

MICHAŁ GIENKA

Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa

## PROPOZYCJA ZMIAN ZAKRESU BADAŃ ZŁÓŻ KRUSZYWA NATURALNEGO\*

UKD 553.62.08

### OBOWIĄZUJĄCY ZAKRES BADAŃ JAKOŚCIOWYCH KRUSZYWA NATURALNEGO

Prawidłowa charakterystyka złóż kruszywa naturalnego wymaga określenia wielu wskaźników geologiczno-górnicznych i technologiczno-jakościowych. Zakres badań technologiczno-jakościowych jest uzależniony od przewidywanego zastosowania surowca i kategorii udokumentowania złoża.

Zgodnie z kryteriami bilansowości oraz „Instrukcją zakresu i metodyki badań kopaliny przy dokumentowaniu złóż kruszywa naturalnego” (1, 3) przy dokumen-

towaniu złóż tego surowca dla każdego punktu dokumentacyjnego (otworu) o stwierdzonym występowaniu serii złożowej wykonuje się badania wskaźnikowe polowe. Obejmują one opis makroskopowy próbki, opis makroskopowy składu petrograficznego frakcji powyżej 80 mm, oznaczenie procentowej zawartości ziarn frakcji poniżej 2,5 mm i procentowej zawartości ziarn frakcji powyżej 80 mm.

Znacznie szerszy zakres badań jakościowych kruszywa obowiązuje przy wykonywaniu badań laboratoryjnych. Dla próbek pobranych z serii złożowej ze wszystkich punktów dokumentacyjnych wykonuje się badania 16 parametrów jakościowych.

Powyższy zakres badań wykonywany jest niezależnie od kategorii rozpoznania złoża, poszerzony o badania

---

\* W artykule przedstawiono wyniki badań prowadzonych w ramach CPBR 1.7; praca ta jest finansowana z tego programu.

dodatkowe w skali półtechnicznej i technicznej w przemysłowych kategoriach rozpoznania C<sub>1</sub>+B, B i A. Tak dokładne rozpoznanie jakości surowca uzasadniane jest znaczną zmiennością złóż kruszywa naturalnego. Obowiązujący przy poszukiwaniu i dokumentowaniu złóż kruszywa naturalnego zakres badań jakościowych jest jednak nadmierny, nie związany z realną zmiennością złóż.

W temacie opracowywanym w ramach CPBR 1.7 określono prawdopodobieństwa natrafienia na niekorzystne parametry jakościowe dla 45 złóż kruszywa naturalnego o genezie wodnolodowcowej i 32 złóż o genezie lodowcowej. Badaniami objęto 7 podstawowych parametrów jakościowych surowca.

### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ PUNKTU PIASKOWEGO

Punkt piaskowy (zawartość frakcji poniżej 2,5 mm) jest podstawowym parametrem jakościowym, decydującym o samym istnieniu złoża kruszywa naturalnego grubego. Mimo na pozór znacznego jego zróżnicowania (zawartość frakcji piaszczystej wahała się w poszczególnych próbkach od 4 do ponad 90%), współczynniki zmienności tego parametru liczone dla poszczególnych złóż są małe. Wynika to z nieobiektywnego doboru danych. Wszystkie otwory, w których zawartość piasku przekracza wymagania norm, są na ogół odrzucane jako negatywne już na etapie badań polowych i nie brane pod uwagę w dalszych pracach.

Znaczna część złóż kruszywa naturalnego grubego występuje w postaci wkładek, czy też soczew i pokładów osadów frakcji grubszej, w podstawowej masie osadów piaszczystych. Dlatego też badania tego parametru należy prowadzić w dotychczas przyjętym zakresie, dla 100% wyrobisk badawczych, na wszystkich etapach prac penetracyjnych i poszukiwawczo-dokumentacyjnych.

### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ ZAWARTOŚCI NADZIARNA (FRAKCJI POWYŻEJ 40 MM)

Zawartość nadziarna (frakcji powyżej 40 mm lub frakcji powyżej 63 mm – zależnie od okresu opracowania dokumentacji) nie jest dla istnienia złoża parametrem krytycznym. Dla surowca w złożu kryteria bilansowości nie określają dopuszczalnej zawartości nadziarna. Zawartość ta jest ograniczana dla gotowego produktu – kruszywa naturalnego do betonów.

Na etapie prac poszukiwawczo-dokumentacyjnych znajomość zawartości tej frakcji ma znaczenie dla projektowania zakładu wydobywco-produkcyjnego. Znaczniejsza zawartość nadziarna, utrudniając nieco proces produkcyjny, jednocześnie polepsza własności gotowego produktu, przez możliwość dodawania kruszywa łamanego, powstałego z przekruszenia ziarn grubych.

Zawartość nadziarna należy do parametrów bardzo zmiennych w obrębie złoża. Histogramy rozkładu tego parametru odznaczają się silną skośnością ujemną. Prawdopodobne jest zatem napotkanie partii złoża o zawartości tej frakcji bardzo znacznie przekraczającej wartość średnią.

Dokładna znajomość zawartości nadziarna byłaby konieczna dopiero na etapie prac dokumentacyjnych w kategorii C<sub>1</sub>+B, będących podstawą do projektowania

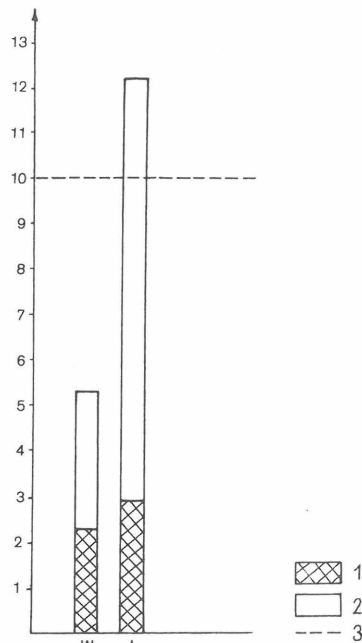
zakładu wydobywco-produkcyjnego. Ze względu jednak na przyjętą etapowość prac poszukiwawczych i wykorzystanie wyników badań z poprzednich etapów na kolejnych etapach prac, należy je prowadzić również w kategorii C<sub>2</sub> i w pracach penetracyjnych. Z uwagi na niewielki koszt tych badań, znaczną zmienność parametru oraz możliwość przeprowadzania badań jednocześnie z określeniem składu ziarnowego surowca, proponuje się prowadzenie ich dla wszystkich wyrobisk badawczych.

### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ ZAWARTOŚCI PYŁÓW MINERALNYCH

Normy i kryteria bilansowości dopuszczają dla złóż kruszywa naturalnego grubego 10% zawartości pyłów mineralnych (frakcji poniżej 0,05 mm).

Z. Siliwończuk (4, 5) badał średnią zawartość pyłów mineralnych w złożach poszczególnych rejonów Polski. Dla 218 złóż różnej genezy z obszaru północnego Niżu Polskiego obliczona przez niego średnia zawartość pyłów mineralnych wyniosła 2,3%, z odchyleniem standardowym 1,9. Na tej podstawie wnioskował o możliwości znacznego ograniczenia zakresu badań tego parametru do 15–25% wyrobisk badawczych.

Średnia zawartość pyłów mineralnych w badanych złożach wodnolodowcowych wyniosła 2,28%, ze średnim odchyleniem standardowym 1,04%, w złożach lodowcowych wyniosła ona 2,9%, z odchyleniem standardowym 3,1% (ryc. 1). Rozkład zawartości pyłów mineralnych w badanych złożach odbiega na ogół znacznie od rozkładu normalnego. Powszechne są rozkłady wielomodalne, a większość rozkładów wykazuje skośność



Ryc. 1. Zmienność zawartości pyłów mineralnych w badanych złożach

W – złoża wodnolodowcowe, L – złoża lodowcowe; 1 – średnia wartość parametru (dla wszystkich złóż), 2 – odchylenie standardowe ( $\times 3$ ), 3 – wymogi norm

Fig. 1. Variability in content of silt-size grains in the studied deposits

Deposits: W – fluwioglacjal, L – glacial; 1 – mean value of parameter (for all the deposits), 2 – standard deviation ( $\times 3$ ), 3 – the existing requirements of the Polish normatives

ujemną. Da się to wytłumaczyć warunkami geologicznymi występowania partii wzbogaconych we frakcję poniżej 0,05 mm.

