

dr inż. Konrad J. Waluś¹⁾

ORCID: 0000-0001-5567-0317

dr inż. Piotr Gryspanowicz²⁾

ORCID: 0000-0003-1355-7732

dr hab. inż. Barbara Rymśza, prof. IBDiM³⁾*

ORCID: 0000-0002-0504-2360

Ocena odporności na poślizg zabytkowych nawierzchni chodników

Pilot studies of skid resistance of historic pavement surfaces

DOI: 10.15199/33.2023.04.03

Streszczenie. Nawierzchnia chodnika o dużej odporności na poślizg umożliwia nie tylko bezpieczne poruszanie się pieszego, ale również w dużym stopniu wpływa na jego stabilność i zachowanie równowagi. Duża różnorodność wykorzystywanych materiałów na krótkich odcinkach chodników powoduje fluktuacje wartości odporności na poślizg, co może skutkować lokalną zmianą poziomu ryzyka poślizgnięcia. Pomiarы wykonane z wykorzystaniem wahadła brytyjskiego umożliwiły wskazanie miejsc potencjalnie niebezpiecznych, w których ryzyko poślizgnięcia było prawdopodobne (P2). Do pomiarów doświadczalnych wybrano trzy zabytkowe nawierzchnie oraz wykorzystano trzy typy ślizgaczy: typu 55; z dziecięcym obuwiem sportowym oraz z podeszwą typu kłapki. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów odporności na poślizg zabytkowych nawierzchni chodnikowych wykonanych z tzw. kostek obrobionych z kamieni polnych, kostek z żużlobetonu oraz kostek bazaltowych i przeprowadzono ich analizę.

Słowa kluczowe: odporność na poślizg; nawierzchnie zabytkowe; wahadło brytyjskie.

Abstract. The pavement surface with high slip resistance not only enables safe movement of pedestrians, but also greatly affects its stability and balance. The large variety of materials used on short sections of sidewalks results in fluctuations in the slip resistance value, which may result in a local change in the slip risk level. Measurements made using the British pendulum made it possible to identify potentially dangerous places where the risk of slipping was likely (P2). Three historic surfaces were selected for experimental measurements and three types of sliders were used: type 55, with children's sports shoes and with a flip-top sole. The article presents the results of anti-slip measurements of historic pavements made of the so-called cubes made of field stones, cinder concrete cubes and basalt cubes. An analysis of the anti-skid properties of the tested surfaces was carried out.

Keywords: slip resistance; historic pavement surfaces; British pendulum.

Odporność na poślizg odzwierciedlająca współpracę obuwia z nawierzchnią, na zewnątrz i wewnątrz budynków, stanowi część podstawowego zakresu bezpieczeństwa [1] oraz jest oceniana na podstawie zgodności z przepisami i badań wykonywanych w ramach kontroli przez niezależne instytucje [2, 3]. Europejska Agencja Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (EU-OSHA) zwraca uwagę na znaczenie odporności na poślizg, wskazując, że poślizgnięcia i potknięcia są powszechne w życiu codziennym [4, 5]. Szacuje też, że ok. 40% wypadków jest związanych z poślizgnięciem się lub potknięciem. Jest to szczególnie ważne w przypadku terenów przemysłowych i zurbanizowanych, obszarów zabytkowych, a także

sklepów [6], restauracji [7] oraz budynków użyteczności publicznej [8, 9]. Odporność na poślizg jest oceniana przez **miar współczynnika tarcia** (*Coefficient Of Friction*) [10, 11], **wartość testu wahadła brytyjskiego** (PTV – *Pendulum Test Value*), **wartość odporności na poślizg** (SRV – *Slip Resistance Value*), **miar kąta akceptowalnego** [12] oraz **subiektywnie przez użytkowników** [13]. Niezależnie rozwijane są badania dotyczące wpływu cech geometrycznych schodów na bezpieczeństwo i higienę pracy [14]. Prowadzono również badania pod kątem możliwości poślizgnięcia się w wyniku zanieczyszczenia powierzchni [15], np. olejem, mlekiem, winem [16], wodą [17].

