

*kruszywo drogowe, warstwa ścieralna, wskaźnik polerowalności PSV,  
właściwości przeciwpoślizgowe*

Marta WASILEWSKA\*

## **ODPORNOŚĆ KRUSZYW NA POLEROWANIE W ASPEKCIE ICH PRZYDATNOŚCI DO WARSTWY ŚCIERALNEJ NAWIERZCHNI DROGOWEJ**

W 2008 roku w Wymaganiach Technicznych WT-1 wprowadzono obowiązek oceny odporności na polerowanie kruszywa stosowanego do warstwy ścieralnej w oparciu o wskaźnik polerowalności *PSV* (Polished Stone Value) określony zgodnie z normą PN-EN 1097-8:2001. W referacie przedstawiono wyniki badań wskaźnika *PSV* kruszyw z 40 złóż krajowych i trzech zagranicznych w odniesieniu do wymagań stawianych kruszywom przeznaczonych do warstwy ścieralnej. Mając na uwadze ograniczony zakres kruszyw, spełniający kryteria wobec wymaganej odporności na polerowanie, zaprezentowano wyniki otrzymane dla mieszanek mineralnych o różnym wskaźniku *PSV*.

### **1. WPROWADZENIE**

Stan techniczny nawierzchni drogowej jest określany na podstawie stanu spękań, równości podłużnej, głębokości kolein, stanu powierzchni oraz właściwości przeciwpoślizgowych. Istotny wpływ na bezpieczeństwo ruchu mają właściwości przeciwpoślizgowe. Określają one wartość siły tarcia między oponą a nawierzchnią w warunkach wzajemnego poślizgu. Pomiary współczynnika tarcia lub tekstury, które są wykonywane w warunkach rzeczywistych, stanowią podstawę do oceny właściwości przeciwpoślizgowych dopiero na etapie eksploatacji nawierzchni. Natomiast istotne są zalecenia, które na etapie projektowania składu mieszanki, przeznaczonej do warstwy ścieralnej, pozwolą zapobiec śliskości nawierzchni drogowej.

Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych są uzależnione od technologii wykonania warstwy ścieralnej, a w szczególności od charakterystyki i uziarnienia zastosowanego kruszywa. Wielu pracach badawczych wykazano, że istnieje ścisła zależność pomiędzy współczynnikiem tarcia, a zmianami mikroteksturalnymi, które są związane z odpornością na polerowanie kruszywa [2, 3, 6, 9]. Zjawisko

---

\* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, 15-351 Białystok,  
ul. Wiejska 45E, marta.wasilewska@pb.edu.pl

to zachodzi na powierzchni wystających ziaren kruszywa, na skutek oddziaływania ruchu samochodowego, zanieczyszczeń w postaci drobnych cząstek oraz wody. Miarą odporności na polerowanie kruszyw drogowych jest wskaźnik polerowalności *PSV* (Polished Stone Value) określony zgodnie z normą PN-EN 1097-8:2001 *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczenie polerowalności*. Jest to najbardziej znana i rozpowszechniona metoda na świecie, która umożliwia sprawdzenie podatności kruszywa na czynniki polerujące na etapie ustalania składu mieszanki mineralno-asfaltowej do warstwy ścieralnej. W związku z tym wprowadzenie wymagań wobec wskaźnika polerowalności *PSV*, pozwoli wyeliminować kruszywa, które mogłyby przyczynić się do obniżenia poziomu właściwości przeciwpoślizgowych w okresie eksploatacji nawierzchni drogowych.

## 2. WYMAGANIA WOBEC WSKAŹNIKA POLEROWALNOŚCI *PSV*

Do 2008 roku w krajowych wymaganiach w doborze kruszywa do warstwy ścieralnej, brak było zaleceń, odnośnie wykonania badania, które na etapie projektowania składu mieszanki mineralnej pozwoliło wyeliminować śliskość nawierzchni drogowej. Niektóre zapisy w instrukcjach dotyczących projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych wskazywały na stosowanie kruszywa o dużej odporności na polerowanie, jednak bez wskazywania na konkretną wartość.

