelnień (systemów uszczelniających) jest porównywalny i zastosowanie proponowanego systemu uszczelniającego z zaporą kapilarną nie musi oznaczać istotnego wzrostu kosztów wykonania tego uszczelnienia.

*Praca wykonana w ramach działalności statutowej 501/10-34-1-7217.*

#### LITERATURA

- LEBODA R., OLESZCZUK P., 2002, *Odpady komunalne i ich zagospodarowanie*, Wyd. UMCS.  
 ROSIK-DULEWSKA Cz., 2002, *Podstawy gospodarki odpadami*, Warszawa, PWN.  
 ZIMMERMANN E., HENNIG A., 2005, *Einsatzgebiete von mineralischen Schüttgütern in Deponiebau*, Dortmund, Schuttgut.  
 ŻYGADŁO M. i in., 2001, *Strategia gospodarki odpadami komunalnymi*, Wyd. Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań.

#### STORAGE OF MINERAL WASTE TOGETHER WITH MUNICIPAL WASTE

In spite of the intensive development of selective waste collection and its segregation in the place of its generation, waste deposition on landfills is still the most frequently applied way of its management. In each country, including Poland, mineral waste, understood as residues of mining activity or material obtained as a result of recycling of building materials, constitutes an ecological problem, requiring an urgent solution. Those materials are acquired without a payment, and their cost comprises acquisition and logistic expenses (transport). The aim of the Authors of the present study is to make attention focused on the possibility of an additional application of those materials to build landfills (dumping grounds), in particular, to close the landfills which are filled. Mineral waste granular materials may be used as substitutes of polymer liner materials (foils, geo-cloths, geo-membranes).

## **DŁUGOTERMINOWE BADANIA REAKTYWNOŚCI ALKALICZNEJ KRAJOWYCH KRUSZYW**

### **1. WPROWADZENIE**

Reakcje zachodzące pomiędzy kruszywem a alkalią zawartymi w cemencie zwykle mają przebieg długoterminowy. Przyspieszone laboratoryjne metody badania reaktywności prowadzone są w warunkach bardziej rygorystycznych, niż ma to miejsce w warunkach rzeczywistych. Zaletą tych metod jest krótki czas ich trwania, ale uzyskane z nich wyniki mogą niekiedy prowadzić do fałszywej oceny, dotyczącej możliwości wystąpienia reakcji alkalia–kruszywo. Bardziej miarodajne w ocenie reaktywności alkalicznej są metody długoterminowe. W artykule porównano warunki badania reaktywności kruszyw według norm ASTM, PN i wytycznych RILEM, 2016. Przedstawiono wyniki badań reaktywności alkalicznej kruszyw, pochodzących z różnych regionów Polski, przeprowadzonych według norm ASTM C 1293, ASTM C 1260 i PN-B-06714-34:1994.

### **2. METODY BADANIA REAKTYWNOŚCI**

W Polsce do problematyki badania reaktywności kruszyw odnosiły się normy PN-B-06714-47:1988, PN-B-06714-34:1991, PN-B-06714-46:1992. W normie PN-B-06714-46:1992 (metoda szybka), podano procedurę przeprowadzania reakcji badanego kruszywa z wodorotlenkiem sodu i oznaczania wagowego ubytku masy kruszywa. Oznaczano również zawartość reaktywnych krzemieni. Obydwa wyniki służyły do oceny stopnia potencjalnej reaktywności alkalicznej kruszywa. W przypadku stwierdzenia, że kruszywo odpowiada 1. lub 2. stopniowi potencjalnej reaktywności alkalicznej, dla potwierdzenia ostatecznej oceny reaktywności alkalicznej, należało wykonać dodatkowe, długoterminowe badanie na podstawie normy PN-B-06714-34:1991 (wycofanej). Badanie przeprowadzane jest na sześciu beleczkach, z zaprawy sporządzonej z badanego kruszywa i cementu o podwyższonej zawartości alkaliów. Oznaczane są zmiany liniowe i oceniany jest stan beleczek przetrzymywanych przez 180 dni w środowisku wilgotnym, w temperaturze 38 °C. Pomiary dokonuje się po 14, 28, 60, 90 i 180 dniach. Pierwotnie, przed zmianą w 1997 roku, pomiary zmian liniowych wykonywano jeszcze po 270 i po 360 dniach. Kruszywo należało uznać za reaktywne

w środowisku alkalicznym, jeżeli po jakiegokolwiek serii pomiarów, tzn. po 14, 28, 60, 90 lub po 180 dniach, zmiana liniowa  $r_{asr}$  była większa od 0,1%.

Wytyczne AASHTO R 80-17 podają schemat badania reaktywności alkalicznej kruszyw, obejmujący dotychczasowe informacje historyczne, badania petrograficzne (ASTM C 295), chemiczne (ASTM C 289), wyniki badań przyspieszonej ekspansji beleczek zaprawy wykonanych z udziałem badanego kruszywa (ASTM C 1260) i długotrwałe badania betonów (ASTM C 1293).

Metoda ASTM C 1260 jest bardzo rygorystyczna i wiąże się z ryzykiem w zakresie oceny reaktywności kruszywa. Badanie to pozwala na stwierdzenie potencjalnej reaktywności kruszywa. Wyniki uzyskiwane w trakcie badań prowadzonych według tej normy wykazują, że w zasadzie większość kruszyw jest reaktywnych, ważne jest tylko ustalenie, jaka jest skala tego zjawiska. Natomiast metoda ASTM C 1293, polegająca na badaniu belek betonowych przez okres 1 roku, jest powszechnie uważana za najlepszą i najbardziej dokładną metodę prognozowania zachowania kruszywa w warunkach eksploatacyjnych (Owsiak, 2015).

W wyniku prac prowadzonych w ramach międzynarodowego Komitetu Technicznego RILEM TC 191 i TC 219 dla krajów europejskich rekomendowano kilka metod badania reaktywności alkalicznej (Kukielska & Góralczyk 2015; RILEM, 2016). Cała procedura oceny kruszywa, jak i badania petrograficzne, chemiczne oraz badania beleczek z zaprawy i beleczek betonowych, zbliżone są do rozwiązań AASHTO i norm amerykańskich. Zgodnie z zasadami UE, w przypadku braku norm europejskich, w badaniu danej cechy kruszywa obowiązują zasady funkcjonujące w kraju stosowania kruszywa.

### 3. PORÓWNANIE METOD BADANIA REAKTYWNOŚCI

Według normy ASTM C 33, przy ocenie reaktywności kruszywa, dane z monitoringu stanu konstrukcji budowlanej z kruszywem, które w przyszłości planuje się zastosować, mają pierwszeństwo przed badaniami laboratoryjnymi. Dane z monitorowania powinny obejmować okres co najmniej 10 lat. Badania laboratoryjne rozpoczyna się od badań petrograficznych, dotyczących rozpoznania składników potencjalnie reaktywnych (ilościowo i jakościowo). Kolejne etapy badań laboratoryjnych to badania ekspansji beleczek zaprawowych (ASTM C 1260) i betonowych (ASTM C 1293). W tabeli 1 przedstawiono porównanie metod badania reaktywności kruszyw, prowadzonych na beleczkach zaprawy i betonu, opisanych w normach ASTM i dokumentach RILEM.

Metoda AAR-2 jest szczególnie użyteczna w przypadku kruszyw wolno reagujących (wykazujących niszczącą ekspansję w późniejszym czasie); niektóre granity, ryolity, andezyty, wulkaniczne tufy, gnejsy, kwarcyty, hornfelsy, fyllity, piaskowce,

szarogłazy, łupki, glina lodowcowa, nieporowate czerty i krzemienie, diatomity, wapień dolomityczne z krzemionką, dolomit wapnisty z krzemionką. Jeżeli wyniki badania wskazują na ekspansję, która oceniana jest jako szkodliwa, należy przeprowadzić analizę petrograficzną wnętrza tej belecзки, która wykazała największą ekspansję, wraz z analizą rozmieszczenia spękań wewnątrz belecзки w celu potwierdzenia, że ekspansja jest wynikiem reakcji ASR. Jeżeli powyższa procedura potwierdza, że kruszywo sklasyfikowane jest jako potencjalnie reaktywne dalsze badania zgodnie z wytycznymi RILEM (AAR-3 lub AAR-4) są rekomendowane w celu określenia wpływu: kruszywa grubego, różnego uziarnienia kruszywa, różnej zawartości alkaliów w betonie na reakcję ASR. Badanie należy potwierdzić badaniami długoterminowymi na betonie (AAR-3 lub AAR-4),

Tab. 1. Porównanie metod badania reaktywności alkalicznej kruszyw  
Tab. 1. Comparison of methods for testing the alkali reactivity of aggregates

Badanie	Opis badania według	
	ASTM	RILEM
petrograficzne	<b>ASTM C 295</b> badania pod kątem zawartości minerałów reaktywnych	<b>AAR 1</b> dodatkowo, klasyfikacja petrograficzna kruszywa w zależności od ilości materiału krzemionkowego i węglanowego
beleczek zaprawy	<b>ASTM C1260</b> stosowany cement CEM I zgodny z ASTM C 150 (zawartość alkaliów w cemencie ma nieistotne lub niewielkie znaczenie) badane kruszywo – 0,15–4,75 mm wymiary beleczek – 285×25×25 mm badanie prowadzone przez 16 dni interpretacja wyników – po 16 dniach: < 0,1% – kruszywo niereaktywne 0,1–0,2% – reaktywne lub niereaktywne w warunkach eksploatacyjnych; zaleca się wydłużenie pomiarów do 28 dni > 0,2% – potencjalnie reaktywne W przypadku gdy uzyskane wyniki ekspansji kruszywa wynoszą > 0,1%, zaleca się gromadzenie dodatkowych informacji w celu potwierdzenia, że obserwowana ekspansja wynika z reakcji ASR (analiza petrograficzna kruszywa, analiza petrograficzna próbek zaprawowych po badaniu ASTM C1260, informacje z monitoringu wbudowanego kruszywa).	<b>AAR-2</b> zakres badania reaktywności: – badanie piasku naturalnego lub piasku łamanego o uziarnieniu 0,125–4 mm – badanie grubego kruszywa; materiał należy pokruszyć i rozsiać do uziarnienia 0,125–4 mm <i>Uwaga: grube kruszywo poddawane kruszeniu w celu uzyskania frakcji 0,125–4 mm może wykazywać wzrost ekspansji w związku ze wzrostem powierzchni narażonej na szkodliwą reakcję ASR; gdy wynik wskazuje na potencjalną reaktywność w badaniu wg AAR-2, zaleca się wykonanie badania na próbach betonowych w celu weryfikacji wyników uzyskanych z badań na zaprawie.</i> stosowany cement: CEM I Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub> ≥ 1,0% wymiary beleczek: a) 285×25×25 mm – metoda AAR 2.1, interpretacja wyników – po 14 dniach: < 0,1% – kruszywo niereaktywne 0,10–0,2% – potencjalnie reaktywne > 0,2% – reaktywne b) 160×40×40 mm – metoda AAR 2.2.

Badanie	Opis badania według	
	ASTM	RILEM
beleczek betonowych	<p><b>ASTM C 1293-08</b> badanie swoim zakresem poza określeniem potencjalnej reaktywności kruszywa w betonie oraz ewentualnie zastosowanej pucolany i kruszywa, obejmuje oznaczenie minimalnej zawartości dodatku pucolany w celu zapobiegania reakcji ASR; badanie to stanowi podstawę do podjęcia decyzji o zastosowaniu środków zapobiegawczych przeciwko reakcji ASR</p> <p>stosowany cement CEM I Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> 0,9 ± 0,1% docelowo należy podwyższyć zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> do 1,25 ± 0,05% poprzez dodanie odpowiedniej ilości NaOH</p> <p>wymiary beleczek – 285×76×76 mm interpretacja wyników – po 12 mies. ≥ 0,4 kruszywo potencjalnie reaktywne</p> <p>Metoda szczególnie zalecana w przypadku takich kruszyw jak: – różne odmiany kwarcu (trydymit, krystobalit), – wolno reagujące ilaste szarogłazy, kwarc w stanie naprężen oraz kwarc mikrokrystaliczny w asocjacji z kwarcem w stanie naprężen.</p>	<p><b>AAR-3</b> – dwa warianty badania wg AAR 3: <b>AAR - 3.1</b> – standardowa ocena reaktywności alkalicznej kruszywa <b>AAR - 3.2</b> – określenie progowej zawartości alkaliów dla konkretnej kombinacji kruszywa</p> <p>zakres dla AAR 3.1: badanie reaktywności kruszywa: a) grubego (4–22,4 mm) i drobnego (0,125–4 mm) równocześnie b) drobnego (0,125–4 mm) z grubym niereaktywnym (4–22,4 mm) c) grubego (4–22,4 mm) z drobnym (0,125–4 mm) niereaktywnym</p> <p><i>Kruszywo nieaktywne powinno wykazywać reaktywność &lt; 0,05% w 14 dniu przetrzymywania w roztworze NaOH</i></p> <p>stosowany cement – CEMI Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> 0,9–1,3% docelowo należy podwyższyć zawartość Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> do 1,25 ± 0,05% poprzez dodanie NaOH</p> <p>wymiary belek – 250×75×75 mm warunki przechowywania belek – 38 °C, RH zbliżone do 100%</p> <p>interpretacja wyników – ekspansja po 12 miesiącach: ≥ 0,05% – należy podjąć środki zapobiegawcze w celu zminimalizowania ryzyka wystąpienia niszczącej ekspansji</p> <p><i>W przypadku kruszyw wolno reagujących może zająć konieczność przyjęcia niższych kryteriów oceny ekspansji. W przypadku gdy ekspansja wzrasta, nawet po 12 miesiącach, uzasadnione jest wydłużenie czasu trwania badania do momentu gdy ekspansja zaniknie. Zalecana ocena kształtu i charakteru występujących spękań aby potwierdzić, że są one wynikiem niszczącej reakcji ASR.</i></p>

Oprócz badania wg AAR-3.1, możliwe jest przeprowadzenie badania przyspieszonego metodą AAR-4.1. Badanie wg AAR-4.1 przewiduje badanie kruszywa:

- grubego (4–22,4 mm) i drobnego (0,125–4 mm) równocześnie,
- drobnego (0,125–4 mm) z grubym niereaktywnym (4–22,4 mm),
- grubego (4–22,4 mm) z drobnym (0,125–4 mm) niereaktywnym.

Kruszywo niereaktywne powinno wykazywać reaktywność < 0,05% w 14 dniu przetrzymywania w NaOH (metoda AAR-2) oraz spełniać wymagania normy EN 12620

lub ASTM C33. Stosowany jest cement CEM I  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  0,9–1,3%. Wymiary belek – 250×75×75 mm, warunki przechowywania belek 60 °C, RH zbliżone do 100%.

Interpretacja wyników – ekspansja po 15 tygodniach:

- ekspansja > 0,03% – kruszywo potencjalnie reaktywne (należy podjąć środki zapobiegawcze reakcji ASR, chyba że są dostępne dane z monitoringu wbudowanego kruszywa w warunkach rzeczywistych),
- ekspansja ≤ 0,03% – kruszywo niereaktywne.

Kruszywa wolno reagujące mogą nie wykazywać reaktywności nawet po 20 tygodniach, więc w zależności od lokalnego doświadczenia, czas badania może być wydłużony. W wytycznych RILEM wyraźnie zaznacza się, że wymieniane kryteria oceny w kontekście wyników uzyskanych z konkretnych metod badawczych nie zostały jeszcze oficjalnie zatwierdzone. Niemniej ustalone kryteria potwierdzają wyniki uzyskane na podstawie przeprowadzonych badań przez komitet RILEM w różnych krajach i potwierdzają je również wyniki obserwacji kruszyw wbudowanych w warunkach rzeczywistych. Badania petrograficzne rozpoczynają cykl badań reaktywności alkalicznej kruszyw i należy je przeprowadzić w każdym przypadku. Natomiast badania na betonach zawsze mają pierwszeństwo jeżeli chodzi o ocenę reaktywności alkalicznej kruszyw.

W tabeli 2 podano ocenę kruszyw pod względem możliwości wystąpienia reakcji alkalia–kruszywo, przyjętą w dokumencie AASHTO R 80-17.

Tab. 2. Klasyfikacja kruszyw pod względem reaktywności wg AASHTO  
Tab. 2. Classification of aggregate reactivity acc. to AASHTO

Metoda badawcza	Jednostki	Ocena poziomu reaktywności kruszywa			
		R0 niereaktywne	R1 umiarkowanie reaktywne	R2 silnie reaktywne	R3 bardzo silnie reaktywne
pomiar ekspansji zaprawy wg ASTM C 1260 (metoda przyspieszona)	% długości	≤ 0,100	> 0,100 ≤ 0,300	> 0,300 ≤ 0,450	> 0,450
pomiar ekspansji betonu wg ASTM C 1293 (metoda długoterminowa)	% długości	≤ 0,040	> 0,040 ≤ 0,120	> 0,120 ≤ 0,240	> 0,240
badanie petrograficzne wg ASTM C 295	–	dokładny opis petrograficzny pobranych próbek			

#### 4. BADANIA REAKTYWNOŚCI ALKALICZNEJ KRAJOWYCH KRUSZYW

Projekt *Reaktywność alkaliczna krajowych kruszyw* realizowany jest od 2016 roku w Instytucie Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie oraz w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, w ramach programu Rozwój Innowacji Drogowych, a finansowany

przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad.

W pierwszym etapie do badań reaktywności pobrano próbki kruszyw z 31 zakładów, usytuowanych w różnych rejonach Polski. Pobierano kruszywa grube o zawartości ziaren przekruszonych kategorii  $C_{100/0}$  lub  $C_{95/1}$ . Programem badawczym objęto łącznie około 70 próbek, reprezentujących kruszywa granitowe i bazaltowe z województwa dolnośląskiego, tradycyjnie stosowane do betonów konstrukcyjnych w drogownictwie, kruszywa z woj. świętokrzyskiego oraz kruszywa łamane uzyskane z pokruszenia otoczków z rejonów: podlaskiego, warmińsko-mazurskiego, pomorskiego, zachodniopomorskiego i podkarpackiego.

Dla pobranych próbek wykonano oznaczenia podstawowych cech jakościowych. Wykonano oznaczenia zawartości pyłów, gęstości, nasiąkliwości, odporności na zamrażanie, odporności na rozdrabnianie, odporności na ścieranie i zawartości ziaren o powierzchni przekruszonej. Wszystkie badane kruszywa w zakresie mrozoodporności spełniały wymagania kategorii F1. Ubytek masy po badaniu mrozoodporności w soli mieścił się w granicach 0,6–4,1%. Odporność na rozdrabnianie odpowiadała kategoriom z zakresu LA 15–40. Odporność na ścieranie osiągała kategorie MDE 10–20. Odporność na polerowanie, z wyjątkiem kruszyw węglanowych, mieściła się w granicach 50–63. Na uwagę zasługują stosunkowo dobre parametry jakościowe kruszyw łamanych, uzyskanych z pokruszenia otoczków pochodzenia polodowcowego i rzecznoego.

Warto zaznaczyć, że grysy produkowane z otoczków polodowcowych (głównie granitowych) zbliżone są jakością do kruszyw łamanych, uzyskiwanych ze skał zwięzłych (litych). Z porównania cech jakościowych kruszyw pochodzących z tej samej kopalni widać, że kruszywa łamane (grysove) posiadają lepsze parametry wytrzymałościowe od kruszyw żwirowych, nie poddawanych procesowi kruszenia. Dla gryśów stwierdzono wyższą mrozoodporność, większą odporność na rozdrabnianie i mniejszą ścieralność. Wynika to stąd, że kruszywa łamane (grysy) uzyskiwane są głównie z rozdrobnienia otoczków, charakteryzujących się wyższymi parametrami jakościowymi, niż naturalne żwiry nie poddawane kruszeniu.

## 5. WYNIKI BADAŃ REAKTYWNOŚCI ALKALICZNEJ KRUSZYW

Dla kruszyw grubych, pobranych z poszczególnych zakładów, w pierwszym etapie wykonano badania wg normy ASTM C 289 i ASTM C 1260. Porównanie wyników uzyskanych z obu metod wskazuje na małą przydatność metody chemicznej (ASTM C 289) do oceny reaktywności kruszyw (Naziemiec i in., 2017). W badaniach przeprowadzonych wg normy ASTM C 1260, dla większości kruszyw łamanych uzyskiwanych z pokruszenia otoczków pochodzenia polodowcowego i rzecznoego otrzymano wynik zmian liniowych beleczek  $r_{asr} > 0,1\%$ . Niemniej jednak, w kilku przypadkach kruszywa polodowcowe charakteryzowały się wartością  $r_{asr}$  poniżej 0,1%. Według



ASTM C 1260 wartość ekspansji pomiędzy 0,1 a 0,2%, wskazuje zarówno na kruszywa które w warunkach eksploatacyjnych mogą się okazać szkodliwe lub nieszkodliwe. Kruszywa, dla których wartość ekspansji wynosi powyżej 0,2%, zaliczane są do potencjalnie reaktywnych. Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku wskazane są dodatkowe badania wg ASTM 1293, czyli badania długoterminowe trwające jeden rok. Dla kruszyw uzyskiwanych ze skał litych, w badaniu wg normy ASTM C 1260, w zdecydowanej większości przypadków uzyskano zmiany liniowe nie przekraczające 0,1%. Rozszerzalnością zdecydowanie przekraczającą 0,1% charakteryzowały się jedynie kruszywa ze skał zwięzłych krzemionkowych.

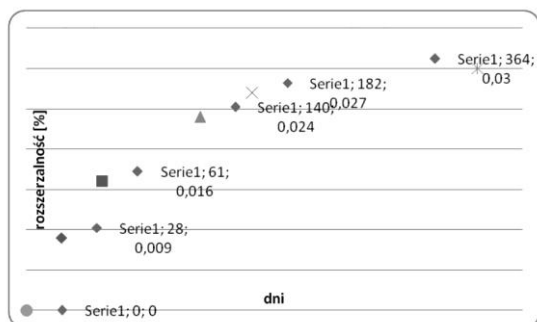
W tabeli 3 podano wyniki badań reaktywności przeprowadzonych wg ASTM C 1260 i ASTM C 1293, uzyskane dla kruszyw ze skał litych i kruszyw łamanych uzyskanych z otoczków polodowcowych. Na rysunku 1 przedstawiono przykład przebiegu zmian liniowych beleczek betonowych z kruszywem polodowcowym, badanych według ASTM C 1293 (inne próbki niż w tabeli 3). Podane wyniki pomiarów ekspansji wskazują, że badane kruszywo jest wolno reagujące, co potwierdza słuszność wykonywania pomiarów długoterminowych, jak i zasadność wydłużenia do 28 dni pomiarów wykonywanych na podstawie normy ASTM C 1260.

Tab. 3. Wyniki oznaczeń reaktywności wg ASTM C 1260 i ASTM C 1293

Tab. 3. Results of determinations of alkali reactivity according to ASTM 289 and ASTM 1260

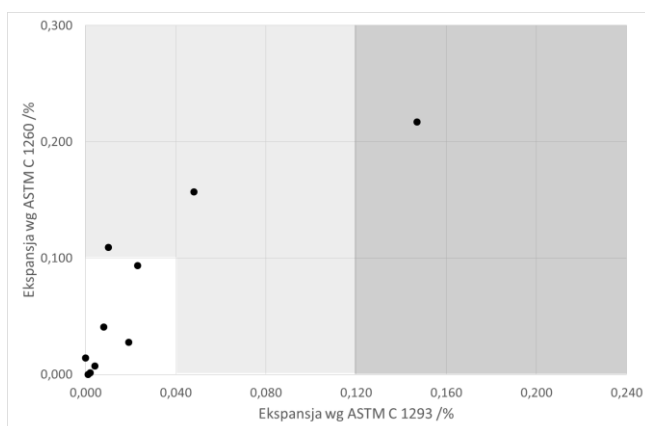
Nr zakładu	Region Polski	Rodzaj kruszyw	Ekspansja beleczek $r$ [%] wg ASTM C 1260	Ekspansja beleczek $r$ [%] wg ASTM 1293
kruszywa łamane ze skał zwięzłych				
1	Południowy wschód	wapień dewoński	0,000	0,001
2		dolomit dewoński	0,028	0,019
3	Południowy zachód	amfibolit	0,109	0,010
4		bazalt	0,002	0,002
5		gabro	0,014	0,000
6		granit	0,041	0,007
7		porfir	0,007	0,004
kruszywa łamane polodowcowe				
8	Północny wschód	grysy polodowcowe z otoczków	0,093	0,023
9			0,157	0,048
10			0,217	0,147

Na rysunku 2 naniesiono punkty odpowiadające wielkości ekspansji beleczek badanych metodą przyspieszoną (ASTM C 1260) i metodą długoterminową (ASTM C 1293). Punkty znajdujące się na białym polu według AASHTO R 80-17 odpowiadają kruszywom niereaktywnym (R0). Na polu jasnoszarym znajdują się punkty odpowiadające kruszywom, zakwalifikowanym jako umiarkowanie reeaktywne (R1). Na polu ciemnoszarym znajduje się punkt charakterystyczny dla kruszywa ocenionego jako silnie reaktywne (R2).



Rys. 1. Zmiany liniowe beleczek betonowych w badaniu według ASTM C 1293

Fig. 1. Length changes of concrete prisms acc. to ASTM C 1293



Rys. 2. Klasyfikacja kruszyw w oparciu o wyniki ekspansji beleczek wg ASTM C 1260 i 1293

Fig. 2. Aggregates classification after the results of expansion measurements acc. to ASTM 1260 &amp; 1293

Podane w tabeli 3 i naniesione na rysunku 2 wartości ekspansji beleczek z badanym kruszywem pozwalają na następującą ocenę kruszyw:

- wartość ekspansji poniżej 0,10% (wg ASTM C 1260) i poniżej 0,04% (wg ASTM C 1293) uzyskano dla sześciu kruszyw ze skał zwięzłych i jednego kruszywa polodowcowego; wyniki takie wskazują na kruszywo niereaktywne (R0),
- wartość ekspansji powyżej 0,10% (wg ASTM C 1260) uzyskano dla dwóch kruszyw polodowcowych i jednego kruszywa ze skały magmowej. Dla kruszywa magmowego w metodzie długoterminowej (wg ASTM C 1293) uzyskano jednak ekspansję poniżej 0,04%, co również pozwala zaliczyć je do kruszyw niereaktywnych (R0),
- w jednym przypadku dla kruszywa polodowcowego uzyskano w badaniu zaprawy ekspansję w przedziale 0,100–0,200% i ekspansję betonu w przedziale 0,040–0,120% (kruszywo umiarkowanie reaktywne – R1),
- ekspansja powyżej 0,200% wg ASTM C 1260 i powyżej 0,120% wg ASTM C 1293, wskazuje na kruszywo silnie reaktywne (R2).

Dla porównania w tabeli 4 zestawiono wyniki uzyskane dla krajowych kruszyw podczas badania wg normy PN-B-06714.34. Podano wyniki rozszerzalności liniowej beleczek po 180 dniach. Warunki badania wg tej normy zbliżone są częściowo do warunków podanych w opisie normy ASTM C 1293. Inne są jednak wymiary badanego kruszywa, wymiary beleczek i kryteria oceny reaktywności kruszyw. W normie PN-B-06714.34 za reaktywne uznawano kruszywo dla którego ekspansja beleczek wynosiła  $> 0,1\%$ . Według normy ASTM C 1293, ekspansja beleczek z kruszywem niereaktywnym powinna być mniejsza od  $0,04\%$ .

Tab. 4. Zestawienie wyników badań reaktywności wg norm PN-91/B-06714.34  
Tab. 4. Results of alkali reactivity tests acc. to PN-91/B-06714.34

Zmiany liniowe [%]	Liczba próbek
$< 0,04$	30
$0,04-0,1$	7
$> 0,1$	1

Warunki badania i uzyskiwane wyniki wskazują na odmienną ocenę reaktywności kruszyw w badaniach według norm ASTM i normy PN-91/B-06714.34. Dlatego miarodajne porównanie wyników otrzymanych z tych metod badań jest niemożliwe. Najbardziej miarodajne są natomiast badania długoterminowe, prowadzone na podstawie normy ASTM C 1293. Kontynuowanie i porównanie wyników badań według norm ASTM pozwoli na ustalenie właściwej metody oceny reaktywności kruszyw.

## 6. PODSUMOWANIE

Jak wykazały przeprowadzone dotychczas badania, krajowe kruszywa uzyskiwane ze skał zwięzłych ocenić można jako kruszywa niereaktywne (z wyjątkiem kruszyw krzemionkowych).

Kruszywa łamane otrzymane z pokruszenia otoczków polodowcowych w przeważającej ilości ocenić należy jako potencjalnie reaktywne. W celu właściwego rozpoznania kruszyw pod kątem możliwości wystąpienia reakcji alkalia–kruszywo, wymagane jest przeprowadzenie badań petrograficznych i badań na beleczkach wykonanych z zaprawy (wg ASTM C 1260), a w przypadku rozszerzalności liniowej powyżej  $0,1\%$  także badań długoterminowych, na beleczkach betonowych (wg ASTM 1293).

W przeprowadzonych dotychczas badaniach uzyskano dużą zgodność wyników w zakresie oceny reaktywności alkalicznej kruszyw. W badaniach długoterminowych kruszywa magmowe i kruszywa ze skał osadowych węglanowych uzyskały ocenę kruszyw niereaktywnych. W przypadku kruszyw łamanych polodowcowych w jednym przypadku wynik wskazywał na kruszywo niereaktywne. Pozostałe dwa kruszywa zakwalifikowano jako umiarkowanie reaktywne i kruszywo silnie reaktywne.

Ocena reaktywności według przywołanych norm umożliwi odpowiednio zaprojektowanie betonu również poprzez zastosowanie dodatków, zapobiegających możli-

wości wystąpienia reakcji alkalia–krzemionka. Do preferowanych środków technologicznych, umożliwiających wykorzystanie kruszywa potencjalnie reaktywnego zaliczyć można:

- zastosowanie cementów niskoalkalicznych,
- ograniczenie całkowitej zawartości alkaliów w betonie, zależnie od stopnia ryzyka wystąpienia uszkodzeń z powodu reakcji ASR,
- zastosowanie aktywnych dodatków mineralnych – popiołu lotnego krzemionkowego lub granulowanego żużla wielkopiecowego.

