

WPLYW EKSPLOATACJI DRÓG O NAWIERZCHNI Z PREFABRYKATÓW BETONOWYCH NA WARTOŚĆ SZORSTKOŚCI POWIERZCHNI

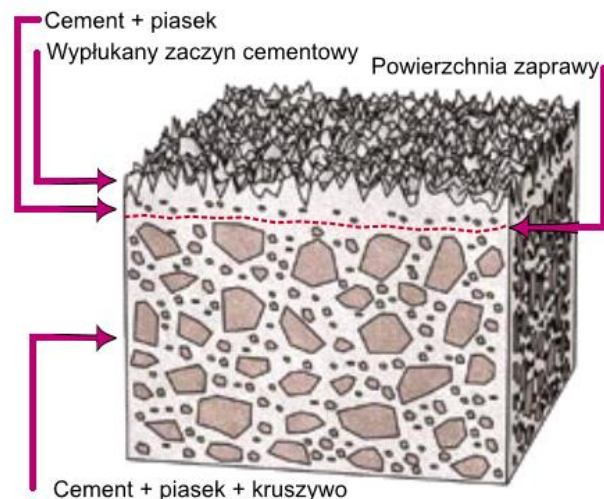
Droga oraz warunki atmosferyczne oddziałujące na nią to jeden z podstawowych czynników bezpieczeństwa w ruchu drogowym, a przeciwpoślizgowość drogi należy do najważniejszych parametrów. Nawierzchnia o wysokich właściwościach przeciwpoślizgowych, umożliwia nie tylko poruszanie się pojazdu według zadanej trajektorii, ale również wpływa na procesy hamowania i przyspieszania. Jednakże trudno jest wyznaczyć bezpośrednio wpływ niewystarczającej szorstkości nawierzchni na poziom zagrożenia w ruchu drogowym [4]. Dodatkowo zmieniające się warunki współpracy opony z nawierzchnią mogą zaskakiwać kierowców podczas jazdy, co może skutkować nie dostosowaniem ich zachowania do panujących warunków drogowych. Warunki te zmieniają się nie tylko ze względu na oddziaływanie pogody, ale i pod wpływem eksploatacji nawierzchni. W artykule przedstawiono badania szorstkości nawierzchni drogowych z prefabrykatów betonowych (płyty betonowe, trylinka). Przeprowadzono analizę właściwości przeciwpoślizgowych badanych nawierzchni oraz wykazano zmiany właściwości nawierzchni w skutek ich eksploatacji.

WSTĘP

Liczba pojazdów dopuszczonych do ruchu na Świecie, jak i w Polsce ciągle wzrasta. Wzrost liczby poruszających się pojazdów w ruchu drogowym prowadzi do zwiększonej eksploatacji dróg publicznych oraz wewnętrznych. Intensyfikacja eksploatacji nawierzchni prowadzi do zmiany ich parametrów przeciwpoślizgowych. Dodatkowo drogi są uszkodzane przez pojazdy przeciążone lub nieprawidłowo załadowane, których nacisk dopuszczalny na oś lub masa całkowita pojazdu oddziałuje negatywnie na podłoże. Podstawowymi podłożami na polskich drogach są nawierzchnie asfaltowe i betonowe. Nawierzchnie betonowe w porównaniu z asfaltowymi charakteryzują się następującymi parametrami [13]:

- wielokrotnie wyższą trwałością;
- dobrą nośnością i podziałem obciążeń gdzie obciążenie rozkłada się na całą płytę;
- niskim kosztem utrzymania, brak konieczności remontów nawet przez 30 lat;
- odpornością na zmienne warunki atmosferyczne w tym na wysokie i niskie temperatury oraz środki odładzające;
- niższe zużycie paliwa ze względu na sztywność nawierzchni (ok. 2,5%);
- krótsza droga hamowania, zarówno na mokrej, jak i suchej nawierzchni;
- odporność na odkształcenia, brak kolein i innych deformacji jezdni;
- barwa nawierzchni, jej jasny kolor wpływa na poprawę widoczności;
- dobra przyczepność;
- lepsze odprowadzanie wody ze względu na brak kolein i nierówności;
- organicznie gromadzenia ciepła przez drogę poprzez efekt odbijania światła (ok. trzy razy większy niż dla powierzchni asfaltowej);
- możliwość całkowitego recyklingu;
- ograniczenie transportu surowca, który jest dostępny lokalnie w Polsce.