Grupą analizującą odporność na poślizg, w zależności od rodzaju podeszwy oraz powierzchni, są producenci obuwia [18 – 20]. Badania dotyczące wpływu rodzaju podeszwy na współczynnik tarcia na różnych nawierzchniach wskazują, że zalecana jego mini-

malna wartość uzyskana z użyciem wahadła brytyjskiego wynosi 0,3 [2, 21]. Brytyjska Grupa ds. Antypoślizgowości zauważyła, że współczynnik tarcia równy 0,24 lub mniejszy wskazuje na duże ryzyko poślizgnięcia, a o wartości 0,36 lub większej na małe [22]. W Niemczech wartość tego współczynnika nie może być mniejsza od wartości granicznej 0,30, natomiast w przypadku wartości 0,45 lub większej nawierzchnie są uważane za bezpieczne. Zgodnie z normą ANSI A137.1 [23] minimalna wartość współczynnika tarcia w teście na mokro posadzki z płytek ceramicznych w pomieszczeniach, po których można chodzić po zamoczeniu, wynosi 0,42. Jeżeli wartość ta jest mniejsza, wówczas posadzki muszą być utrzymywane w stanie suchym.

Warto podkreślić, że szczególna grupa osób, której w ostatnich latach poświęca się coraz więcej uwagi, to osoby z niepełnosprawnością. Prowadzone

¹⁾ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej

²⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii w Płocku

³⁾ Instytut Badawczy Dróg i Mostów

* Adres do korespondencji: brymsza@ibdim.edu.pl

są badania dotyczące poprawy stanu infrastruktury oraz doposażenia budynków pod ich potrzeby [24 – 26]. W 2002 r. przeprowadzono badania dotyczące maksymalnego dopuszczalnego obciążenia wózków transportowych podczas pchania i ciągnięcia po nawierzchniach o różnych właściwościach przeciwpoślizgowych [27, 28]. Zapewnienie dostępności obszarów zabytkowych przez dostosowanie do potrzeb osób z niepełnosprawnościami omówiono w [29].

Celem badań zaprezentowanych w [30, 31] było wskazanie miejsc potencjalnie niebezpiecznych ze względu na prawdopodobieństwo utraty przyczepności układu obuwie-nawierzchnia i określenie ryzyka poślizgnięcia (tabela 1).

Tabela 1. Skala odporności na poślizg na mokrej powierzchni na podstawie pomiarów wahadłem brytyjskim [30, 31]

Table 1. Scale of skid resistance on wet surface based on measurements with a British pendulum [30, 31]

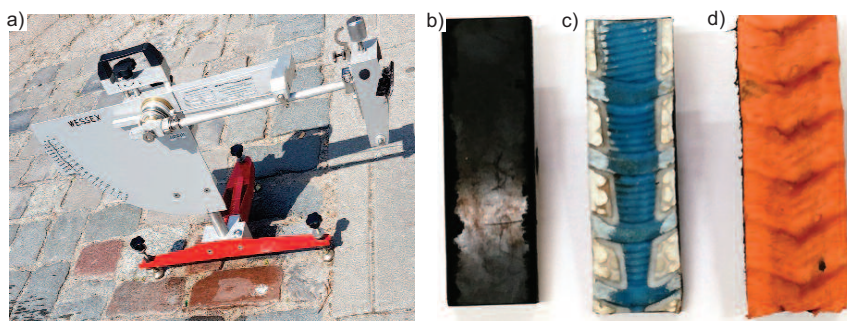
Ocena poślizgu	Wartość testu wahadła (SRV)		Ryzyko poślizgu
	ślizgacz 55* twardość gumy IRHD 55	ślizgacz 96** twardość gumy IRHD 96	
P0		< 12	prawie pewne
P1	< 20	12 → 24	bardzo prawdopodobne
P2	20 → 34	25 → 34	prawdopodobne
P3	35 → 39	35 → 44	możliwe/średnie
P4	40 → 44	45 → 54	mało prawdopodobne
P5	> 44	> 54	rzadko spotykane

* ślizgacz 55 – umożliwia symulację kontaktu podeszwy buta z podłożem

** ślizgacz 96 – umożliwia symulację kontaktu opony z podłożem

Badania

W związku z tym, że stwierdziliśmy brak testów i oceny wpływu użytkownika nawierzchni chodnikowych w warunkach rzeczywistych, przeprowadzone zostały badania odporności na poślizg z wykorzystaniem wahadła brytyjskiego. Umożliwia ono wykonywanie badań terenowych oraz opracowanie charakterystyk i map odporności na poślizg badanych obszarów [32, 33]. Pozwala również na modelowanie kontaktu podeszwy buta z nawierzchnią chodnika czy jezdni. Wahadło wyposażono w trzy różne ślizgacze o wymiarach 3" x 1": ślizgacz typu 55 zgodny z australijską normą AS 4586-2013 [31], który umożliwia symulację kontaktu gumowej podeszwy buta z podłożem; ślizgacz typu dziecięce obuwie sportowe oraz ślizgacz typu klapki (fotografia 1). Testy przeprowadzono na mokro.