#### LITERATURA

- AASHTO R 80-17, 2017, Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction, American Association of State and Highway Transportation Officials, Washington, 25.
- ASTM C 33, *Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- ASTM C 289, *Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Chemical Method)*.
- ASTM C 1260-14, *Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates. (Mortar-Bar Method)*.
- ASTM C 1293-08, *Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction*.
- KUKIELSKA D., GÓRALCZYK S., 2015, *Reaktywność alkaliczna kruszyw*, Mining Science – Mineral Aggregates, vol 22(1), 101–110.
- NAZIEMIEC Z., GARBACIK A., ADAMSKI G., 2017, *Reaktywność alkaliczna krajowych kruszyw*, Kruszywa mineralne, t. 1, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii PWr, 123–132.
- OWSIK Z., 2015, *Korozja wewnętrzna betonu*, Monografie, Studia, Rozprawy PŚ, 66, 73–78.
- PN-B-06714-34:1991, *Kruszywa mineralne – Badania – Oznaczanie reaktywności alkalicznej*.
- PN-B-06714-46:1992, *Kruszywa mineralne – Badania – Oznaczanie potencjalnej reaktywności alkalicznej metodą szybką*.
- PN-B-06714-47:1988, *Kruszywa mineralne – Badania – Oznaczanie potencjalnej reaktywności alkalicznej. Oznaczanie zawartości krzemionki rozpuszczalnej w wodorotlenku sodowym (NaOH)*.
- RILEM, 2016, *Recommendations for the Prevention of Damage by Alkali-Aggregate Reactions in New Concrete Structures*, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 219-ACS, vol. 17, Eds. Philip J. Nixon and Ian Sims, Springer.

#### LONG-TERM MEASUREMENTS OF ALKALI REACTIVITY OF DOMESTIC AGGREGATES

The article presents results of studies of alkali reactivity of domestic aggregates, carried out within the framework of RID program. The results of the reactivity tests carried out according to the accelerated method ASTM C 1260 and to the long-term method described in ASTM C 1293 standard were consistent. The accelerated method is used for quick and preliminary classification of the alkali reactivity of the aggregate. This classification is finally verified on the basis of long-term results of ASTM C 1293 expansion tests.

Ewelina PABIŚ-MAZGAJ, Zdzisław NAZIEMIEC

*Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Krakowie*

Anna MIERZEJEWSKA-KMIEĆ

*Zakłady Produkcji Kruszyw Rupińscy w Szumowie*

## **OCENA MOŻLIWOŚCI WYSTĄPIENIA MINERAŁÓW POTENCJALNIE REAKTYWNYCH ALKALICZNIE W KRUSZYWIE POŁODOWCOWYM**

### **1. WSTĘP**

Polodowcowe złoża piaskowo-żwirowe charakteryzują się dużą różnorodnością mineralogiczno-petrograficzną, wynikającą głównie z ich genezy. Możliwość wystąpienia minerałów potencjalnie reaktywnych alkalicznie w kruszywach z tych złóż jest dość istotnym problemem. Ograniczanie zastosowania kruszyw bez dokładnych badań petrograficznych, potwierdzonych badaniami laboratoryjnymi w zakresie reaktywności alkalicznej oraz danymi z monitorowania stanu konstrukcji betonowych w warunkach rzeczywistych, wydaje się być bezpodstawnym. Znane są przypadki, gdy w specyfikacjach technicznych pojawiają się zapisy nie dopuszczające stosowania kruszyw z przekruszenia surowca do betonu nawierzchniowego. Ewentualnie ogranicza się ich wykorzystanie wyłącznie do dolnej warstwy pod warunkiem, że zawierają co najmniej 75% ziaren magmowych i metamorficznych.

Kruszywa łamane uzyskiwane z przekruszenia otoczków polodowcowych regionu północno-wschodniej Polski niejednokrotnie charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami fizyko-mechanicznymi (Naziemiec i in., 2017; Naziemiec & Pabiś-Mazgaj, 2017). Przykładem może być kruszywo polodowcowe pochodzące z Zakładu Osowa k. Suwałk, które stanowiło przedmiot badań niniejszej pracy. Miały one na celu ocenę możliwości wystąpienia minerałów potencjalnie reaktywnych alkalicznie w tym kruszywie, poprzez przeprowadzenie dokładnych badań petrograficznych zgodnie z wymaganiami normy amerykańskiej ASTM C295 oraz wytycznymi europejskimi (RILEM, 2016). Następnie przeprowadzono korelację pomiędzy uzyskanymi wynikami analizy petrograficznej, a wynikami badań laboratoryjnych w zakresie reaktywności alkalicznej kruszyw, według metodyki normach amerykańskich: ASTM C1260, ASTM C1293.

Problem jest o tyle istotny, bo w Polsce nie ma jasnych kryteriów w zakresie oceny reaktywności alkalicznej kruszyw oraz odpowiednich norm krajowych, dotyczących metod badania reaktywności alkalicznej (Góralczyk & Filipczyk, 2017). W konsekwencji, nieprecyzyjne wymagania dotyczące kruszyw (m.in. do betonu nawierzchni-

niowego) zawarte w specyfikacjach technicznych, w zakresie oceny ich reaktywności wzbudzają kontrowersje wśród producentów i odbiorców.

Norma ASTM C295 oraz dokument RILEM, 2016 wymieniają minerały potencjalnie reaktywne alkalicznie oraz skały, w których mogą one występować. Problem ten powinien być rozpatrywany lokalnie, a nie globalnie. Skały, które nie wywołują szkodliwej ekspansji w pewnych obszarach świata są reaktywne w innych rejonach. Stąd nie można zakładać, że konkretny typ petrograficzny skały zawsze będzie klasyfikowany jako niereaktywny lub reaktywny w betonie (Fernandes i in., 2016a). Ponadto, wiele krajów europejskich ma wytyczne w zakresie ilościowego udziału pewnych składników potencjalnie reaktywnych (Alaejos i in., 2012). Należy zauważyć, że dozwolone limity w zakresie obecności tych składników różnią się w zależności od kraju.

## 2. METODYKA BADAŃ

W celu oceny możliwości wystąpienia składników potencjalnie reaktywnych alkalicznie w badanym kruszywie przeprowadzono badania petrograficzne zgodnie z normą ASTM C295 oraz wytycznymi RILEM, 2016. Badania petrograficzne nie determinują reaktywności alkalicznej kruszyw, niemniej jest to pierwszy, istotny etap w ocenie ich reaktywności (Kukielska & Góralczyk, 2015). Mimo to, podejście do metody petrograficznej w kontekście identyfikacji składników potencjalnie reaktywnych, szczególnie w zakresie ich ilościowej oceny, jest sceptyczne. Rzetelność i precyzja uzyskanych wyników zależy w dużej mierze od kwalifikacji osoby wykonującej analizę. Sama procedura tego badania jest czasochłonna i żmudna, w szczególności gdy mamy do czynienia z materiałem różnorodnym petrograficznie, jak w przypadku kruszyw polodowcowych (Brokemans & Fernandes, 2015). Dodatkowo bardzo istotnym etapem badań petrograficznych jest odpowiednia praktyka w zakresie poboru i przygotowania materiału do analizy. Brak reprezentatywności próbki skutkuje uzyskaniem fałszywego wyniku.

Poza badaniami petrograficznymi, przeprowadzono badania laboratoryjne w zakresie reaktywności alkalicznej metodami ASTM C1260 (metoda przyspieszona – 16 dni na beleczkach zaprawowych) oraz ASTM C1293 (metoda długoterminowa – 360 dni na belkach betonowych). Zgodnie z normą amerykańską ASTM C33, określającą wymagania kruszyw do betonu, metoda opisana w normie ASTM C1293 określana jest jako najbardziej wiarygodna. Na podstawie normy ASTM C295 do składników mineralnych potencjalnie reaktywnych alkalicznie należą: opal, chalcedon, krystobalit i trydymit, wysoce naprężony kwarc, mikrokrystaliczny kwarc, szkło wulkaniczne, syntetyczne szkło krzemionkowe. Wymienione formy mineralne mogą występować w takich skałach jak: wulkaniczne od przejściowych do kwaśnych o strukturze szklistej lub kryptokrystalicznej (np.: obsydian, pumeks, porfir bezkwarcowy, ryolit, skoria, dacyt, bazalt, andezyt, perlit – wg ASTM C294), niektóre skały ilaste, fyllity, szarogłazy, gnejsy, łupki metamorficzne, granity o teksturze gnejsowej, kwarc żyło-

wy, kwarcyty (pochodzenia metamorficznego), piaskowce, czerty. Do najbardziej reaktywnych składników zaliczany jest opał (krzemionka amorficzna) oraz chalcedon (Owsiak, 2015). Ponadto najnowsze badania w zakresie reaktywności kruszyw wskazują na inne, nie wymieniane w normie ASTM C295, formy mineralne podatne na alkalia (Kukielska & Góralczyk, 2015). Zakres badawczy pracy ograniczono do identyfikacji minerałów klasyfikowanych jako potencjalnie reaktywne wg ASTM C295.

Zgodnie z zaleceniami normy ASTM C295 oraz wytycznymi RILEM, 2016. W pierwszej kolejności przeprowadzono analizę makroskopową w zakresie jakościowej i ilościowej (metoda zliczania ziaren) oceny kruszywa, a następnie analizę mikroskopową na cienkich szlifach w świetle spolaryzowanym przechodzącym w zakresie jakościowym i ilościowym (analiza planimetryczna metodą zliczania punktowego).

Badania makroskopowe pozwoliły na ustalenie składu petrograficznego badanego kruszywa ze szczególnym uwzględnieniem skał klasyfikowanych jako potencjalnie reaktywne (wg ASTM C295). Analizę przeprowadzono podstawowymi narzędziami petrograficznymi oraz mikroskopem stereoskopowym NIKON SMZ 1000. Analiza mikroskopowa pozwoliła na jakościowo-ilościową ocenę występowania minerałów potencjalnie reaktywnych. Badania mikroskopowe przeprowadzono przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego Nikon Eclipse LV 100 POL; mikrografię wykonano cyfrową kamerą fotograficzną Nikon Digital Sight DS – Fi1, sterowaną komputerowo programem NIS – Elements BV 2.3. Badaniu podlegały standardowe preparaty mikroskopowe (3,5×2,4 cm) – cienkie szlify.

Preparaty mikroskopowe oraz analiza mikroskopowa w zakresie ilościowym, zostały wykonane zgodnie z zaleceniami dokumentu Recommendation 89, na który powołuje się RILEM, 2016 (Fernandes i in., 2016b). W trakcie identyfikacji składników potencjalnie reaktywnych w mikroobszarze odwoływano się do atlasu petrograficznego stanowiącego uzupełnienie metodyki RILEM, 2016. W celu potwierdzenia oraz uzupełnienia wyników analizy petrograficznej przeprowadzono dodatkowo analizę składu fazowego metodą rentgenograficzną XRD.

### 3. MATERIAŁ BADAWCZY

Kruszywo pochodzące z przekruszenia otoczków polodowcowych ze złoża Osowa stanowiło materiał badawczy. Do badań pobrano 3 frakcje kruszywa łamanego: 2-8 mm, 8-16mm oraz 16-22 mm (rys. 1–3) zgodnie z wymaganiami normy ASTM C295 i PN-EN 932-1. Przygotowano próbkę badawczą, będącą mieszaniną trzech pobranych frakcji w odpowiednich proporcjach, odpowiadających typowej mieszance kruszywowej, stosowanej do nawierzchni betonowej. Tak przygotowany materiał poddano makroskopowej analizie petrograficznej w zakresie jakościowym i ilościowym.



Rys. 1. Kruszywo łamane z przekruszenia otoczków polodowcowych ze złoża Osowa pobrane na badania petrograficzne (frakcja 4-8 mm)

Fig. 1. Crushed aggregates from glacial gravels from the Osowa deposit for petrographic examination (fraction 4-8 mm)



Rys. 2. Kruszywo łamane pochodzące z przekruszenia otoczków polodowcowych ze złoża Osowa pobrane na badania petrograficzne (frakcja 8-16 mm)

Fig. 2. Crushed aggregates from glacial gravels from the Osowa deposit for petrographic examination (fraction 8-16 mm)

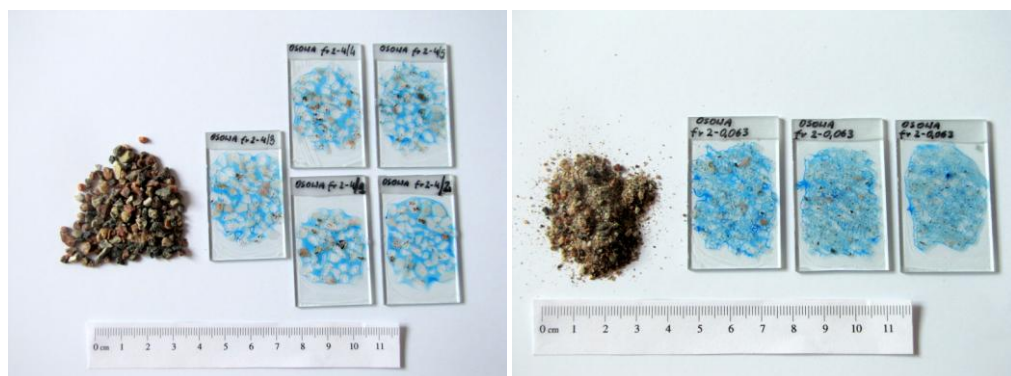


Rys. 3. Kruszywo łamane pochodzące z przekruszenia otoczków polodowcowych ze złoża Osowa pobrane na badania petrograficzne (frakcja 16-22 mm)

Fig. 3. Crushed aggregates from glacial gravels from the Osowa deposit for petrographic examination (fraction 16-22 mm)



Minimalna liczba ziaren do analizy ilościowej (metoda zliczania ziaren) wynosiła 150 zgodnie z wymaganiem ASTM C295. Materiał do wykonania preparatów mikroskopowych wymagał odpowiedniego przygotowania poprzez kruszenie i pomniejszanie w celu uzyskania próbki o odpowiedniej wielkości, zalecanej przez wytyczne RILEM, 2016. W przypadku preparatów wykonywanych z frakcji 2-4 mm próbka powinna zawierać co najmniej 300 ziaren, z frakcji 0,063-2 mm co najmniej 1500. W efekcie z materiału frakcji 2-4 mm wykonano 5 preparatów mikroskopowych, z frakcji 0,063-2 mm 3 preparaty (rys. 4). Pozostałość frakcji 2-4 mm i 0,063-2 mm zmielono (każdą z osobna) do uziarnienia poniżej 0,125 mm i poddano analizie składu fazowego metodą rentgenograficzną XRD.



Rys. 4. Preparaty mikroskopowe tzw. cienkie szlify do mikroskopowej analizy petrograficznej; z lewej preparaty z frakcji 2-4, z prawej preparaty z frakcji 0,063-2

Fig. 4. Thin -sections for petrographic assessment under microscope. On the left preparations for grain size 2-4. On the right preparations for grain size 0,063-2

#### 4. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Badany materiał to kruszywo łamane pochodzące z przekruszenia czwartorzędowych otoczków o genezie lodowcowej. Materiał został „przywleczony” przez lądolód skandynawski do Polski podczas kolejnych plejstocenijskich nasunięć (Czubala i in., 2006). Pierwotnie materiał ten stanowiły skały stratygraficznie zaliczane do paleoproterozoiku (Górska-Zabielska, 2008). Kruszywo charakteryzuje się dużą różnorodnością mineralogiczno-petrograficzną oraz strukturalno-teksturalną. Jest to materiał polimiktyczny o zmiennej barwie, ze zdecydowaną przewagą ziaren foremnych, ostrokrawędzistych o szorstkiej powierzchni i brakiem większych zmian wietrzeniowych.

Ilościowa analiza petrograficzna badanego materiału pozwala stwierdzić, że dominują skały krystaliczne (magmaowe, metamorficzne) występujące w ilości około 83,3%, pozostałość stanowią skały osadowe: piaskowce około 11,6% oraz utwory węglanowe około 4,9%. Nie stwierdzono utworów krzemionkowych jak: krzemień, rogowiec, opoka, określanych jako utwory silnie reaktywne alkalicznie ze względu na obecność w ich składzie mineralogicznym wysoce reaktywnych form krzemionki, tj. chalcedon, opal (Owsiak, 2015). Zebrane wyniki ilościowej analizy petrograficznej metodą zliczania ziaren przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Skład petrograficzny mieszanki kruszywa łamanego z Zakładu Osowa  
Tab. 1. Petrographic compositions of crushed aggregates from glacial gravels – Osowa deposit

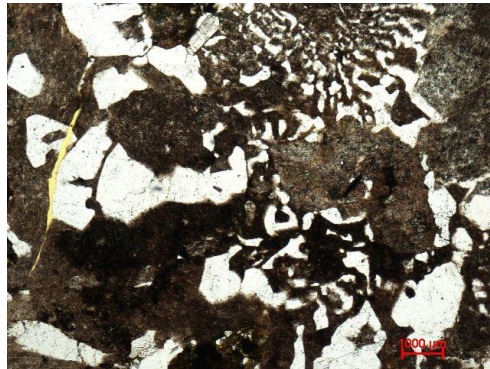
Grupa petrograficzna	Udział grupy petrograficznej we frakcjach [% masy]			Średni udział grupy petrograficznej [% masy]
	4-8	8-16	16-22	
czerwone i różowe granity	50,1	42,4	34,3	42,3
ciemne granitoidy (granity, granodioryty), dioryty i inne skały maficzne	19,1	30,3	37,6	29,0
jasne granity (granity leukokratyczne)	7,1	8,3	6,9	7,4
ryolity	1,5	1,3	2,1	1,6
bazalty/diabazy	1,6	1,2	1,9	1,6
gnejsy	—	1,4	2,7	1,4
piaskowce (w tym kwarcyty pochodzenia metamorficznego)	13,3	10,3	11,2	11,6
utwory węglanowe (wapień + dolomit)	6,6	4,8	3,3	4,9
pojedyncze minerały	0,7	0,0	0,0	0,2

Z utworów krystalicznych (skały magmaowe, metamorficzne) dominują czerwone granity. Skały te odznaczają się zmiennym charakterem strukturalno-teksturalnym, są to głównie granity o strukturze fanokrystalicznej od drobnokrystalicznej po średnio-krystaliczną, miejscami grubokrystaliczną. Miejscami czerwone granity wykazują strukturę porfirowatą (granitoporfirową). Dominuje tekstura zbita, bezładna. Skały te zbudowane są głównie ze skaleni alkalicznych (przeważnie ortoklaz), kwarcu, w mniejszym stopniu plagioklazów i blaszek biotytowych. W obrazie mikroskopowym w czerwonych granitach identyfikuje się mikrokrystaliczny kwarc (kryształy wielkości < 100  $\mu\text{m}$ ) oraz tzw. przerosty myrmekitowe (rys. 5). Ciemne granitoidy (granity, granodioryty) oraz dioryty stanowią około 29% badanego materiału. Reprezentowane są głównie przez ciemny granit biotytowy o strukturze średniokrystalicznej, teksturze zbitej, lekko kierunkowej podkreślonej liniowym ułożeniem ciemnych blaszek biotytu. Miejscami biotyt ulega procesowi chlorytyzacji przechodząc w chlo-

ryt (rys. 6). Jasne granity (granity leukokratyczne) stanowią około 7,4%, są to ziarna o strukturze fanokrystalicznej od drobnokrystalicznej po średniokrystaliczną i teksturze zbitej, bezładnej. Skały wulkaniczne stanowią zaledwie 3,2% badanego materiału, reprezentowane są przez tzw. „porfiry kwarcowe” – ryolity (około 1,6%) oraz ciemne bazalty (około 1,6%). Ryolity w badanym materiale to utwory barwy czerwonej o strukturze porfirowej i teksturze zbitej, bezładnej. W obrazie mikroskopowym afanitowe ciasto skalne ryolitów stanowi drobnokrystaliczna masa zbudowana z mikrokrystalicznej krzemionki i skaleni alkalicznych (rys. 7). Miejscami w cieście skalnym obserwuje się kryształy plagioklazów oraz prakryształy biotyту, podrzędnie hornblendy. Bazalt reprezentowany jest przez okruchy barwy szarzielonej o strukturze afanitowej, teksturze zbitej bezładnej. W obrazie mikroskopowym afanitowe ciasto skalne bazaltów stanowią wydłużone, listewkowate minerały plagioklazów oraz drobne, izometryczne kryształy piroksenów i minerałów nieprzeźroczystych (rys. 8). Miejscami w afanitowym cieście skalnym bazaltów obserwuje się prakryształy oliwinowe. Z utworów metamorficznych zidentyfikowano gnejs (około 1,4%) oraz pojedyncze ziarna kwarcytu metamorficznego. Ziarna kwarcytu w obrazie mikroskopowym wykazują charakterystyczną strukturę mozaikową z miejscami silną rekryształizacją kryształów kwarcu. Ponadto w kwarcycie obserwuje się kwarc w stanie naprężeń (rys. 9). Z utworów osadowych dominują piaskowce o strukturze drobnoziarnistej ( $< 0,2$  mm), teksturze zbitej, bezładnej. Miejscami obserwuje się okruchy czerwonopomarańczowego piaskowca z delikatnie zaznaczoną laminacją równoległą (tekstura kierunkowa – równoległa), pojedyncze okruchy piaskowca arkozowego oraz muskowitowego, piaskowce o zmiennym spoiwie od silnie scementowanego krzemionkowego przez węglanowe po żelaziste i mieszane.

W obrazie mikroskopowym często obserwuje się obwódki regeneracyjne wokół pojedynczych ziaren kwarcu (rys. 10). Utwory węglanowe reprezentowane są głównie przez ziarna wapienia podrzędnie dolomitu, co potwierdzają badania rentgenograficzne (rys. 11, 12). Z badań mikroskopowych wynika, że wapienie reprezentowane są głównie przez wapienie mikrytowe, w których w masie mikrytovej miejscami obserwuje się mikrokrystaliczne ziarna kwarcu, wapienie sparytowane oraz podrzędnie wapienie pochodzenia organodetrytycznego z rozproszonymi pojedynczymi bioklastami, których szkielety wypełnione są masą węglanową. Ziarna dolomitu występują w formie drobnosparytowej. Potwierdzeniem uzyskanych wyników jakościowej analizy petrograficznej jest analiza rentgenograficzna (XRD). Dodatkowo, analiza XRD w powiązaniu z wynikami analizy mikroskopowej wykluczyła obecność takich minerałów potencjalnie reaktywnych jak: opal, chalcedon, trydymit i krystobalit. Niemniej wyniki ilościowej analizy mikroskopowej wykazały, że w badanym kruszywie występują takie minerały potencjalnie reaktywne jak: kwarc w stanie naprężeń (około 6,1% obj.), kwarc mikrokrystaliczny (około 4,8% obj.), szkliwo wulkaniczne (do 0,1% obj.). Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych w zakresie reaktywności alkalicznej kruszyw wg ASTM C1260 oraz ASTM C1293 znajdowały się poniżej granicy potencjalnej

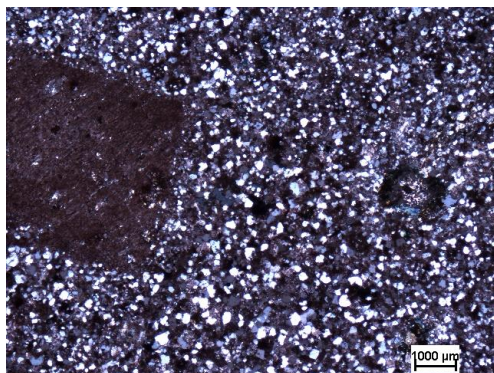
reaktywności alkalicznej. W przypadku metody ASTM C1260 ekspansja  $< 0,1\%$  wskazuje na brak reaktywności kruszywa natomiast w przypadku metody ASTM C1293 ekspansja  $< 0,04\%$ . Jak już wspomniano, w Polsce brak jest jednoznacznych kryteriów w zakresie ilościowego udziału reaktywnych form krzemionki. Niemniej porównując wyniki analizy petrograficznej oraz badań laboratoryjnych wg ASTM C1260 i ASTM C1293 można przypuszczać, że oznaczone zawartości zidentyfikowanych składników potencjalnie reaktywnych nie powinny powodować szkodliwej reakcji alkalia–krzemionka.



Rys. 5. Przerosty myrmekitowe. Obraz mikroskopowy (światło przechodzące, jeden polaryzator – PPL)  
Fig. 5. Myrmekitization. Microscopic image (transmitted light, plane-polarized light – PPL)

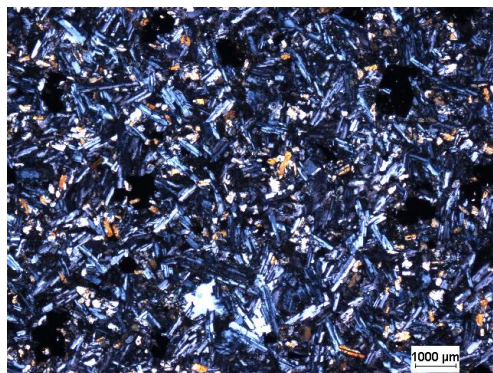


Rys. 6. Chlorytyzacja biotyty. Obraz mikroskopowy (światło przechodzące, jeden polaryzator – PPL)  
Fig. 6. Chloritization of biotite. Microscopic image (transmitted light, plane-polarized light – PPL)



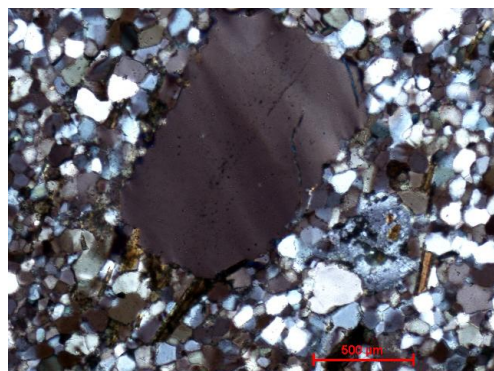
Rys. 7. Afanitowe ciasto skalne ryolitu zbudowane z mikrokrystalicznego kwarcu i skaleni. Obraz mikroskopowy (światło przechodzące, polaryzatory skrzyżowane – XPL)

Fig. 7. Aphanitic groundmass composed of microcrystalline quartz and feldspar. Microscopic image (transmitted light crossed-polarized light – XPL)



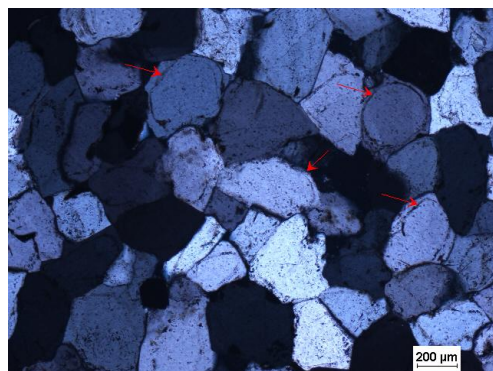
Rys. 8. Afanitowe ciasto skalne bazaltu zbudowane z wydłużonych listewkowatych minerałów plagioklazów oraz piroksenów. Obraz mikroskopowy

(światło przechodzące, polaryzatory skrzyżowane – XPL)  
Fig. 8. Aphanitic groundmass of basalt composed of elongated lath-shaped plagioclase and pyroxenitic minerals. Microscopic image (transmitted light, crossed-polarized light – XPL)



Rys. 9. Kwarec w stanie naprężeń w kwarcycie. Obraz mikroskopowy (światło przechodzące, polaryzatory skrzyżowane – XPL)

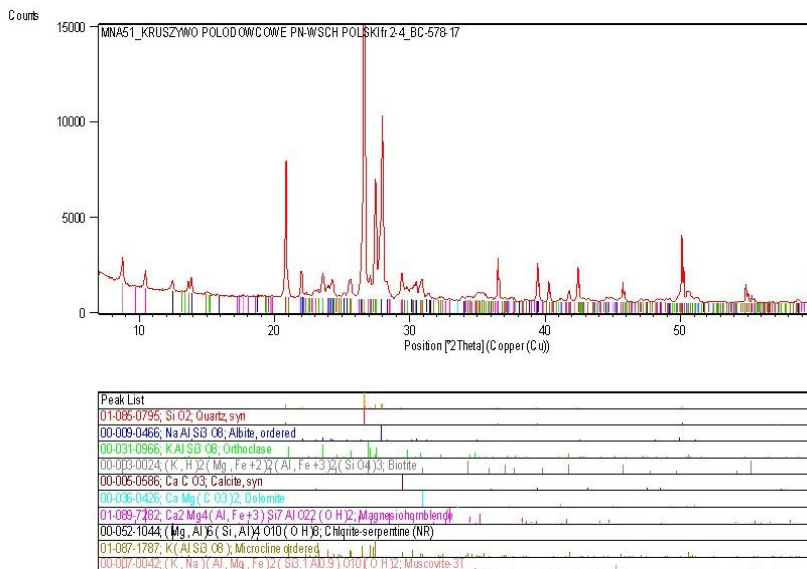
Fig. 9. Strained quartz in quartzite. Microscopic image (transmitted light, crossed-polarized light – XPL)



Rys. 10. Piaskowiec z widocznymi ziarnami kwarcu z otoczkami regeneracyjnymi (strzałka). Obraz mikroskopowy

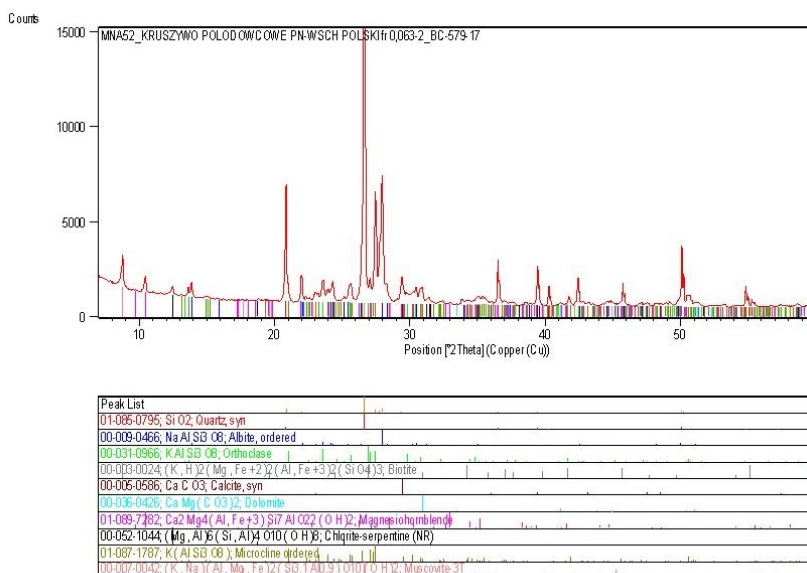
(światło przechodzące, polaryzatory skrzyżowane – XPL)  
Fig. 10. Sandstone with regeneration coats around quartz minerals (arrows). Microscopic image (transmitted light, crossed-polarized light – XPL)





Rys. 11. Analiza rentgenograficzna (XRD) próbki kruszywa ze złoża Osowa (frakcja 2-4)

Fig. 11. XRD analysis for crushed aggregates from the Osowa deposit (grain size 2-4)



Rys. 12. Analiza rentgenograficzna (XRD) próbki kruszywa ze złoża Osowa (frakcja 0,063-2)

Fig. 12. XRD analysis for crushed aggregates from the Osowa deposit (grain size 0,063-2)

## 5. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań petrograficznych surowca polodowcowego ze złoża Osowa k. Suwałk wykazały, że w kruszywie tym mogą występować, w niewielkich ilościach, składniki potencjalnie reaktywne. Jednakże na podstawie wyników badań laboratoryjnych wg ASTM C1260 i ASTM C1293 stwierdza się, że rodzaj i zawartość identyfikowanych składników potencjalnie reaktywnych nie wskazują na zagrożenie wystąpienia szkodliwej reakcji ASR.