W wymaganiach dotyczących wyboru kruszyw do warstwy ścieralnej, które obowiązują w krajach europejskich, kryteria wobec wskaźnika *PSV* są ujęte już od ponad trzydziestu lat. Należy zaznaczyć, że w wielu krajach były przeprowadzone szerokie programy badawcze, które pozwoliły na ustalenie kryteriów wobec wartości wskaźnika *PSV* kruszyw do warstw ścieralnych [5, 6]. Najbardziej restrykcyjne wymagania odnośnie odporności na polerowanie obowiązują w Wielkiej Brytanii. Minimalne kryteria wobec wskaźnika *PSV* wymagają, aby jego wartość była większa lub równa 50, zaś w szczególnych przypadkach zaleca się kruszywo o  $PSV > 70$  [6]. W wymaganiach uwzględniono charakterystykę odcinka drogi – klasę techniczną, obciążenie od ruchu samochodowego, przekrój podłużny i poprzeczny oraz miejsca szczególnie narażone na poślizg. Z powodu ograniczenia w dostępności do kruszyw o tak wysokich wartościach wskaźnika *PSV*, zalecenia opracowane w Wielkiej Brytanii nie mogą być wykorzystane w innych krajach [3, 5]. W Niemczech, Słowenii, Austrii, Szwajcarii oraz Polsce wymagania odnośnie minimalnej wymaganej wartości wskaźnika *PSV* nie przekraczają wartości 50. Natomiast w Danii i Belgii wartość ta jest większa lub równa 53 [1, 9].

Na uwagę zasługuje, że w Niemczech oraz niektórych częściach Stanów Zjednoczonych obowiązują również metody badawcze, które pozwalają na etapie projektowania ocenić właściwości przeciwpoślizgowe mieszanek mineralno-asfaltowych [5]. Metody takie umożliwiają określenie wpływu na właściwości przeciwpoślizgowe, zarówno mikro i makrotekstury projektowanej warstwy ścieralnej przez jej wbudowa-

niem. Programy badawcze w tym zakresie są również prowadzone na Politechnice Białostockiej [7].

W Polsce po raz pierwszy problematyka określania wpływu kruszywa na właściwości przeciwpoślizgowe została podjęta przez Zawadzkiego [10]. Wykonano szczegółowe analizy dotyczące wpływu odporności na polerowanie kruszywa na właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych. Jednak wnioski z tej pracy nie zostały uwzględnione w kryteriach dotyczących wyboru kruszyw do warstwy ścieralnej. Pozwoliło to nadal na stosowanie materiałów o małej odporności na czynniki polerujące. Dopiero w 2008 roku w Wytycznych Technicznych WT-1, wprowadzono obowiązek oceny wskaźnika polerowalności  $PSV$  kruszyw do warstwy ścieralnej. Zalecano, aby do mieszanek mineralno-asfaltowych (betonu asfaltowego, asfaltu lanego, SMA, BBTM) dla kategorii ruchu KR3–KR6, stosować kruszywa o wskaźniku  $PSV \geq 50$ . W 2010 roku wprowadzono zmiany, różnicując wymagania wobec wskaźnika  $PSV$  kruszywa z uwagi na typ mieszanek mineralno-asfaltowych do warstwy ścieralnej. Aktualne kryteria przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wymagania wobec wskaźnika polerowalności  $PSV$  w zależności od rodzaju warstwy ścieralnej i kategorii ruchu drogowego [11]

Rodzaj warstwy ścieralnej	Kategoria ruchu		
	KR1 – KR2	KR3 – KR4	KR5 – KR6
beton asfaltowy	$PSV_{dek.}$	$PSV_{dek. 48}$	$PSV_{50}$
BBTM	$PSV_{dek.}$	$PSV_{dek. 48}$	$PSV_{50}$
SMA	$PSV_{dek.}$	$PSV_{dek. 48}$	$PSV_{50}$
asfalt lany	$PSV_{dek.}$	$PSV_{50}$	$PSV_{50}$
asfalt porowaty	$PSV_{dek.}$ nie mniej niż 54		
powierzchniowe utrwalenie	$PSV_{44}$	$PSV_{50}$	

Wprowadzenie wymagań wobec wskaźnika polerowalności  $PSV$  wywołało wiele komentarzy oraz uwag krytycznych. Główne problemy wynikają z trudności przeprowadzenia oznaczenia wskaźnika  $PSV$  i interpretacji wyników. Procedura jest trudna, czasochłonna i kosztowna. Poprawne przeprowadzenie badania wymaga dużego doświadczenia. Natomiast otrzymane wyników wskaźnika  $PSV$  są ściśle związane z charakterystyką petrograficzną badanego materiału, a ich interpretacja powinna uwzględniać indywidualny charakter danego złoża, z którego pochodzi kruszywo.