Zwiększenie zawartości pyłów obserwuje się w cienkich wkładkach, niekiedy o charakterze przewarstwień ilastych, między poszczególnymi ławicami osadów piaszczysto-zwirowych. Są one na ogół łatwe do wydzielenia już przy makroskopowej obserwacji próbek.

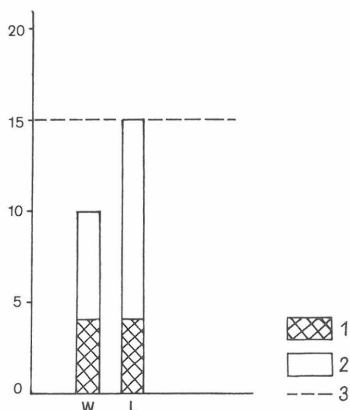
Przy normalnym rozkładzie badanego parametru z badań zawartości pyłów mineralnych można by bądź w ogóle zrezygnować, bądź ograniczyć je do 1–2 oznaczeń dla złoża. W istniejącej sytuacji przy dokumentowaniu złóż kruszywa naturalnego grubego proponuje się ograniczyć je do 10% wyrobisk badawczych w kat. C<sub>2</sub> i 20% wyrobisk przy dokumentowaniu do kat. C<sub>1</sub> + B.

### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ PROCENTOWEJ ZAWARTOŚCI ZIARN SŁABYCH I ZWIETRZAŁYCH

Znaczna zawartość ziarn słabych i zwietrzałych wpływa niekorzystnie na jakość kruszywa w sposób oczywisty.

Zawartość tych ziarn określa się dla wybranych grup frakcji ziarn, przełamując bądź zarysowując badane ziarna igłą stalową lub aluminiową. Zawartość ziarn słabych i zwietrzałych określa się obliczając w procentach wagowych ubytek ziarn zniszczonych w stosunku do próbki pierwotnej. Stosowana metoda badawcza już w założeniu musi dawać wyniki bardzo niedoskonałe, znacznie uzależnione od subiektywnej oceny osoby przeprowadzającej badania.

Normy i kryteria bilansowości dopuszczają maksymalnie 15% zawartości ziarn słabych i zwietrzałych. W badanych wodnolodowcowych złożach kruszywa naturalnego średnia zawartość takich ziarn wyniosła 4,14%, ze średnim odchyleniem standardowym 1,95%. Dla złóż lodowcowych wielkości te wyniosły odpowiednio 4,2% i 3,6% (ryc. 2). Spośród wszystkich badanych złóż tylko dla 11 istniała szansa większa niż 0,3% na przekroczenie wymaganej normami zawartości ziarn słabych i zwietrzałych. W związku z powyższym, biorąc również pod uwagę obserwowane odchylenia od rozkładu normalnego badanej cechy, proponuje się prowadzić badania zawartości ziarn słabych i zwietrzałych w złożach kruszywa naturalnego dla 5% wyrobisk badawczych w pracach



Ryc. 2. Zmienność zawartości ziarn słabych i zwietrzałych w badanych złożach (objaśnienia jak na ryc. 1)

Fig. 2. Variability in content of soft and weathered grains in the studied deposits (explanations as given in fig. 1)

dokumentacyjnych do kategorii C<sub>2</sub> i 10% wyrobisk badawczych w pracach do kategorii C<sub>1</sub> + B.