W badanym kruszywie nie stwierdzono obecności najbardziej reaktywnych form krzemionki, do których zalicza się opal i chalcedon. Na tym etapie badań można uznać badane kruszywo za bezpieczne. Dodatkowo, materiał spełnia wymaganie specyfikacji technicznych w przypadku wykorzystania kruszyw polodowcowych do nawierzchni betonowej w zakresie zawartości skał pochodzących z przekruszenia utworów magmowych i metamorficznych (co najmniej 75%). Niemniej, ze względu na dużą różnorodność petrograficzną materiału, zalecana jest stała kontrola jego składu petrograficznego.

## LITERATURA

- ALAEJOS P., LANZA V., 2012, *Influence of equivalent reactive quartz content on expansion due to alkali silica reaction*, Cement and Concrete Research, 42, 1, 99–104.
- ASTM C33, *Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- ASTM C294, *Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates*.
- ASTM C295, *Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete*.
- ASTM C1260, *Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)*.
- ASTM C1293, *Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction*.
- BROEKMANS M., A.T.M., FERNANDES I., 2015, *Petrographic assessment of particulate materials: some statistical considerations*, 15<sup>th</sup> Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Delft, 409–410.
- CZUBALA P., GAŁĄZKA D., GÓRSKA M., 2006, *Eratyki przewodnie w glinach morenowych Polski*, Przegląd Geologiczny, vol. 54, 4, 352–362.
- FERNANDES I., RIBEIRO, M.D.A., BROEKMANS, M.A.T.M., SIMS, 2016 I., *Petrographic Atlas: Characterization of Aggregates Regarding Potential Reactivity to Alkalis*, Springer.
- FERNANDES I., DOS ANJOS RIBERIO M., MATINS H.C.B., NORONHA F., SOARES D., SANTOS SILVA A., BROEKMANS M.A.T.M., SIMS I, 2016, *To be or not to be... Alkali Reactive. A challenge for the petrographic method*, 15<sup>th</sup> International Conference on Alkali-Aggregates Reaction, Sao Paulo.
- GÓRALCZYK S., FILIPCZYK M., 2017, *Aktualne badania reaktywności alkalicznej polskich kruszyw*, Kruszywa mineralne, tom 1, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii PWr, 29–41.
- GÓRSKA-ZABIELSKA M., 2008: *Obszary macierzyste skandynawskich eratyków przewodnych osadów ostatniego zlodowacenia północno-zachodniej i północno-wschodnich Niemiec*, Geologos 14, 55–73.
- KUKIELSKA D., GÓRALCZYK S., 2015, *Reaktywność alkaliczna kruszyw*, Minig Science – Mineral Aggregates, vol. 22(1), 101–110.

- NAZIEMIEC Z., GARBACIK A., ADAMSKI G., 2017, *Reaktywność alkaliczna krajowych kruszyw*, *Kruszywa mineralne*, t. 1, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii PWr, 123–132.
- NAZIEMIEC Z., PABIŚ-MAZGAJ E., 2017, *Wstępna ocena reaktywności alkalicznej kruszyw lamanych ze złóż polodowcowych rejonu północnej Polski*, *Roads and Bridges – Drogi i Mosty*, 16, 203–222.
- OWSIAK Z., 2015, *Korozja wewnętrzna betonu*, Politechnika Świętokrzyska, M 66, 73–78.
- PN EN 932-1:1991, *Badania podstawowych właściwości kruszyw – Metody pobierania próbek*.
- RILEM, 2016, *Recommended Test Method, AAR-1.1 – Detection of Potential Alkali-Reactivity – Part 1: Petrographic Examination Method*, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 219-ACS vol. 17, Eds. Philip J. Nixon and Ian Sims, Springer.
- RECOMMENDATION 89, CUR, *Measures to prevent damage to concrete by alkali-silica reaction (ASR)*.

#### ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF OCCURRENCE OF POTENTIAL ALKALI-REACTIVE MINERALS IN CRUSHED AGGREGATES FROM GLACIAL DEPOSIT

There is a large accumulation of gravel-sand aggregates of glacial origin in the north-eastern part of Poland. Crushed aggregates produced by crushing pebbles have particularly good quality parameters. However, in terms of alkali reactivity of those aggregates many discrepancies occur. The root of the problem is that in Poland there are no clear criteria when it comes to determination of alkali reactivity of aggregates. In this paper the results of petrographic analysis in terms of possibility of occurrence of potential alkali-reactive minerals and rocks are presented on the basis of aggregates from Osowa deposit.

The petrographic analysis was conducted according to ASTM C285 and requirements of RILEM, 2016. As a result, the data of petrographic composition in terms of quality and quantity of potential reactive constituents in aggregates from Osowa deposit were obtained. After that the correlation between the results of petrographic analysis and findings of determination of alkali-reactivity of aggregates according to ASTM C1260 and ASTM C1293 for aggregates from Osowa deposit was carried out.



Sławomir PATLA

*POLTEGOR-INSTYTUT – Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław*

Kamil ROGOSZ

*POLTEGOR-INSTYTUT – Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław*

## **MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DOŚWIADCZEŃ Z GÓRNICTWIA ODKRYWKOWEGO DO MAKRONIWELACYJNYCH ROBÓT STRZAŁOWYCH**

### **1. WPROWADZENIE**

Usuwanie lub profilowanie zwięzłych warstw skalnych wymaga użycia efektywnych metod strzałowych, zapewniających bezpieczeństwo otoczeniu i przyległym obiektom. Celem realizacji takich prac jest równoległe spełnienie wymogów bezpieczeństwa w zakresie rozrzutu odłamków skalnych, powietrznej fali uderzeniowej, drgań parasejsmicznych oraz odspojenia, skruszenia i przemieszczenia skał. Ponadto przygotowanie i wykonanie odstrzałów musi się odbywać najczęściej w czasie nie kolidującym z odbywającymi się pracami (budowlanymi, pomiarowymi, dostawami materiałów, sprzętu itp.).

Skoordynowanie prac wiertniczo-strzałowych na ograniczonym terenie, wymaga odpowiedniej organizacji i harmonogramu czynności. Próby usunięcia skał najmniejszym nakładem energii i środków kończą się najczęściej niepowodzeniem, uszkodzeniem sprzętu lub niebezpiecznymi zdarzeniami. Do osiągnięcia założonych celów z powodzeniem wykorzystywane są sprawdzone i skuteczne metody prowadzenia robót wiertniczo-strzałowych, zaczerpnięte z odkrywkowych zakładów górniczych.

Zastosowanie na etapie projektowania specjalistycznego oprogramowania komputerowego do analizy danych przestrzennych oraz użycie nowoczesnych materiałów wybuchowych i środków strzałowych, umożliwia precyzyjny dobór parametrów strzelania. Uwzględniając lokalizację i specyfikę przyległych obiektów, podlegających ochronie, możliwa jest istotna redukcja niekorzystnych oddziaływań. Prowadzenie bieżącego monitoringu oddziaływania drgań parasejsmicznych i cyfrowej rejestracji odstrzałów, pozwala na każdorazową analizę wyników oraz możliwość korekty parametrów i minimalizację zagrożeń w kolejnych odstrzałach.

Takimi obiektami w trakcie realizacji makroniwelacyjnych robót strzałowych są najczęściej sąsiednie obiekty kubaturowe i liniowe, ale także maszyny i urządzenia budowlane oraz instalacje lub elementy przyrody. Nowoczesne metody prowadzenia makroniwelacyjnych robót strzałowych, łączą w sobie zaawansowane techniki

projektowania, analizy i monitoringu oddziaływań i wielokrotnie potwierdziły swą efektywność przy odspajaniu i rozdrabnianiu skał w trakcie realizacji inwestycji drogowych czy wykopów pod rurociągi i fundamenty na terenach górzystych. Stosowanie materiałów wybuchowych (MW) w robotach budowlanych regulują m.in. zapisy aktów normatywnych (Dz.U.2002.117.1007, Dz.U.2011.42. 216). Prowadzenie robót strzałowych w kopalniach surowców skalnych oraz monitoring poziomu oddziaływań zrealizowano przy pracach makroniwelacyjnych, wykonywanych w Katowickiej Specjalnej Strefie Ekonomicznej (KSSE) i Szklarskiej Porębie.

## 2. IDENTYFIKACJA WARUNKÓW GEOTECHNICZNYCH I OCENA BUDOWY OBIEKTÓW CHRONIONYCH

Podstawą każdego projektu robót wiertniczo-strzałowych jest pozyskanie informacji, dotyczącej budowy geologicznej skał przewidzianych do usunięcia, ich parametrów wytrzymałościowych oraz ustaleń rzeczywistych warunków dotyczących spękań górotworu, miejsc występowania zwierzeliny oraz lokalizację i specyfikę obiektów chronionych. Utrudnieniem przeprowadzenia robót strzałowych jest najczęściej bliska lokalizacja obiektów wymagających szczególnej ochrony. Należą do nich elementy infrastruktury (rurociągi, podziemne i naziemne linie energetyczne), obiekty zabytkowe i specjalne. Każdy z obiektów kubaturowych i liniowych charakteryzuje się najczęściej zróżnicowaną budową, stanem technicznym, lokalizacją względem rejonu projektowanych odstrzałów i wymaga indywidualnego podejścia pod kątem określenia odporności na poszczególne oddziaływania.

Do oceny wpływów dynamicznych na budynki stosowana jest norma PN-B-02170: 2016-12, podająca sposób oceny wpływów parasejsmicznych według skał wpływów dynamicznych – SWD. Dotyczy ona jednak określonej grupy obiektów. Odporność sejsmiczną obiektów określić można również w oparciu o normy zagraniczne, np. DIN 4150-3:1986-05. Odporność obiektów liniowych, gazociągów itp. określana jest na podstawie obliczeń wytrzymałościowych bądź danych literaturowych (Krzewiński & Rekucki, 2005; Winzer i in., 2016).

Istotne jest poprawne zidentyfikowanie wszystkich obiektów chronionych leżących w okolicy prowadzenia prac MW, zarówno najbliższych jak i położonych w dalszej odległości, z uwzględnieniem ich odporności sejsmicznej. W przypadku obiektów szczególnie narażonych na oddziaływanie drgań zalecane jest przeprowadzenie inwentaryzacji i opisu stanu technicznego obiektów wraz z dokumentacją fotograficzną. Obiektami podlegającymi ochronie były fabryka ceramicznych filtrów cząstek stałych w KSSE oraz zabudowa mieszkalno-hotelowa w Szklarskiej Porębie.

### 3. DRGANIA PARASEJSMICZNE

Skutkiem ubocznym prowadzenia robót strzałowych jest występowanie niepożądanych, aczkolwiek nieodczownych oddziaływań środowiskowych m.in. rozrzutu odłamków skalnych, powietrznej fali udarowej oraz drgań parasejsmicznych. Te ostatnie to, w uproszczeniu, odkształcenia sprężyste górotworu, rozchodzące się w sposób promieniowy wokół miejsca strzelania. Wielkość oddziałujących w danym punkcie drgań parasejsmicznych zależy od odległości od miejsca strzelania, związana jest z rodzajem i budową geologiczno-tektoniczną falowodu oraz od wielkości, sposobu umieszczenia i odpalenia ładunku MW. Wraz ze wzrostem odległości od miejsca strzelania wielkość oddziaływania parasejsmicznego na skutek rozproszenia energii ulega zmniejszeniu i wytłumieniu. Wielkość strefy bezpieczeństwa sejsmicznego uzależniona jest również od odporności sejsmicznej obiektów chronionych. Stosowany ładunek w serii strzałowej, przy odpowiednim doborze opóźnień milisekundowych, nie wpływa znacząco na wielkość drgań parasejsmicznych (Müller & Böhnke, 2003).

W celu orientacyjnego określenia dopuszczalnych wielkości ładunków przy dwóch płaszczyznach odsłonięcia można skorzystać ze wzoru zawartego w Rozporządzeniu ME (Dz.U. 2017.321.)

$$r_s = \frac{\sqrt{Q_z}}{\varphi} \quad (1)$$

gdzie:

- $r_s$  – zasięg strefy zagrożenia drganiami parasejsmicznymi górotworu, [m]
- $Q_z$  – maksymalny ładunek MW przypadający na stopień opóźnienia przy stosowaniu zapalników milisekundowych lub całkowity, który odpalany jest natychmiastowo, [kg]
- $\varphi$  – współczynnik zależny od prędkości fali podłużnej ( $c$ ) w podłożu chronionego obiektu, wynoszący:
 

dla $c < 2000$ m/s	$\varphi = 0,019-0,015$
$2000 < c < 3000$ m/s	$\varphi = 0,025-0,020$
dla $c > 3000$ m/s	$\varphi = 0,030-0,026$

Dla robót strzałowych wykonywanych z jedną powierzchnią odsłonięcia lub gdy seria ładunków MW odpalana jest przy użyciu zapalników milisekundowych, zasięg strefy drgań parasejsmicznych obliczony według wzoru (1) zwiększa się o 50%. W rezultacie wyliczone wielkości ładunków, ze względu na obostrzenia związane z ochroną obiektów sąsiadujących, osiągają niewielkie wartości. Może to wpływać na niską rentowność robót strzałowych, a niekiedy decydować o braku możliwości stosowania prac eksploatacyjnych.

Przepisodawca umożliwia rzeczoznawcy określenie rzeczywistego zasięgu stref drgań parasejsmicznych. Możliwe jest wykorzystanie jednego z wielu wzorów na obliczanie prędkości drgań w funkcji wielkości ładunku na opóźnienie milisekundowe i odległości. Z chwilą przystąpienia do robót strzałowych należy wykonać badania, pozwalające określić rzeczywisty model propagacji parasejsmicznej oraz poziom oddziaływania w rejonie posadowienia obiektów chronionych. Na podstawie wyników pomiarów można wówczas zweryfikować parametry robót, zapewniając zachowanie poziomu drgań na bezpiecznym poziomie. Prawidłowo wyznaczone wielkości ładunków dopuszczalnych oraz przyjęte założenia parametrów i zabezpieczeń, zapewniają ochronę obiektom przed skutkami drgań parasejsmicznych.

W Katowickiej Specjalnej Strefie Ekonomicznej (KSSE) oraz w Szklarskiej Porębie zastosowano metodologię obliczeń zasięgów stref oddziaływań parasejsmicznych znaną w górnictwie odkrywkowym. Doświadczenie nabyte w górnictwie skalnym oraz wcześniej realizowane prace w warunkach cywilnych były podstawą dla obliczeń korelacyjnych. W KSSE prowadzono prace makroniwelacyjne z użyciem MW w celu usunięcia nadmiaru skał dolomitowych. Prace związane były z przygotowaniem podłoża pod drogę dojazdową do realizowanej inwestycji. Ze względu na sąsiedztwo działającej już fabryki ceramicznych filtrów cząstek stałych prowadzono stały monitoring poziomu oddziaływań. Czujniki drgań zainstalowano bezpośrednio przy elementach wrażliwych fabryki, w tym przy wagach przemysłowych. Pozostałe czujniki umieszczono w gruncie na profilu miejsca strzelania – fabryka.

W Szklarskiej Porębie prowadzono prace makroniwelacyjne mające na celu uzyskania projektowanej głębokości wykopu pod fundamenty wielolokalowego domu mieszkalnego. Zwięzłość i abrazywność skał granitowych utrudniała lub uniemożliwiała ich mechaniczne urabianie. Zastosowanie robót strzałowych w znaczący sposób ułatwiło ten proces i skróciło czas emisji niekorzystnych oddziaływań związanych z prowadzeniem prac ziemnych. Otrzymane wyniki służyły ciągłej weryfikacji poziomu oddziaływań i ewentualnemu korygowaniu parametrów siatki strzałowej, w tym długości otworów, odległości między otworami i rzędami oraz wielkości ładunków w otworach strzałowych. Podczas monitoringu prac makroniwelacyjnych w każdej lokalizacji nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych poziomów oddziaływań.

#### 4. ROZRZUT ODŁAMKÓW SKALNYCH

Konieczność zapewnienia bezpieczeństwa najbliższym obiektom przed rozrzutem odłamków skalnych stanowi ważny element projektu robót strzałowych i wymagań dotyczących zabezpieczeń. Rozwiązanie utrudnień związanych z rozrzutem może być realizowane na trzy sposoby: objęcie strefą rozrzutu danego obiektu pod warunkiem odpowiedniego zabezpieczenia obiektu i ludzi w czasie strzelania, bądź też przygotowaniem i prowadzeniem robót w sposób zapewniający ograniczoną strefę rozrzutu.

Odległość strefy rozrzutu w zakładach górniczych jest wyznaczana wg tabeli 2, załącznik 4 Rozporządzenia ME (Dz.U. 2017.321); dla każdej ze stosowanych metod strzelania ustalono stosunkowo duży promień strefy potencjalnego zagrożenia. Korzystnym rozwiązaniem jest wyznaczenie rzeczywistej strefy rozrzutu na podstawie badań i obliczeń, wykonanych dla danych warunków geologicznych i przewidywanej do zastosowania metody strzelania oraz określenie wartości granicznych parametrów, mających istotny wpływ na wielkość tego oddziaływania.

Najpowszechniej stosowaną metodą strzelania przy pracach makroniwelacyjnych jest metoda określaną w górnictwie jako strzelanie ładunkami w otworach krótkich pionowych (długość otworu  $L_o < 6$  m, kąt pochylenia  $\alpha \geq 70^\circ$ ), zwaną dalej metodą krótkich otworów. Metodę tę można podzielić na warianty ze względu na charakter odstrzału, uwzględniając liczbę płaszczyzn odsłonięcia. Przy pracach makroniwelacyjnych najczęściej występuje jedna płaszczyzna odsłonięcia (powierzchnia terenu – strop warstwy do usunięcia), analogicznie jak w przypadku udostępniania nowego poziomu w zakładzie górniczym. Strzelanie z więcej niż jedną płaszczyzną odsłonięcia stosowane jest w przypadku dużych miąższości usuwanego materiału. Specyfika strzelań makroniwelacyjnych polega na rozluźnianiu masywu skalnego i wybraniu skruszonego urobku do dna wykopu. W odróżnieniu od strzelań w zakładach górniczych nie istnieje tu potrzeba uzyskania zakładanej granulacji.

W przypadku jednej płaszczyzny odsłonięcia, przemieszczanie się odłamków skalnych może zawierać się w określonym przedziale kątowym: lina pionu – kierunek ruchu. Teoretycznie odłamki mogą być wyrzucane w górę, pod warunkiem opadnięcia na usyp, co wcale nie jest łatwe do realizacji. Głównym parametrem stosowanym przy projektowaniu odstrzałów jest ładunek jednostkowy  $q_j$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] wyrażany stosunkiem ilości MW na jeden  $\text{m}^3$  calizny. Przy poprawnym doborze ładunku jednostkowego głównymi czynnikami, mającymi wpływ na możliwość powstania nadmiernego rozrzutu odłamków, jest osłabienie calizny w części przybitkowej oraz jakość i poprawność wykonania samej przybitki. Kluczowe znaczenie ma jednak prawidłowe rozpoznanie właściwości urabianej skały. Uzupełnieniem i weryfikacją tych informacji mogą być dane uzyskiwane z postępu wiercenia otworów. Dodatkowymi parametrami, mającymi znaczący wpływ na rozrzut, jest odległość płaszczyzny odsłonięcia od kolumny MW (zabior –  $z$ ) oraz ilość MW, przypadająca na objętość skały na całej długości otworu strzałowego. W jednorodnych warunkach jest ona w przybliżeniu stała, jednak w przypadku np. dużej szczelinowatości górotworu lub zjawisk krasowych może nastąpić miejscowe skumulowanie, bądź migracja MW w szczeliny, stwarzając bezpośrednie zagrożenie nadmiernym rozrzutem.

Wielkość rozrzutu odłamków skalnych można określić na podstawie licznych wzorów dostępnych w literaturze. Wzory te określają wielkość rozrzutu odłamków skalnych w zależności od różnych parametrów. Przyjęte parametry opisują wybrane cechy górotworu, wielkości geometryczne siatki otworów i zabierki (zabior –  $z$ , odległość między otworami –  $a$ , itp.) i parametry energetyczne MW.

Dla prac makroniwelacyjnych w KSSE i Szklarskiej Porębie roboty strzałowe charakteryzowały się średnimi parametrami przedstawionymi (w tab. 1). Wielkość ładunku MW określono dla najczęściej (w danej lokalizacji) stosowanych długości, średnicy otworu i długości przybitki oraz gęstości objętościowej MW –  $\rho_{MW} = 850 \text{ kg/m}^3$ .

Tab. 1. Parametry robót strzałowych.  
Tab. 1. Blasting parameters

Zmienna	Jednostka	KSSE	Szklarska Poręba
zabior, $z$	[m]	2,4	1,2
długość otworu, $L$	[m]	6,0	1,8
średnica koronki wiertniczej, $\varnothing$	[mm]	105	38
długość przybitki, $l_p$	[m]	3,0	1,2
masa ładunku MW w otworze strzałowym, $Q_o$	[kg]	20	2,5
gęstość objętościowa skały, $\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2330	2600
wskaźnik urabialności (Czarnigorski, 1986) $P_{pr}$	[m <sup>3</sup> /kg]	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$

Wyszczególnione parametry posłużyły do określenia teoretycznego zasięgu rozrzutu na podstawie wybranych zależności (wzór SveDeFo):

$$R_r = 260 \cdot (d / 25)^{2/3} \text{ [m]} \quad (2)$$

gdzie  $d$  – średnica otworu strzałowego, mm.

Wzór (2) określa wielkość rozrzutu jako funkcję średnicy otworu strzałowego. Nie uwzględnia żadnego innego parametru. Po podstawieniu wartości średnic stosowanych koronek wiertniczych ( $\varnothing = 38$  i  $\varnothing = 105$  mm) otrzymamy  $R_{r38} = 340$  m i  $R_{r105} = 670$  m. Obliczone odległości są znacząco większe w stosunku do rzeczywistych, zarejestrowanych podczas pomiarów.

Wzór do określenia rzeczywistej wielkości strefy zagrożenia należy dobrać do specyfiki rejonu strzelań – wzór Pokrowskiego (Hałat & Morawa, 2007)

$$R = 20 \cdot \left( \sqrt[3]{2200 \cdot \frac{Q}{\rho_s \cdot z^3} - 0,7} \right)^2 \cdot z \text{ [m]} \quad (3)$$

gdzie:

$z$  – zabior, [m]

$Q$  – masa ładunku oddziaływująca na element skalny (najczęściej ładunek w otworze strzałowym), [kg]

$\rho_s$  – gęstość objętościowa skały, [kg/m<sup>3</sup>]

Wzór uwzględnia masę MW, gęstość objętościową skały oraz zabior. Jako wartość zabioru przyjęto odległość osi otworu strzałowego do najbliższej płaszczyzny odsłonięcia. W praktyce, druga płaszczyzna odsłonięcia (ocios) wykonywana była koparką na głębokość, do jakiej udało się urobić caliznę. Dla robót strzałowych prowadzonych w omawianych lokalizacjach obliczone zasięgi rozrzutu wynosiły:

$$\text{KSSE} \quad R = 20 \cdot \left( \sqrt[3]{2200 \cdot \frac{20}{\rho_s \cdot 2,4^3} - 0,7} \right)^2 \cdot 2,4 = 15,4 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{Szkłarska} \\ \text{Poręba} \end{array} \quad R = 20 \cdot \left( \sqrt[3]{2200 \cdot \frac{2,5}{\rho_s \cdot 1,2^3} - 0,7} \right)^2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ m}$$

Wielkości obliczonego rozrzutu dobrze odzwierciedlają rzeczywiste wartości zaobserwowane podczas pomiarów (Czernigorski, 1986)

$$R = \frac{9,2 \cdot 10^4}{\rho_s} \cdot \left( \frac{Q}{a \cdot z \cdot l_p \cdot \sqrt[3]{P_{pr}}} \right)^{0,75} \quad (4)$$

gdzie:

- $z$  – zabiór, [m]
- $Q$  – masa ładunku oddziałująca na element skalny (najczęściej ładunek w otworze strzałowym), [kg]
- $\rho_s$  – ciężar objętościowy skały, [kg/m<sup>3</sup>]
- $a$  – odległość między otworami, [m]
- $l_p$  – długość przybitki, [m]
- $P_{pr}$  – wskaźnik urabialności, [m<sup>3</sup>/kg]

co dla warunków analizowanych warunków daje:

$$\text{KSSE} \quad R = \frac{9,2 \cdot 10^4}{2330} \cdot \left( \frac{20}{2,4 \cdot 2,4 \cdot 3,0 \cdot \sqrt[3]{5 \cdot 10^{-3}}} \right)^{0,75} = 188 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{Szkłarska} \\ \text{Poręba} \end{array} \quad R = \frac{9,2 \cdot 10^4}{2600} \cdot \left( \frac{2,5}{1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot \sqrt[3]{3 \cdot 10^{-3}}} \right)^{0,75} = 175 \text{ m}$$

Powyższe obliczenia na wybranych wzorach pokazują bardzo dużą zmienność teoretycznego zasięgu rozrzutu odłamków skalnych. W rzeczywistości, w omawianych lokalizacjach można przyjąć, że rzeczywisty zasięg rozrzutu nie wykraczał poza rejon odstrzału.

Przy wyznaczeniu zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych należy brać pod uwagę zmienność podstawowych parametrów wpływających na zasięg rozrzutu oraz możliwość ich kontrolowania (Grześkowiak & Patla, 2016). Rzeczywiste parametry należy każdorazowo dostosować do warunków panujących w danej zabierce. Projekt każdej siatki strzałowej powinien uwzględniać wnioski z poprzednich odstrzałów. Pozwala to zminimalizować, bądź wręcz wyeliminować zjawisko rozrzutu odłamków skalnych.

## 5. PODSUMOWANIE

Stosowanie rozwiązań i procedur sprawdzonych w odkrywkowych zakładach górniczych, przynosi wymierne efekty ekonomiczne przedsiębiorcom prowadzącym działalność budowlaną. Pozwala na ograniczenie zasięgów niebezpiecznych oddziaływań na środowisko oraz daje znaczne oszczędności, skraca czas realizacji zadań i zmniejsza zużycie maszyn urabiających. Dotychczasowe doświadczenia zdobyte w ramach prac badawczych prowadzonych w IGO Poltegor-Insytut potwierdzają potrzebę wdrażania nowoczesnych rozwiązań, dotyczących możliwości stosowania MW w bliskiej odległości od obiektów chronionych. Adaptacja doświadczeń z praktyki górnictwa odkrywkowego do prac makroniwelacyjnych pozwala na kompleksowe i systemowe wykorzystanie procedur analizy warunków i efektów urabiania. Umożliwia stosowanie odpowiednich parametrów i środków strzałowych przy ustalonych warunkach urabiania, połączonych z ochroną przyległych obiektów kubaturowych i liniowych. Należy stwierdzić, że dominujące znaczenie w projektowaniu i optymalizacji makroniwelacyjnych robót strzałowych ma kontrola zjawisk związanych z teorią wybuchu ładunków MW, a w szczególności propagacji drgań parasejsmicznych, rozrzutu odłamków skalnych oraz prawidłowa identyfikacja warunków geologiczno-inżynierskich. Do podstawowych sposobów ograniczenia wielkości strefy zagrożeń należy prawidłowe dostosowanie wielkości ładunku MW do warunków podłoża skalnego oraz wykonanie przybitki z frakcji gwarantujących dobre klinowanie w otworze strzałowym.

Stosowanie nieelektrycznych i elektronicznych systemów odpalania oraz prawidłowy dobór czasów opóźnień milisekundowych, pozwalają na bezpieczne zwiększenie wielkości ładunku odpalanego w serii oraz lepsze kierowanie procesem urabiania i formowania kształtu usypu, bez wzrostu emisji drgań parasejsmicznych. Ze względu na konieczność prowadzenia strzelań w pobliżu obiektów chronionych konieczne jest skuteczne ograniczanie zasięgu niebezpiecznych oddziaływań. Pomiar drgań parasejsmicznych wykonywane w trakcie odstrzałów, wykorzystywane są następnie do weryfikacji zależności korelacyjnych propagacji i bezpiecznych wielkości ładunków MW. Dzięki wykorzystaniu programów i procedur obliczeniowych, ustalone zasięgi stref niebezpiecznych oddziaływań, skorelowane z odległością do obiektów chronionych i wielkością odpalanych ładunków MW, nie są przekroczone.

## LITERATURA

- CZERNIGORSKI, A., 1986, *Применение направленного взрыва в горном деле*, Moskwa: Nedra; *Применение направленного взрыва в горном деле*, Недра, Москва.
- DIN 4150-3:1986-05, Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen.
- GRZEŚKOWIAK S., PATLA S., 2015, *Wspomaganie projektowania i badania efektów robót strzałowych w odkrywkowych zakładach górniczych*, III Polski Kongres Górniczy, abstrakt, 60–62.



- HAŁAT W., MORAWA R., 2007, *Metoda prognozowania zasięgu strefy rozrzutu przy prowadzeniu robót strzałowych*, Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie, 157/1 (9), 28–31.
- KRZEWIŃSKI R., REKUCKI R., 2005, *Roboty budowlane przy użyciu materiałów wybuchowych*, Oficyna Wydawnicza Polcen.
- MÜLLER B., BÖHNKE R., 2003, *Verbesserung des Sprengergebnisses und Verringerung von Erschütterungen durch Anwendung der Impulstheorie bei Gewinnungssprengungen*, Górnictwo Odkrywkowe, 7–8, 81–92.
- OLOFSSON S. O., 2002, *Applied explosives technology for construction and mining*, Ärla, Applex AB.
- PN-B-02170:2016-12, *Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki*.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 lutego 2011 r. ws. sposobu prowadzenia prac z użyciem materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego oraz podczas oczyszczania terenów, Dz.U.2011.42.216.
- Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 21 lutego 2017 r. ws. szczegółowych wymagań dotyczących przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w ruchu zakładu górniczego, Dz.U. 2017.321.
- Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o zmianie ustawy o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego oraz niektórych innych ustaw, Dz.U.2016,544.
- WINZER J., SOŁTYS A., PYRA J., 2016, *Oddziaływanie na otoczenie robót z użyciem materiałów wybuchowych*, Wyd. AGH.

#### POSSIBILITIES OF USING THE EXPERIENCE OF OPENCAST MINNING FOR MACRO-LEVELING BLASTING WORKS

The paper presents possibilities for implementation organizational and technical solutions aiming at improvement of safety of macro-levelling works carried out with the use of blasting techniques. Experience gained in designing and implementation of drilling and blasting works in opencast mining companies, verified with measurements and environmental impact assessments, allowed to define conditions for effective excavation with the use of explosives as well as to maintain safety during macro-levelling works. Analysis of solutions currently applied in opencast mines as well as research and observations enabled verification of assumptions of projects of cohesive rocks removal during construction works and operational control of blasting effects.