Do nawierzchni betonowych spotykanych na drogach można zaliczyć następujące rodzaje: nawierzchnie niezbrojone i niedyblowane, nawierzchnie niezbrojone, ale dyblowane i z kotwami, nawierzchnie zbrojone ze szczelinami dyblowanymi, nawierzchnie ze zbrojeniem ciągłym, nawierzchnie z włóknami rozproszonymi, nawierzchnie z betonu wałowanego, nawierzchnie z betonu porowatego, nawierzchnie z betonu sprężonego, nawierzchnie prefabrykowane, nawierzchnie mieszane (złożone) – nawierzchnie, w których na podbudowie betonowej ułożona jest cienka warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej [9]. Natomiast do nawierzchni prefabrykowanych zaliczamy nawierzchnie wykonane przy użyciu: płyt drogowych żelbetonowych pełnych, płyt drogowych typu YOMB, płyt parkingowych czy płyt drogowych MEBA [12], kostki brukowej, trylinki itp. Nawierzchnie betonowe głównie składają się z dwóch warstw (rys. 1): cementu i piasku- warstwa górna, cement, piasek i kruszywo- warstwa dolna. Warstwy powstają na etapie produkcji elementów betonowych w wyniku zagęszczania i wygładzania. Tekstura nawierzchni na górnej powierzchni jest zaprawą piaskową, która w pierwszym etapie eksploatacji decyduje o jej szorstkości [8].



Rys. 1. Przekrój nawierzchni betonowej z wskazaniem strefy przypowierzchniowej [8]

W artykule przedstawiono badania szorstkości nawierzchni drogowych betonowych prefabrykowanych z płyt żelbetonowych oraz trylinki. Przeprowadzono analizę właściwości przeciwpoślizgowych badanych nawierzchni oraz wykazano zmiany właściwości nawierzchni w skutek ich eksploatacji.

1. PARAMETRY PRZECIWPOŚLIZGOWE NAWIERZCHNI DROGOWYCH– PRZEPISY PRAWNE

Jednym z istotnych parametrów nawierzchni drogowej uwzględnionym w przepisach prawnych ruchu drogowego obowiązującego na terenie Polski jest wskazanie właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowej [6, 7]. Wytyczne te spełniane podczas projektowania i budowy dróg krajowych i autostrad kontrolowane są przed ich dopuszczeniem do ruchu, jak i sukcesywnie w wyznaczonych przedziałach czasowych. Uzyskane wyniki stanowią zazwyczaj średnią z pomiarów na danym odcinku i umożliwiają nadanie tym odcinkom nawierzchni odpowiedniej klasy. Przypisanie klasy drogi wiąże się z dopuszczeniem ruchu pojazdów z określonymi prędkościami, lub określenie, w przypadku zbyt małych cech użytkowych, konieczności przeprowadzenia renowacji lub remontu nawierzchni. Oprócz określenia współczynnika przyczepności (tarcia) pomiędzy nawierzchnią a oponą wykorzystuje się również pomiar szorstkości nawierzchni wahadłem angielskim do określania klasy nawierzchni. Kategorie nawierzchni według pomiarów odporności na ślizganie (warunki mokre) przedstawiono w tabeli 1-2 [11].

Tab. 1. Kryteria oceny szorstkości nawierzchni na podstawie wartości wskaźnika, określonego wahadłem angielskim [11]

Wskaźnik szorstkości	Szorstkość
> 65	Dobra
55+65	Zadowalająca
45+55	Dostateczna
< 45	Niedostateczna

Tab. 2. Minimalne wartości odporności na ślizganie (warunki mokre), pomiar wahadłem angielskim [1, 2]

Kategoria	Rodzaj miejsca	Wartość
A	Trudne miejsca takie jak: (I) ronda	65
	(II) zakręty o promieniu mniejszym niż 150m na nieograniczonych znakami drogach	
	(III) nachylenia 5,7° lub bardziej strome o długości ponad 100m	
	(IV) podjazdy do świateł drogowych na nieoznakowanych drogach	
B	Autostrady, drogi dla samochodów ciężarowych i szybkiego ruchu oraz drogi miejskie o bardzo dużym natężeniu ruchu (ponad 2000 pojazdów dziennie)	55
C	Wszystkie inne miejsca	45

2. METODYKA POMIARU WSKAŹNIKA SZORSTKOSCI NAWIERZCHNI

Do pomiarów wskaźnika szorstkości nawierzchni wykorzystano wahadło angielskie BSRT (British Portable Skid Resistance Tester). Wszystkie pomiary wykonano na zwilżonych powierzchniach, po 10 powtórzeniach [3, 5]. Wzrost szorstkości definiuje narastanie cech przeciwpoślizgowych, a spadek wzrost zagrożenia poślizgiem. Do badań wybrano drogi zbudowane z prefabrykatów drogowych: płyt betonowych oraz trylinki (rys. 2).