### 3. ODPORNOŚĆ NA POLEROWANIE KRUSZYW DROGOWYCH

Badanie odporności na polerowanie kruszyw zgodnie z normą PN-EN 1097-8:2001 przeprowadzono w laboratorium Zakładu Inżynierii Drogowej, Politechniki Białostockiej.

Kruszywa, na których zostały przeprowadzone badania pochodziły ze złóż zlokalizowanych w regionie:

- dolnośląskim: magmowe skały głębinowe – granity, gabra, sjenit; magmowe skały wylewne: bazalty, melafiry; skały metamorficzne – amfibolit, serpentynie, gnejs; okruchowe zwięzłe skały osadowe – szarogłaz, piaskowiec,
- świętokrzyskim: organogeniczne i chemiczne skały osadowe – wapienie, dolomity; okruchowe zwięzłe skały osadowe – piaskowiec kwarcytowy, kwarcyt,
- krakowskim: magmowe skały żyłowe – diabaz; magmowe skały wylewne – porfir,
- podlaskim: skały osadowe, luźne – kruszywa otrzymane ze żwirów polodowcowych.

Dodatkowo do badań włączono kruszywa importowane ze Szwecji (granit), Białorusi (granodioryt), Norwegii (granodioryt) oraz materiały sztuczne (żuźle wielkopiecowe i stalownicze).

W pierwszym etapie oznaczenia próbki z kruszyw poddawano działaniu czynników polerujących w maszynie do przyspieszonego polerowania. Dla każdego rodzaju materiału kamiennego sporządzano minimum cztery próbki analityczne. Ziarna, które przechodziły przez sito normowe 10 mm i pozostawały na sicie prętowym 7,2 mm, układano w odpowiedniej formie stalowej. Następnie, tak ułożone kruszywa zasypano piaskiem do  $\frac{3}{4}$  wysokości i zatopiono w żywicy syntetycznej.

Dwanaście próbek z badanych kruszyw (po dwie próbki analityczne z danego rodzaju) oraz dwie z kruszywa kontrolnego z kamieniołomu w Wielkiej Brytanii, umieszczano na obwodzie koła aparatu do przyspieszonego polerowania. Proces polerowania trwał 6 godzin z podziałem na:

- I fazę ze ścierniwem korundowym frakcji 300/600  $\mu\text{m}$  oraz wodą (3 h);
- II fazę z proszkiem korundowy frakcji mniejszej od 53  $\mu\text{m}$  oraz wodą (3 h).

W drugim etapie stopień wypolerowania powierzchni kruszyw oceniano poprzez pomiar wahadłem angielskim. Wskaźnik polerowalności *PSV* obliczono po przeprowadzeniu dwóch serii oznaczeń według wzoru:

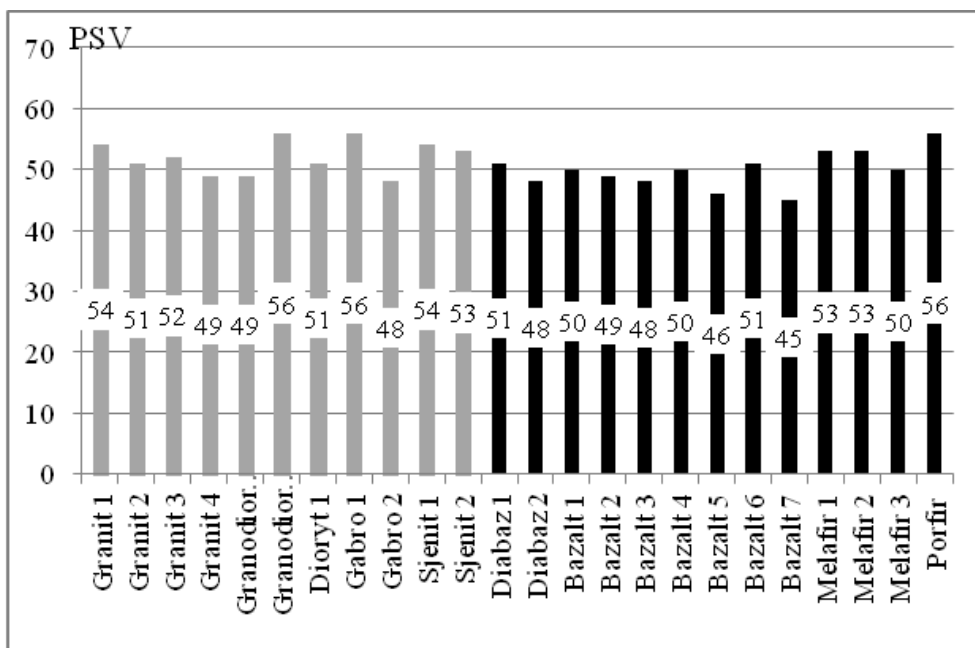
$$PSV = S + (52,5) - C \quad (1)$$

gdzie:

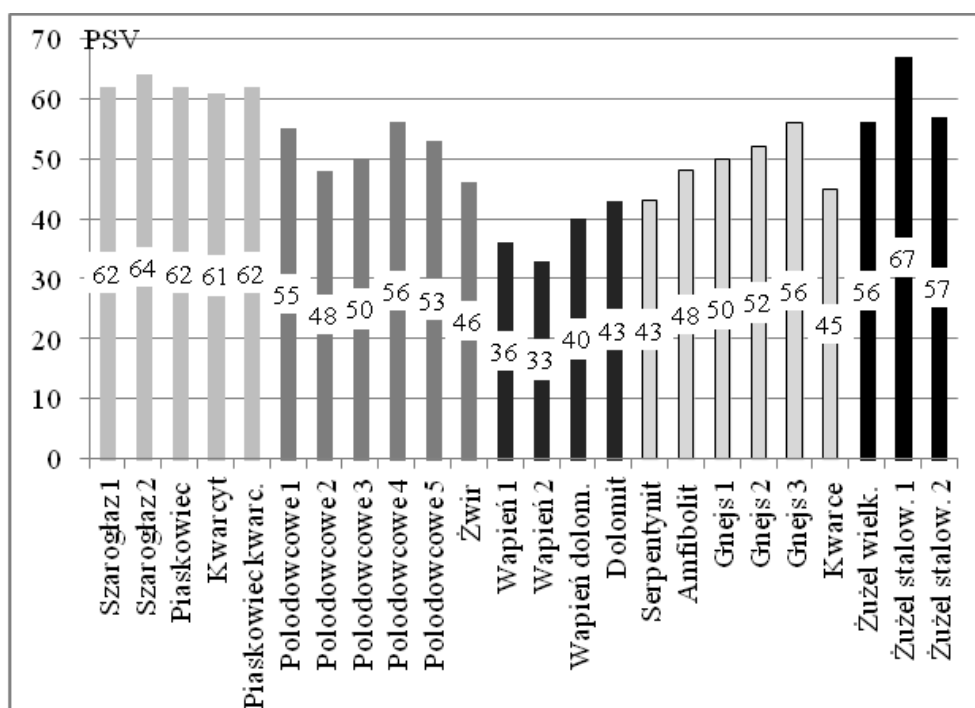
- S* – średnia arytmetyczna z 4 próbek badanego materiału kamiennego,
- C* – średnia arytmetyczna z czterech próbek kruszywa kontrolnego.

Wyniki wskaźnika *PSV* podaje się w zaokrągleniu do liczby całkowitej. Zgodnie z procedurą normową oznaczenie należy powtórzyć w przypadku, kiedy wskaźnik szorstkości próbek z kruszywa kontrolnego *C* nie mieści się w przedziale od 49,5 do 55,5.