Miranda PTAK

*Okręgowy Urząd Górniczy we Wrocławiu*

Zbigniew KASZTELEWICZ

*Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie*

## **WAŻNE ZMIANY W PRZEPISACH DOTYCZĄCYCH PROWADZENIA DZIAŁALNOŚCI GÓRNICZEJ**

### **1. WSTĘP**

To co w życiu jest najbardziej pewne, to zmiana. Tak też jest z przepisami prawa, muszą one podążać za nową rzeczywistością, jak również starać się poprawić regulacje prawne, które w zderzeniu z praktyką dnia codziennego nie zapewniły precyzyjnego rozwiązania. Źródłem dokonanych zmian są również dyrektywy unijne, sukcesywnie wprowadzane do systemu prawa krajowego. Tekst jednolity ustawy 17 listopada 2017 r. jest już czwartym takim tekstem ustawy z 9 czerwca 2011 r. *Prawo geologiczne i górnicze (pgig)*. Jest to powodowane między innymi zmianami wynikającymi z ustaw:

- z dnia 30 listopada 2016 r. *o zmianie ustawy o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego oraz niektórych innych ustaw*,
- z dnia 14 grudnia 2016 r. *Przepisy wprowadzające ustawę Prawo oświatowe*,
- z dnia 16 grudnia 2016 r. *o zmianie ustawy o instytutach badawczych oraz ustawy Prawo geologiczne i górnicze*,
- z dnia 25 maja 2017 r. *o zmianie ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw*,
- z dnia 20 lipca 2017 r. *Prawo wodne*.

Nie wszystkie zmiany bezpośrednio dotyczą przedsiębiorców górniczych, a artykuł przedstawia się tylko zmiany lub nowe regulacje, które wpływają w sposób bezpośredni na prowadzenie odkrywkowej działalności górniczej. Wśród takich zmian należy wymienić rozporządzenia Ministra Środowiska:

- z dnia 29 stycznia 2013 r. *w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych* – obowiązuje od 1 lipca 2017 r.,
- z dnia 8 grudnia 2017 r. *w sprawie planów ruchu zakładów górniczych*,
- nowelizację Kodeksu postępowania administracyjnego – ustawa z dnia 7 kwietnia 2017 r. *o zmianie ustawy – Kodeks postępowania administracyjnego i niektórych innych ustaw*.

## 2. ISTOTNE DLA GÓRNICICTWA ODKRYWKOWEGO ZMIANY

Wybór zmian oparto o ich powszechność, skutkach jakie mogą te zmiany przynieść oraz na aspekcie poprawnej i bezpiecznej organizacji ruchu odkrywkowego zakładu górniczego. Szczególne miejsce znalazły też zmiany związane z nowelizacją procedur administracyjnych istotnych dla przedsiębiorcy górniczego.

### 2.1. ZAGROŻENIA NATURALNE

W dniu 1 lipca 2017 r. weszło w życie rozporządzenie w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych, które przewiduje dla działalności odkrywkowej nowe zagrożenie wodne i zagrożenie osuwiskowe, wcześniej nie kategoryzowane, z wyjątkiem kopalń węgla brunatnego. Zgodnie z art. 118 ust. 2 *Pig* złoża, pokłady, wyrobiska, ich części oraz inne przestrzenie w zakładach górniczych, gdzie występują zagrożenia naturalne (...) podlegają zaliczeniu do poszczególnych stopni, kategorii lub klas zagrożeń, według kryteriów określonych w przepisach wydanych na podstawie odpowiedniego rozporządzenia ministra właściwego do spraw środowiska. Odpowiedniego zaliczenia dokonuje kierownik ruchu zakładu górniczego w oparciu o dokumentację określoną w rozporządzeniu.

#### 2.1.1. Zagrożenie wodne

Na podstawie rozporządzenia w sprawie zagrożeń naturalnych w odkrywkowych zakładach górniczych ustala się dwa stopnie zagrożenia wodnego.

Do pierwszego zalicza się złoża lub jego część, jeżeli jest możliwa jedna z sytuacji:

- a) zatopienie wyrobiska lub jego części w przypadku zaistnienia gwałtownych opadów atmosferycznych,
- b) bezpośrednie wdarcie się wody ze zbiorników lub cieków wodnych znajdujących się na powierzchni terenu do wyrobiska,
- c) wpłynięcie wody ze skarp lub spągu wyrobiska w ilości stwarzającej niebezpieczeństwo dla pracowników lub ruchu zakładu górniczego.

Natomiast o zaliczeniu do drugiego stopnia zagrożenia złoża lub jego części można mówić wówczas, kiedy przedmiotowa przestrzeń wcześniej znalazła się w określonych warunkach opisanych w punkcie a, b lub c. Wówczas kierownik ruchu zakładu górniczego dokonuje takiego zaliczenia w oparciu o dokumentację zawierającą:

- charakterystykę budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych takiej przestrzeni, w szczególności też podziemnych zbiorników wodnych, otworów wiertniczych zlikwidowanych nieprawidłowo, uskoków wodonośnych, innych źródeł zagrożenia, z których jest możliwe wdarcie się wód, wody z luźnym materiałem, stwarzające niebezpieczeństwo dla pracowników lub ruchu zakładu górniczego,

- analizę wpływu źródeł tego zagrożenia nie tylko na prowadzone, ale również na projektowane prace,
- obliczenie oraz określenie granic proponowanego zaliczenia przestrzeni do odpowiedniego stopnia zagrożenia wraz z uzasadnieniem.

W przypadku występowania podziemnych zbiorników wodnych konieczne jest również wyznaczenie szerokości strefy wokół tych zbiorników stwarzających zagrożenie wodne.

Dokumentacja, na podstawie której następuje zaliczenie, powinna też mieć wykonaną mapę wyrobisk lub ich części w skali nie mniejszej niż 1:10 000 z wyszczególnionymi źródłami zagrożenia oraz z propozycjami granic poszczególnych jego stopni. Z załączników graficznych wymagane jest przedstawienie przekrojów hydrogeologicznych map poziomów wodonośnych, stwarzających zagrożenie wodne.

Zaliczenie złoża lub jego określonej części do pierwszego lub drugiego stopnia zagrożenia wodnego skutkuje koniecznością określenia zasad prowadzenia ruchu zakładu górniczego, dotyczących systemu odwadniania, nadzoru nad odwadnianiem, wykonywania pomiarów i kontroli, na co wskazuje § 48 ust 1 i 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego. Ustawodawca określił, że dla stopnia pierwszego dobór wydajności pomp zapewnia się odprowadzenie wód w ciągu 36 godzin dobowego dopływu wód podziemnych oraz w ciągu 48 godzin dobowego dopływu wód powierzchniowych. Dla drugiego stopnia natomiast należy zapewnić wydajności pomp na poziomie odpowiednio w ciągu 24 i 36 godzin lub też zapewnienie ich odprowadzania w ciągu 48 godzin w przypadku możliwości retencjonowania wód opadowych na poziomach eksploatacyjnych.

### 2.1.2. Zagrożenie osuwiskowe

Osuwiskiem jest przemieszczenie się, w wyniku naruszenia stanu równowagi w górotworze, mas skalnych budujących skarpe lub zbocze, stwarzające niebezpieczeństwo dla pracowników lub dla ruchu zakładu. Według tak określonej definicji (§ 31 rozporządzenia), musi zająć związek przyczynowo-skutkowy pomiędzy zjawiskiem geologicznym, jakim jest przemieszczenie się mas skalnych w wyniku naruszenia równowagi w górotworze, które będzie niebezpieczeństwem dla pracowników lub dla ruchu zakładu górniczego. Podstawowym kryterium oceny takiego zagrożenia jest sam fakt zaistnienia osuwiska. W odkrywkowych zakładach górniczych ustala się dwa stopnie tego zagrożenia, które mogą dotyczyć złoża lub jego części, wyrobiska lub jego części oraz zwałowiska.

Pierwszy stopień zagrożenia osuwiskowego charakteryzuje się tym, że w skarpie lub zboczu występują stwierdzone w opinii sporządzonej przez służby geologiczne przedsiębiorcy:

- warstwy nachylone w stronę wyrobiska, a spękania umożliwiające odpajanie się większych mas skalnych są ułożone równoległe do skarpy,

- przewarstwienia skał o różnych parametrach wytrzymałościowych i właściwościach geomechanicznych, przewarstwienia skał wodonośnych lub powierzchni podzielności ławicowej,
- strefy wietrzeniowe lub strefy zmian hydrotermalnych, w szczególności żyły kruchych minerałów, zailenie, serycytyzacja, chlorytyzacja, uskoki, brekcje tektoniczne, spękania ciosowe,
- strefy drgań spowodowanych ruchem pojazdów, wstrząsy wywołane robotami strzałowymi lub ruchem maszyn, urządzeń, mogące wpływać na możliwość utraty stateczności skarp lub zboczy,
- inne okoliczności mogące spowodować utratę stateczności skarp lub zboczy w stopniu stwarzającym niebezpieczeństwo dla pracowników lub ruchu zakładu górniczego.

Drugi stopień zagrożenia osuwiskowego określono dla tych samych przestrzeni co w pierwszym stopniu, jeżeli jednocześnie zaistniały następujące przesłanki, już wcześniej zaistniało osuwisko i kiedy w opinii sporządzonej przez służbę geologiczną stwierdzono okoliczności wymieniane w zagrożeniu w stopniu pierwszym.

Dla górnictwa skalnego w zasadzie oznacza to wymaganie zaliczenia do jednego z dwóch stopni zagrożenia na podstawie dokumentacji zawierającej opinię służby geologicznej. Zaliczenia tego do właściwego stopnia dokonuje kierownik ruchu zakładu górniczego w oparciu o dokumentację, jej zakres określa § 33 rozporządzenia. Wymagana jest:

- charakterystyka budowy geologicznej i warunków geologiczno-inżynierskich przestrzeni, sprzyjających powstawaniu zagrożenia osuwiskowego oraz określenie potencjalnych płaszczyzn poślizgu,
- propozycja zaliczenia przestrzeni, do odpowiedniego stopnia zagrożenia wraz z uzasadnieniem,
- opinia służby geologicznej dotycząca występowania okoliczności o jakich mowa w pierwszym stopniu zagrożenia.

Załączniki graficznej dokumentacji to mapa wyrobisk lub ich części, w skali nie mniejszej niż 1:10 000, z wyszczególnieniem przestrzeni, w których może powstać zagrożenie osuwiskowe oraz propozycjami granic poszczególnych stopni zagrożenia i przekroje geologiczno-inżynierskie.

Skutki jakie wynikają z zaliczenia do odpowiedniego stopnia przekładają się na organizację i dokumentowanie prowadzonych i planowanych robót. Kierownik ruchu analogicznie jak przy zagrożeniu wodnym ma obowiązek określić zasady prowadzenia ruchu w warunkach występujących zagrożeń, jak np. technologia wykonywania robót, zasady nadzoru, wykonywania pomiarów i kontroli, dobór maszyn, parametry skarp i zboczy. Jednocześnie należy zauważyć, że zgodnie z § 49 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r. w *sprawie wymagań dotyczących prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego*, złoże lub ich części które zostały zaliczone do odpowiedniego zagrożenia osuwiskowego, wymagają oznaczenia na mapach prze-

głądowych wyrobisk górniczych, prognozowania na podstawie bieżącego rozpoznawania warunków geologiczno-górniczych możliwość wystąpienia stref sprzyjających powstawaniu osuwisk, a kierownik ruchu określa zakres i częstotliwość wykonywania stosownego dokumentowania okoliczności, mających wpływ na powstawania osuwisk.

## 2.2. ROZPORZĄDZENIE W SPRAWIE PLANÓW RUCHU

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2017 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych, zastępujące rozporządzenie o tym samym tytule z 16 lutego 2012 r., dokonuje wdrożenia do prawa krajowego trzech dyrektyw. Dwie nie dotyczą bezpośrednio działalności odkrywkowej – zajmują się składowaniem dwutlenku węgla i bezpieczeństwem działalności związanej ze złożami gazu ziemnego i ropy naftowej na obszarach morskich, niemniej jednak wraz z uchwaleniem tego aktu doszło do znacznego poszerzenia stosowania możliwości zmian planów ruchu, tj. stosowania trybu uproszczonego (art. 109 ust 1. pkt 2 *Pgig*).

Tryb uproszczony stosuje się, jeżeli zmiany nie dotyczą bezpieczeństwa: powszechnego, pożarowego, osób przebywających w zakładzie górniczym, ruchu zakładu górniczego, gospodarki złożem, ochrony środowiska, robót budowlanych, ochrony obiektów budowlanych oraz zapobiegania szkodom i ich naprawie. W przypadku stosowania uproszczonego trybu dodatek do planu ruchu podpisuje kierownik ruchu zakładu górniczego. Dodatek jest zatwierdzany przez przedsiębiorcę, a nie przez dyrektora właściwego okręgowego urzędu górniczego. Wszystkie dodatki zatwierdzone w trybie uproszczonym, ewidencjonuje się w karcie zmian, przekazywanej do organu nadzoru górniczego, nie rzadziej niż raz na kwartał. Aktualnie dla działalności odkrywkowej, zgodnie z załącznikiem nr 2 do rozporządzenia, wszystko co jest oznaczone gwiazdką (\*) podlega zatwierdzeniu w trybie uproszczonym przez przedsiębiorcę. Zakres zatwierdzenia w trybie uproszczonym obejmuje np.

- opis terenu zakładu górniczego oraz jego zagospodarowania, z określeniem obiektów budowlanych tego zakładu (pkt 2),
- zakres eksploatacji kopaliny ze złóż i zdejmowania nadkładu (pkt 7),
- zestawienie projektowanych robót budowlanych w obiektach budowlanych zakładu górniczego wg wzoru nr 6.

## 2.3. NOWELA KODEKSU POSTĘPOWANIA ADMINISTRACYJNEGO

Nowela *Kodeksu postępowania administracyjnego* (KPA) – ustawa z dnia 7 kwietnia 2017 r. o zmianie ustawy – *Kodeks postępowania administracyjnego i niektórych innych ustaw* obowiązuje od 1 czerwca 2017 roku. Przepisy tej ustawy wprowadzają szereg istotnych zmian, również dla prowadzących działalność górniczą i są często stroną w postępowaniach toczących się przed różnymi organami administracji publicznej. Istota tych zmian miała na celu w głównej mierze usprawnić i przyspieszyć

procedury administracyjne, ale nie tylko. Nowela KPA miała również dać nowe ramy pod bardziej partnerskie relacje między obywatelami a administracją. Co istotnego z punktu widzenia przedsiębiorcy górniczego się zmieniło?

Po pierwsze pojawiła się instytucja ponaglenia. Strona w sytuacji bezczynności organu lub przewlekłości postępowania może skarżyć się, korzystając z ponaglenia.

Po drugie, jeśli strona uzna, że jest to dla niej korzystne, może żądać wydania od organu drugiej instancji decyzji rozstrzygającej sprawę, zamiast otrzymać decyzję przekazującą sprawę do ponownego rozpatrzenia (tzw. decyzja kasatoryjna).

Po trzecie strona może zrzec się prawa odwołania, czym może przyspieszyć tzw. „uostatecznienie” i uprawomocnienie się decyzji. Natomiast w obszarze wzajemnej współpracy między organem a obywatelem pojawiła się instytucja mediacji w postępowaniach administracyjnych, nowe zasady ogólne oraz obowiązek informowania o niespełnionych przesłankach, zanim zostanie wydana odmowna decyzja administracyjna. Z uwagi na objętość artykułu zostaną przedstawione bliżej tylko trzy aspekty obecnej noweli KPA.

### 2.3.1. Ponaglenie

Instytucja ponaglenia dyscyplinuje czasowo postępowania administracyjne. Warunki korzystania z tej instytucji prawnej są jasno określone. Obliguje to organ do informowania każdorazowo o przypadku nieterminowego załatwienia sprawy i wskazania nowego terminu jej załatwienia, wraz z pouczeniem o ponagleniu. W sytuacji, kiedy organ przekracza termin załatwienia sprawy lub przedłuża termin załatwienia, strona ma prawo wnosić ponaglenie do organu drugiego stopnia za pośrednictwem organu, który prowadzi postępowanie. Strona musi uzasadnić swoje ponaglenie, czyli powinna przedstawić dowody na to, że organ był w bezczynności lub zbyt długo prowadzi postępowanie. Nowela KPA pozwala na złożenie skargi do WSA na bezczynność organu lub jego opieszałość w sytuacji kiedy strona złoży ponaglenie do organu drugiej instancji. Jednocześnie strona nie musi wstrzymać się ze skargą do WSA do momentu rozpoznania przez organ drugiej instancji.

### 2.3.2. Nowa zasada ogólna – zasada pewności prawa

Przestrzeganie zasad ogólnych zawartych w KPA pozwala organowi administracji zapewnić i gwarantować stronie właściwy przebieg postępowań administracyjnych. Dlatego pojawienie się nowej zasady w § 8 ust. 2 KPA, nazwanej zasadą pewności prawa, jest istotne dla wszystkich, którzy uczestniczą w postępowaniu administracyjnym. Treść tej zasady ma realizować pewność, zaufanie obywatela do przewidywalnych rozstrzygnięć organów, w oparciu o utrwaloną praktykę rozstrzygnięć. Zgodnie z tą zasadą bez uzasadnionej przyczyny organ administracji nie odstępuje od utrwalonej praktyki rozstrzygania spraw, jeśli po zbadaniu okoliczności jest ten sam stan faktyczny i prawny. Strona natomiast w sytuacjach konfliktowych może podnieść, że



organ w jego przypadku powinien zastosować utrwaloną praktykę, która wynika z innych decyzji do niego adresowanych. Nadmienić należy w tym miejscu również, że organ choć związany z utrwalaniem rozstrzygnięć w tych samych stanach faktycznych i prawnych, może w uzasadnionych przypadkach wydać inne rozstrzygnięcie. Decyzja taka wymaga dokładnego i wszechstronnego uzasadnienia organu w zakresie odstąpienia od dotychczasowej utrwalonej praktyki.

### 2.3.3. Informacja o niespełnionych przesłankach do wydania decyzji zgodnej z żądaniem strony

W celu sprawniejszej procedury, ale również poprawy jakości komunikacji między organem administracji a obywatelem, ustawodawca wprowadził nowy obowiązek dla organów, które prowadzą postępowanie na wniosek strony. Organ prowadzący postępowanie, jeżeli uzna w wyniku analizy, że zmierza do wydania decyzji, która nie jest zgodna z żądaniem strony, musi najpierw poinformować stronę jakich przesłanek strona nie spełniła. Musi wskazać w sposób czytelny i jednoznaczny warunki, które nie zostały spełnione, a które powodują, że wniosek nie może być rozpatrzony pozytywnie. W informacji, oprócz wskazania, co musi strona przedstawić by wniosek był możliwy do pozytywnego rozpatrzenia, podaje odpowiedni termin. W tym zakresie nie ma ograniczenia do 7 czy 14 dni. Jeśli strona potrzebuje dłuższego terminu na uzupełnienie informacji, może się zwrócić o przedłużenie. Przy uzupełnianiu informacji strona może odnieść się do zebranych w sprawie dowodów i może również wnieść nowe dowody. Uzupełnienia wymaga tu fakt, że postępowanie przez organ zostało wszczęte i nie można informacji przekazanej stronie traktować jak wezwanie o uzupełnienie braków formalnych z art. 64 § 2 KPA, gdyż to wezwanie dotyczy kwestii braków formalnych.

## 3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W przepisach górniczych, ale i nie tylko *sensu stricte* górniczych, pojawiło się sporo zmian, które w istotny sposób mogą wpływać na sprawne prowadzenie odkrywkowej działalności górniczej. Do najistotniejszych z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy należy wymienić regulacje dotyczące kategoryzacji i zaliczania do zagrożenia wodnego i osuwiskowego określonych przestrzeni w odkrywkowych zakładach górniczych. Zapewne czas pokaże, czy wprowadzone regulacje przyczynią się do zwiększenia bezpieczeństwa pracujących. Czy np. wprowadzona opinia w zakresie osuwisk służby geologicznej danego przedsiębiorcy wyposaży kierowników ruchu zakładów górniczych w wiedzę o możliwych zagrożeniach w danym zakładzie, by nie dochodziło do nieszczęśliwych wypadków. Oprócz tych istotnych regulacji przepisów górniczych należy zauważyć istotne i ważne zmiany, które weszły wraz z nowelą KPA, w szczególności wnioski o rozstrzygnięcie sprawy przez organ drugiej instancji, nowe zasady ogólne, instytucja ponaglenia, milcząca zgoda organu.

## LITERATURA

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 lutego 2012 r. *ws. planów ruchu zakładów górniczych*, Dz.U.2012.372.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 stycznia 2013 r. *ws. zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych*, Dz.U.2017.1247.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2017 r. *ws. planów ruchu zakładów górniczych*, Dz.U.2017.2293.
- Ustawa z dnia 30 listopada 2016 r. *o zmianie ustawy o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego oraz niektórych innych ustaw*, Dz.U.2016.1991.
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2016 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo oświatowe*, Dz.U.2017.60.
- Ustawa z dnia 16 grudnia 2016 r. *o zmianie ustawy o instytucjach badawczych oraz ustawy Prawo geologiczne i górnicze*, Dz.U.2017.202.
- Ustawa z dnia 25 maja 2017 r. *o zmianie ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw*, j.t. Dz.U.2017.2126.
- Ustawa z dnia 7 kwietnia 2017 r. *o zmianie ustawy – Kodeks postępowania administracyjnego niektórych ustaw*, Dz.U.2017.935.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. *Prawo wodne*, Dz.U.2017.1566.

## IMPORTANT CHANGES IN REGULATIONS REGARDING CONDUCTING MINING OPERATIONS

On November 17, 2017 the consolidation of the Geological and Mining Law Act has published (OJ 2017 pos. 2126), which is already the fourth consolidation of this law. This is obviously caused by changes. Changes that concern the introduction of completely new legal regulations, areas required by EU directives or changes made to improve incorrectly functioning points. This paper refers not only to changes concerning the Geological and Mining Law Act and its executive acts, but also to the changes introduced in the Code of Administrative Procedure. They are very important for mining entrepreneurs who repeatedly are parties to various administrative proceedings. Separately, regulations were formulated to directly shape work safety in surface mining plants in conjunction with the law obligations which defined space for water hazard and landslide one.

Mariola STEFANICKA

*Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii*

Danuta RAJCZAKOWSKA

*Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych Sp. z o. o.*

## **INNOWACYJNOŚĆ I GOSPODARKA ZŁOŻAMI W STRZEBŁOWSKICH KOPALNIACH SUROWCÓW MINERALNYCH**

### **1. WPROWADZENIE**

W okresie transformacji polityczno-gospodarczej Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych zostały sprywatyzowane 2 sierpnia 1999 roku w formie leasingu pracowniczego, a przeniesienie własności przedsiębiorstwa na rzecz spółki nastąpiło 5 lutego 2003 r. Obecnie większość udziałów należy do pracowników, emerytów, byłych pracowników i ich rodzin. Z chwilą prywatyzacji rozpoczęto działania modernizacyjne i restrukturyzacyjne przedsiębiorstwa. SKSM Sp. z o.o. jest firmą nieustannie inwestującą w nowe technologie, a także w rozwój bazy zasobowej. Wdrażanie kolejnych programów inwestycyjnych współfinansowanych ze środków unijnych jest specjalnością spółki.

### **2. ZASOBY KOPALIN I PROFILE PRODUKCJI**

Aktualnie SKSM prowadzi wydobywa skaień, granit i amfibolit z czterech złóż: Pagórki Wschodnie, Pagórki Zachodnie, Strzeblów I i Stary Łom, zalegających w północno-zachodniej części obrzeża masywu granitowego Strzegom-Sobótka w kontakcie ze skałami gabrowymi, serpentynitowymi i amfibolitami masywu Ślęzy. Łączne zasoby eksploatowanych złóż na dzień 31.12.2016 r. wynoszą bilansowe 48,3 mln Mg i przemysłowe 32,7 mln Mg. Zmiany stanu zasobów w latach 1998–2016 podano w tabeli 1.

W okresie funkcjonowania spółki pracowniczey od 1999 roku, mimo ubytku zasobów w wyniku eksploatacji w ilości około 7,8 mln Mg, zwiększono bazę surowcową łącznie o ponad 35 mln Mg, w tym zasobów przemysłowych o prawie 20 mln Mg. Nastąpiło to w wyniku zakupu złoża Strzeblów I, ponownego włączenia do eksploatacji złoża Stary Łom oraz powiększenia obszarów udokumentowania pozostałych złóż. Kopalina skaleniowa, jako najcenniejsza,

pozyskiwana jest ze wszystkich wyrobisk, również ze stref leukokratycznych złóż granitowych. Wykazuje ona dużą zmienność strukturalną i mineralogiczno-chemiczną, stąd prowadzenie eksploatacji wymaga szczególnej staranności w zakresie selektywności, kontroli jakości i stosowania odpowiednich procesów produkcyjnych. Surowiec do dalszej przeróbki dobierany jest na podstawie wyników badań składu chemicznego uśrednionych próbek zwiercin z otworów rozpoznawczych i otworów strzałowych, a następnie bezpośrednio kontrolowana jest nadawa do wstępnej przeróbki.

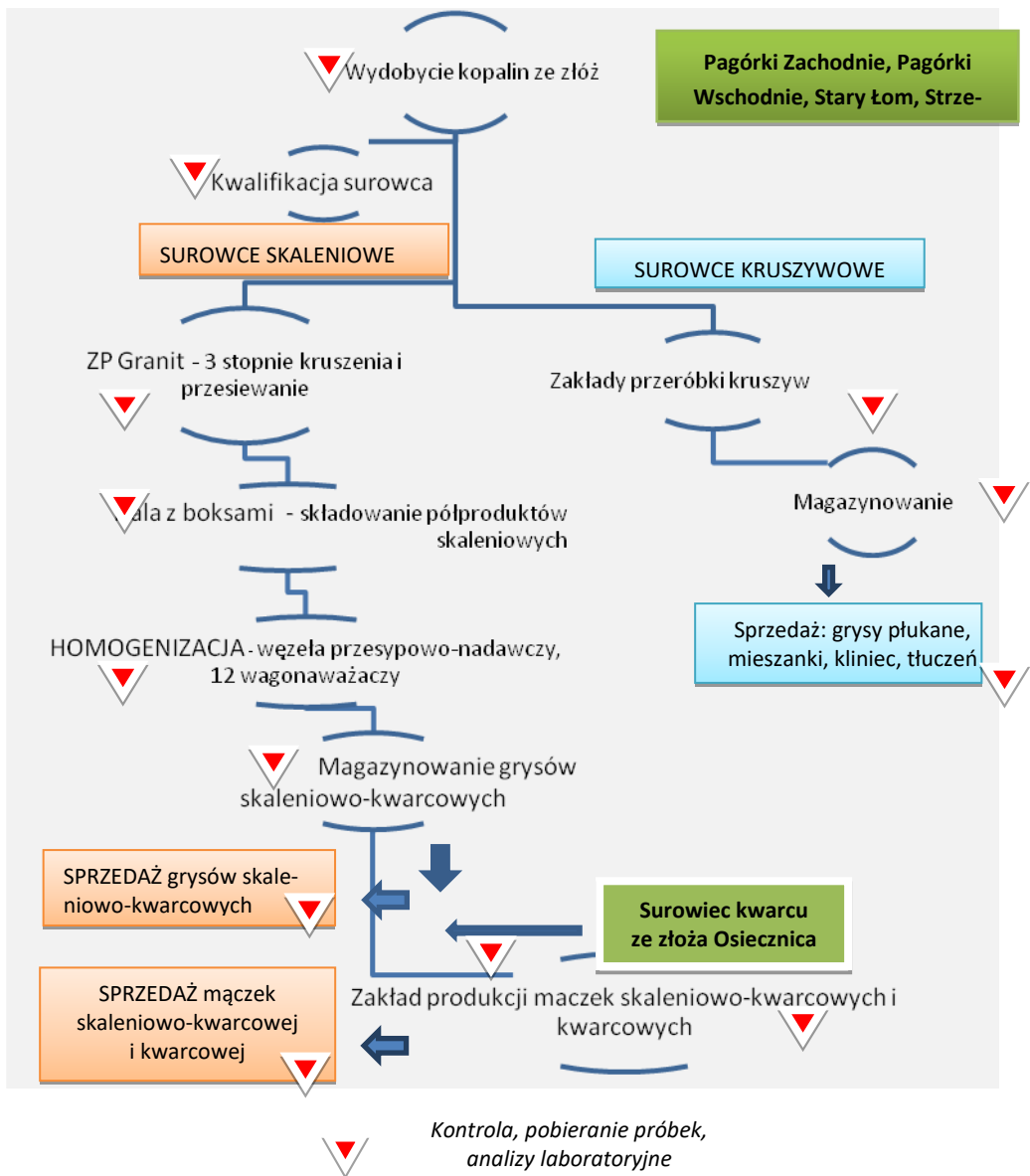
Tab. 1. Zasoby eksploatowanych złóż oraz ich ubytki wg stanu na 31.12.1998 i 2016 r (PIG-PIB, 1999–2017)  
Tab. 1. The state of resources of deposits operated at the end of 31.12.1998 and 2016 (PIG-PIB, 1999–2017)

Złóża	Kopalina	Lata	Zasoby		Ubytki w wyniku wydobycia
			bilansowe	przemysłowe	
			[tys. Mg]		
razem zasoby złóż i ubytek w wyniku wydobycia		1998	12 890	12 877	7 802
		2016	48 320	32 728	
przyrost zasobów złóż		1998–2016	35 430	19 851	–
Stary Łom	skaleń	1998	—	—	274*
		2016	5 429	2 214	
Pagórki Wschodnie	skaleń	1998	649	636	1 604
		2016	611	595	
	granit	1998	—	—	
		2016	2 366	2 217	
	amfibolit	1998	—	—	
		2016	4 507	3 487	
Pagórki Zachodnie	granit	1998	12 241	12 241	1 414
		2016	12 363	6 878	
Strzeblów I	granit	1998	—	—	4 510**
		2016	23 044	17 337	

\*) – ubytek od 2011 roku, \*\*) – ubytek od 2007 roku.

Łączna produkcja w 2017 roku wyniosła 756 tys. Mg, z czego wyroby skaleniowo-kwarcowe i kwarcowe 532 tys. Mg, w tym: mączki skaleniowo-kwarcowe (1,8%), mączki kwarcowe produkowane z surowca złoża Osiecznica (1,1%), grysy skaleniowo-kwarcowe (67,5%) oraz kruszywa drogowe i budowlane (29,6%). W ofercie znajduje się około 45 produktów, przy czym strategiczne są wyroby skaleniowo-kwarcowe (grysy i mączki). Zróżnicowanie produkcji umożliwia pełne wykorzystanie kopaliny z eksploatowanych złóż i prowadzenie gospodarki bezodpadowej.