Fot. 1. Wahadło brytyjskie (a) oraz ślizgacze wykorzystane podczas badań: b) ślizgacz typu 55 (62 °ShA); c) ślizgacz typu dziecięce obuwie sportowe (82 °ShA); d) ślizgacz typu klapki (46 °ShA)

Photo 1. British pendulum (a) and sliders used in the tests: b) type 55 slider (62 °ShA); c) slider type children's sports shoes (82 °ShA); d) flap type slider (46 °ShA)

Wahadło brytyjskie zostało przygotowane do badań zgodnie z normą PN-EN 13036-4:2011. Po wybraniu miejsc pomiarowych ustawiono je tak,

Do badań wybrano trzy rodzaje nawierzchni z: kostek obrobionych z kamieni polnych; kostek z żużłobetonu; kostek bazaltowych (fotografia 2), najczęściej stosowanych w okresie dwudziestolecia międzywojennego w Płocku (obecnie znajdują się one pod opieką konserwatora zabytków [35 ÷ 37]). Stare nawierzchnie często znajdują się pod nawierzchniami asfaltowymi i są odkrywane podczas prac drogowych. Konsekwencją takich odkryć jest decyzja konserwatora zabytków o ich ponownym wbudowaniu [38]. Jednym z podstawowych parametrów, jaki powinno się sprawdzić ze względu na bezpieczeństwo pieszych, jest ocena odporności na poślizg.

aby ślizgacz wychylał się w kierunku ruchu pieszych wzdłuż chodnika. Wyznaczono długość kontaktu ślizgacza z powierzchnią chodnika (powinna wynosić 125 ÷ 127 mm). W zależności od ślizgacza (zastosowano suwaki o różnej grubości) regulowano wysokość osi obrotu ramienia wahadła. Przeprowadzono 10 pomiarów i przed każdym zwilżano wodą nawierzchnię chodnika.

Pomiary wykonano zgodnie z wytycznymi normy HB 198:2014 [34]. Wartość SRV stanowi wynik średniej z pomiarów w jednym punkcie pomiarowym. Niepewność pomiarów wartości SRV oszacowano zgodnie z rozkładem t-Studenta z dziesięciu pomiarów i poziomu ufności 95%. Wyniki pomiarów, wartość odchylenia standardowego oraz wartość średnią z pomiarów wraz z ich niepewnością zestawiono w tabeli 2.

Wyniki badań i dyskusja

Wyniki pomiarów (tabela 2) wskazują, że w przypadku mokrej nawierzchni wykonanej z kostek z kamienia polnego oraz żużłobetonu poślizgnięcie osoby poruszającej się w obuwiu z podeszwą gumową (P2) oraz w klapkach (P2) jest prawdopodobne. Należy zauważyć, że wózki inwalidzkie, kule ortopedyczne, laski czy urządzenia wspomagające zakończone są gumowymi końcówkami. Najbezpieczniejsza okazała się podeszwa sportowa z rozbudowanym układem geometrycznego reliefu, natomiast najbardziej bezpieczna nawierzchnia była wykonana z kostki bazaltowej, na której ryzyko poślizgnięcia było średnie (P3) oraz rzadko spotykane (P5) w przypadku obuwia z podeszwą sportową.

Uczestnicy ruchu pieszego, przede wszystkim osoby korzystające z urządzeń wspomagających, spodziewają