Otrzymane wyniki wskaźnika polerowalności *PSV* badanych kruszyw przedstawiono na rysunku 1 i 2.



Rys. 1. Zakres wskaźnika polerowalności *PSV* dla kruszyw ze skał magmowych  
 Fig. 1. Range of *PSV* of aggregate from igneous rocks



Rys. 2. Zakres wskaźnika polerowalności *PSV* dla kruszyw ze skał osadowych, metamorficznych i kruszyw sztucznych  
 Fig. 2. Range of *PSV* of aggregate from sedimentary rocks, metamorphic rocks and artificial aggregate

W przypadku kruszyw ze skał magmowych otrzymano wskaźnik *PSV* w zakresie od 45 do 56. Należy zaznaczyć, że są to kruszywa które odznaczają się bardzo dobry-

mi właściwościami fizycznymi – niską nasiąkliwością, wysoką odpornością na rozdrabnianie oraz mrozoodpornością. Z uwagi na wyniki tych badań są one najczęściej wykorzystywane do budowy warstwy ścieralnej nawierzchni drogowych. Różnice w wartościach wskaźnika *PSV* wynikają głównie z proporcji pomiędzy twardymi, a miękkimi minerałami wchodzących w skład danej skały. Wyższymi wynikami w grupie kruszyw ze skał o strukturze jawnokrystalicznej odznaczają się te, w skład których wchodzi minerały o zróżnicowanej twardości. Są to niektóre rodzaje gabra, granitów, granodiorytów oraz sjenity. Najniższe wartości otrzymano dla kruszyw bazaltowych które mają największy udział w produkcji łamanych kruszyw w Polsce. Z uwagi na charakter powstania skał bazaltowych, ich struktura (częściowokrystaliczna, skrytokrystaliczna lub szklista) decyduje o niskiej odporności na czynniki polerujące. Przyczyną różnic w wynikach *PSV* bazaltów może być również zróżnicowana zawartość szkliwa w stosunku do bardzo drobnych niedostrzegalnych makroskopowo minerałów.

Najwyższe wartości wskaźnika  $PSV > 60$ , uzyskano dla kruszyw osadowych z grupy piaskowców. W porównaniu do skał magmowych, struktura piaskowców gwarantuje, że są one odporne na zjawisko polerowania. Twardy minerał osadzony w miękkim mastyksie – spoiwie, zostaje z niego wrywany, co prowadzi do ciągłego odnawiania mikrotekstury na powierzchni ziaren, a tym samym do utrzymania odporności na czynniki polerujące. Natomiast najniższymi wartościami  $PSV < 43$  charakteryzują się kruszywa ze skał osadowych chemicznych i organogenicznych – wapienie i dolomity. Są to skały zbudowane z miękkich minerałów – kwarcu i dolomitu, który bardzo szybko poddają się czynnikom polerującym. Zgodnie z wymaganiami wobec wskaźnika *PSV* mogą być one stosowane jedynie do warstw ścieralnych obciążanych ruchem KR1–KR2.

W przypadku kruszyw polodowcowych odporność na polerowanie jest zróżnicowana. Jest to związane procentową ilością ziaren powstałych z poszczególnych rodzajów skał. Wartości wskaźnika  $PSV < 50$  otrzymano dla kruszywa polodowcowego w skład, których wchodziła większa ilość ziaren z dolomitu i wapieni. Należy podkreślić, że niektóre rodzaje złóż kruszyw polodowcowych charakteryzują się bardzo dobrą odpornością na polerowanie  $PSV$  53–56, jak i spełniają wymagania wobec pozostałych właściwości fizycznym i geometrycznym dla kruszywa przeznaczonego do warstwy ścieralnej KR5–KR6. Uwzględniając ograniczoną bazę surowców do produkcji kruszyw drogowych ze skał litych, powinny one być wykorzystywane w możliwie szerokim zakresie, w szczególności, jako lokalny materiał do budowy poszczególnych warstw nawierzchni drogowej.