Procesy produkcyjne realizowane są w siedmiu specjalistycznych liniach technologicznych, schemat ideowy przepływu surowca i produktów oraz kontroli jakości przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat ideowy przepływu surowca i produktów oraz kontroli jakości  
 Fig. 1. Schematic diagram of the flow of raw material, products and production quality control

Na szczególną uwagę zasługują obiekty przygotowania surowca skaleniowego. Przeróbka mechaniczna prowadzona jest w zakładzie Granit – inwestycji z lat 2004–2005, następnie modernizowanej i rozbudowywanej w kolejnych projektach inwestycyjnych (tab. 2). Proces przeróbki mechanicznej prowadzony jest w komputerowo sterowanej linii produkcyjnej, polegający na trzystopniowym kruszeniu (kruszarce szczękowe, stożkowe i odśrodkowe) oraz przesiewaniu. Po przeróbce wstępnej frakcje grysowe < 8 mm kierowane są do zadaszonych boksów składowych, gdzie odbywa się kontrola parametrów fizykochemicznych.

Celem zapewnienia stabilności składu chemicznego produktów, jak również powtarzalności ich parametrów, półprodukt grysowy poddawany jest homogenizacji. Zakład homogenizacji uruchomiono w 2011 roku, co umożliwiło mieszanie trzech produktów. Po modernizacji (2014 r.) proces ten ostatecznie jest realizowany w automatycznej linii, w pełni zadaszonej, z tunelem wybierającym oraz zastosowaniem wag tensorowych, dozujących w szerokim zakresie półprodukt z dokładnością do 1%. Określenie składu ilościowego składników poprzedzone jest pobraniem prób automatycznymi próbobiornikami. Dla pobranej próby określa się granulację wyrobu, analizę chemiczną oraz spiek ceramiczny. Dane te są podstawą do określenia przydatności materiału do dalszej produkcji. Ustalona receptura wyrobu gotowego wprowadzana jest do komputera obsługującego proces homogenizacji. Zdalne mieszanie półproduktów odbywa się pod nadzorem operatora z zastosowaniem wizualizacji i kontroli stanu aktualnego z zadanymi parametrami. System automatycznie reaguje na błędy procesu, uniemożliwiając produkcję wyrobu wadliwego.

Uśredniony produkt gotowy transportowany jest przENOŚnikiem do boksów magazynu wyrobów gotowych. Grysy skaleniowo-kwarcowe produkowane są w trzech frakcjach oraz w trzech gatunkach, łącznie oferowanych jest 14 produktów. Uzyskany w procesie homogenizacji wyrób jest badany pod względem zgodności parametrów z wartościami deklarowanymi w karcie katalogowej. System składowania, z wykorzystaniem przENOŚników estakadowych z wózkiem zrzutowym, zapewnia warunki zachowania jednorodności produktów grysowych (rys. 2). Dla zapewnienia ciągłości produkcji mączek w dłuższym okresie czasu, część surowca wsadowego składowana jest w magazynach zadaszonych, chroniących przed zanieczyszczeniem i zawilgoceciem. Pojemność magazynów (23 boksy) produktów skaleniowych, połączonych z ciągiem homogenizacji, po rozbudowie w 2015 roku wynosi 160 tys. Mg. Place składowe początkowo stanowiły „wąskie gardło”, stąd inwestycje rozbudowy magazynów były strategicznym zadaniem dla zwiększenia produkcji; ich pojemność od 2011 roku zwiększono ponad dwukrotnie. Dzięki procesowi homogenizacji oraz zapewnieniu odpowiednich warunków magazynowania, produkcja mączek skaleniowo-kwarcowych prowadzona jest z surowca grysowego o zdefiniowanych parametrach chemicznych.



Rys. 2. Widok ogólny obiektów produkcyjnych (archiwum SKSM)

Fig. 2. General view production facilities (SKSM archive)

Proces produkcji mączek skaleniowo-kwarcowych odbywa się w zamkniętym układzie technologicznym. Grys po wysuszeniu w suszarni obrotowej trafia na dwupokładowy przesiewacz elektromagnetyczny, ziarna  $< 0,1$  mm zostają usunięte, natomiast ziarna  $> 0,5$  mm są dodatkowo rozdrabniane do odpowiedniej wielkości w kruszarce wirnikowo-udarowej. Podstawowym produktem tego procesu jest mączka  $0,1-0,5$  mm. Pozostałe gatunki mączek skaleniowo-kwarcowych o uziarnieniu  $< 0,2$  mm,  $< 0,071$  mm i  $< 0,063$  mm uzyskuje się w wyniku mielenia wysuszonego gysu w młynie rurowym, a następnie klasyfikacji w separatorach powietrzno-grawitacyjnych z nawrotem nadziarna typu Alpine. Produkty końcowe o założonej granulacji składowane są w silosach, a odbiór mączek może odbywać się w papierowych workach, opakowaniach big-bags lub luzem. Produkcja mączek kwarcowych prowadzona jest z piasku kwarcowego ze złoża w Osiecznicy. Proces przeróbki przebiega analogicznie jak dla surowca skaleniowego, z rozdrabnianiem w trzech młynach kulowych Dorsta i klasyfikacją (jedno- lub wielostopniową) w separatorach powietrzno-grawitacyjnych.

Kontrola produkcji mączek polega na przeprowadzeniu analiz sitowych przesiewaczami firmy Fritsh i Multiserw z zestawem sit testowych, odpowiednich dla poszczególnych procesów przemiału oraz z wykorzystaniem techniki laserowej na analizatorze Mastersizer 2000. Dodatkowo wykonuje się analizę chemiczną uzyskanego produktu.

Kruszywa łamane nie są podstawowym wyrobem w ofercie handlowej SKSM. Idea rozwinięcia ich produkcji wynikała z potrzeby zagospodarowania kopaliny nie spełniającej wymagań dla surowca skaleniowego oraz wykorzystania zwiększonego popytu na kruszywa w okresie realizacji inwestycji drogowych w rejonie Wrocławia (2011 r.). Przeróbka mechaniczna kruszyw prowadzona jest w dwóch zakładach: linia mieszkankowa i tłuczniowa w oddziale P1 oraz w zakładzie Granit w połączeniu z ciągiem grysowym, niezależnym od nitki skaleniowej. Uzyskiwany jest szeroki asortyment produktów kruszywowych: mieszanki mineralne (0-8, 0-31,5, 0-63 mm), kliniec, tłuczeń oraz piasek i grysy płukane. Dzięki rozbudowie zakładu Granit zdolność produkcyjna grysów płukanych, jako produktów specjalistycznych frakcji 0-2, 2-8, 8-16 i 16-22) wzrosła do 150 tys. Mg/rok, a ich udział w strukturze asortymentowej produkcji kruszyw jest znaczący. Kruszywa objęte są zakładową kontrolą produkcji w systemie +2, zgodnie z normami (PN-EN 12620+A1:2010 i PN-EN 13043:2004 +AC2004 +Ap1:2010).

Troska o wysoką i stabilną jakość produktów jest jednym z głównych założeń polityki rynkowej SKSM. Dowodem dbałości o jakość, środowisko i bezpieczeństwo było wdrożenie zintegrowanego systemu zarządzania wg norm ISO. Kontrole jakościowe prowadzone są na wszystkich etapach wydobywania i produkcji we własnym laboratorium badawczo-pomiarowe. W 2017 roku oddano do użytku nowe laboratorium specjalistycznie, wyposażone między innymi w aparaturę badawczą do analizy pierwiastków w szerokim zakresie liczb atomowych. Do zadań laboratorium należy: pobieranie próbek i ich przygotowanie do analiz, wykonanie analiz i testów, dokumentowanie i sporządzanie raportów, przekazywanie informacji oraz archiwizacja próbek i danych, nadzór nad wyposażeniem, kontrola jakości badań, audyty, szkolenia oraz gospodarka odpadami w porozumieniu ze specjalistą ds. ochrony środowiska. Laboratorium stanowi część Działu Badań, Rozwoju i Technologii, którego zadaniem jest realizowanie polityki rozwoju firmy w oparciu o tworzenie nowych produktów i technologii, ich wdrażanie, rozwiązywanie problemów technicznych oraz kontrola procesu produkcji i obsługa systemu jakości.

### 3. INWESTYCJE I INNOWACYJNOŚĆ

Program inwestycyjny SKSM zakładał zwiększenie zasobów surowcowych oraz mocy produkcyjnych, podniesienie jakości produktów i ochronę środowiska. Bardzo ceną i trafioną inwestycją był w 2005 roku zakup złoża Strzeblów I wraz z przylegającymi terenami przemysłowymi. Zwiększenie bazy zasobowej (tab. 1) umożliwiło realizację zadań inwestycyjnych unowocześnienia i rozbudowy ciągów wydobywcia i przeróbki. Zmodernizowano zakład Pagórki Zachodnie, zainstalowano linię produkcji



kruszyw w oddziale P1, a co najważniejsze zbudowano nowoczesny zakład przeróbczy Granit połączony z ciągiem homogenizacji i magazynowania grysów skaleniowych. Z działań służących ochronie środowiska warto wymienić przedsięwzięcia ograniczające emisję pyłu i hałasu do środowiska w zakładach:

- Pagórki Zachodnie; montaż obudowy dźwiękochłonnej kruszarki oraz zastosowanie instalacji zraszających,
- Granit; montaż instalacji odpylającej i zraszającej, instalacja systemu recyklingu wody w układzie płukania grysów, składającego się ze zbiornika sedymentacyjnego i prasy filtracyjnej z automatycznym systemem dozowania flokulantu,
- Przeróbki Skalenia i Kwarcu; wymiana filtra w ciągu odpylającym, uszczelnienie ciągu technologicznego, modernizacja instalacji odpylającej, wykonanie zabezpieczeń przeciwhałasowych.

Z prowadzonych działań rozwojowych, na szczególną uwagę zasługują inwestycje o charakterze innowacyjnym, które były współfinansowane ze środków unijnych. Wartość inwestycji innowacyjnych realizowanych i planowanych w latach 2003–2019 wynosić będzie łącznie 43,7 mln zł, z czego 15,4 mln zł zostało pokryte z dotacji. Najważniejsze elementy tego programu podano w tabeli 2.

Najbardziej znaczące dla rozwoju produkcji wyrobów skaleniowych, były projekty związane z rozbudową zakładu Granit w połączeniu z linią homogenizacji grysów skaleniowych (zadania 3, 6, 7, 9, 10). Stworzyły one warunki do wprowadzenia na rynek nowych specjalistycznych wyrobów skaleniowych, opartych na recepturach dostosowanych do indywidualnych wymagań klientów. Podniesienie precyzji homogenizacji, jak również poszerzenie ilości półproduktów, umożliwiło wprowadzenie wyrobów innowacyjnych najwyższej jakości, jak: GS8D/05, GS8D/06 i GS8D/07, w których istotny jest nie tylko skład chemiczny, w szczególności niska zawartość tlenków barwiących oraz wysoka topników, ale i stabilność koloru surowca po wypaleniu. Spiek wykonany ze wspomnianych wyrobów jest bardzo jasny, dzięki czemu może on być zastosowany do nieszkliwionych wyrobów gresowych odpowiedniej jakości. Aktualnie 56% produkcji grysów skaleniowo-kwarcowych jest dedykowane dla określonych odbiorców.

Rozbudowa linii technologicznych umożliwiła również wzrost wolumenu produkcji (rys. 3). W latach 2010–2017 produkcja grysów skaleniowo-kwarcowych wzrosła o 35% z 379 do ponad 510 tys. Mg/rok, a mączek skaleniowo-kwarcowych 3,5 krotnie z 3,9 do 13,7 tys. Mg.

Kolejnym etapem rozwoju SKSM, jedyne go krajowego producenta drobnych mączek skaleniowo-kwarcowych, było wdrożenie nowej technologii produkcji wysokorozdrobnionych surowców ceramicznych i szklarskich (zadanie 12). Prace badawcze nad tym innowacyjnym procesem realizowano w latach 2013–2015, a realizacja inwestycji planowana jest na lata 2016–2019. Budowa nowej Przemiałowni jest kolejnym autorskim projektem rozwiązań oraz nowych, znacząco ulepszonych produktów na potrzeby przemysłu chemii budowlanej oraz wyrobów sanitarnych. Wartość inwesty-

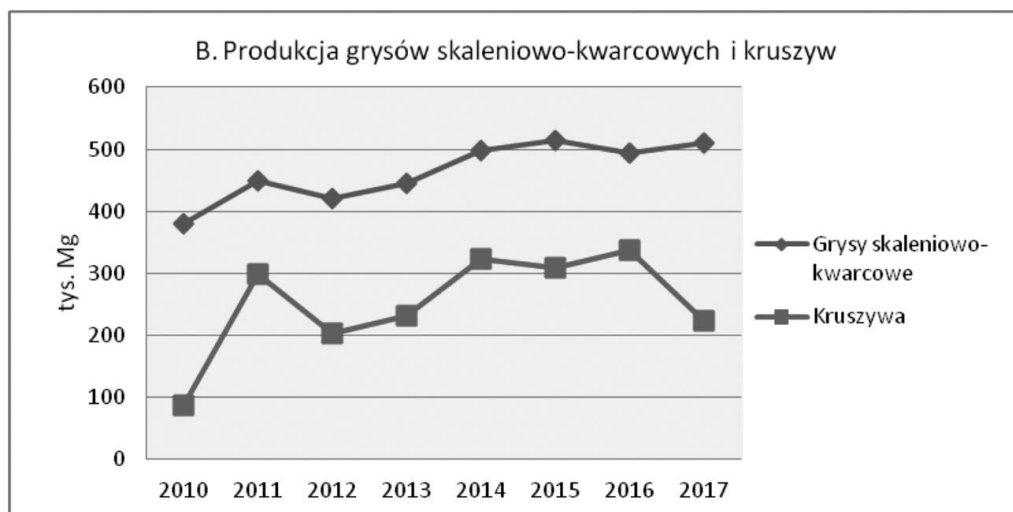
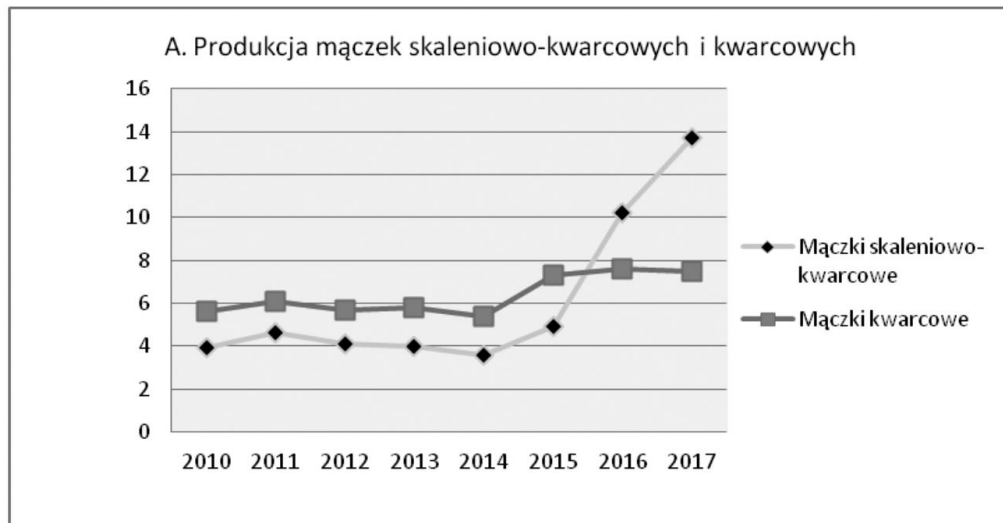
cji określona została na 17,2 mln zł, z czego 6 mln zł to kwota dofinansowania ze środków unijnych, w ramach wsparcia innowacji w przedsiębiorstwach.

Tab. 2. Zestawienie zadań inwestycyjnych współfinansowanych ze środków unijnych  
Tab. 2. List of investment tasks co-financed from EU funds

Nr projektu, lata	Wyszczególnienie	Wartość, PLN	
		projektu	środki UE
1 2003	Powiększenie parku maszynowego – zakup nowych urządzeń	415 000	112 701
2 2004		436 867	75 230
3 2004–2005	Modernizacja ciągu wydobywania i produkcji grysów skaleniowo-kwarcowych	2 695 547	1 076 147
4 2005	Realizacja programu inwestycyjnego – zakup nowych urządzeń	147 000	39 922
5 2005–2006	SKSM Sp. z o. o. – wstęp do jakości – zintegrowany system jakości	37146	22 287
6 2006–2009	Unowocześnienie ciągu wydobywania kruszyw granitowych	997 033	428 000
7 2010–2011	Rozbudowa instalacji Granit w celu podniesienia jakości surowca skaleniowo-kwarcowego poprzez zastosowanie automatycznego procesu dozowania półproduktu	7 572 174	2 482 059
8 2011	Zakup specjalistycznych środków trwałych do prac badawczych nad wypełniaczami kwarcowymi celem modernizacji działu B + R	221 400	71 982
9 2009–2011	Rozbudowa zakładu Granit w celu produkcji nowego gysu skaleniowego	5 975 532	2 389 615
10 2013	Rozbudowa zakładu Granit w celu produkcji nowego gysu skaleniowego	5 500 000	2 199 450
11 2016	Budowa laboratorium wraz z zakupem m.in. wysoce specjalistycznej aparatury badawczej do analizy pierwiastków w szerokim zakresie liczb atomowych	2 416 261	462 860
12 2016–2019	Wdrożenie nowej technologii produkcji wysokorozdrobnionych surowców ceramicznych i szklarskich	17 200 000	6 000 000
13 2017–2018	Opracowanie wieloletniej strategii rozwoju w celu internacjonalizacji działalności i uzyskania długoterminowej przewagi konkurencyjności przedsiębiorstwa	49 200	34 000
Razem inwestycje innowacyjne w latach 2003–2019		43 663 160	15 394 253

Troska o nieustanny rozwój, doskonalenie produkcji i wyrobów zostało przełożone na kolejny projekt – Opracowanie wieloletniej strategii rozwoju firmy w celu internacjonalizacji działalności i uzyskania długoterminowej przewagi konkurencyjności przedsiębiorstwa (zadanie 13), z realizacją w latach 2017-2018 i współfinansowane ze środków unijnych. Warto podkreślić, że wieloletni program inwestycyjny realizowany jest etapami, począwszy od zapewnienia bazy zasobowej, unowocześnienia operacji

wydobywania i rozwinięcia kolejnych procesów produkcyjnych. Etapowość sprzyja racjonalności rozwiązań, a kolejne projekty są szczegółowo rozważane i dodatkowo wprowadzają modyfikacje wcześniejszych rozwiązań.



Rys. 3. Produkcja wyrobów w latach 2010–2017  
 Fig. 3. Production in the years 2010–2017

#### 4. PODSUMOWANIE

Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych są krajowym liderem w produkcji i sprzedaży surowców skaleniowych, jak również liczącym się na rynku producentem mączek kwarcowych. W oparciu o stuletnie doświadczenia, przedsiębiorstwo konsekwentnie realizuje strategię zrównoważonego rozwoju, której podstawowymi elementami są: systematyczne dokumentowanie złóż, stałe rozszerzanie portfola produkcyjnego (głównie w zakresie wyrobów specjalistycznych), stopniowa rozbudowa mocy produkcyjnych i placów magazynowych, wdrażanie nowoczesnych zautomatyzowanych układów produkcyjnych, profesjonalna kontrola surowca i procesów produkcyjnych. We własnym zakresie prowadzi prace badawczo-rozwojowe, rozbudowując dział Badań Rozwoju i Technologii oraz profesjonalne laboratorium badawcze, sprzyjające wdrażaniu autorskich rozwiązań procesowych.

Wymienione działania innowacyjne można uznać za specjalność firmy, wynikającą z ciągłej analizy i oceny procesów produkcyjnych, prowadzonemu benchmarkingowi oraz zrozpoznawania potrzeb klientów. Dzięki inwestycjom uzyskano poprawę parametrów chemicznych i stabilności wyrobów gotowych, z jednoczesnym wzrostem zdolności produkcyjnych oraz wprowadzeniu na rynek innowacyjnych wyrobów skaleniowych, dostosowanych do indywidualnych potrzeb odbiorców. Po prywatyzacji prawie czterokrotnie powiększono bazę zasobową. Prowadzone inwestycje i innowacje sprzyjają również racjonalnej gospodarce surowcami, umożliwiając optymalne, kompleksowe wykorzystanie wydobytej kopaliny skaleniowej ze wszystkich eksploatowanych złóż, mimo istotnego zróżnicowania jakościowego, a także prowadzenie gospodarki bezodpadowej. W odniesieniu do SKSM możemy twierdzić o zrównoważonym rozwoju i efekcie synergii pomiędzy inwestycjami, innowacyjnością i racjonalną gospodarką surowcami posiadanymi złóż.

#### LITERATURA

Dokumentacja geologiczno-górnicza, produkcyjna i inwestycyjna, SKSM Sp. z o. o., Strzeblów. ISO 9001:2000.

PIG-PIB 1999–2017, *Bilans zasobów złóż krajowych w Polsce wg stanu na 31.12.1999–31.12.2017 r.*

PN-EN 12620+A1:2010, *Kruszywa do betonu.*

PN-EN 13043:2004+AC2004+Ap1:2010, *Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu.*

www.sksm.pl

#### INNOVATION AND DEPOSITS MANAGEMENT IN STRZEBLOWSKIE KOPALNIE SUROWCÓW MINERALNYCH

The article presents selected issues related to the sustainable development of SKSM Sp. z o. o., a leader in the production of feldspar products, with 100 years of experience. Actions related to the increase of raw materials resources and the development of production processes have been described. The innovative character of investments in the technological and product understanding was indicated. Attention is paid to the synergy effect resulting from the relationship between investments, innovation and rational management of the resources of the deposits.

Marek WILAND

*Biuro Urbanistyczne Ecoland we Wrocławiu*

## **PRZYGOTOWYWANE ZMIANY W SFERZE PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO A OCHRONA ŹŁÓŻ I WYDOBYWANIE KOPALIN**

### 1. WPROWADZENIE

Regulacje w zakresie planowania i zagospodarowania przestrzennego w naszym kraju są wysoce niedoskonałe. Skutkuje to powiększeniem się obszarów skażonych chaosem przestrzennym, brzydotą i narastającą dewastacją krajobrazu, m.in. w wyniku praktycznie niekontrolowanego rozpraszania zabudowy. W znacznym stopniu zaburza to równowagę przyrodniczą i racjonalną gospodarkę zasobami środowiska, a w kontekście potrzeb górnictwa co najmniej utrudnia ochronę złóż i niekiedy blokuje, bądź podraża wydobywanie kopalin. Te negatywne skutki ułomności regulacji prawnych są od co najmniej kilku lat ujawniane w licznych publikacjach (Kowalewski, 2013; Sepioł, 2014; Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, 2016; Wiland, 2015; Wiland, 2017). Reakcją rządzących na ten stan było zainicjowanie prac nad Kodeksem Urbanistyczno-Budowlanym, który jako kodeksowa ustawa z założenia miałby radykalnie naprawić regulacje w sferze zarówno gospodarki przestrzennej, jak i budownictwa. W poprzedniej kadencji parlamentarnej te prace prowadziła Komisja Koordynacyjna powołana w lipcu 2012 roku, a w marcu 2016 prace nad Kodeksem przejęło Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa. Wyniki prac w postaci pierwszej wersji ministerialnego projektu Kodeksu opublikowano 30 września 2016 roku na stronie Rządowego Centrum Legislacji, inaugurując konsultacje tego projektu. W ich trakcie do stycznia 2017 roku ponad 3000 interesariuszy złożyło uwagi (Więclawska, 2017). Swoje stanowiska przedstawiły także ministerstwa i inne centralne organy administracji państwowej. Wynikiem dalszych prac była druga wersja projektu *Kodeksu*, opublikowana na stronie Ministerstwa 23 listopada 2017 roku. (Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, 2017b) – omawiana w niniejszym artykule. Jednakże jak dotychczas nie został upubliczniony projekt odpowiedniej ustawy i przepisy wprowadzające ten Kodeks.

Poza pracami nad projektem Kodeksu MliB przygotowało kilka innych projektów ustaw, wiążących się z szeroko rozumianą gospodarką przestrzenną, uzupełniającą problematykę kodeksową lub w pewnych dziedzinach wyprzedzającą jego wejście. Wśród tych projektów, ze względu na potencjalny wpływ na górnictwo, ważne znaczenie może mieć projekt *ustawy o zmianie niektórych ustaw w związku z uproszcze-*

*niem procesu inwestycyjno-budowlanego*. Projekt ten w wersji pierwotnej został opublikowany 20 września 2017 roku, a jego druga, zmodyfikowana wersja, po przeprowadzeniu konsultacji instytucjonalnych i społecznych 14 listopada 2017 roku (Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, 2017a). Natomiast w grudniu 2017 zakończyło się procedowanie tego projektu w ramach Komitetu Rady Ministrów do Spraw Cyfryzacji. Jest zatem prawdopodobne, że w nieodległym czasie projekt ustawy *o zmianie niektórych ustaw w związku z uproszczeniem procesu inwestycyjno-budowlanego*, być może z pewnymi zmianami, zostanie skierowany do Sejmu. Z tego względu, jego nowsza wersja jest również tu omawiana.

Warto również wskazać, że w ramach rekonstrukcji rządu (styczeń 2017) odpowiedzialność za działy budownictwa, planowania i zagospodarowania przestrzennego oraz mieszkalnictwa została przeniesiona z MiiB do nowego Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju. Natomiast szef tego resortu w trakcie Targów BUDMA w Poznaniu zadeklarował „Absolutnym priorytetem dla mnie i całego rządu jest przyspieszenie w programie Mieszkanie Plus. Dokończymy też ustawę dotyczącą ułatwień w realizacji inwestycji. Będziemy również kontynuować prace nad kodeksem urbanistyczno-budowlanym” (Kwieciński, 2018).

## 2. PROJEKT KODEKSU URBANISTYCZNO-BUDOWLANEGO Z 23 LISTOPADA 2017 ROKU

### 2.1. INWESTYCJE CELU PUBLICZNEGO I INNE DZIAŁANIA SŁUŻĄCE REALIZACJI CELÓW PUBLICZNYCH

W obecnym stanie prawnym katalog celów publicznych został zamieszczony w art. 6 ustawy z 21 sierpnia 1997 r. *o gospodarce nieruchomościami* (dalej skrótowo *ugn*), przy czym ten przepis dopuszcza także w pkt. 10, że cele publiczne mogą być określone w odrębnych ustawach. W tym zakresie w projekcie Kodeksu Urbanistyczno-Budowlanego z 23 listopada 2017 roku (dalej *Kodeks 2017*), wprowadzono pewne zmiany. *Kodeks 2017* nie otwiera „furtki” dla wyznaczania celów publicznych w innych ustawach. Ponadto wprowadza nowe zróżnicowania celów publicznych. Ich dwie grupy przedstawia art. 30. W § 1 wymienia inwestycje celu publicznego, którymi mają być inwestycje służące zaspokojeniu zbiorowych potrzeb społeczności lokalnej lub ponadlokalnej, polegające na realizacji i zapewnieniu funkcjonowania ich 19 rodzajów. Choć zwiększono dotychczasową liczbę celów publicznych, to nie przywołano wśród nich poszukiwania lub rozpoznawania kompleksu podziemnego składowania dwutlenku węgla oraz podziemnego składowania dwutlenku węgla, zawartego dotychczas w art. 6 pkt 8a ustawy *ugn*. Natomiast w ww. § 1 do inwestycji celu publicznego zaliczono inwestycje, polegające na realizacji i funkcjonowaniu „obiektów, służących do magazynowania cieczy i gazów, zaopatrzenia w wodę i jej oczyszczania oraz gromadzenia i oczyszczania ścieków” – pkt. 14. Z kolei w § 2 tego artykułu za-

mieszczono 5 rodzajów działań innych niż wymienionych w § 1, służących realizacji celu publicznego. W tej grupie znalazły się m.in. działania związane z „poszukiwaniem i rozpoznawaniem złóż kopalin objętych własnością górniczą oraz wydobywaniem kopalin z takich złóż” – pkt 4, i „poszukiwaniem lub rozpoznawaniem kompleksu podziemnego składowania dwutlenku węgla oraz podziemnym składowaniem dwutlenku węgla” – pkt 5. Należy zauważyć, że w porównaniu do projektu *Kodeksu* z 30 września 2016 roku (dalej *Kodeks 2016*), przywrócono status realizacji celu publicznego działaniom związanym z wydobywaniem złóż kopalin objętych własnością górniczą.

Inną nowością jest wprowadzona w § 32 klasyfikacja inwestycji celu publicznego. W pierwszej najwyższej klasie znalazła się większość inwestycji, obecnie realizowanych na mocy tzw. specustaw, bądź specjalnych programów rządowych (w tym drogi publiczne tylko kategorii krajowej i wojewódzkiej), a także m.in. metro, porty morskie, budowle przeciwpowodziowe, sieci elektroenergetyczne o napięciu 110 kV lub wyższym, gazociągi wysokiego ciśnienia oraz dalekosiężne rurociągi służące do przesyłania ropy naftowej lub produktów naftowych oraz inwestycje służące zapewnieniu obronności państwa, ochrony granicy państwowej lub bezpieczeństwa publicznego, i niektóre inne realizowane w ramach Unii Europejskiej. Do tej klasy zaliczono również bliskie górnictwu magazyny gazu. Do klasy II zaliczono liniowe inwestycje o lokalnym lub subregionalnym znaczeniu, a do III inwestycje o nielinowym charakterze, inne niż zaliczone do klasy II.

Wynika z tego, że inwestycje górnicze polegające na wydobywaniu złóż kopalin objętych własnością górniczą, na podstawie art. 216 § 1, będą zaliczone do inwestycji celu publicznego klasy III, których lokalizacja poza obszarami zabudowanymi będzie następowała na podstawie planu miejscowego. Natomiast magazyny gazu, w tym podziemne, mogą liczyć także na możliwość lokalizacji na podstawie planu lokalizacji.

## 2.2. PONADLOKALNE I KRAJOWE PLANOWANIE PRZESTRZENNE

Do ponadlokalnych aktów planowania przestrzennego *Kodeks 2017* zalicza ustalenie przestrzeni województwa, studium ramowe rozwoju przestrzennego związku metropolitarne, plan lokalizacji i plan rezerwacji. Całkowicie rezygnuje się z regulowania kwestii planowania przestrzennego na szczeblu krajowym. Tej kwestii poświęcony jest jedynie art. 201 w brzmieniu: „Określenie zasadniczych celów, kierunków i ograniczeń krajowej polityki przestrzennej następuje na podstawie przepisów o zintegrowanej polityce rozwoju”. Przy czym obecnie nie ma przepisów, które definiowałyby „zintegrowaną politykę rozwoju”. Ten termin pojawił się bowiem tylko w koncepcji *Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030* (Uchwała nr 239 Rady Ministrów, 2011), ale nie przepisem prawa. Z kontekstu użycia tego terminu wynika, że chodzi o integrację planowania społeczno-gospodarczego z przestrzennym. Postu-

lat zintegrowanego planowania przestrzennego i społeczno-gospodarczego występuje także w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (Rada Ministrów, 2017).