Tabela 2. Statystyka wartości SRV na testowanych nawierzchniach

Table 2. Statistic of the SRV values on the tested surfaces

Rodzaj testowanej nawierzchni		Min/ max	SRV ¹⁾	σ_{SRV} ²⁾	Współczynnik zmienności [%]	Ocena poślizgu
Kostka z kamienia polnego						
Ślizgacz 55	30; 30; 29; 29; 27; 31; 28; 27; 28	27/31	28,8±3,0	1,32	4,57	P2
Ślizgacz – sportowe obuwie dziecięce	41; 43; 44; 45; 40; 40; 44; 44; 44; 44	40/45	42,9±4,3	1,85	4,32	P4
Ślizgacz – kłapek	34; 33; 34; 32; 33; 33; 33; 33; 34; 33	32/34	33,2±1,5	0,63	2,42	P2
Kostka żużlobetonowa						
Ślizgacz 55	30; 30; 31; 29; 31; 36; 38; 40; 26; 26	26/40	31,7±11	4,78	15,09	P2
Ślizgacz – sportowe obuwie dziecięce	28; 28; 26; 26; 25; 24; 24; 25; 24; 24	24/28	25,4±3,6	1,58	6,21	P2
Ślizgacz – kłapek	24; 24; 24; 24; 25; 26; 26; 27; 27; 27	24/27	25,4±3,1	1,35	5,31	P2
Kostka bazaltowa						
Ślizgacz 55	38; 39; 38; 39; 38; 38; 37; 36; 38; 39	36/39	38±2,2	0,94	2,48	P3
Ślizgacz – sportowe obuwie dziecięce	46; 47; 40; 44; 44; 44; 44; 46; 45; 46	40/47	44,6±4,5	1,95	4,38	P5
Ślizgacz – kłapek	38; 36; 35; 35; 35; 36; 35; 36; 35; 36	35/38	35,7±2,2	0,95	2,66	P3

¹⁾ wartość SRV wraz z niepewnością pomiaru wg rozkładu t-Studenta w przypadku poziomu ufności 95%

²⁾ σ_{SRV} – wartość odchylenia standardowego



Fot. 2. Badane nawierzchnie: a) z kostek z kamienia polnego; b) z kostek żużlobetonowych; c) z kostek bazaltowych

Photo 2. Tested pavements made of: a) field stone cubes; b) slag concrete cubes; c) basalt cubes

się, że w przypadku mokrych płytek w łazience lub na tarasie czy mokrej podłogi w supermarkecie muszą zachować szczególną ostrożność, aby się nie poślizgnąć. Takie postępowanie jest prawidłowym zachowaniem obronnym. W przestrzeni publicznej osoba z niepełnosprawnością może jednak nie spodziewać się lokalnych zmian odporności na poślizg nawierzchni, co może doprowadzić do upadku i odniesienia kontuzji. W związku z tym ważnym aspektem jest prowadzenie nadzoru nad nawierzchniami chodników i dróg, po których poruszają się piesi.

Podsumowanie

Stosowanie różnych materiałów powoduje zmianę odporności na poślizg nawierzchni chodnikowych i drogowych (fotografia 3). Porównując uży-



Fot. 3. Różnorodność materiałów nawierzchni w obszarze starówki Plocka

Photo 3. Diversity of pavement materials in the area of the old town of Plock

skane wyniki badań z trzech wybranych miejsc, stwierdzono, że cechują się one rozrzutem oceny poślizgu wahała od P5 do P2, co przekłada się odpowiednio na ryzyko poślizgu od rzadko spotykanego do prawdopodobnego. Ma to szczególne znaczenie w ciągach komunikacyjnych oraz w okolicach przejść dla pieszych. Lokalne pogorszenie odporności na poślizg nawierzchni powoduje zwiększenie zagrożenia bezpieczeństwa. Zgodnie z załącznikiem do ustawy [39], w którym są wskazane minimalne wartości SRV, jakie powinno się uzyskiwać na nawierzchniach ze znakami poziomymi, akceptowalnym poziomem ryzyka poślizgu jest P5. Biorąc pod uwagę zakres bezpieczeństwa poruszania się pieszych, określone w załączniku wartości można przenieść na nawierzchnie chodników jako wartości wyjściowe. W przypadku prezentowanych pomiarów poziom P5 uzyskała

tylko nawierzchnia z kostki bazaltowej w przypadku interakcji ze ślizgaczem ze sportowym obuwiem dziecięcym.

Stała i regularna kontrola takich obszarów powinna być wymaganiem oraz kryterium dopuszczenia danego odcinka drogi do ruchu pieszych i stanowić wytyczną do ewentualnych remontów. Autorzy postulują, aby opracować kryteria oceny dotyczące dopuszczenia nawierzchni chodnikowych, wskazać minimalny próg odporności na poślizg oraz nakazać regularne kontrole w miejscach o dużej intensywności ruchu pieszych. Takie badania umożliwiłyby planowanie renowacji i remontów nawierzchni przeznaczonych do ruchu pieszego i osób ze szczególnymi potrzebami.