Rys. 2. Widok wahadła angielskiego

Do testów drogowych wybrano dwa rodzaje nawierzchni. Pierwszym była droga ułożona z prefabrykowanych płyt betonowych, a drugim droga ułożona z trylinki. Obydwie nawierzchnie znajdują się w obszarze intensywnej eksploatacji, co jest spowodowane tym, że stanowią one drogi dojazdowe/pomocnicze do zakładów usługowych i hurtowni.

Pierwszym etapem badań było przeprowadzenie testów pomiarowych na drodze wykonanej z płyt betonowych. Wygląd nawierzchni oraz rozstaw miejsc pomiarowych scharakteryzowano na rysunkach 3 i 4. Wyniki pomiarów wskaźnika szorstkości na nawierzchni z prefabrykowanych płyt betonowych przedstawiono w tabeli 3.

Drugim etapem badań było przeprowadzenie testów pomiarowych na drodze wykonanej z trylinki. Wygląd nawierzchni oraz rozstaw miejsc pomiarowych scharakteryzowano na rysunkach 5 i 6. Wyniki pomiarów wskaźnika szorstkości na nawierzchni z trylinki przedstawiono w tabeli 4.

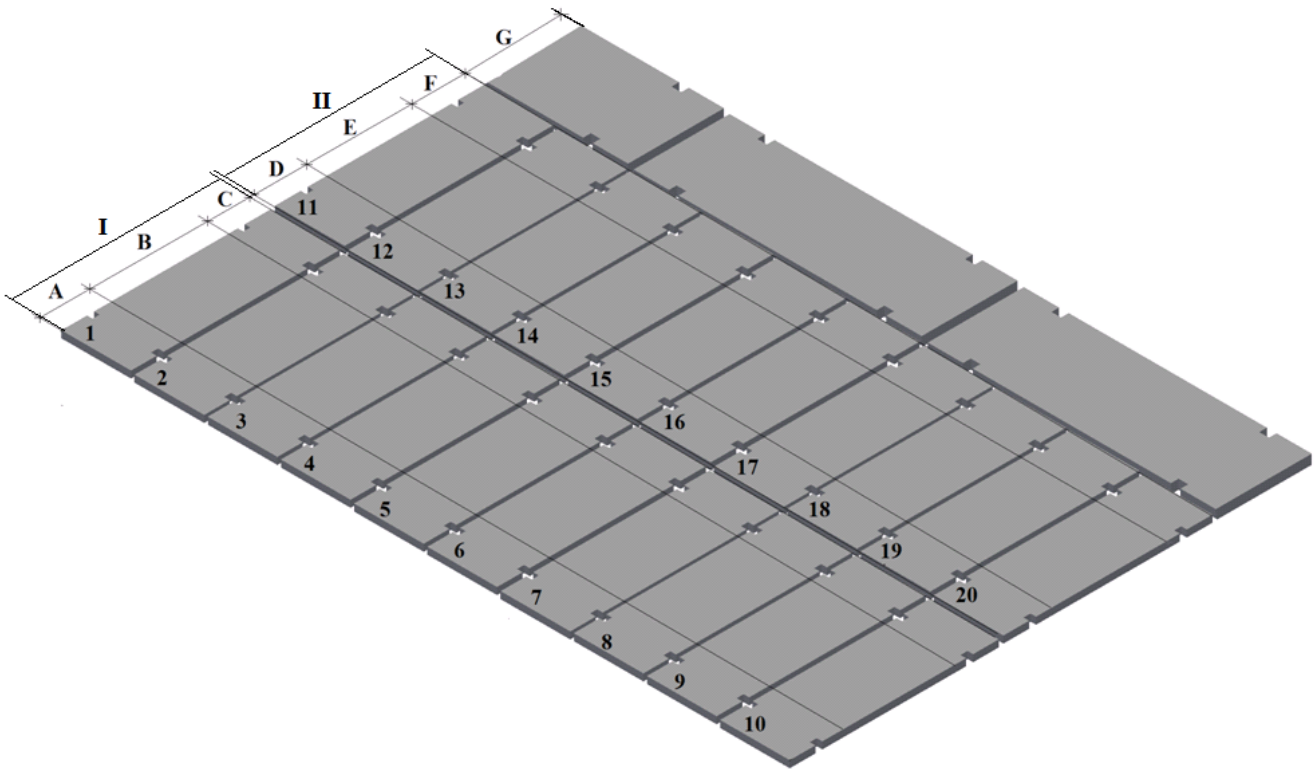
3. WYNIKI BADAŃ

Do testów drogowych wybrano dwa rodzaje nawierzchni. Pierwszym była droga ułożona z prefabrykowanych płyt betonowych, a drugim droga ułożona z trylinki. Obydwie nawierzchnie znajdują się w obszarze intensywnej eksploatacji, co jest spowodowane tym, że stanowią one drogi dojazdowe/pomocnicze do zakładów usługowych i hurtowni.