Brak określenia narzędzi do realizacji „zasadniczych celów, kierunków i ograniczeń” sformułowanych na szczeblu krajowym oraz ich radykalne zawężenie na szczeblu wojewódzkim musi budzić obawy o właściwą koordynację planistyczną w skali kraju i województw, co może negatywnie rzutować m.in. na branżę górniczą. To także znaczący zwrot zarówno w stosunku do obecnego stanu prawnego, jak i rozwiązań zawartych w *Kodeksie 2016*, w którym przewidziano sporządzanie na szczeblu krajowym dwóch dokumentów. Pierwszym z nich miała być „krajowa strategia rozwoju przestrzennego”, mająca określać cele i kierunki polityki zagospodarowania przestrzennego kraju, a w załączeniu zawierać opis uwarunkowań tej polityki. Strategia obejmująca „okres obowiązywania długookresowej strategii rozwoju kraju” i z nią zgodna, podobnie jak ze średniookresową strategią rozwoju kraju.

Drugim dokumentem miał być „krajowy plan rozmieszczenia”, który nie ma odpowiednika w obecnym systemie planistycznym. Rozmieszczeniu w tym planie miałyby podlegać inwestycje celu publicznego klasy I, o znaczeniu krajowym. W ramach rozmieszczenia inwestycji liniowych byłyby określone zasady lokalizacji więcej niż jednej inwestycji w ramach korytarza inwestycyjnego lub warunki przecinania się takich inwestycji (rozmieszczenia można byłoby dokonywać także wariantowo). Ustalono również, że w planie tym oznaczać się będzie elementy przestrzenne istotne dla rozmieszczenia, w szczególności istniejące oraz zlokalizowane inwestycje celu publicznego, formy ochrony przyrody, strategiczne złoża kopalin oraz obszary szczególnego zagrożenia powodzią. Zapis ten, nie gwarantował co prawda, że nie wystąpią kolizje pomiędzy rozmieszczanymi inwestycjami klasy I a ww. obiektami i obszarami, w tym złożami strategicznymi, ale mógł przysłużyć się do ograniczenia występowania takich kolizji.

Natomiast *Kodeks 2017*, miast narzędzia koordynacyjnego lokalizację różnych w charakterze i czasie realizacji inwestycji celu publicznego (głównie liniowych), jakim byłby plan rozmieszczenia, wprowadza inne narzędzia służące lokalizacji poszczególnych inwestycji, przede wszystkim klasy I, czyli „plany lokalizacji” i wyłącznie klasy I, tj. „plany rezerwacji”, które wydają się uogólnioną wersją dotychczasowych specustaw, przy których to inwestor decyduje o lokalizacji. Takie rozwiązanie, jak wskazuje dotychczasowa praktyka, słabo zachęca do grupowania różnych sieci w korytarzach infrastruktury, co w oczywisty sposób utrudnia ochronę walorów środowiska, w tym złóż kopalin.

### 2.2.1. Wojewódzkie planowanie przestrzenne

Zgodnie z *Kodeksem 2017* „określenie zasadniczych celów, kierunków i ograniczeń wojewódzkiej polityki przestrzennej następuje na podstawie przepisów o zintegrowanej polityce rozwoju” (art. 202). Zamiast dotychczasowego planu zagospoda-



rowania przestrzennego województwa, sejmik województwa ma przyjmować „ustalenia przestrzenne województwa”, wyłącznie odnośnie sześciu obszarów regulacji. Z pośród nich pewien wpływ, zarówno na ochronę złóż, jak i realizację inwestycji górniczych, może wynikać z ustalania obszarów „zakazu zmiany przeznaczenia gruntów rolnych stanowiących użytki rolne klas I – III na cele nierolnicze”, krajobrazów priorytetowych wraz z ustaleniami dotyczącymi kształtowania i ich ochrony, a także innych krajobrazów. „Ustalenia przestrzenne województwa” mają być wiążące zarówno dla gmin, jak i związków metropolitalnych. *Kodeks 2017* nakłada na sejmik także obowiązek przyjmowania, w drodze uchwały, nie rzadziej niż raz na 10 lat, raportu krajobrazowego, którego wyniki będą wykorzystywane przy formułowaniu „ustaleń przestrzennych województwa”.

Wydaje się, że brak podstawy prawnej do wykonywania ogólnego opracowania planistycznego na poziomie województwa (w tym uzupełnionego w *Kodeksie 2016* o wojewódzki plan rozmieszczenia) budzi obawy, podobnie jak na szczeblu krajowym o właściwą koordynację planistyczną w skali regionalnej, co może negatywnie wpływać na ochronę złóż i na inne potrzeby górnictwa.

#### 2.2.2. Ramowe studium rozwoju przestrzennego związku metropolitalnego

„Ramowe studium rozwoju przestrzennego związku metropolitalnego”, zwane w skrócie *ramowym studium* ma być odpowiednikiem studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego związku metropolitalnego, o którym mowa w art. 37 lit. o – 37 lit. q ustawy z 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym oraz w art. 23 pkt 3 ustawy z 9 marca 2017 r. o związku metropolitalnym w województwie śląskim. Zakres ustaleń ramowego studium w *Kodeksie 2017* generalnie zbliżony jest do ustaleń jego obecnego odpowiednika. Również podobnie *ramowe studium* ma wiązać gminy przy sporządzaniu i uchwalaniu studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, a zatem także i miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Z tego względu jego ustalenia mogą wpływać zarówno na ochronę złóż, jak i na warunki inicjowania oraz prowadzenia działalności górniczej.

#### 2.3. LOKALNE AKTY PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO

*Kodeks 2017* do lokalnych aktów planowania przestrzennego zalicza: studium rozwoju przestrzennego gminy, miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, przepisy urbanistyczne, uchwały reklamowe (art. 2 pkt 1 lit. a).

Zgodnie z art. 144 § 1 dla lokalnych aktów planowania przestrzennego wymagana jest zgodność z ustaleniami aktów albo rozstrzygnięć, ustanawiających formy ochrony przyrody oraz 15 innych obszarów i terenów, w tym:

- obszarów i terenów górniczych,

- obszarów udokumentowanych złóż kopalin, udokumentowanych wód podziemnych, udokumentowanych kompleksów podziemnego składowania dwutlenku węgla oraz podziemnych składowisk odpadów,
- terenów zajmowanych przez zakłady przemysłowe o zwiększonym i dużym ryzyku awarii, o których mowa w przepisach o ochronie środowiska.

### 2.3.1. Studium rozwoju przestrzennego gminy

Zgodnie z *Kodeksem 2017* studium rozwoju przestrzennego gminy, zwane dalej *studium*, wyraźnie różni się od dotychczasowego studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. Zostało ono „odchudzone” do treści składających się na „uwarunkowania”, które w części mają znaleźć się w „raporcie o polityce przestrzennej” przedstawianym radzie gminy w pierwszym roku każdej kadencji.

Wydaje się, że chyba najistotniejszą zmianą, którą wiąże się z nowym statusem studium jest to, że jego regulacje są wiążące (z pewnymi wyjątkami) nie tylko przy sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, ale także przy prowadzeniu przez gminy innych procedur lokalizacyjnych. A w odniesieniu do rozmiarów stref bezpieczeństwa obiektów liniowych ustalenia *studiów* mogą także oddziaływać na postępowania lokalizacyjne prowadzone przez inne organy.

Powyższe uprawnienia wiążą się przede wszystkim z obowiązkiem wprowadzenia w *studium* podziału gminy na 3 podstawowe obszary:

- „istniejącej urbanizacji”, w tym „obszary zabudowane”; w *Kodeksie 2017* próbuje się dosyć szczegółowo określić, jak obydwie te obszary należy wyznaczać,
- „nowej urbanizacji”, które wyznacza się, jeżeli chłonność obszarów istniejącej urbanizacji nie pokrywa maksymalnego w skali gminy zapotrzebowania na nową zabudowę mieszkaniową. *Kodeks 2017* wskazuje na przesłanki przemawiające zarówno za zaliczeniem określonych przestrzeni do „obszarów nowej urbanizacji”, jak i przeciw; wśród ostatnich wymienia m.in. obszary i tereny górnicze, a także obszary udokumentowanych złóż kopalin, udokumentowanych wód podziemnych, udokumentowanych kompleksów podziemnego składowania dwutlenku węgla oraz podziemnych składowisk odpadów,
- „nieurbanizowane”, na których realizacja nowej zabudowy ma być co do zasady bardzo ograniczana, zarówno w zakresie przestrzennym, jak i funkcjonalnym.

Również nowym rozwiązaniem w *studium* jest kodeksowe ustalenie funkcji terenów, poprzez wskazanie zamkniętej listy „stref funkcjonalnych”. Podzielono je na trzy grupy, ze względu na możliwość występowania:

- na „obszarach urbanizacji” (czyli na „obszarach istniejącej urbanizacji” i „obszarach nowej urbanizacji”) – 6 rodzajów stref funkcjonalnych, przede wszystkim o charakterze mieszkaniowym i usługowym;

- poza „obszarami urbanizacji” – rodzaje stref funkcjonalnych, związanych z rolnictwem;
- na obu rodzajach ww. obszarach – 12 rodzajów stref funkcjonalnych, w tym m.in. „infrastruktury technicznej i usług infrastrukturalnych”, „produkcyjna (produkcji uciążliwej)”, „transportu” oraz „powierzchniowego wydobywania kopalin”.

Można domniemać, że obiekty naziemne górnictwa innego niż odkrywkowe, powinny się znaleźć w strefie produkcyjnej (produkcji uciążliwej). Można się zastanowić, czy tego typu górnictwu nie należałoby dedykować odrębnej strefy produkcyjnej.

Odnosnie zakresu regulacji dedykowanych bezpośrednio ochronie złóż i górnictwu wydaje się, że *Kodeks 2017* w odniesieniu do studium nie wprowadza istotnych zmian, choć z kolei użyte sformułowania mogą wskazywać, że powyższe domniemanie może być błędne. W tym zakresie zwraca się uwagę na art. 146 § 1 i art. 147. W pierwszym zamieszczony został obligatoryjny katalog ustaleń *studium*, obejmujący m.in. ustalenia w zakresie „ochrony powierzchni ziemi w związku z prowadzoną lub planowaną działalnością górnictwem”. Nie jest jasne czy ma on ograniczać się – jak dotychczas – do określania obiektów lub obszarów, dla których wyznacza się filary ochronne. Przy czym za taką interpretacją przemawia dodatkowo art. 162 § 2 pkt 1, określający zadania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla terenu górnictwa. Z kolei art. 147 nakazuje oznaczać w *studium* poza m.in. obszarami i terenami górnictwem, czy obszarami udokumentowanych złóż kopalin, także „filary ochronne złoża kopaliny”. Natomiast *Kodeks 2017* nie wyjaśnia jak rozumieć to pojęcie, ani kto ma je w stosunku do poszczególnych złóż wyznaczać i w jakim trybie. Należy również zwrócić uwagę, że przewiduje się przeniesienie procedury uzyskiwania zgód na zmianę przeznaczenia użytków rolnych lub gruntów leśnych odpowiednio na cele nierolnicze lub nieleśne z etapu sporządzania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego na etap *studium*.

### 2.3.2. Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego

W przeciwieństwie do przywołanych aktów planowania przestrzennego, *Kodeks 2017* utrzymuje dotychczasową nazwę miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, zwanego dalej *planem miejscowym*, jak i zachowuje w większości dotychczasowy zakres ustaleń tego dokumentu, uzupełniając m.in. o procedury scalania i podziału gruntów i uszczegóławiając niektóre jego regulacje. Art. 162, dotyczący „planów miejscowych dla terenów górnictwem”, wydaje się jedynie prerogatywą art. 104 ustawy z 9 czerwca 2011 r. *Prawo geologiczne i górnicze* z zastrzeżeniem, że podobna do dzisiejszej regulacja, odnośnie ponoszenia kosztów tych planów, została umieszczona w art. 247 § 3 *Kodeksu 2017*.

Istotniejsze zmiany dotyczą uwarunkowań wiążących się ze sporządzaniem *planów miejscowych*. W tym zakresie należy wskazać na art. 156, że jeśli inwestycje nie są inwestycjami celu publicznego, mogą być zlokalizowane wyłącznie na podstawie

planu miejscowego. Do takich należą inwestycje polegające m.in. „na utworzeniu kopalni”, jako inwestycji „kategorii 6” oraz inwestycje „mogące zawsze znacząco oddziaływać na środowisko”. Przy czym będzie to także dotyczyło wielu inwestycji górniczych, związanych z wydobywaniem kopalin ze złóż objętych własnością górnictwem, ze względu na art. 216 § 1 *Kodeksu 2017*.

Niewątpliwie ważną i pozytywną zmianą ma być szersze niż dotychczas stosowanie umowy urbanistycznej, która w obecnym stanie prawnym może się odnosić jedynie do zobowiązań wynikających z miejscowego planu rewitalizacji (art. 37i *upzp*). W *Kodeksie 2017*, zgodnie z art. 254, zasady oraz tryb współpracy publiczno-prywatnej w realizacji polityki przestrzennej określa umowa urbanistyczna, którą gmina zawiera z inwestorem, właścicielem albo użytkownikiem nieruchomości lub innym podmiotem publicznym; w szczególności operatorem infrastruktury technicznej albo zarządcą drogi. Gmina może uzależnić uchwalenie albo zmianę aktu planowania przestrzennego na obszarze zorganizowanego inwestowania albo na obszarze rewitalizacji od zawarcia przed uzyskaniem zgody inwestycyjnej, na podstawie ustaleń tego aktu, umowy urbanistycznej (art. 255). Przedmiotem umowy urbanistycznej może być świadczenie dotyczące realizacji polityki przestrzennej, w szczególności zobowiązanie na rzecz podmiotu publicznego do pokrycia: kosztów sporządzenia planu miejscowego, kosztów odszkodowań związanych z jego uchwaleniem, kosztów albo nieodpłatnego przekazania inwestycji celu publicznego, nieodpłatnego przekazania nieruchomości przeznaczonych na te cele, czy utrzymania publicznie dostępnej infrastruktury społecznej przez okres wskazany w umowie. W *Kodeksie 2017* nie ma przepisów wykluczających inwestycje górnicze z listy inwestycji dla których można byłoby wyznaczać obszary zorganizowanego inwestowania.

Znacznie krytyczniej należy natomiast ocenić regulacje ograniczające możliwość dostosowywania obszaru „planu miejscowego” od aktualnych potrzeb, a także zobowiązujące gminy – co będzie rewolucją w stosunku do obecnej praktyki – by zapewniły realizację inwestycji zlokalizowanych w „planie miejscowym”, stanowiących jej zadania własne, w terminie określonym w tym planie, nie dłuższym niż 8 lat od dnia wejścia w życie planu, pod rygorem zablokowania możliwości uchwalania nowych planów (w tym zmian planów obowiązujących), nakładających na gminę obowiązki realizacji inwestycji stanowiących jej zadania własne. Poza tym nieco odsuniętym w czasie zagrożeniem blokowania gminnych prac planistycznych, *Kodeks 2017* w art. 200 przewiduje obowiązek przedkładania uchwalonego „planu miejscowego” nie tylko, jak dotychczas, do wojewody, ale także do regionalnej izby obrachunkowej. Z nadania tej izbie kompetencji do sprawdzania „planów miejscowych” wynika, że będzie ona sprawdzała jakie będą bilanse ekonomiczne uchwalania tych planów. Przy czym jeżeli można oszacować koszty dla gminy związane z wejściem w życie „planu miejscowego”, to nie można – bez wprowadzenia podatku katastralnego albo opłaty od niewykorzystanego prawa zabudowy (czyli narzędzia buduj i płać wysoki podatek albo nie buduj, ale też płać wysoki podatek) – odpowiedzialnie policzyć na jakie

przychody gmina może liczyć w przypadku uchwalenia „planu miejscowego”. W tej kwestii *Kodeks 2017* nie wypowiada się, a i zapowiadanego projektu ustawy go wprowadzającej jeszcze nie ujawniono. To rodzić musi bardzo poważne obawy co do ww. rozwiązań kodeksowych.

### 2.3.3. Przepisy urbanistyczne i uchwała reklamowa

„Przepisy urbanistyczne” to nowość w stosunku do obecnego stanu prawnego. W celu określenia zasad uzupełniania zabudowy na obszarach zabudowanych, na których nie obowiązuje plan miejscowy albo plan lokalizacji, rada gminy ma uchwalać takie przepisy. Postępowanie w przedmiocie zmiany „studium” oraz związanej z nią zmiany „przepisów urbanistycznych”, w szczególności w zakresie zmiany strefy funkcjonalnej, należy prowadzić jednocześnie. Z dniem wejścia w życie „planu miejscowego” albo „planu lokalizacji” „przepisy urbanistyczne” tracą moc w całości albo w części, w jakiej dotyczą obszaru objętego planem. Ze względu na charakter tego lokalnego aktu planowania przestrzennego, zastępującego w części dotychczasowe decyzje o warunkach zabudowy, jego znaczenie dla górnictwa wydaje się ograniczone. Przy okazji należy zauważyć, że przewidziane w *Kodeksie 2017* „zgody inwestycyjne” mają zastępować zarówno dotychczasowe pozwolenia i zgłoszenia budowlane, jak i decyzje o warunkach zabudowy w odniesieniu do obszarów, na których nie ma *planów miejscowych* ani nie obowiązują „przepisy urbanistyczne”.

Jeszcze mniejsze znaczenie będzie miała dla branży górniczej „uchwała reklamowa”, która w wersji kodeksowej ma określać zasady sytuowania i ekspozycji reklam na obszarze całej gminy. Jest ona bowiem odpowiednikiem obecnej uchwały określonej w art. 37a *upzp* w sprawie zasad i warunków sytuowania obiektów małej architektury, tablic reklamowych i urządzeń reklamowych oraz ogrodzeń, ich gabarytów, standardów jakościowych oraz rodzajów materiałów budowlanych, z jakich mogą być wykonane. W *Kodeksie 2017* wyeliminowano z jej zakresu ogrodzenia i obiekty małej architektury.

## 3. PROJEKT USTAWY O ZMIANIE NIEKTÓRYCH USTAW W ZWIĄZKU Z UPROSZCZENIEM PROCESU INWESTYCYJNO-BUDOWLANEGO

Jak już zasygnalizowano projekt ustawy z 14 listopada 2017 r. o *zmianie niektórych ustaw w związku z uproszczeniem procesu inwestycyjno-budowlanego*, dalej *projektem uupib*, m.in. w zakresie planowania i zagospodarowania przestrzennego, wykorzystuje niektóre rozwiązania prawne, przygotowywane w ramach prac nad *Kodeksem 2017*. Przewidziane w tym projekcie zmiany, ograniczające dalsze rozpraszanie zabudowy, wydają się niewątpliwie korzystnie dla ochrony złóż kopalin, a także dla przemysłu górniczego. Polegają one na m.in.

- wprowadzaniu nowej uchwały rady gminy, służącej określeniu zasięgów obszarów zabudowanych, poza którymi możliwość realizacji nowych inwestycji na obszarach pozbawionych „planów miejscowych” będzie bardzo ograniczona; dodatkowo w projekcie ustawy przewidziano narzędzia skłaniające gminy o małym pokryciu „planami miejscowymi” do rychłego przyjęcia takiej uchwały,
- ograniczeniu dotychczasowej swobody przy wydawaniu decyzji o warunkach zabudowy, m.in. w zakresie niezbędnego uzbrojenia terenu, czy zgodności funkcji z bliskim sąsiedztwem,
- doprecyzowaniu pojęcia zabudowy zagrodowej, co powinno znacząco ograniczyć możliwość lokalizacji innych typów zabudowy na warunkach ustalonych dla zabudowy zagrodowej,
- wprowadzeniu czasowej (3 letniej) ważności decyzji o warunkach zabudowy, także tych wydanych dotychczas.

Na potrzeby realizacji inwestycji górniczych korzystnymi regulacjami mogą być te, które wiążą się z „obszarami zorganizowanego inwestowania”. Chociaż przepis art. 67c *projektu uupib* nie jest tak pojemny jak jego odpowiednik kodeksowy, to wydaje się, że wiele zamierzeń górniczych będzie można zaliczyć do inwestycji, których planowanie i realizacja wymaga „uwzględnienia technicznych uwarunkowań realizacyjnych, w szczególności wynikających ze wzajemnego powiązania wielu inwestycji, niemożliwych do pełnego zidentyfikowania na etapie ustalania lokalizacji inwestycji”.

Dzięki wykorzystaniu przepisów o obszarach zorganizowanego inwestowania do realizacji zamierzenia górniczego przedsiębiorca staje się mocniejszym partnerem gminy w procedurze sporządzania „planu miejscowego” niż w przypadku sporządzenia „planu miejscowego dla terenu górniczego”. Jego umocowanie, wynikające z zapisów przyszłej ustawy będzie wzmocnione zapisami porozumień oraz „umowy urbanistycznej”. Do tego „plan miejscowy” dla „obszaru zorganizowanego inwestowania” ma być sporządzony w nieco uproszczonej i krótszej procedurze. Dodatkowo niektóre niezbędne decyzje, w tym o środowiskowych uwarunkowaniach, z mocy przyszłej ustawy, mają być wydawane w stosunkowo krótkich terminach (60 dni od złożenia wniosku o jej wydanie).

Oczywiście z porozumieniami i umową urbanistyczną mogą się także wiązać pewne nakłady na sporządzenie „planu miejscowego” lub realizację uzgodnionych celów publicznych na „obszarze zorganizowanego inwestowania”. Wydaje się, że dla realizacji wielu inwestycji górniczych, skorzystanie z omawianych wyżej regulacji, może być wysoce opłacalne.

#### 4. PODSUMOWANIE

Skutki ewentualnego wchodzenia w życie *Kodeksu 2017* na ochronę złóż i działalność górniczą, wobec braku wiedzy o rozwiązaniach, które znajdują się w ustawie „przepisy wprowadzające”, są obecnie trudne do przewidzenia tym bardziej, że może

to być dosyć odległa perspektywa. Inaczej jest z projektem *uupib*, który zdaje się sprzyjać ochronie udokumentowanych złóż kopalin, jak i działalności górnictwa. Tym niemniej, na początku marca 2018 r. (w chwili opracowania tej publikacji), nie wiadomo czy projekt ten zostanie uchwalony, a jeśli tak, to jaki będzie miał kształt ostateczny i kiedy wejdzie w życie. Natomiast biorąc pod uwagę, że zbliżają się wybory samorządowe, może warto zainicjować sporządzanie dokumentów planistycznych jeszcze na dotychczasowych zasadach.

#### LITERATURA

- KOWALEWSKI A. i in., 2013, *Raport o ekonomicznych stratach i społecznych kosztach niekontrolowanej urbanizacji w Polsce*, Fundacja Rozwoju Demokracji Lokalnej i Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- KWIECIŃSKI J., 2018, <https://www.muir.gov.pl/strony/aktualnosci/minister-kwiecinski-na-targach-budma-mieszkanie-plus-absolutnym-priorytetem/>.
- Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, 2016, *Problemy w dziedzinie planowania przestrzennego*, mat. na posiedzenie Komisji Samorządu Terytorialnego i Polityki Regionalnej 11 maja 2016 r.), Warszawa, <https://mib.gov.pl/files/0/1797146/raportproblemyplanowaniaprzestrzennego.pdf>.
- Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, 2017a, <https://legislacja.rcl.gov.pl/docs//2/12303101/12458813/12458814/dokument316683.pdf>.
- Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, 2017b, <http://mib.gov.pl/files/0/1798129/KUB23112017.pdf>.
- Projekt ustawy z 14 listopada 2017 r. o zmianie niektórych ustaw w związku z uproszczeniem procesu inwestycyjno-budowlanego, <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12303101>
- Rada Ministrów, 2017, *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju*, <https://www.muir.gov.pl/media/48672/SOR.pdf>.
- SEPIOŁ J. i in., 2014, *Przestrzeń życia Polaków*, Warszawa.
- Uchwała nr 239 Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r. ws. przyjęcia *Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030*, (M.P.12.252).
- Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami, j.t. Dz.U.2016.2147.
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, j.t. Dz.U.2012.647.
- Ustawa z dnia 25 maja 2017 r. o zmianie ustawy *Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw*, j.t. Dz.U.2017.2126.
- WIĘCŁAWSKA J., 2017. *Kodeks urbanistyczno-budowlany na targach Budma 2017*, <http://portalkomunalny.pl/kodeks-urbanistyczno-budowlany-na-targach-budma-2017-354364/>.
- WILAND M., 2015, *Złóża kopalin i ich wydobywanie a planowanie i zagospodarowanie przestrzenne*, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, Kraków, 91, 227–244.
- WILAND M., 2017, *Prawno-ekonomiczne źródła patologii w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym w naszym kraju i pożądane sposoby ich usuwania*. W: IX Konferencja Krakowska „Polska regionów – Polska miast”, Biblioteka Małopolskiego Obserwatorium Polityki Rozwoju, t. IX, Kraków, 121–131.

LAW CHANGES IN PREPARATION IN THE SPHERE OF SPATIAL PLANNING ACCORDING TO  
MINERAL DEPOSITS PROTECTION AND MINERAL EXTRACTION

Recently in Poland have been prepared comprehensive modifications of the spatial planning regulations as well as architecture and building regulations, incorporated in one act called Urban-Planning Code. These changes are going to reach also related acts, which will undoubtedly affect the conditions of mineral deposits protection and mining industry. In the Article discuss spatial planning issues as the effect of the second edition of mentioned Code draft, published by the Ministry of Infrastructure and Building in the end of the 2017. The draft changes nature and tasks nearly each current resolutions related to spatial planning. Some of the changes seem conducive to protection of the mineral deposits and mining industry while others rise concerns. In addition, the Article discusses the potential impact on the mining industry of the entry into force of the draft law, which this year would serve to simplify the investment and building process, using some legal solutions developed for the purposes of the Code.



## **PROBLEMATYKA SUROWCÓW POSPOLITYCH W PROJEKCIE POLITYKI SUROWCOWEJ PAŃSTWA**

### 1. WSTĘP

Surowce pospolite jak kruszywo piaskowo-żwirowe czy surowce ilaste nie wzbudzają tyle emocji, co surowce energetyczne czy metale, ale ze względu na ich masowe wykorzystanie powinny zajmować poczesne miejsce w polityce surowcowej państwa. W okresie po 1989 roku, co najmniej dwukrotnie przygotowane były obszernie specjalistyczne opracowania, w których przedstawiano problematykę zapotrzebowania gospodarki narodowej na surowce mineralne i źródeł zaopatrzenia. W lutym 1996 roku Rada Ministrów przyjęła *Założenia polityki państwa w dziedzinie surowców mineralnych* (Bułat & Gientka, 1996). Działanie to zostało poprzedzone szeregiem opracowań eksperckich, wykonanych przez naukowców z Państwowego Instytutu Geologicznego i ówczesnego Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Zostały one następnie zebrane w formie obszernego dokumentu, który podlegał weryfikacji przez Komisję Zasobów Kopalin i Radę Geologiczną. Główne tezy zostały opublikowane w formie obszernych artykułów (Gientka, 1995a, b). Zawarta jest tam dość szczegółowa informacja o gospodarce surowcami, jak kamienie budowlane i drogowe, kruszywo naturalne, piaski do produkcji betonów komórkowych i wyrobów wapienno-piaskowych, surowce ilaste ceramiki budowlanej. W 1999 roku odbyło się Forum Geologów, na którym przedstawiono priorytety badań geologicznych w dziedzinach kartografii i geologii czwartorzędu, badań geologiczno-inżynierskich, hydrogeologii, geologicznych badań surowcowych i geologii środowiskowej. Priorytety w badaniach surowcowych zostały opublikowane w formie obszernego artykułu wybitnego znawcy – prof. Marcina Piwockiego (Piwocki, 2000). W pracy tej w syntetyczny sposób opracowana jest tematyka, dotycząca zarówno ruchu zasobów surowców jak i wyzwań na przyszłość. W odniesieniu do surowców pospolitych wskazywano konieczność prowadzenia poszukiwań w obszarach deficytowych, zwłaszcza w odniesieniu do kruszywa grubego, czy kopalin ilastych do produkcji kruszyw lekkich i materiałów budowlanych oraz surowców ilastych, niezbędnych dla potrzeb ekranowania i hydroizolacji składowisk odpadów.

Ważnymi dokumentami zawierającymi analizę geologiczno-gospodarczą były opracowane bilanse zasobów perspektywicznych kopalin Polski – dwie edycje (Bak & Przeniosło, 1993; Wołkowicz i in., 2011) po 1989 roku. Zwłaszcza drugie opracowa-

nie zawiera obszerne dane o rejonach prognostycznych i perspektywicznych surowców pospolitych. Tak szczegółowe przedstawienie tej tematyki było możliwe tylko dzięki systematycznej realizacji przez PIG-PIB Mapy Geośrodowiskowej Polski 1:50 000 (MGŚP). Informacje zawarte w bilansach zasobów perspektywicznych, uzupełnione bieżącymi danymi publikowanymi w corocznych bilansach zasobów oraz poszerzone o analizę gospodarki surowcami mineralnymi w kraju i na świecie, która jest realizowana przez IGSiE PAN i PIG-PIB, są wystarczającą podstawą do opracowania periodycznej polityki surowcowej państwa. Dane te, z uwagi na ich systematyczny sposób pozyskiwania, kompletność i aktualność nie mogą być pomijane ani podważane.

## 2. SUROWCE POSPOLITE W PROJEKCIE POLITYKI SUROWCOWEJ PAŃSTWA

Projekt Polityki Surowcowej Państwa 2017 (dalej Projekt PSP) jest dokumentem, co do którego można mieć wątpliwości – czym on w rzeczywistości jest. We wprowadzeniu zawarta jest informacja o tym, że „Dokument ten stanowi podstawę do podjęcia dalszych prac nad polityką surowcową państwa, kontynuowanych przez przedstawicieli wszystkich ministerstw, a także branżowych podmiotów gospodarczych, instytucji naukowych oraz środowisk społecznych. Planowane zakończenie prac powinno nastąpić jeszcze w 2017 r. wraz z przyjęciem PSP przez Radę Ministrów”. Pomijając, że forma drukowana Projektu PSP została wydana w 2018 roku, z powyższego tekstu może wynikać, że jest to rodzaj ogólnych wytycznych kierunków działań w gospodarowaniu surowcami mineralnymi i zapewnieniu bezpieczeństwa ich dostaw dla gospodarki krajowej. Ale na stronie 25 znajduje się także stwierdzenie, że „Polityka surowcowa państwa jest zgodna z obecną polityką i strategią surowcową Unii Europejskiej”. Analizując więc wprost zapisy tego dokumentu nie wiadomo z czym mamy do czynienia. Parafrazując tytuł opracowania przygotowanego pod redakcją J. Hausnera (Hausner i in., 2015) można stwierdzić, że jest to Projekt polityki surowcowej państwa. Rzecz w tym – czym ten dokument powinien być, a czym nie jest.