Wartości wskaźnika  $PSV > 50$ , w grupie skał metamorficznych uzyskano jedynie dla kruszywa z gnejsu. W przypadku kruszywa z amfibolitu i serpentynitu otrzymano wskaźnika  $PSV < 50$ . Przyczyną niskiej odporności na czynniki polerujące w amfibolicie jest duża zawartość minerałów twardych. Natomiast w przypadku kruszywa

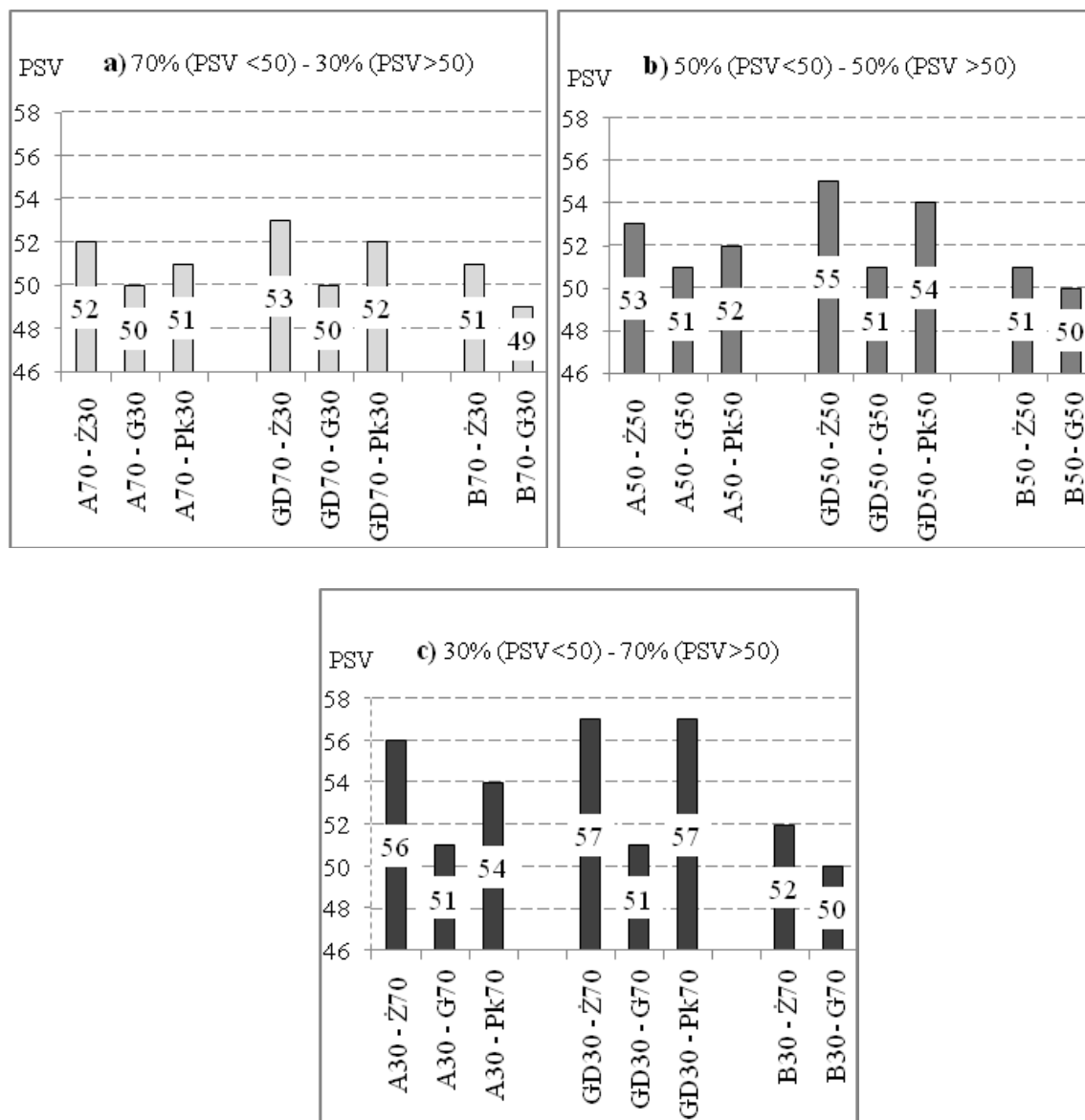
z serpentynitu, skład mineralny zawierające minerały miękkie – lizardyt i chryzotyl (2–3 wg skali Mohsa) warunkuje ich bardzo dobrą podatność na czynniki polerujące.

Najwyższe wartości wskaźnika *PSV* uzyskano dla kruszywa z żuźla stalowniczego. Jest to uwarunkowane pęczerykową strukturą tego materiału sztucznego. Zastosowanie żuźli stalowniczych do warstwy ścieralnej, przy ograniczonych zasobach kruszyw ze złóż naturalnych, ma ważne znaczenie zarówno ekonomiczne, jak i ekologiczne.

Na podstawie uzyskanych wyników należy stwierdzić, że wskaźnik *PSV* ogranicza zakres stosowania dostępnych kruszyw do warstwy ścieralnej w szczególności do nawierzchni obciążanych ruchem KR5–KR6. Mając na uwadze ograniczoną liczbę złóż do produkcji kruszywa o wysokiej jakości, potrzebne są alternatywne rozwiązania, które zapewnią wykorzystanie dostępnych surowców oraz spełnią oczekiwania wobec wymaganych właściwości.

W tym celu przeprowadzono badania, które miały sprawdzić, w jakim stopniu dodanie do kruszywa o niskiej odporności na polerowanie – *PSV* poniżej 50, kruszywa o wartości *PSV* powyżej 50, wpłynie na zwiększenie odporności na polerowanie mieszanki mineralnej składającej się z tych dwóch rodzajów kruszyw. Badania przeprowadzono na mieszankach mineralnych z kruszywa bazaltowego, granodiorytowego i amfibolitowego, których wskaźniki *PSV* są niższe od 50 oraz kruszywa gąbrowego z piaskowca kwarcytowego i z żuźla stalowniczego, dla których uzyskano *PSV* wyższe od 50. Wykonano próbki o składzie w następujących proporcjach: 30–70%, 50–50%, 70–30%. Szczegółowe wyniki tego eksperymentu przedstawiono w pracach [4, 7]. Otrzymane wyniki wskaźnika *PSV* zamieszczono na rysunku 3.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek kruszywa o *PSV* > 50 do kruszywa o *PSV* < 50, pozwolił zwiększyć wskaźnik *PSV* mieszanki mineralnej do wymaganej wartości równej 50. Wyjątek stanowi jedynie 30% dodatek kruszywa gąbrowego do bazaltowego, który tylko nieznacznie poprawił odporność na polerowanie. Natomiast najwyższymi wartościami charakteryzują się mieszanki z kruszywem z piaskowca kwarcytowego oraz żuźla stalowniczego. Wskazuje to na fakt, że mogą one stanowić bardzo dobry materiał zastosowany w celu poprawy właściwości przeciwpoślizgowych.



Rys. 3. Wskaźnik  $PSV$  dla mieszanek mineralnych z zawartością kruszywa:

a) 70% ( $PSV < 50$ ) – 30% ( $PSV > 50$ ); b) 50% ( $PSV < 50$ ) – 50% ( $PSV > 50$ ); c) 30% ( $PSV < 50$ ) – 70% ( $PSV > 50$ ); A – amfibolit, GD – granodioryt, B – bazalt, Ż – żużel stalowniczy,

Pk – piaskowiec kwarcytowy, G – gabro

Fig. 3. Range of  $PSV$  of mineral aggregate: a) 70% ( $PSV < 50$ ) – 30% ( $PSV > 50$ );

b) 50% ( $PSV < 50$ ) – 50% ( $PSV > 50$ ); c) 30% ( $PSV < 50$ ) – 70% ( $PSV > 50$ ); A – amphibolite, GD – granodiorite, B – basalt, Ż – steelmaking slag, Pk – quartzite sandstone, G – gabbro

#### 4. WNIOSKI

Wprowadzenie obowiązku kontroli odporności na polerowanie kruszyw przeznaczonych do warstwy ścierniczej jest jednym z czynników, które przyczyni się do otrzymania wymaganych właściwości przeciwpoślizgowych w okresie eksploatacji.