Literatura

- [1] Enkhjargal OE, Li KW. Subjective ratings of floor slipperiness on common indoor and outdoor floors, *Int. J. Eng. Technol.* 2019; DOI: 10.7763/IJET. 2019. V11.1154.
- [2] Silva G, Beltrán A, Muñoz A, Escrig I, Llobell C, Sanchis M, Lillo G. Optimised combinations of ceramic flooring and footwear for work environments, p. 1- 14, Conference: QUALICER 2018At: Castellón – Spain.
- [3] Zhou SY, Hsu WC, Hsu CC. A new Numerical simulation process for footwear slip resistance analysis, in: K.P. Lin, R. Magjarevic, P. de Carvalho (Eds.), *Future Trends in Biomedical and Health Informatics and Cybersecurity in Medical Devices. ICBHI 2019. IFMBE Proceedings.* 2020, https://doi.org/10.1007/978-3-030-30636-6_7.
- [4] Sarkar S, Raj R, Vinay S, Maiti J, Pratihari DK. An optimization-based decision tree approach for predicting slip-trip-fall accidents at work. *Saf. Sci.* 2019; DOI: 10.1016/j.ssci.2019.05.009.
- [5] Atlas R. What is the role of design and architecture in slip, trip, and fall accidents?, in: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 63 SAGE Publications, Sage CA: Los Angeles, CA, 2019; DOI: 10.1177/10711813196310.
- [6] Weber A, Nickel P, Hartmann U, Friemert D, Karamanidis K. Contributions of training programs supported by VR techniques to the prevention of STF accidents, in: *International Conference on Human-Computer Interaction*, Springer, Cham, 2020; DOI: 10.1007/978-3-030-49904-4_20.
- [7] Yu LX, Hon CY. Safety climate within ontario restaurants, *Prof. Saf.* 2020; 65 (11): 39 – 44.
- [8] Larue GS, Popovic V, Legge M, Brophy C, Blackman R. Safe trip: factors contributing to slip, trip and fall risk at train stations. *Appl. Ergon.* 2021; DOI: 10.1016/j.apergo.2020.103316.
- [9] Waluś KJ, Warguła Ł, Wiecek B, Krawiec P. Slip risk analysis on the surface of floors in public utility buildings, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104643>.
- [10] Khaday S, Li KW. Friction measurement on common floor using a horizontal pull slip meter. 2019; <https://doi.org/10.18178/ijesd.2019.10.9.1187>.
- [11] Wen-Ruey C, Li KW, Huang Y-H, Filiaggi A, Courtney TK. Objective and subjective measurements of slipperiness in fast-food restaurants in the USA and their comparison with the previous results obtained in Taiwan, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.06.001>
- [12] Sudoł E, Szewczak E, Małek M. Comparative Analysis of Slip Resistance Test Methods for Granite Floors. <https://doi.org/10.3390/ma14051108>.
- [13] Li KW, Chen Y, Zou F, Li N, Duan T. Perception of risk of tripping under lighting and obstacle conditions, <https://doi.org/10.1002/hfm.20815>.
- [14] Eyre M, Foster PJ, Hallas K, Shaw R. The use of laser scanning as a method for measuring stairways following an accident, <https://doi.org/10.1179/1752270615Y.0000000014>.
- [15] Leclercq S, Saulnier H. Floor slip resistance changes in food sector workshops: prevailing role played by „fouling”, *Saf. Sci.* 2002; 40 (7–8): 659 – 673.
- [16] Barrea F, Cardinali G, Fichera CR. Assessment of flooring slipperiness for food industry buildings, *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal Open.* 2015; <http://www.cigr-journal.org>.
- [17] Liu L, Li KW, Lee Y-H, Chen CC, Chen C-Y. Friction measurements on „anti-slip” floors under shoe sole, contamination, and inclination conditions, *Saf. Sci.* 2010; 48 (10): 1321 – 1326.
- [18] Norlander A, Miller M, Gard G. Perceived risks for slipping and falling at work during wintertime and criteria for a slip-resistant winter shoe among Swedish outdoor workers, *Saf. Sci.* 2015; 73: 52 – 61.
- [19] Manning DP, Jones C. The superior slip-resistance of footwear soling compound T66/103, *Saf. Sci.* 1994; 18 (1): 45 – 60.
- [20] Wąsowska I. Are Cracow’s clinics friendly for disabled people? *Environ. Med.* 2014; 17 (4): 63 – 67.