Pierwszym etapem badań było przeprowadzenie testów pomiarowych na drodze wykonanej z płyt betonowych. Wygląd nawierzchni oraz rozstaw miejsc pomiarowych scharakteryzowano na rysunkach 3 i 4. Wyniki pomiarów wskaźnika szorstkości na nawierzchni z prefabrykowanych płyt betonowych przedstawiono w tabeli 3.

Drugim etapem badań było przeprowadzenie testów pomiarowych na drodze wykonanej z trylinki. Wygląd nawierzchni oraz rozstaw miejsc pomiarowych scharakteryzowano na rysunkach 5

i 6. Wyniki pomiarów wskaźnika szorstkości na nawierzchni z trylinki przedstawiono w tabeli 4.

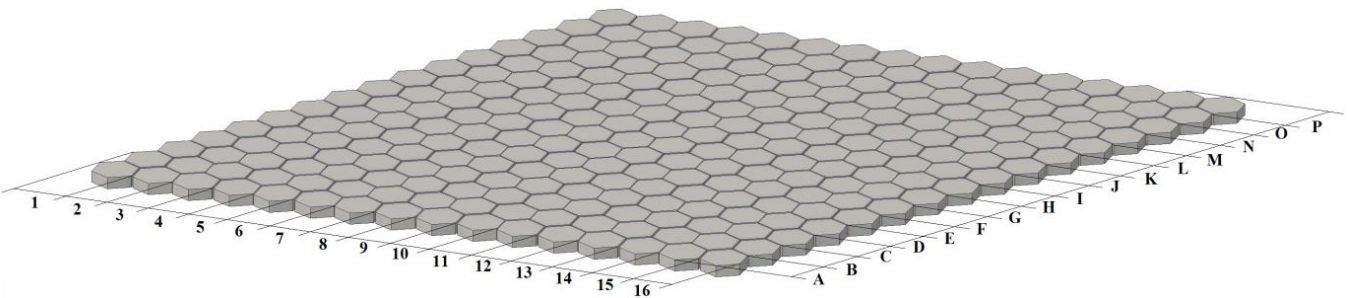


Rys. 3. Schemat rozstawu miejsc pomiarowych drogi z płyt betonowych



Rys. 4. Droga z płyt betonowych z widocznymi obszarami zużycia eksploatacyjnego

Rys. 5. Droga z prefabrykatu betonowego- trylinki



Rys. 6. Schemat rozstawu miejsc pomiarowych drogi z trylinki

Tab 3. Średnia wartość szorstkości w punktach pomiarowych na drodze z płyt betonowych

		Średnia wartość szorstkości nawierzchni		
		Obszar pomiaru		
		A	B	C
Nr Płyty	1	56	50	55
	2	55	51	52
	3	55	52	54
	4	54	50	55
	5	55	49	54
	6	56	50	53
	7	55	51	54
	8	56	51	54
	9	56	50	55
	10	55	50	52
		D	E	F
Nr Płyty	11	55	50	54
	12	55	50	54
	13	55	51	55
	14	54	52	55
	15	53	52	55
	16	54	51	54
	17	55	50	53
	18	54	50	54
	19	55	51	52
	20	53	51	54