Na podstawie uzyskanych wyników wskaźnika polerowalności *PSV* kruszyw należy stwierdzić, że ich podatność na czynniki polerujące zależy od charakterystyki petrograficznej skały, z jakiej zostały wyprodukowane. Najwyższe wartości otrzymano dla kruszyw z żużli stalowniczych oraz kruszyw z grupy piaskowców. W przypadku kruszyw ze skał magmowych i metamorficznych bardzo dobrą odpornością na polerowanie odznaczają się te materiały o zróżnicowanej twardości poszczególnych minerałów wchodzących w skład danej skały. Są to niektóre rodzaje granitów, gabra, granodiorytów i sjenity ( $PSV > 50$ ). Wskazuje to na możliwość wbudowywania ich do warstwy ścieralnej obciążonej ruchem KR5–KR6. Najniższe wartości *PSV* uzyskano dla kruszyw wapiennych, dolomitowych i bazaltowych.

Należy stwierdzić, że wprowadzenie obowiązku kontroli odporności na polerowanie może ograniczyć zakres dotychczas stosowanych kruszyw do warstwy ścieralnej. Niemniej jednak wyniki badania odporności na polerowanie mieszanek kruszyw o różnym wskaźniku *PSV* potwierdzają, że istnieje możliwość uzyskania mieszanki mineralnej o wartości *PSV* równej lub wyższej od 50. W związku z powyższym oznacza to, że istnieje możliwość wykorzystywania kruszyw produkowanych zarówno ze skał magmowych, metamorficznych i osadowych, których wbudowanie do warstwy ścieralnej, z uwagi na niską wartość *PSV*, byłoby niemożliwe.

#### LITERATURA

- [1] BŁAŻEJOWSKI K., *SMA. Teoria i praktyka*. WKŁ. Warszawa 2007.
- [2] DO M.-T., TANG Z., KANE M., F. de LARRARD: *Evolution of road-surface skid-resistance and texture due to polishing*, *Wear* 266, 2009.
- [3] ERICHSEN E., *Relationship between PSV and in situ friction: a Norwegian case study*, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 68, No. 3, 2009.
- [4] GARDZIEJCZYK W., WASILEWSKA M., *Odporność na polerowanie mieszanek mineralnych na bazie kruszyw drogowych o różnym wskaźniku PSV*, *Drogownictwo* nr 9/2010.
- [5] NEAYLON K., *The PAFV and road friction*, *AAPA 13<sup>th</sup> International Flexible Pavements Conference*, 2009.
- [6] ROE P.G., HARTSHORNE S.A., *The Polished Stone Value of aggregates and in-service skidding resistance*, *TRL Report 322*, United Kingdom, 1998.
- [7] WASILEWSKA M., *Wpływ charakterystyki kruszywa na właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych*, *Rozprawa doktorska*, PBiał., 2010.
- [8] WOODWARD W.D.H., WOODSIDE A.R., JELLIE J.H., *Higher PSV and other aggregate properties*. *International Conference Surface Friction*, 1–4 maja 2005 Christchurch, Nowa Zelandia 2005.
- [9] VAN DE WALL A.R.G., *The polishing of aggregate used in road construction. The relation between the Polished Stone Value and the petrography and mechanic properties of road aggregate*. *Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Section of Engineering Geology*, No. 96, T.U. Delft, 1992.
- [10] ZAWADZKI J., *Odporność na polerowanie się grysów kamiennych w nawierzchniach drogowych*, *Prace Instytutu Badawczego Dróg i Mostów* nr 2, Warszawa 1978.
- [11] WT-1: *Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych* – załącznik nr 2 do zarządzenia nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 listopada 2010.

POLISHING RESISTANCE OF AGGREGATES IN ASPECT OF  
ITS USAGE TO WEARING COURSE ROAD PAVEMENTS

In 2008 Technical Requirements WT-1 (Standards WT-1 imposed a requirement to evaluate a polishing resistance of aggregate used for wearing course based on *PSV* ratio (Polished Stone Value) determined according to PN-EN 1097-8:2001. The paper present test results of *PSV* ratio of aggregates from 40 domestic and 3 foreign sources in relation to requirements of aggregates for wearing course. Bearing in mind the limited resources of aggregates that meet the criteria of required polishing resistance the results of aggregate mixes characterized with different *PSV* ratio were presented.