- [21] Stamenković D, Banić M., Nikolić M., Miltenović A., Đekić P., Influential parameters of footwear slip resistance, in: *16th International Conference on Tribology, SERBIATRIB*, 19, Kragujevac, Serbia, 15–17, May 2019, pp. 601 – 606.
- [22] Bowman R. Can we develop slip resistance metrics that ensure appropriate tile selection?, p. 1-15, Conference: QUALICER 2016, www.qualicer.org, Castellón – Spain <https://universaldesignaustralia.net.au/wp-content/uploads/2016/07/Bowman-Slipbusters-paper.pdf> (dostęp: 2022-01-05).
- [23] ANSI A137.1 American National Standard Specifications for Ceramic Tile.
- [24] Sariisik A. Safety analysis of slipping barefoot on marble covered wet areas. *Saf. Sci.* 2009; 47 (10): 1417 – 1428.
- [25] Haslam RA, Boocock M, Lemon P, Thorpe S. Maximum acceptable loads for pushing and pulling on floor surfaces with good and reduced resistance to slipping. *Saf. Sci.* 2002; 40 (7–8): 625 – 637.
- [26] Standardy projektowania budynków dla osób z niepełnosprawnościami, <https://budowlaneabc.gov.pl/standardy-projektowania-budynkow-dla-osob-niepelnosprawnych/stanowiska-postojowe-dla-samochodow/nawierzchnia-stanowisk-postojowych/> (dostęp: 2022-11-08).
- [27] Onyango SO, Hamam Y, Djouani K, Dachi B. Modeling a powered wheelchair with slipping and gravitational disturbances on inclined and non-inclined surfaces, <https://doi.org/10.1177/0037549716638427>.
- [28] Silva LCA, Dedini FG, Correa FC, Eckert JJ, Becker M. Measurement of wheelchair contact force with a low cost bench test, *Med. Eng. Phys.* 2016; <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2015.11.014>.
- [29] Rymśka B, Kaperczak K, Kilian-Walerzak J. O konieczności i możliwościach zapewnienia dostępności dla osób niepełnosprawnych do zabytkowych obiektów użyteczności publicznej. „Ochrona Dziedzictwa Kulturowego” 9/2020 10.35784/odk. 1864 ISSN 2543-6422.
- [30] Ryan S, Reynolds A. New Housing Options for people with significant disability. Summer Foundation. 2015; <http://www.summerfoundation.org.au/resources/new-housing-options-design-insights/>.
- [31] AS 4586-2013 Slip Resistance Classification of New Pedestrian Surface Materials.
- [32] Polasik J, Waluś KJ. Comparative Analysis of the Roughness of Asphalt and Concrete Surface, Telematics – Support for Transport: 14th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2014, Katowice/Kraków/Ustroń, Poland, October 22-25, 2014. Selected Papers, 2014. – Communications in Computer and Information Science; vol. vol. 471, s. 350-358, pISSN: 1865-0929, ISBN: 978-3-662-45316-2, DOI: 10.1007/978-3-662-45317-9_37.
- [33] Peng Y, Qiang Li J, Zhan Y, Kelvin C, Wang P, Yang G. Finite element method-based skid resistance simulation using in-situ 3D pavement surface texture and friction data, *MDPI. Materials.* 2019, <https://doi.org/10.3390/ma12233821>, 3821.
- [34] HB 198: 2014 Guide to the Specification and Testing of Slip Resistance of Pedestrian Surfaces.
- [35] Grochowska-Iwańska K, Gryspanowicz P. Dzieje drogownictwa w Płocku, Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Instytut Budownictwa, 351 s., ISBN 978-83-946540-4-7, Płock 2020.
- [36] Gryspanowicz P. Urbanizacja Płocka, Akademia Humanistyczna im. Aleksandra Gieysztor w Pułtusku, 343 s., ISBN 978-83-75-49-278-1, Pułtusk 2019.
- [37] Gryspanowicz P. Techniczno-prawne uwarunkowania rewitalizacji ulic Starego Miasta w Płocku. Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Instytut Budownictwa, 265 s., ISBN 978-83-946540-8-5, Płock 2022.
- [38] Gryspanowicz P. Projekt budowlany ulicy Kościuszki w Płocku, Płock 2021.
- [39] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z 9 września 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz.U. 2019 poz. 2311).

Badania naukowe opisane w artykule były współfinansowane w ramach grantu badawczego Politechniki Warszawskiej wspierającego prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Przyjęto do druku: 27.02.2023 r.