Ogólność tego dokumentu sprawia, że jedynie niektóre kopaliny doczekały się zapisów bezpośrednio ich dotyczących. W odniesieniu do surowców pospolitych zapisy mają raczej pośredni charakter i obejmują w poszczególnych Filarach:

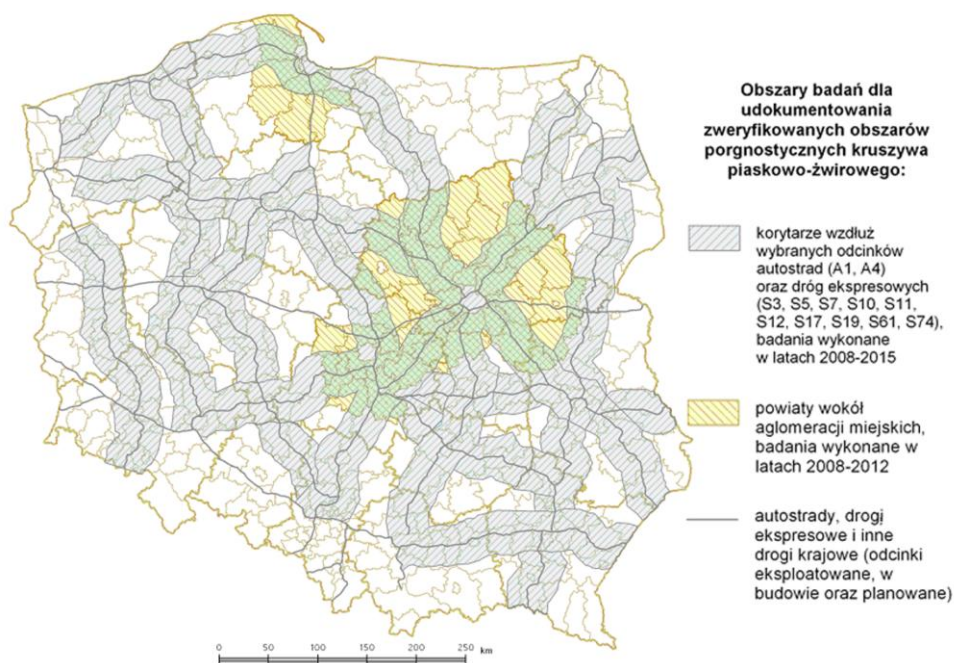
- w I zapis dotyczący oceny obecnych i przyszłych potrzeb surowcowych gospodarki krajowej, m.in. budownictwa,
- w II znajdują się zapisy: (1) ocena krajowego potencjału w zakresie identyfikacji obecnych i przyszłych potrzeb surowcowych z wyróżnieniem surowców na potrzeby lokalne, krajowe i ponadkrajowe; (2) ochrona złóż kopaliny i gospodarka nimi w kontekście systemu planowania przestrzennego i uwarunkowań prawnych, w tym wypracowanie metodyki waloryzacji złóż kopaliny w celu wytypowania złóż o istotnym znaczeniu dla gospodarki krajowej i regionalnej; (3)

- określenie dobrych praktyk i optymalnych rozwiązań w zakresie nielegalnej eksploatacji kopalin,
- w III jest zapis o doskonaleniu technik rekultywacji i remediacji, w tym przywracaniu wartości użytkowych i przyrodniczych obszarom poeksploatacyjnym, przygotowaniu terenów pogórnich (piaskownie, żwirownie itp.) do celów ćwiczebnych i przekazywaniu ich pod zarząd Wojsk Obrony Terytorialnej (dalej WOT) oraz do celów edukacyjnych, sportowych, pod budowę parków rozrywki itp.,
  - w VII jest zapis o znaczącym ograniczeniu skali niekoncesjonowanej działalności geologiczno-górnictwa przez wypracowanie uregulowań prawnych, eliminujących bariery czasowe i organizacyjne uzyskiwania pozwoleń inwestycyjnych.

### 3. STAN ROZPOZNANIA OBSZARÓW WYSTĘPOWANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW POSPOLITYCH

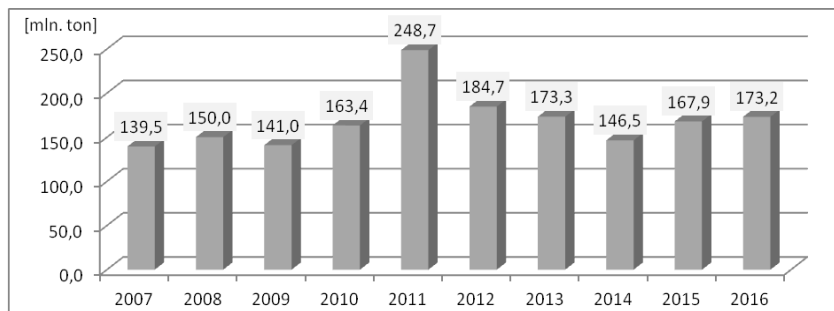
Z analizy zapisów projektu PSP wynika, że surowce pospolite, niezwykle ważne dla rozwoju kraju, nie zostały uwzględnione w zakresie odzwierciedlającym ich znaczenie. Co więcej, zapisy te nie uwzględniają aktualnego stanu wiedzy o zakresie rozpoznania geologicznego złóż, jak piaski i żwiry czy surowce ilaste ceramiki budowlanej oraz o skali niekoncesjonowanej eksploatacji i jej regionalizacji. Dokument ten traktuje obszar Polski jako *terra incognita*, na której należy dopiero rozpocząć systematyczne badania geologiczne i surowcowe. Uwaga ta dotyczy ogółu surowców, nie tylko pospolitych. Tymczasem od wielu lat prowadzone są systematyczne badania geologiczne i prace weryfikacyjne, których celem jest uzyskanie jak najpełniejszej wiedzy o obszarach prognostycznych i perspektywicznych występowania złóż kopalin. Prace te dotyczyły przede wszystkim kruszywa piaskowo-żwirowego, które absorbowало około 90% sił i środków, a w około 10% prace te dotyczyły surowców ilastych ceramiki budowlanej. Takie ukierunkowanie prac wynikało z pragmatycznego podejścia do tej tematyki: materiały budowlane takie jak różnego rodzaju cegła, pustaki, dachówka ceramiczna są transportowane na duże odległości i możliwe jest zapewnienie prawidłowego zaopatrzenia budownictwa przez stosunkowo niewielką liczbę zakładów produkcyjnych, działających w oparciu o duże złoża, podczas gdy w przypadku kruszywa piaskowo-żwirowego, wykorzystywanego zwłaszcza w drogownictwie, koszt transportu odgrywa istotną rolę. Stąd też zachodziła potrzeba dobrego, wyprzedzającego rozpoznania bazy surowcowej w rejonie planowanych inwestycji liniowych. Prace takie zostały zrealizowane przez PIG i objęły korytarze wzdłuż planowanych przebiegów autostrad i dróg szybkiego ruchu (2008–2015) oraz obszary wokół głównych aglomeracji miejskich: trójmiejskiej, warszawskiej i łódzkiej (2008–2012) – rysunek 1. Efekty tych prac były imponujące. W korytarzach komunikacyjnych zbadano 415 obszarów i w 92,5% przypadków wyznaczono obszary prognostyczne dla kruszyw piaskowo-żwirowych o łącznych zasobach 6,7 mld Mg. Wokół aglomeracji miejskich badaniom poddano 207 obszarów; w 94,7% wyznaczono obszary prognostyczne o zasobach 2,3 mld Mg. W ramach tych prac

proawodno rozpoznanie wiertnicze, a w pobranych próbkach wykonano badania jakościowe kruszywa. Porównując dane ilościowe do rocznego wydobycia kruszyw piaskowo-żwirowych w skali kraju (rys. 2), zmieniającego się w latach 2007–2016 w przedziale 140–250 mln Mg, wykonane prace dają bezpieczeństwo surowcowe w tej dziedzinie na kilkadziesiąt lat, a przecież ilości te jedynie uzupełniają zasoby znajdujące się w udokumentowanych złożach. W ten sposób zweryfikowano około 60% obszaru Polski. Natomiast dla całego kraju przeprowadzono analizę dostępnych dokumentacji geologicznych, sprawozdań z prac poszukiwawczych kruszywa grubego oraz orzeczeń, realizowanych przede wszystkim w latach 70. i 80. XX w. W analizie tej uwzględnione zostały także mapy geologiczne, opracowane w ramach SMGP oraz miejsca niekoncesjonowanej eksploatacji kruszywa. Na tej podstawie wyznaczono ponad 6500 perspektywicznych i prognostycznych obszarów występowania kruszywa piaskowo-żwirowego. Dane te są zawarte w warstwie normatywnej MGŚP. Zrealizowanie tych prac przez jeden zespół spowodowało, że praktycznie w tym samym czasie powstała obszerna baza dotycząca lokalizacji miejsc niekoncesjonowanej eksploatacji wraz z określeniem jej skali.



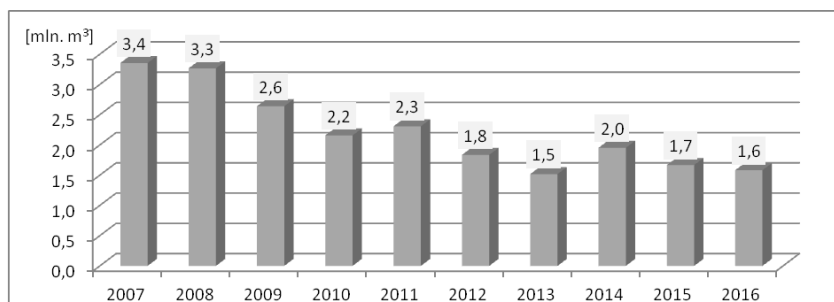
Rys. 1. Obszary badań dla udokumentowania zweryfikowanych obszarów prognostycznych kruszywa piaskowo-żwirowego wzdłuż autostrad i dróg ekspresowych oraz wokół aglomeracji miejskich wg MGŚP, (PIG-PIB, 2017)

Fig. 1. Research areas for the documenting verified prognostic areas of aggregates sand and gravel along highways and expressways and around urban areas, data by MGŚP (PIG-PIB, 2017)



Rys. 2. Wydobycie kruszyw piaskowo-żwirowych w latach 2007–2016 (PIG-PIB, 2017)  
 Fig. 2. Extraction of natural aggregate sand and gravel in Poland in the years 2007–2016, according to data from the annual (PIG-PIB, 2017)

Nieco odmienna jest sytuacja z rynkiem surowców ilastych do produkcji ceramiki budowlanej. W perspektywie ostatnich 10 lat wydobycie tej kopaliny drastycznie zmniejszyło się – z 3,36 mln m<sup>3</sup> w 2007 roku do niespełna 1,6 w 2016 (rys. 3). W okresie tym całkowita liczba złóż zmalała o 43 (3,5%), ale liczba zakładów czynnych spadła znacząco z 238 w 2007 roku do 106 w 2016 (55%), przy wzroście liczby eksploatowanych okresowo złóż, odpowiednio z 33 do 104 (tab. 1). Przyczyna takiego spadku wydobycia wynika ze zmian technologicznych produkcji wyrobów ceramicznych, nierentowności małych cegielni, nie mogących spełnić wymogów jakościowych stawianych przez budownictwo i czynnikach planistycznych. Niewielkie złoża surowców ilastych i bazujące na nich niewielkie, wiekowe cegielnie są zamykane wskutek rozrastania się miast (Bąk i in., 2017). W takich sytuacjach korzystniejsze od dalszej eksploatacji złoża jest wykorzystanie terenu pod budownictwo, nawet kosztem utraty zasobów. Dodatkowym elementem jest również łatwość uzupełnienia importem niedoboru krajowej produkcji. Dotyczy to zarówno takich wyrobów jak cegła i pustaki, również dachówki i innych elementów ceramicznych. W obydwu kategoriach Polska ma silnie ujemne saldo w relacji eksport-import (Galos, 2014).



Rys. 3. Wydobycie surowców ilastych ceramiki budowlanej w latach 2007–2016 (PIG-PIB, 2017)  
 Fig. 3. Extraction of clays and related materials for building ceramics in Poland in 2007–2016, according to data from the annual (PIG-PIB, 2017)

Tab. 1. Liczba złóż surowców ilastych ceramiki budowlanej w latach 2007–2016 (PIG-PIB 2017)  
 Tab. 1. The number of deposits of clays and related materials for building ceramics in 2007–2016,  
 according to data from the annual (PIG-PIB, 2017)

Liczba	Lata									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
całkowita złóż	1214	1228	1232	1229	1240	1235	1219	1201	1191	1171
złóż zagospodarowanych	271	269	269	271	263	254	244	233	218	210
zakładów czynnych	238	235	206	201	187	158	128	135	116	106
złóż eksploatowanych okresowo	33	34	63	70	76	96	116	98	102	104
złóż niezagospodarowanych	303	309	315	312	321	314	313	310	307	307
złóż rozpoznanych szczegółowo	228	235	241	238	247	241	240	237	234	234
złóż rozpoznanych wstępnie	75	74	74	74	74	73	73	73	73	73
złóż z eksploatacją zaniechaną	640	650	648	646	656	667	662	658	666	654

Przedstawiona powyżej skrócona analiza wykazuje, że ilość informacji geologicznej dotyczącej surowców pospolitych jest bardzo duża. Dane te w sposób usystematyzowany są zgromadzone w bazach danych PIG-PIB, dostępne są również w formie kartograficznej. Okresowo są one gruntownie analizowane, a wyniki tych prac były publikowane w formie bilansów zasobów. Przygotowując projekt PSP niesposób abstrahować od tych danych, bo można go kreować w sposób odpowiedzialny jedynie poprzez ich wykorzystanie. To co niewątpliwie powinno być zaplanowane do zrealizowania w przyszłości to dokończenie prac weryfikacyjnych obszarów prognostycznych na terenach nie objętych dotychczas pracami, poza obszarami zaznaczonymi jako zbadane (rys. 1), stanowiącymi około 40% kraju oraz wykonanie szczegółowego rozpoznania geologicznego obszarów prognostycznych i perspektywicznych zawartych w warstwie normatywnej „Kopaliny” MGŚP co najmniej w takim zakresie jak zostało to wykonane dla pasów wzdłuż autostrad i dróg ekspresowych oraz aglomeracji miejskich. Należy również przeprowadzić weryfikację informacji w bazie MIDAS i usunąć z niej złoża wyeksploatowane, dawno zarzucone, dla których nie sporządzono dodatku rozliczeniowego zasobów i nie wnioskowano o skreślenie ich z bilansu zasobów kopalin.

Projekt PSP jako ważne problemy do rozwiązania wskazuje znaczące ograniczenie skali niekoncesjonowanej eksploatacji i wypracowanie metodyki waloryzacji złóż w celu wytypowania złóż o istotnym znaczeniu dla gospodarki krajowej i regionalnej. Niewątpliwie są to problemy bardzo ważne, ale i w tych dziedzinach do tej pory wykonano bardzo wiele. Miejsca nielegalnej/niekoncesjonowanej eksploatacji zostały zinwentaryzowane w skali całej Polski w ramach realizacji MGŚP. Każdy punkt takiej eksploatacji ma opracowany raport, zawierający również dokumentację fotograficzną. Dane te są ogólnodostępne na portalu PIG-PIB; opublikowane zostały też szczegółowe analizy dotyczące skali tego zjawiska (Walentek i in., 2016; Kozłowska i in.,

2016). Wynika z nich, że mimo bardzo dużej liczby miejsc niekoncesjonowanej eksploatacji (> 3600), szacowane wydobycie w latach 2009–2014 wyniosło około 56,5 mln Mg, co stanowi 5,2% kruszywa naturalnego, legalnie wydobytego w tym okresie, a oszacowana sumaryczna strata Skarbu Państwa z tytułu nie uiszczonej opłaty eksploatacyjnej wyniosła w tym okresie około 32 mln zł. Oczywiście, należy zwalczać to zjawisko, bo przede wszystkim prowadzi do degradacji środowiska naturalnego, krajobrazu; często miejsca te są wykorzystywane do porzucania odpadów, ale jego fetyszyzowanie jest nieuzasadnione. Pojawiające się w środkach masowego przekazu informacje o tym, że nielegalna eksploatacja kopalni sięga 50% ich całkowitego wydobycia, w tym przede wszystkim surowców pospolitych, wynika z niewiedzy lub chęci łatwego szokowania i manipulowania opinią publiczną.

Przy uwzględnieniu informacji o faktycznej skali nielegalnej eksploatacji kopalni w Projekcie PSP powinny znaleźć się propozycje zmian prawnych, które byłyby skierowane na ukrócenie tego procederu oraz zmobilizowanie do skuteczniejszego działania terenowej administracji geologicznej, podlegającej Głównemu Geologowi Kraju. Może należy rozważyć wycofanie się z zapisu ustawy *Prawo geologiczne i górnicze*, dopuszczającego możliwość pozyskania niewielkiej ilości surowców na tzw. własne potrzeby. Taka decyzja może być źle przyjęta, zwłaszcza w obszarach wiejskich, ale należy też wziąć pod uwagę to, że nowoczesne techniki, preferujące rozwiązania energooszczędne w budownictwie nie mogą wykorzystywać surowca niskiej jakości, bo w perspektywie długiego czasu użytkowania domu, oszczędność będzie chwilowa, a koszty eksploatacji (ogrzewanie) wysokie.

Waloryzacja złóż i ochrona tych o największym znaczeniu w skali kraju czy regionu jest dyskutowana od długiego czasu (Nieć & Radwanek-Bąk, 2014), realizowany był też w ramach Horizon 2020 – Projekt *MINATURA2020*, którego celem było opracowanie kryteriów takiej waloryzacji w skali całej Unii Europejskiej (Galos & Nieć, 2015; Galos, 2016; Kot-Niewiadomska i in., 2017). Problem jest niezwykle złożony, a dyskusja dotyczy tak zasadniczych spraw złożeń – o jakim stopniu rozpoznania powinny być objęte ochroną: czy tylko udokumentowane, czy też obszary prognostyczne i perspektywiczne, w jakim stopniu należy uwzględniać w tych analizach formy ochrony przyrody (obszary NATURA 2000, parki krajobrazowe i in.). Podstawowym wydaje się być problem finansowy: jeżeli jakiś obszar występowania kopaliny będzie uznany za ważny dla państwa/regionu, to prawa właściciela terenu zostaną ograniczone co do zakresu jego wykorzystania. To powinno być zrekomensowane. Kto poniesie koszty takiej rekompensaty? A więc prace nad metodami waloryzacji złóż kopalni trwają od wielu lat, toczy się obecnie dość ożywiona dyskusja, a Projekt PSP powinien zawierać krytyczną jej analizę.

Ostatnią, ale również istotną kwestią w odniesieniu do złóż surowców pospolitych jest problem rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych (Gabrys-Godlewska i in., 2018). Nadzór nad prawidłowym wykonaniem prac rekultywacyjnych, zwłaszcza wyrobisk po eksploatacji surowców pospolitych, należy do obowiązków terenowej administracji

geologicznej podległej Głównemu Geologowi Kraju. Zazwyczaj rekultywacja wyrobisk jest prowadzona w kierunku wodnym, leśnym, rolnym czy mieszanym; nic oczywiście nie szkodzi, by powstawały na tych terenach obiekty edukacyjne czy sportowe. Ale ciekawy jest w Projekcie PSP zapis, by tereny pogórnice (piaskownie i żwirownie) były wykorzystane do celów ćwiczebnych i przekazywane pod zarząd Wojsk Obrony Terytorialnej. Struktura własnościowa obszarów eksploatacji złóż surowców pospolitych; piaskowni, żwirowni i glinianek jest taka, że są to wyłącznie użytki prywatne. A więc WOT chcąc pozyskać takie tereny musi je odkupić od właściciela; nie może więc być mowy o przekazaniu.

#### 4. PODSUMOWANIE

Projekt Polityki Surowcowej Państwa jest dokumentem bardzo ogólnym, w dziedzinie odnoszącej się do surowców pospolitych jak kruszywo piaskowo-żwirowe i surowce ilaste ceramiki budowlanej; brak jest bezpośrednich zapisów. Poważnym niedomaganiem tego dokumentu jest to, że nie uwzględnia on dotychczasowej wiedzy o stanie rozpoznania tych złóż oraz stopnia rozpoznania w skali kraju. A jest ona niemała! Dotyczy to zarówno obszarów prognostycznych, perspektywicznych jak i skali niekoncesjonowanej eksploatacji. Oczywiście jest, że w najbliższych latach powinny być kontynuowane prace, mające na celu dokończenia weryfikacji obszarów prognostycznych poza zbadanymi dotychczas oraz wykonanie szczegółowego rozpoznania obszarów prognostycznych i perspektywicznych, zawartych w warstwie normatywnej „Kopaliny” Mapy Geośrodowiskowej Polski. I takie konkretne zapisy powinny znajdować się w Projekcie PSP.

#### LITERATURA

- BAK B., PRZENIOSŁO S., 1993, *Zasoby perspektywiczne kopalni Polski wg stanu na 31 XII 1990 r.*, PIG Warszawa.
- BAK B., SZELĄG A., RADWANEK-BAK B., SZCZYGIELSKI W., 2017, *Gospodarka złożami kopalni ilastych ceramiki budowlanej w Polsce w ostatnim ćwierćwieczu*, *Górnictwo Odkrywkowe*, 3, 77–83.
- BUŁAT S., GIENKA M., 1996, *Założenia polityki państwa w dziedzinie surowców mineralnych*, *Przegląd Geologiczny*, vol. 44, 5, 418–421.
- GABRYŚ-GODLEWSKA A., KAFARA D., KOZŁOWSKA O., TURBIAK B., WALENTEK I., 2018, *Wstępna ocena stanu rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych w województwie mazowieckim*, *Kruszywa Mineralne*, t. 2, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii PWr., 15–24.
- GALOS K., 2014, *Surowce ceramiki budowlanej. Ceramika budowlana*, [w:] BURKOWICZ A., GALOS K., GUZIK K., KAMYK J., LEWICKA E., SMAKOWSKI T., SZLUGAJ J., *Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i Świata 2012*, 929–934.
- GALOS K., 2016, *Założenia metodologiczne propozycji wyznaczania złóż kopalni o znaczeniu publicznym*, *Przegląd Górniczy*, t. 72, nr 5, 21–26.
- GALOS K., NIEĆ., 2015, *Europejska koncepcja złóż kopalni o znaczeniu publicznym (projekt MINATURA2020)*, *Zesz. Nauk. IGSMiE PAN*, nr 91, 35–43.



- GIENTKA M., 1995a, *Polityka resortu w dziedzinie poszukiwania, rozpoznawania i eksploatacji surowców mineralnych*, cz. I. Przegląd Geologiczny, vol. 43, 1, 49–56.
- GIENTKA M., 1995b, *Polityka resortu w dziedzinie poszukiwania, rozpoznawania i eksploatacji surowców mineralnych*, cz. II. Przegląd Geologiczny, vol. 43, 2, 126–150.
- HAUSNER J. (red.), BROMOWICZ J., BUKOWSKI M., KASZTELEWICZ Z., KUDŁACZ M., KULCZYCKA J., PIESTRZYŃSKI A., STEINHOFF J., WILCZYŃSKI M., 2015, *Polityka Surowcowa Polski. Rzecz o tym, czego nie ma, a jest bardzo potrzebne*, Kraków.
- KOT-NIEWIADOMSKA A., GALOS K., LEWICKA E., BURKOWICZ A., KAMYK J., SZLUGAJ J., 2017, *Methodology of assignment of Mineral Deposits of Public Importance proposed by MINATURA2020 Project and results of its pilot testing in the Dolnośląskie Province (Poland)*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, (34) 3, 71–94.
- KOZŁOWSKA, O., OLEJNICZAK, K., RADWANEK-BAK, B., SOŁOMACHA, M., WALENTEK, I., 2016, *Dzikie wydobywanie: problem niekoncesjonowanej eksploatacji kopalni w Polsce*, *Surowce i Maszyny Budowlane*, 3, 49–53.
- MINATURA2020 Project and results of its pilot testing in the Dolnośląskie Province (SW Poland)*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, t. 33, 3, 71–94.
- MGŚP, *Mapa Geośrodowiskowa Polski 1:50 000*, PIG-PIB, Warszawa.
- NIEĆ M., RADWANEK-BAK B., 2014, *Ochrona i racjonalne wykorzystanie złóż kopalni*, Wyd. IGSMiE PAN.
- PIG-PIB, 2017, *Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2007 – 31.12. 2016*.
- PIWOCKI M., 2000, *Priorytety badań geologicznych: geologiczne badania surowcowe*, *Przegląd Geologiczny*, vol. 48, 1, 36–41.
- Polityka Surowcowa Państwa, Projekt, 2018, Ministerstwo Środowiska.
- Ustawa z dnia 25 maja 2017 r. o zmianie ustawy *Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw*, j.t., Dz.U.2017.2126.
- WALENTEK I., SOŁOMACHA M., OLEJNICZAK K., 2016, *Problem niekoncesjonowanej eksploatacji kopalni okruchowych w Polsce*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, t. 32, 1, 119–136.
- WOŁKOWICZ S., SMAKOWSKI T., SPECZIK S. (red.), 2011, *Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009*, PIG-PIB.

#### PROBLEMATICS OF COMMON RAW MATERIALS IN THE PROJECT OF STATE RAW MINERAL POLICY

The State Raw Materials Policy project (2018), unlike similar documents, prepared primarily at the end of the 20th century, is a very general document that does not contain any analysis of geological-economic data as a basis for future activities. In reference to common raw materials such as sand and gravel aggregate or clays and related materials for building ceramics, this document contains only a few provisions referring to the protection of deposits in terms of spatial planning, reduction of illegal exploitation and directions of reclamation of post-mining excavations. The fundamental fault of this document is that it does not take into account the current state of knowledge about the recognition of the geological structure of Poland in terms of the occurrence of mineral deposits, including the common ones. Meanwhile, the amount of this information that is stored in systematized databases is huge. About 60% of Poland has verified forecasting areas for sand and gravel aggregate, a detailed analysis of available geological data was carried out for the entire country, and over 6.500 prospective and forecasting prospective and prognostic areas were identified. Similarly, the entire country has been covered by a detailed inventory of illegal exploitation sites and detailed documentation is prepared for each such object. The following works should be continued in the coming years: it is necessary to

complete the verification of the aggregate prognostic areas, geological surveys should be carried out on the designated prospective and prognostic areas, and the control of illegal exploitation should be continuous. Legislative changes are necessary, the aim of which should be to protect the deposits more effectively against their devastation. In this aspect, negligence seems to be the greatest, and the provisions of the state's raw material policy project do not contain any specific proposals for legal solutions.

## **DRGANIA OGÓLNE NA STANOWISKACH PRACY ZWIĄZANYCH Z PRZERÓBKĄ RUD MIEDZI**

### **1. WSTĘP**

Drgania mechaniczne działające na cały organizm pracownika poprzez jego stopy (gdy stoi) lub przez miednicę, plecy, boki (gdy jest w pozycji siedzącej lub leżącej) nazywane są drganiami ogólnymi (działającymi w sposób ogólny). Długotrwałe narażenie na drgania ogólne może doprowadzić do trwałych, nieodwracalnych zmian chorobowych, obejmujących przede wszystkim układ kostny (zespół bólowy kręgosłupa) i narządy wewnętrzne człowieka. Drgania ogólne, nawet o małych amplitudach, są często uciążliwe dla człowieka, powodując nie tylko dyskomfort, lecz obniżając jego sprawność psychomotoryczną (Engel, 2001; Engel & Kowalski, 2000; Engel & Zawieska, 2010; Griffin 2008). Na podstawie danych z ostatnich lat, zawartych w sprawozdaniach z działalności PIP można oszacować, że na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych (kruszenie, mielenie, przesiewanie, itp.) zatrudnionych jest ponad 100 tys. pracowników (Hickiewicz, 2014). Niedoszacowanie całkowitej liczby pracowników narażonych na drgania wiąże się z problemem niedostatecznego rozpoznania narażenia na drgania ogólne na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych.

Obecnie pomiary drgań mechanicznych pochodzących od maszyn i urządzeń, wykorzystywanych w przemyśle przeróbki surowców mineralnych, przeprowadzane są zazwyczaj w celu diagnozowania i monitoringu ich stanu technicznego.

Badania drgań działających w sposób ogólny na organizm człowieka na tego typu stanowiskach nie są wykonywane w ogóle lub przeprowadzane są w bardzo ograniczonym zakresie. W dużej mierze wynika to z braku rozpoznania głównych źródeł narażenia na drgania pracowników, niekiedy konieczności użycia niestandardowej aparatury, a także ograniczonych możliwości przebywania na tego typu stanowiskach pracy dodatkowej osoby poza głównym operatorem. Niepełna jest więc także ocena ryzyka zawodowego, do której zobowiązani są pracodawcy zgodnie z Dyrektywą 2002/44/WE w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji).

Przedstawione w artykule przykładowe wyniki pomiarów i oceny zostały wykonane w ramach wstępnego rozpoznania narażenia na drgania ogólne pracowników, na stanowiskach związanych z przeróbką rud miedzi.

## 2. METODA BADAŃ

Zastosowana przez autorów metoda badań jest oparta na jednoczesnej rejestracji przebiegów czasowych sygnałów przyspieszeń drgań w trzech kierunkach:  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Podstawową wielkością wyznaczaną w celu oceny narażenia pracownika na drgania jest dzienna ekspozycja  $A(8)$  bazująca na dawce drgań  $a^2 \cdot t$ , która jak się zakłada, najlepiej odzwierciedla działanie drgań na organizm człowieka (Harazin 2006, PN-EN 14253+A1:2011)

$$D_{\text{całkowita}} = \sum_{i=1}^n a_i^2 \cdot t_i \quad \left[ \frac{m^2}{s^3} \right] \quad (1)$$

gdzie

$a_i$  – cząstkowe przyspieszenie drgań [ $m/s^2$ ],

$t_i$  – czas działania cząstkowego przyspieszenia [s].

Całkowita dawka drgań wyznaczana jest na podstawie zmierzonych skorygowanych wartości składowych kierunkowych przyspieszeń drgań i jest wielkością wyznaczaną pośrednio przy obliczaniu wartości dziennej ekspozycji na drgania  $A(8)$ . Dzienna ekspozycja na drgania o działaniu ogólnym wyznaczana jest z zależności:

$$A_l(8)_{WB} = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wli}^2 \cdot T_i} \quad \left[ \frac{m}{s^2} \right] \quad (2)$$

gdzie

$a_{wli}$  – skorygowana częstotliwościowo skuteczna wartość przyspieszenia drgań, określona dla przedziału czasu  $T_i$  [s],

$l$  – kierunek  $x$ ,  $y$  lub  $z$ ,

$T_0$  – czas odniesienia równy 8h (480 min = 28 800 s),

$k_x = k_y = 1,4$  dla kierunków  $x$  i  $y$ ;  $k_z = 1$  dla kierunku  $z$ .

Oceny narażenia zdrowia pracownika ze względu na drgania mechaniczne dokonuje się poprzez porównanie wyznaczonych dziennej ekspozycji z wartościami dopuszczalnymi podanymi w Obwieszczeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, 2017. Wyznaczana jest krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej dla ekspozycji na drgania działające w sposób ogólny:

$$k_{r,WB} = \frac{A(8)_{WB}}{A(8)_{WB,dop}} \quad (3)$$

gdzie

$A(8)_{WB}$  – wyznaczona wartość dziennej ekspozycji na drgania ogólne [ $m/s^2$ ],

$A(8)_{WB,dop}$  – dopuszczalna wartość dziennej ekspozycji na drgania ogólne [ $m/s^2$ ].