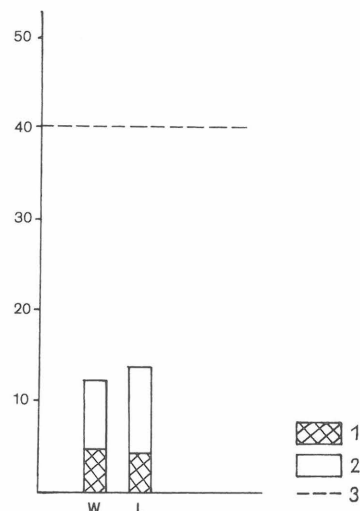
### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ ZAWARTOŚCI ZIARN WYDŁUŻONYCH I PŁASKICH (NIEFOREMNYCH)

Najkorzystniejszym kształtem ziarn kruszyw stosowanych do betonów są ziarna izometryczne — kuliste i sześciennie. Dopuszczalna normami zawartość ziarn wydłużonych i płaskich w kruszywie do betonów wynosi 20–30%, w zależności od klasy kruszywa. Ponieważ w procesach wydobywco-produkcyjnych część ziarn nieforemnych ulega przekruszeniu i zmienia kształt, kryteria bilansowości dopuszczają 40% zawartości takich ziarn w złożu.

Znaczniejsze niebezpieczeństwo napotkania ponadnormatywnej zawartości ziarn wydłużonych i płaskich istnieje tylko w złożach kruszywa naturalnego rzek górskich i przedgórskich (4, 5). W złożach Niżu Polskiego, gdzie akumulacja materiału gruboziarnistego następowała na skutek działalności lodowców, zawartość ziarn nieforemnych jest mała. W badanych złożach lodowcowych średnia zawartość ziarn wydłużonych i płaskich wyniosła 4,4%, ze średnim odchyleniem standardowym 3,0%. Podobnie w złożach wodnolodowcowych średnia zawartość ziarn wydłużonych i płaskich wyniosła 4,5%, ze średnim odchyleniem standardowym 2,51% (ryc. 3). Mimo że spośród badanych złóż tylko dla kilku rozkład tej cechy mógłby być uznany za zbliżony do normalnego, wyjątkowo niskie w porównaniu z wymogami normy wartości średnie wykazują, że w odniesieniu do złóż Niżu Polskiego można całkowicie zrezygnować z badania tej cechy.

### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ NASIĄKLIWOŚCI

Wysoka nasiąkliwość kruszywa znacznie ogranicza jego zakres zastosowań. Z kruszyw o nasiąkliwości powyżej 3% nie można wykonywać betonów klasy wyższej niż B250, zmniejsza się też poważnie mrozoodporność surowca i wykonanych z niego wyrobów.

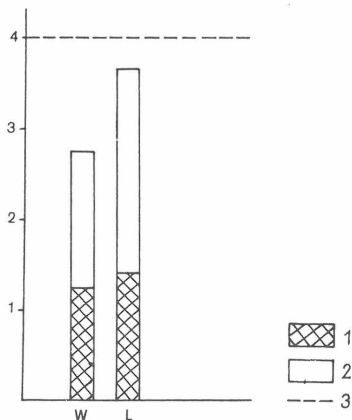


Ryc. 3. Zmienność zawartości ziarn wydłużonych i płaskich (nieforemnych) w badanych złożach (objaśnienia jak na ryc. 1)

Fig. 3. Variability in content of irregular (elongate and flat) grains in the studied deposits (explanations as given in fig. 1)

Znaczna nasiąkliwość kruszywa jest związana z zawartością w surowcu porowatych ziarn piaskowców i miękkich wapieni kredowatych. Zwiększone zawartości tych składników obserwuje się tylko w niektórych rejonach kraju, zwłaszcza w strefie karpackiej i w niektórych rejonach Polski Wschodniej (4, 5).

W złożach kruszywa naturalnego o genezie lodowcowej i wodnolodowcowej, w których materiał transportowany był na ogół na znacznych odległościach, cecha ta mieści się znacznie poniżej wymagań normowych. Dopuszczalna wartość nasiąkliwości wynosi 4%. W badanych złożach wodnolodowcowych średnia wartość tej cechy wyniosła 1,23%, ze średnim odchyleniem standardowym 0,47%. W złożach lodowcowych średnia wartość tej cechy wyniosła 1,4%, z odchyleniem standardowym 0,76% (ryc. 4). Maksymalna nasiąkliwość, stwierdzona w badanych złożach, wyniosła 8,1 w pojedynczym otworze. Podobnie jak dla innych cech, również i dla tej przeliczono prawdopodobieństwa przekroczenia wymagań normowych. Dla większości złóż wynosi ono setne lub nawet tysięczne części procenta. Prawdopodobieństwa przekroczenia wymagań normowych liczone zakładając rozkład normalny badanej cechy. Mimo iż tylko w nielicznych z omawianych złóż rozkład ten jest zbliżony do normalnego, można przyjąć, że wynikało to głównie z niedostatecznej ilości danych. Złoża gdzie liczba punktów dokumentacyjnych przekraczała 100, mają rozkłady, które z dużym przybliżeniem można uznać za spełniające kryteria rozkładu normalnego. Proponuje się ograniczenie zakresu badań tego parametru do 25% wyrobisk przy dokumentowaniu złóż w kategorii C<sub>2</sub> i 50% w kategoriach wyższych, niezależnie od genezy nagromadzeń złożowych.



Ryc. 4. Zmienność nasiąkliwości kruszywa naturalnego badanych złóż (objaśnienia jak na ryc. 1)

Fig. 4. Variability in soakability of natural aggregates from the studied deposits (explanations as given in fig. 1)

#### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ ZAWARTOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ OBCYCH

Zgodnie z normą maksymalna zawartość zanieczyszczeń obcych w kruszywie naturalnym może wynosić 3%. Jako zanieczyszczenia obce traktuje się cząstki nie będące naturalnym składnikiem serii złożowej, głównie antropogeniczne – gruz, drewno oraz okruchy muszli mięczaków itp. Należy jednak zwrócić uwagę, że wymagania te dotyczą gotowego produktu, a nie surowca w złożu. Niemal wykluczone jest, by w trakcie prac dokumentacyjnych, przy przewiercaniu serii złożowej *in situ* natrafić na zanieczyszczenia obce. Jest to możliwe głównie przy

niezbyt poprawnym pobieraniu próbek ze złóż już eksploatowanych. Wśród przejrzanych ponad 3,5 tys. otworów badawczych tylko w kilku stwierdzono istnienie zanieczyszczeń obcych. Proponuje się zrezygnowanie z badania tego parametru przy pracach dokumentacyjnych.

#### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ ZAWARTOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ ORGANICZNYCH

Zawartość zanieczyszczeń organicznych wpływa niekorzystnie na wytrzymałość betonów. Zawartość ich określa się przez wytrawianie próbki w roztworze wodorotlenku sodowego, a następnie porównanie barwy próbki z barwą wzorcową. Kryteria bilansowości dopuszczają kruszywo o zawartości zanieczyszczeń organicznych w ilości powodującej powstanie barwy nie ciemniejszej od barwy wzorcowej. Jak stwierdził Z. Siliwończuk (5) w żadnym z badanych przez niego kilkuset nagromadzeń surowca o genezie lodowcowej i wodnolodowcowej nie napotkano zawartości zanieczyszczeń organicznych w ilości przekraczającej wymogi kryteriów bilansowości.

Wśród analizowanych złóż tylko w kilku otworach napotkano zawartość zanieczyszczeń organicznych przekraczającą wymogi kryteriów bilansowości i norm. W kilkudziesięciu otworach barwa próbki była zbliżona do barwy wzorcowej. Sytuacja geologiczna na ogół dość jasno sygnalizuje niebezpieczeństwo przekroczenia tego wymogu. Dlatego też proponuje się prowadzenie badań tego parametru dla 5% wyrobisk przy badaniach do kategorii C<sub>2</sub> i 10% wyrobisk przy badaniach do wyższych kategorii udokumentowania. Lokalizacja wyrobisk przeznaczonych do badań powinna być każdorazowo indywidualnie ustalana przez geologa dokumentującego.

#### ZMIENNOŚĆ I PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW SIARKI

Związki siarki (siarczany i siarczki rozpuszczalne w wodzie stanowią bardzo szkodliwe składniki kruszywa, pogarszając własności wytrzymałościowe wykonanych z niego betonów. Normy i kryteria bilansowości dopuszczają 1% zawartości takich związków w surowcu. W złożach o genezie lodowcowej i wodnolodowcowej zawartości związków siarki są niskie (2). Długa i zróżnicowana droga transportu materiału powoduje wyflukanie, zwłaszcza z drobniejszych frakcji, związków rozpuszczalnych.

Wśród badanych złóż w żadnym z otworów badawczych nie stwierdzono zawartości związków siarki przekraczającej 1%. Ogółem oznaczalne zawartości związków występowały tylko w kilku procentach przesledzonych otworów.

Przyjąć można, że w złożach o genezie lodowcowej i wodnolodowcowej na Niżu Polskim, zwłaszcza w powszechnych w tej grupie złożach o wysokim punkcie piaskowym, siarczany i siarczki rozpuszczalne w wodzie stanowią bardzo rzadko spotykaną domieszkę, a zawartość ich na ogół nie przekracza wymagań norm.

Postuluje się, by dla takich złóż na etapie prac dokumentacyjnych do kategorii C<sub>2</sub> zrezygnować z badania tego parametru. W pracach dokumentacyjnych do kategorii wyższych należy wykonywać po 2–3 oznaczenia wskaźnikowe dla złoża, z możliwością zwiększenia

liczby oznaczeń przy złożach o znacznej domieszce materiału lokalnego.

## ZMIENNOŚĆ I-PROPONOWANY ZAKRES BADAŃ SKŁADU PETROGRAFICZNEGO SUROWCA

W dotychczasowej normie badania składu petrograficznego kruszywa naturalnego obowiązywał podział na trzy grupy składników petrograficznych — skały magmowe i metamorficzne, skały osadowe i kwarc. Podział ten dawał tylko najbardziej orientacyjne dane odnośnie do właściwości kruszywa, praktycznie nie pozwalając na wyciąganie wniosków na temat jego jakości bez dodatkowych badań.

Skład petrograficzny kruszywa naturalnego w pojedynczym złożu czy formie morfogenetycznej — wydawałoby się — powinien być uzależniony wyłącznie od uziarnienia. Jest oczywiste, że we frakcjach drobniejszych większy powinien być udział składników najbardziej odpornych — głównie ziarn kwarcu, w miarę wzrostu średnicy ziarn zwiększać się powinien udział ziarn skał magmowych i na ogół najmniej odpornych — osadowych. Ta ogólna prawidłowość oczywiście daje się zaobserwować, tym niemniej wbrew tej zasadzie skład petrograficzny surowca należy do czynników bardzo zmiennych zarówno w obrębie złoża, jak i w obrębie wyselekcjonowanych frakcji ziarn. Zawartość procentowa poszczególnych składników petrograficznych waha się w złożach nawet od 10 do 90% w pojedynczych otworach dokumentacyjnych.

Jak powiedziano wyżej, badania składu petrograficznego kruszywa, wykonywane zgodnie z dotychczas obowiązującą normą, wniosły niewiele do wiedzy o jakości surowca. Norma ta została ostatnio znowelizowana. Obecnie obowiązuje podział kruszywa z wydzieleniem następujących grup ziarn (norma PN-87/B-06714/11):

- skał magmowych i metamorficznych;
- skał osadowych w podziale na skały węglanowe, piaskowcowe, krzemionkowe i grudki gliny. W grupach skał węglanowych i piaskowcowych obowiązuje podział na skały twarde i miękkie (węglanowe) oraz zwarte i słabo zwarte (piaskowcowe);
- kwarcu.

Podział ten będzie dawać więcej informacji na temat jakości surowca. Wydzielenie okruchów skał miękkich i słabozwężnych pozwoli na wstępną ocenę zawartości ziarn słabych i zwężnych, gdyż przy prawidłowym prowadzeniu badań oba wyniki powinny być w pełni skorelowane. Z kolei wydzielenie grupy okruchów skał krzemionkowych pozwoli na wstępną ocenę reaktywności kruszywa z zaczynem cementowym, co w dotychczasowych badaniach nie było uwzględniane.

Ze względu na ilość informacji, jaką niesie ze sobą znajomość składu petrograficznego serii złożowej, postuluje się prowadzenie tych badań dla wszystkich wyrobisk dokumentacyjnych, we wszystkich kategoriach rozpoznania złóż.

### PODSUMOWANIE

Zmiana zakresu badań jakościowych surowca przy dokumentowaniu złóż kruszywa naturalnego jest postulowana od dawna. Ogólnie stosowany zakres badań jest nadmierny, nieefektywny ekonomicznie i nie dostosowany do realnej zmienności złóż.

Badania zmienności parametrów jakościowych złóż kruszywa naturalnego dowiodły, że przy odpowiedniej

liczbie punktów rozpoznawczych (na ogół powyżej 100), rozkłady większości parametrów mają charakter zbliżony do normalnego. Można zatem przyjąć, że również w złożach mniejszych odstępstwa od rozkładu normalnego są spowodowane nie przyczynami przyrodniczymi, a zbyt małą ilością punktów dokumentacyjnych. Obliczone przy zastosowaniu tego założenia prawdopodobieństwo napotkania niekorzystnych parametrów jakościowych są dla większości złóż znikomo małe w odniesieniu do znacznej części tych parametrów. Postuluje się zatem ograniczenie zakresu badań jakościowych surowca przy dokumentowaniu złóż kruszywa naturalnego zgodnie z przedstawionymi wyżej propozycjami.

### L I T E R A T U R A

1. Instrukcja dotycząca zakresu i metodyki badań kopalni przy ustalaniu zasobów złóż kruszywa naturalnego. MBiPMB, 1971.
2. K o z ł o w s k i S. — Surowce skalne Polski. Wyd. Geol., 1985.
3. Kryteria bilansowości złóż kruszywa naturalnego. MBiPMB, 1981.
4. S i l i w ó n c z u k Z. — Mapa kruszywa naturalnego w Polsce 1:500 000. Wyd. Geol., 1981.
5. S i l i w ó n c z u k Z. — Pr. Inst. Geol., 1985 t. 113 s. 1—69.

### S U M M A R Y

The obligatory range of analyses in evaluating natural aggregate deposits is shown to be too wide and unjustified by real variability of the deposits. The paper presents results of calculations of variability of individual qualitative parameters for 77 deposits. The results were used to estimate probability of discrimination of material not matching requirements of the Polish normatives nor economic criteria in the course of documentation works. It was found that this probability is surprisingly low (not higher than a fraction of per cent) for the majority of the analysed parameters. It follows that parameters such as content of elongate and flat grains or content of extraneous contaminations may be completely neglected and others analysed on a much smaller scale. Grain size distribution and petrographic composition are the only parameters which should be analysed for all the prospecting drillings.

*Translated by the author*

### Р Е З Ю М Е

Требования по объему исследований природного щебня чрезмерны и не обусловлены действительной изменчивостью месторождений. Для 77 месторождений природного щебня вычислена изменчивость отдельных качественных параметров и на этом основании была определена вероятность наткнуться на сырье, не выполняющее требований стандартов и балансовых критериев. Оказалось, что для большинства параметров эта вероятность очень малая, не больше доли процента. Таким образом можно совсем отказаться от исследования некоторых параметров (содержание бесформенных зерн, содержание загрязнений), или их значительно ограничить. В каждой документированной скважине необходимо проведение исследований гланулометрического и петрографического состава.