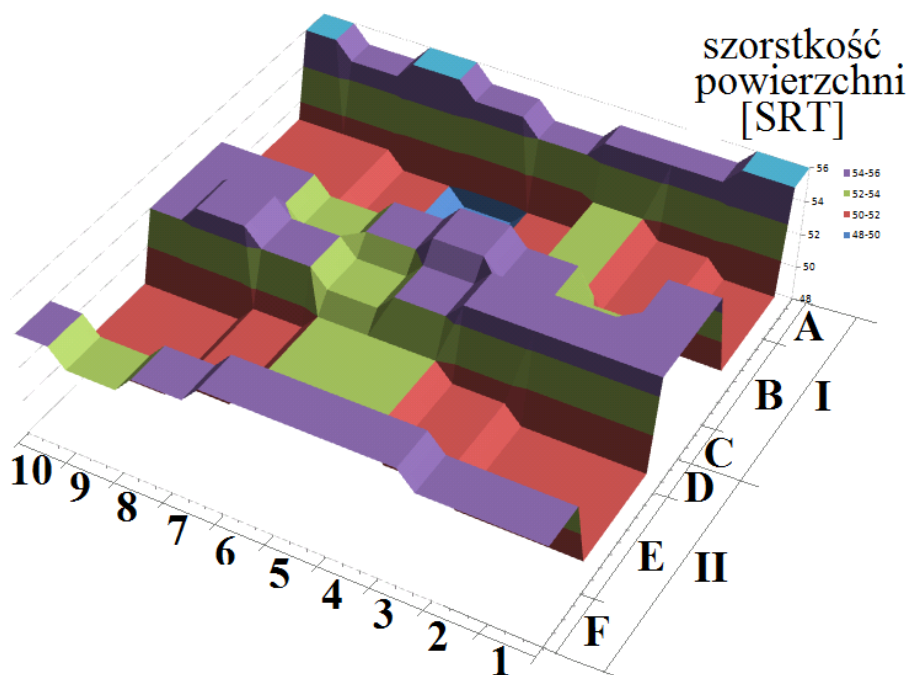
4. ANALIZA WYNIKÓW I PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki cechują się dużym rozrzutem wartości wskaźnika szorstkości w miejscach pomiaru. W głównej mierze przyczynia się do tego intensywność eksploatacji odcinka pomiarowego. Na drodze z płyt betonowych, przedstawionej na rysunku 3 i 4, pojazdy poruszają się najczęściej środkiem drogi, koła pojazdu eksploatują głównie strefą B i E. W strefie A, C, D i F znajdują się otwory niezbędne na etapie produkcji i montażu płyt, dlatego często są omijane przez pojazdy. Dodatkowo obszary te charakteryzują się uszkodzeniami (rys. 4) wynikającymi z eksploatacji pojazdów ciężkich, które poruszają się po całym obszarze drogi. Strefa G jest wykorzystywana podczas mijania się pojazdów. Strefa A jest strefą przy krawężniku i jest mniej eksploatowana. Rozrzut wskaźnika szorstkości w obszarze badawczym zawierał się pomiędzy 49 a 56. Wizualizacja mapy szorstkości nawierzchni z płyt betonowych została przedstawiona na rysunku 7.

Poruszając się po drodze z betonowych prefabrykatów typu trylinki współpracą opony z nawierzchnią podlega dużym fluktuacjom ze względu na parametr szorstkości. W praktyce obszary o jednakowych wskaźnikach szorstkości występują tylko w zakresie 2-3 trylinek. Cała nawierzchnia charakteryzuje się dużą zmiennością wartości wskaźnika szorstkości, który zmienia się od

Tab. 4. Średnia wartość szorstkości w punktach pomiarowych na drodze z trylinki

		Średnia wartość szorstkości nawierzchni															
		Trylinka															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Trylinka	1	60	65	60	50	55	62	61	55	58	61	59	55	61	60	65	64
	2	60	57	62	61	64	63	60	61	56	55	64	58	59	58	55	56
	3	62	65	55	57	56	63	59	61	65	59	63	61	58	64	57	62
	4	64	56	58	58	60	58	63	60	62	60	64	60	59	57	55	59
	5	64	63	59	60	65	65	58	65	63	58	64	58	59	65	60	61
	6	58	62	62	59	56	59	57	63	62	61	60	62	60	55	63	62
	7	63	55	55	65	59	65	63	62	62	60	62	55	62	62	64	59
	8	64	59	59	55	60	64	61	56	61	63	57	61	55	57	61	58
	9	63	60	64	60	57	63	56	64	55	63	55	59	64	58	64	59
	10	63	65	56	61	63	60	64	63	65	64	64	58	60	61	57	65
	11	62	55	62	55	62	62	55	62	64	61	56	57	56	55	56	64
	12	65	56	61	61	55	61	63	56	58	65	56	59	55	62	61	58
	13	62	65	57	64	57	60	62	64	60	64	55	57	60	65	60	65
	14	65	55	58	62	56	60	58	62	58	61	56	55	61	60	61	58
	15	64	59	57	64	63	59	63	59	63	59	57	63	62	60	57	60
	16	64	60	64	63	57	58	61	57	61	57	62	57	58	62	57	63



Rys. 7. Mapa szorstkości drogi z płyt betonowych

55 do 65. Duża losowość cech przeciwpoślizgowych wpływa niekorzystnie na procesy jezdne podczas przyspieszania i hamowania pojazdów. Wizualizacja mapy szorstkości nawierzchni z trylinki została przedstawiona na rysunku 8.

Na drodze z płyt betonowych można się spodziewać obszarów o niższych wartościach wskaźnika szorstkości. Taki stan jest spowodowany warunkami eksploatacji tego typu nawierzchni, gdzie użytkownicy w miarę możliwości omijają miejsca łączenia płyt i miejsca uszkodzeń. Nawierzchnia z trylinek charakteryzuje się większymi zróżnicowaniami cech przeciwpoślizgowych, co nie pozwala wyznaczyć torów poruszania się pojazdów jak ma to miejsce na nawierzchniach z płyt betonowych.

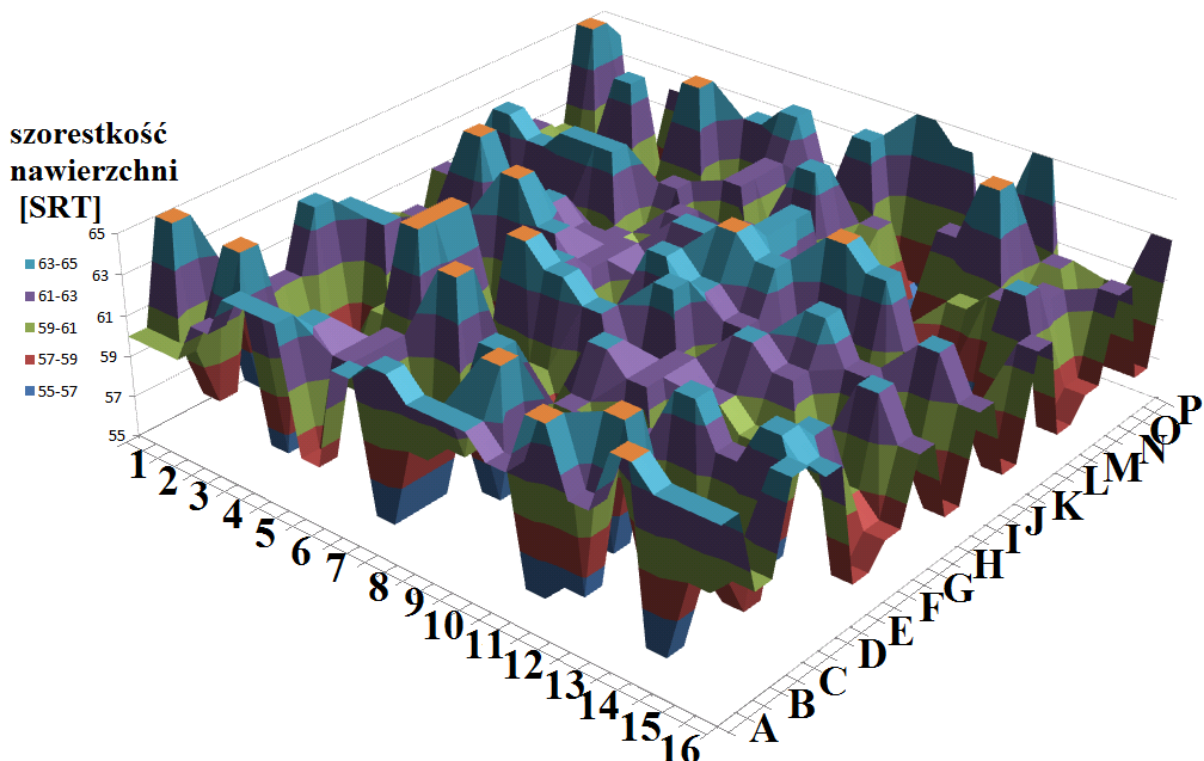
Oba typy nawierzchni ze względu na odporność na warunki eksploatacji i brak tendencji do falowania (np. koleinowania) stanowią dobrą alternatywę do nawierzchni asfaltowych w obszarach przemysłowych. Dodatkowo pomimo zmienności wartości wskaźnika szorstkości na drogach z płyt betonowych i trylinek można je uznać za drogi o co najmniej dostatecznym stanie nawierzchni, ze względu na kryterium szorstkości (tab. 1), i zaliczyć je do kategorii C (płyty betonowe) i B (trylinki) – tabela 2.

BIBLIOGRAFIA

- Ahadi M. R., Development an alternative test procedure BS812 accelerated polishing roadstones, 2005, [http://www.nzta.govt.nz/resources/surface-friction-conference-2005/6/docs/development-an-alternative-test-procedure-BS812-accelerated-polishing-roadstones.pdf]
- LABORATORY - PAVEMENT MATERIALS, SKID RESISTANCE TEST, NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, School of Civil and Structural Engineering, [http://www3.ntu.edu.sg/cts/tlab/006.pdf]
- Mechowski T., Pomiar współczynnika tarcia nawierzchni dróg krajowych, Zeszyty naukowe instytutu pojazdów, Warszawa 2009 str:5-15
- Obój M.: Wpływ stanu nawierzchni dróg oraz poboczy na bezpieczeństwo ruchu drogowego., Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej, Drogownictwo 10/2011, s. 307-312
- Polasik J., Waluś K. J.: Pomiar parametrów antypoślizgowych nawierzchni drogowych - przegląd metod badawczych., Instytut Logistyki i Magazynowania, Logistyka, 2014, nr.3, D1, s. 5241-5250
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie
- Szydło A., Mackiewicz P.: Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych. Poradnik, Wydawnictwo Polski Cement Sp. z o. o., Kraków 2005
- Szydło A., Wardęga R.: Materiały miejscowe i technologiczne proekologiczne w budowie dróg. Politechnika Wroclawska, http://www.pkd.org.pl/worliny2008/aszydlo.pdf
- Wahadło angielskie do pomiaru tarcia (wahadłowy wskaźnik szorstkości PTV) – Instrukcja obsługi
- Waluś K. J.: Zmiany cech antypoślizgowych nawierzchni bitumicznej wybranych odcinków badawczych, Logistyka, Instytut Logistyki i Magazynowania- 2014, nr.3, s.6575-7583,- CD-ROM 1, ISSN:1231-5478
- http://www.barkoczyn.pl/
- http://www.betonowki.pl/zalety-nawierzchni-betonowych

The influence of exploitation surface roads of prefabricated concrete in value surface roughness

The road and atmospheric conditions affecting it is one of the basic factors of safety in road traffic and slip resistance of the road is one of the most important parameters. Surface high anti-skid properties, it makes it possible not only to move the vehicle according to the trajectory, but also



Rys. 8. Mapa szorstkości drogi z trylinki

affects the processes of braking and acceleration. However, it is difficult to determine the direct impact of insufficient surface roughness of the level of risk in traffic [4]. In addition, changing the terms of cooperation with the tire surface may surprise drivers while driving, which may result in not adapting their behavior to prevailing road conditions. These conditions vary not only due to the influence of weather, but also under service conditions. The article presents a study on pavement roughness of precast concrete (concrete slabs, trylinka). The analysis of the properties of anti-skid surface investigated and shown to change the properties of the surface as a result of their exploitation.

Autorzy:

mgr inż. **Łukasz Warguła** – Poznan University of Technology,
Chair of Basic of Machine Design, Piotrowo street 3, 60-965
Poznan, Poland, lukasz.wargula@put.poznan.pl

dr inż. **Konrad Jan Waluś** – Poznan University of Technology,
Chair of Basic of Machine Design, Piotrowo street 3, 60-965
Poznan, Poland, konrad.walus@put.poznan.pl

mgr inż. **Jakub Polasik** Poznan University of Technology,
Chair of Basic of Machine Design, Piotrowo street 3, 60-965
Poznan, Poland, plasik@interia.eu