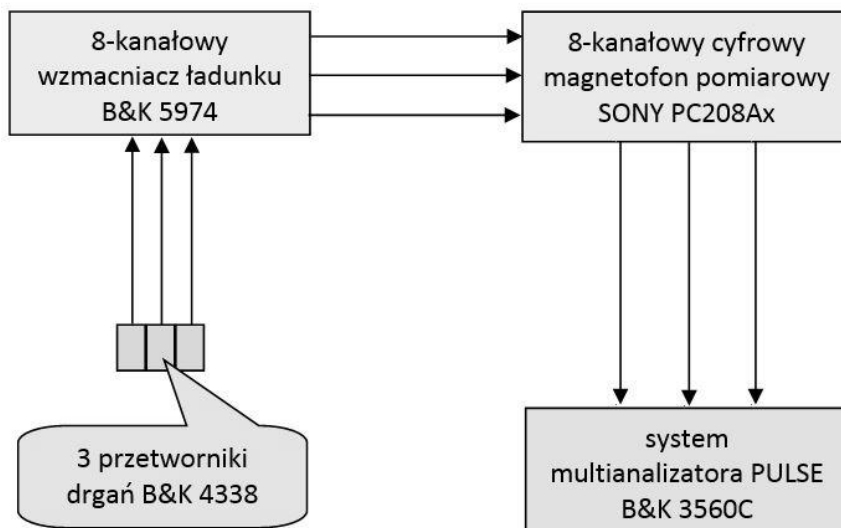
Przy pomocy wartości krotności można ocenić czy narażenie na drgania jest małe, średnie czy duże. Ryzyko zawodowe jest pomijalnie małe, jeżeli wyznaczona dla badanego stanowiska pracy krotność, jest mniejsza niż 0,2 ( $k_r < 0,2$ ), zaś małe – gdy krotność mieści się w zakresie  $0,2 \leq k_r \leq 0,5$ . Ryzyko zawodowe jest akceptowalne (średnie), jeżeli wyznaczona dla stanowiska pracy krotność jest z zakresu  $0,5 < k_r \leq 1$ . Ryzyko zawodowe jest nieakceptowalne (duże), jeżeli wyznaczona dla stanowiska pracy krotność jest większa od 1,  $k_r > 1$  (Kowalski & Zajac, 2008–2010; Kowalski & Zajac, 2010).

### 3. APARATURA POMIAROWA

Pomiary składowych kierunkowych przyspieszeń drgań przeprowadzono przy użyciu następującego zestawu aparatury:

- cyfrowy 8-kanałowy magnetofon pomiarowy firmy SONY, typ PC208Ax,
- 8-kanałowy wzmacniacz ładunku firmy Brüel & Kjær, typ 5974,
- system multianalizatora PULSE firmy Brüel & Kjær, typ 3560C,
- 3 przetworniki drgań firmy Brüel & Kjær, typ 4338.

Zestaw ten umożliwia rejestrację sygnałów w całym zakresie częstotliwości drgań działających w sposób ogólny na pracownika: 0,9–90 Hz z zakresu od kilku  $\text{mm/s}^2$  do ok.  $1000 \text{ m/s}^2$  bez zniekształceń i zakłóceń. Na rysunku 1 przedstawiono schemat zestawu aparatury pomiarowej.



Rys. 1. Schemat zestawu pomiarowego  
Fig. 1. Diagram of the measurement set

#### 4. OBIEKTY BADAŃ

Przykładową identyfikację źródeł drgań przeprowadzono w Zakładzie Przeróbki Rud Miedzi i na jej podstawie wybrano do badań pięć stanowisk pracy:

- 1 – przesiewanie rudy SWR-1
- 2 – przesiewanie rudy transportowanej z rozładowni wagonowej SWR-3
- 3 – rozdrabnianie przy kruszarkach młotowych KR3
- 4 – mielenie w młynie kulowym MK-121
- 5 – obrotowa suszarnia rurowa S-4.

Pomiary przyspieszeń drgań mechanicznych przeprowadzano w miejscach przebywania osoby nadzorującej pracę maszyny/urządzenia. Punkty pomiarowe na badanym stanowisku pracy były lokalizowane na podłożu przy maszynie lub na platformie okalającej urządzenie, w miejscach ustalonych na podstawie pomiarów wstępnych przy użyciu wibrometru RION VA-10. Przykład lokalizacji i orientacji punktów pomiarowych na badanym stanowisku pracy przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Lokalizacja punktów pomiarowych i kierunki pomiarowe na stanowisku 2 (SWR-3) przy wibroizolatorze  
Fig. 2. Location of measuring points and measurement directions at Station 2 (SWR-3) near a vibration isolator

## 5. WYNIKI BADAŃ

W ramach przeprowadzonych badań, na podstawie zarejestrowanych wartości przyspieszeń drgań, wyznaczono dzienne ekspozycje na drgania na pięciu stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych. W tabeli 1 przedstawiono wyznaczone największe składowe kierunkowe drgań oraz krotności przekroczenia wartości dopuszczalnej dla ekspozycji na drgania ogólne. W tym przypadku najwyższe wartości drgań uzyskano dla składowej kierunkowej z.

Tab. 1. Dzienna ekspozycja na drgania działające w sposób ogólny oraz krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej wyznaczona na badanych stanowiskach  
 Tab. 1. Daily exposure to entire vibration and multiplication factors of exceeding the permissible exposure limit for vibration determined on the workstations

Stanowisko pracy		Dzienna ekspozycja na drgania (składowa kierunkowa z) $A(8)_z$ [ $m/s^2$ ]	Krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej dla ekspozycji na drgania ogólne $k_{r, WB}$
1	przesiewanie rudy SWR-1	0,27	0,34
2	a) przy wibroizolatorze	0,20	0,25
	b) przy silniku-reduktorze	1,23	1,54
	c) przy przenośniku taśmowym	1,61	2,01
3	rozdrabnianie przy kruszarkach KR3	0,03	0,04
4	a) przy młynie na podeście	0,19	0,24
	b) przy młynie na podłożu	0,06	0,08
5	a) przy obrotowej suszarni rurowej podczas przejazdu platformy i wykonywania czynności odwadniania koncentratu (zagęszczanie, filtracja)	0,07	0,09
	b) przy obrotowej suszarni rurowej podczas termicznego suszenia	0,44	0,55

Wstępna analiza wyników badań pozwoliła stwierdzić, że wartość dopuszczalna została przekroczona na stanowisku 2 w dwóch punktach pomiarowych: przy silniku-reduktorze (krotność przekroczenia  $k_{r, WB} = 1,54$ ) i na podeście przy przenośniku podającym urobek ( $k_{r, WB} = 2,01$ ). Na stanowisku 5 zarejestrowano drgania przekraczające wartość 0,5 NDN. Na pozostałych stanowiskach narażenie okazało się małe i nie przekraczało 0,2 NDN.

## 6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione w przykładowe wyniki badań drgań ogólnych na stanowiskach pracy związanych z przeróbką rudy miedzi wskazują na możliwość przekroczenia wartości dopuszczalnych na tego typu stanowiskach. Do podjęcia przez pracodawców działań,

w celu ograniczenia narażenia na drgania na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych, niezbędny jest dostęp do informacji i materiałów dotyczących aktualnego stanu narażenia pracowników oraz możliwości i sposobów ograniczania drgań.

Jednym z ważniejszych elementów wpływającym na prawidłowe wykonanie pomiarów i związane z tym oszacowanie dziennej ekspozycji na drgania, w przypadku stanowisk pracy związanych z przeróbką rud miedzi (a także innych surowców mineralnych) jest właściwa lokalizacja punktów pomiarowych. Drgania mechaniczne pochodzące od maszyn i urządzeń przerobczych przenoszone są do organizmu człowieka najczęściej poprzez siedziska, podłogi i podesty. W wielu przypadkach taka identyfikacja źródeł jest wystarczająca dla potrzeb oceny narażenia pracownika na działanie drgań. Sytuacja zmienia się jednak zasadniczo, gdy konieczne jest ograniczenie ich emisji. Wymienione elementy urządzeń w rzeczywistości nie wytwarzają bezpośrednio drgań, a jedynie transmitują je do organizmu pracownika – są wtórnymi źródłami drgań. Aby skutecznie zredukować lub wyeliminować drgania należy najpierw przeprowadzić identyfikację pierwotnych źródeł drgań.

Uzyskane wyniki badań wstępnych wskazują na potrzebę przeprowadzania pomiarów i oceny drgań ogólnych na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych.

#### LITERATURA

- ENGEL Z., 2001, *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, PWN, Warszawa.
- ENGEL Z., KOWALSKI P., 2000, *Evaluation indices of exposure to vibration*, Machine Dynamics Problems, Warszawa, vol. 24, 3, 21–33.
- ENGEL Z., ZAWIESKA W. M., 2010, *Hałas i drgania w procesach pracy: źródła, ocena, zagrożenia*, Warszawa, Wyd. CIOP-PIB.
- GRIFFIN, M. J., 2008, *Effects of Vibration on People*, Handbook of Noise and Vibration Control (ed M. J. Crocker), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, doi: 10.1002/9780470209707.ch2.
- HARAZIN B., 2006, *Szacowanie ryzyka zawodowego i ryzyka zdrowotnego związanego z działaniem miejscowych wibracji*, Bezpieczeństwo Pracy, 6 (417), Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa.
- HICKIEWICZ I., 2014, *Sprawozdanie z działalności Państwowej Inspekcji Pracy w 2013 roku*, Warszawa.
- KOWALSKI P., ZAJĄC J., 2008–2010, *Ocena narażenia na drgania mechaniczne pracowników transportu wewnątrzzakładowego w celu profilaktyki*, Program Wieloletni – Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy.
- KOWALSKI P., ZAJĄC J., 2010, *Whole – body and hand – arm vibration in in-house transport*, Archives of Acoustics, vol. 35, 2, 183–190.
- Dyrektywa 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji), (szesnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).
- Obwieszczenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 7 czerwca 2017 r. ws. ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia MPiPS ws. najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz.U.2017.1348.



PN-EN 14253+A1:2011, *Drgania mechaniczne – Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – Wytyczne praktyczne.*

*Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017–2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, Koordynator programu – CIOP-PIB.*

#### HAZARD OF GENERAL VIBRATION AT THE WORKSTATIONS IN COPPER ORE PROCESSING INDUSTRY

The article presents results of whole-body vibration tests at workstations associated with the processing of copper ore. Measurements of mechanical vibration accelerations were carried out at 5 workstations in the places where the person supervising the machine / equipment works. Based on the results of the measurements, daily exposures to whole-body vibration and multiplication factors of exceeding the permissible exposure limit for vibration were determined. The assessment showed that the analyzed workstations could be a hazard. The limit value has been exceeded at two measuring points. The preliminary test results indicate the need to carry out measurements and assess whole-body vibration at workstations associated with the processing of mineral raw materials.

- Grzegorz ADAMSKI, g.adamski@icimb.pl  
Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych  
ul. Cementowa 8, 31-983 Kraków
- Ireneusz BAIC, i.baic@imbigs.pl  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Oddział w Katowicach  
al. W. Korfańtego 193A, 40-157 Katowice
- Leszek BALCARCZYK, uav@poiformat.pl  
3D FORMAT Sp. j.  
ul. gen. Władysława Sikorskiego 115A, 44-103 Gliwice
- Maria BRYCH, maria.brych@igo.wroc.pl  
POLTEGOR-INSTITUT – Instytut Górnictwa Odkrywkowego  
ul. Parkowa 25, 50-616 Wrocław
- Przemysław CEBRA, przemyslaw.cebba@gmail.com  
SZPEC Piotr Szwajkowski  
ul. Aleja Wojska Polskiego 39, 58-150 Strzegom
- Andrzej CIEPLIŃSKI, ciepl@agh.edu.pl  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
- Michał FILIPCZYK, m.filipczyk@imbigs.pl  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego  
ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa
- Anna GABRYŚ-GODLEWSKA, anna.gabrys-godlewska@pgi.gov.pl  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
- Krzysztof GALOS, kgalos@min-pan.krakow.pl  
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk  
ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków
- Albin GARBACIK, a.garbacik@icimb.pl  
Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych  
ul. Cementowa 8, 31-983 Kraków
- Stefan GÓRALCZYK, s.goralczyk@imbigs.pl  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego  
ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa
- Arkadiusz GRZEŚKOWIAK, arkadiusz.grzeskowiak@igo.wroc.pl  
POLTEGOR-INSTITUT – Instytut Górnictwa Odkrywkowego  
ul. Parkowa 25, 50-616 Wrocław
- Sebastian JENDRYSIK, sjendrysik@kopmag.eu  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
- Dominika KAFARA, dominika.kafara@pgi.gov.pl  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
- Paulina KOSTRZ-SIKORA, paulina.kostrz-sikora@pgi.gov.pl  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
- Zbigniew KASZTELEWICZ, kasztel@agh.edu.pl  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
- Alicja KOT-NIEWIADOMSKA, akot-niewiadomska@min-pan.krakow.pl  
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk  
ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków
- Piotr KOWALSKI, pikow@ciop.pl  
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
- Daniel KOWOL, dkowol@komag.eu  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
- Wiesław KOZIOL, w.koziol@imbigs.pl / wieslaw.koziol@agh.edu.pl  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Oddział w Katowicach  
al. W. Korfańtego 193A, 40-157 Katowice  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
- Olimpia KOZŁOWSKA, olimpia.kozlowska@pgi.gov.pl  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
- Danuta KUKIELSKA, d.kukielaska@imbigs.pl  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego  
ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa

- Katarzyna ŁAWIŃSKA, k.lawinska@ips.lodz.pl  
Instytut Przemysłu Skórzanego, Zakład Garbarstwa  
ul. Żgierska 73, 91-462 Łódź
- Dorota ŁOCHAŃSKA, lochan@agh.edu.pl  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
- Lukasz MACHNIAK, machniak@agh.edu.pl  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
- Leszek MAJEWSKI, l.majewski@imbigs.pl  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego  
ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa
- Jerzy MALEWSKI, jerzy.malewski@pwr.edu.pl  
Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii  
ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław
- Piotr MATUSIAK, pmatusiak@komag.eu  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
- ANNA MIERZEJEWSKA-KMIEĆ, amierzejewska@zpksumowo.pl  
Zakłady Produkcji Kruszyw Rupińscy Sp. J.  
ul. Przemysłowa 28, 18-305 Szumowo
- Remigiusz MODRZEWSKI, remigiusz.modrzewski@p.lodz.pl  
Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska  
ul. Wólczańska 175, 90-924 Łódź
- Zdzisław NAZIEMIEC, z.naziemiec@icimb.pl  
Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych  
ul. Cementowa 8, 31-983 Kraków
- Anita PABICH, a.pabich@imbigs.pl  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego  
ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa
- Ewelina PABIŚ-MAZGAJ, e.pabis@icimb.pl  
Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych  
ul. Cementowa 8, 31-983 Kraków
- Sławomir PATLA, slawomir.patla@igo.wroc.pl  
POLTEGOR-INSTYTUT – Instytut Górnictwa Odkrywkowego  
ul. Parkowa 25, 50-616 Wrocław
- Miranda PTAK, m.ptak@wug.gov.pl / miranda.ptak@pwr.edu.pl  
Okręgowy Urząd Górniczy we Wrocławiu  
ul. Kotlarska 41, 50-151 Wrocław  
Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii  
ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław
- Danuta RAJZAKOWSKA, technolog@sksm.pl  
Strzeblowskie Kopalnie Surowców Mineralnych Sp. z o. o.  
ul. Torowa 1, 55-050 Sobótka
- Małgorzata REJMAN, marej@ciop.pl  
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
- Kamil ROGOSZ, kamil.rogosz@igo.wroc.pl  
POLTEGOR-INSTYTUT – Instytut Górnictwa Odkrywkowego  
ul. Parkowa 25, 50-616 Wrocław
- Mariola STEFANICKA, mariola.stefanicka@pwr.edu.pl  
Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii  
ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław
- Barbara TURBIAK, barbara.turbiak@pgi.gov.pl  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
- Iwona WALENTEK, iwona.walente@pgi.gov.pl  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
- Piotr WODZIŃSKI, piotr.wodzinski@p.lodz.pl  
Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska  
ul. Wólczańska 213, 90-924 Łódź
- Stanisław WOLKOWICZ, stanislaw.wolkowicz@pgi.gov.pl  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
- Jacek ZAJĄC, jazaj@ciop.pl  
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa



# FGX-1



## Sucha separacja surowców skalnych

IMBiGS prowadzi badania związane z możliwością wykorzystania technologii suchej separacji na powietrznych stołach koncentracyjnych typu FGX w obszarze:

- wydzielenia frakcji pyłowej z produktów drobnoziarnistych
- odzysku klasy ziarnowej 3-0 mm, jako produktu nawozowego z klasy ziarnowej 16-0 mm
- odzysku kruszywa z nadkładu
- usuwania zanieczyszczeń z kruszywa dla poprawy parametrów jakościowych
- rozdzielenia mieszaniny ziarn kruszywa z wykorzystaniem różnicy w gęstości dla poprawy własności użytkowych



**Instytut  
Mechanizacji Budownictwa  
i Górnictwa Skalnego**

Oddział Zamiejscowy w Katowicach  
Centrum Niskoenergetycznych Technologii  
Budowlanych i Zarządzania Środowiskiem

ul. Al. Korfantego 193 A, 40-157 Katowice  
dr hab. inż. Ireneusz Baic, prof. IMBiGS  
tel. 32 2517-454; fax 32 2517-591  
tel./fax 32 2583 553; tel. 32 2581 373  
e-mail: i.baic@imbigs.pl



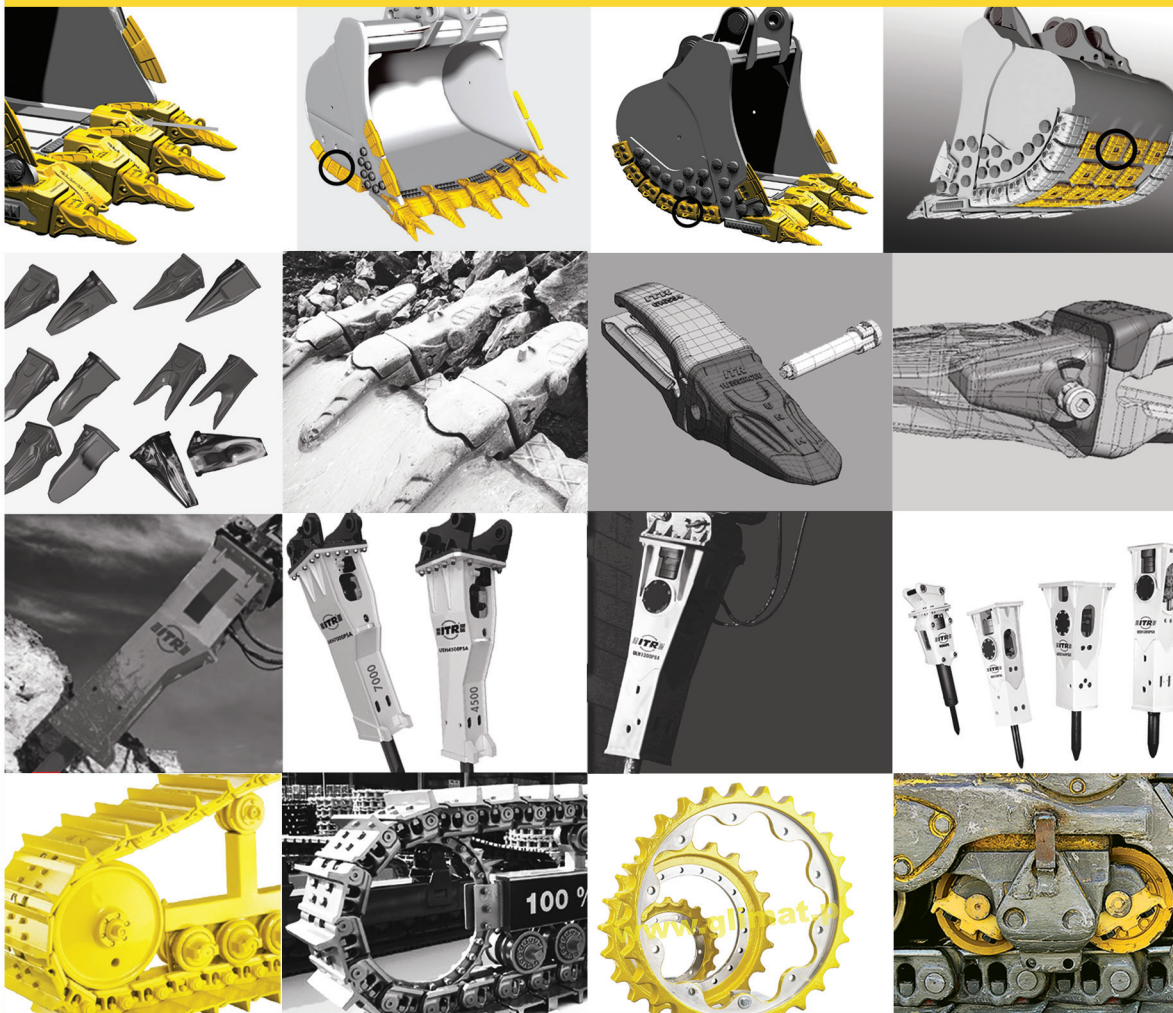


## SERWIS MONTAŻ DOSTAWA

ŁYŻEK DO PRACY W CIĘŻKICH WARUNKACH  
KOMPLEKSOWYCH PODWOZI GAŚNIECOWYCH  
PRODUKCJI ITR  
MŁOTÓW HYDRAULICZNYCH PRODUKCJI ITR

## ADAPTACJE

ŁYŻEK SKALNYCH W SYSTEMACH UNIK, FUTURA





## TAM GDZIE INNI PRACUJĄ POWOLI RH560 PRZYCHODZI Z UDERZENIEM

Połączono niezawodność RH460 z prostotą RH510. Dzięki ulepszonemu cyklowi powietrza i konstrukcji tłoka, RH560 ma większą efektywność wiercenia i zminimalizowane są awarie. W niemal każdych warunkach gruntowych RH560 zapewni wyższą sprawność, szybsze wiercenie.

Łagodny, nieagresywny start, szybkie zawieranie i proste otwory są tym, czego trzeba, nawet w złożonych formacjach skalnych. Sandvik RH560 zapewnia ogromną siłę uderzenia i przeniesienie dużej energii w ciągłości wiercenia przy mniejszym zużyciu paliwa.

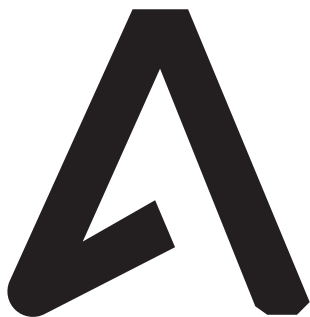
### KONTAKT DO NAS

+48 76 72 77 580  
[smc.pl@sandvik.com](mailto:smc.pl@sandvik.com)

ROCKTECHNOLOGY.SANDVIK/RH560

**SANDVIK**





# ABRASERVICE POLSKA

## ABRASION RESISTANT SOLUTIONS

DOSTAWCA KOMPLEKSOWYCH ROZWIĄZAŃ ORAZ GOTOWYCH ELEMENTÓW

WYKONANYCH ZE STALI TRUDNOŚCIERALNYCH ORAZ WYSOKOWYTRZYMAŁYCH

— Abraservice Polska Sp. z o.o. jest dostawcą stali trudnościeralnych i wysokowytrzymałych, zarówno w postaci arkuszy standardowych jak i przyciętych na wymiar, a także wykonanych wg schematu klienta.



— Obecne w całej Europie Abraservice spełnia oczekiwania klientów pracujących w bardzo wymagających środowiskach, takich jak: kopalnie, żwirownie i kamieniołomy, cementownie i koksownie, elektrownie i elektrociepłownie, cukrownie, huty, przemysł papierniczy, a także używających maszyn budowlanych

i drogowych, maszyn rolniczych, przenośników oraz urządzeń do recyklingu.

— Swoim klientom zapewniamy wsparcie techniczne zarówno przy doborze odpowiedniego gatunku i rozwiązania technicznego, jak i podczas normalnej eksploatacji. Jesteśmy parterem i doradcą we wszystkich sytuacjach, w których wymagana jest odporność na ścieranie lub ścieranie i korozję lub wysoka granica plastyczności.



— W wyniku ścisłej współpracy ze swoimi dostawcami, Abraservice oferuje najszerszy zakres stali specjalnych obecnych na rynku. Oferujemy stale trudnościeralne i wysokowytrzymałe od sprawdzonych producentów. W swojej ofercie posiadamy też inne stale specjalne (np. manganowe, COR-TEN®, BORON). W swojej ofercie posiadamy również lemiesz jedno i dwustronnie sfazowane.

— Jesteśmy jedynym przedstawicielem oferującym na terenie Polski specjalistyczne gatunki stali:

Industeel



**CREUSABRO® DUAL®**  
**CREUSABRO® 8000®**  
**CREUSABRO® 4800®**

— Stal **CREUSABO®** dzięki swojej innowacyjnej technologii produkcji (skład chemiczny + kontrolowany proces chłodzenia) charakteryzuje się korzystnymi właściwościami wykorzystywanymi zarówno podczas procesu obróbki, jak i w czasie normalnej eksploatacji – utwardzanie przez zgniot. **CREUSABO®** może pracować w wyższych temperaturach bez znacznej utraty swoich właściwości oraz cechuje się mniejszą strefą wpływu ciepła w przypadku cięć termicznych (w porównaniu do stali hartowanych w wodzie).

— Kolejną zaletą **CREUSABO®** jest jej twardość na wskroś, co ma szczególne znaczenie przy wszelakiego rodzaju obróbce mechanicznej, w szczególności przy procesie wiercenia. Mniejsza zaś twardość w momencie dostawy czyni ją łatwiejszą w obróbce ze względu na mniejsze siły konieczne do wykonania takich procesów, jak gięcie czy

walcowanie. Dzięki dobrej podatności do obróbki można stosować maszyny o mniejszej mocy, czy też uzyskiwać wyroby o bardziej skomplikowanym kształcie (mniejszym promieniu gięcia).

Dodatkowo **CREUSABO® 4800®** ≤ 20 mm dzięki sposobie produkcji – walcowanie termomechaniczne - można kształtować na gorąco.

### — Gliwice

A. ul. A. Gaudiego 18  
44-109 Gliwice  
T. +48 32 344 73 96  
F. +48 32 344 73 99  
gliwice@abraservice.com

### — Bydgoszcz

A. ul. Przemysłowa 34  
85-758 Bydgoszcz  
T. +48 52 320 89 81  
F. +48 52 320 89 89  
bydgoszcz@abraservice.com

### — Warszawa

A. ul. Palisadowa 20 / 22  
01-940 Warszawa  
T. +48 22 569 00 04  
F. +48 22 569 00 19  
warszawa@abraservice.com



---

## LABORATORIUM BEZPIECZEŃSTWA PRACY

Oferuje:

### BADANIA ŚRODOWISKA PRACY

- ◆ PYŁU
- ◆ HAŁASU
- ◆ DRGAŃ MECHANICZNYCH
- ◆ OŚWIETLENIA

### USŁUGI EKSPERCKIE

- oceny emisji pyłu i hałasu do środowiska
- oceny warunków BHP
- oceny ergonomiczne
- oceny ryzyka zawodowego
- ekspertyzy z dziedziny BHP

*Laboratorium Bezpieczeństwa Pracy  
Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej  
posiada akredytację nr AB 905 potwierdzoną certyfikatem  
wydanym przez Polskie Centrum Akredytacji*

---

#### KONTAKT

Laboratorium Bezpieczeństwa Pracy: tel. 71 320 68 42  
mgr inż. Mariola Stefanicka: 509 49 88 08, [mariola.stefanicka@pwr.edu.pl](mailto:mariola.stefanicka@pwr.edu.pl)  
mgr inż. Michał Stopa: 605 45 91 51, [michal.stopa@pwr.edu.pl](mailto:michal.stopa@pwr.edu.pl)



**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA**  
**Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii**  
**LABORATORIUM TRANSPORTU TAŚMOWEGO**  
**50-370 WROCŁAW, WYBRZEŻE WYSPIAŃSKIEGO 27**  
Kierownik laboratorium: prof. dr hab. inż. Monika Hardygóra



AB 710



Zakres akredytacji  
nr AB 710 dostępny  
na [www.pca.gov.pl](http://www.pca.gov.pl)

Akredytowane Laboratorium Transportu Taśmowego (LTT) posiada już dwudziestopięcioletnie doświadczenie w prowadzeniu badań laboratoryjnych taśm przenośnikowych, połączeń taśm, gumy, tkanin, mieszanek kauczukowych oraz tworzyw sztucznych.

LTT bada właściwości fizykomechaniczne wyrobów i sprawdza na zgodność z wymaganiami norm krajowych, europejskich i międzynarodowych. Prowadzi badania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego taśm przenośnikowych wg nowych wymagań europejskich; jest wskazane jako jednostka upoważniona do przeprowadzania badań wyrobów (Rozporządzenie RM z dnia 30.04.2004 r., Dz.U.2004.99.1003) w celu dopuszczenia ich do pracy w podziemnych zakładach górniczych oraz posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji nr AB 710.

#### Zakres akredytacji

1. Taśmy z rdzeniem tekstylnym – Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia wg PN-EN ISO 283:2016
2. Taśmy z rdzeniem tekstylnym – Oznaczanie wytrzymałości adhezyjnej między elementami taśmy wg PN-EN ISO 252:2008
3. Taśmy przenośnikowe z linkami stalowymi – Oznaczanie przyczepności linki do warstwy rdzeniowej wg PN-EN ISO 7623:2016
4. Taśmy przenośnikowe z linkami stalowymi – Oznaczanie wytrzymałości adhezyjnej okładki do warstwy rdzeniowej wg PN-EN ISO 8094:2013
5. Taśmy przenośnikowe – Oznaczanie trudnopalności metodą płomieniową wg PN-EN ISO 340:2013
6. Taśmy przenośnikowe – Oznaczanie trudnopalności metodą cierną wg PN-EN 1554:2012
7. Taśmy przenośnikowe – Oznaczanie rezystancji powierzchniowej wg PN-EN ISO 284:2013
8. Taśmy przenośnikowe – Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie połączeń taśm przenośnikowych wg PN-C-94147:1997
9. Guma i kauczuk termoplastyczny – Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia przy zerwaniu wg PN-ISO 37:2007
10. Guma i kauczuk termoplastyczny – Oznaczanie odporności na ścieranie wg PN-ISO 4649:2007

Ponadto laboratorium wykonuje kilkanaście niestandardowych badań taśm przenośnikowych

Pełna informacja o laboratorium – [www.ltt.pwr.wroc.pl](http://www.ltt.pwr.wroc.pl)

#### Siedziba:

pl. Teatralny 2  
50-051 Wrocław

tel.: (71) 320 68 42  
(71) 320 68 56  
(71) 320 68 59  
(71) 320 68 60  
(71) 320 68 92



**ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY**