



PAWEŁ STACHON

GDDKiA Oddział w Krakowie
pstachon@gddkia.gov.pl

BIAŁO NA CZARNYM czyli jakie cechy oznakowania poziomego jezdni są istotne i jak je ocenić?

W dniach 18–20 października w Leeds (Wielka Brytania) obradował I Europejski Kongres Infrastruktury Drogowej. Kongres został zorganizowany przez Federację Drogową Unii Europejskiej ERF oraz brytyjskie Stowarzyszenie Oznakowania dla Bezpieczeństwa Drogowego (*Road Safety Marking Association*). Obrady toczyły się w gmachu Królewskiego Muzeum Uzbrojenia. Tematyka wystąpień koncentrowała się wokół zagadnień realizacji infrastruktury drogowej, w tym modeli publicznego zamawiania robót drogowych i usług utrzymaniowych, spraw bezpieczeństwa drogowego oraz najnowszych technologii. Referaty z kongresu, dotyczące m.in. bezpieczeństwa ruchu drogowego, dostępne są: <http://www.eric2016.eu/co-py-of-sessions>.

W wielu swoich raportach Federacja Drogowa UE zwraca uwagę na oznakowanie poziome jezdni jako czynnik bardzo istotnie wpływający na bezpieczeństwo oraz komfort jazdy kierowcy. Równocześnie organizacja ta podaje definicję dobrego oznakowania poziomego jako „oznakowanie, które zawsze pozostaje widzialne dla kierowcy i przez inteligentny samochód, bez względu na warunki świetlne (dzień lub noc), pogodowe (sucho, mokro lub deszczowo) i wiekowe (młody lub starszy użytkownik drogi). Zgodnie z podaną definicją, dobre oznakowanie poziome powinno spełniać następujące parametry: minimalna szerokość pasa 150 mm, minimalny poziom odbłaskowości na suchej jezdni 150 mcd/lux/m², a w warunkach mokrych i deszczowych 35 mcd/lux/m².

Oznakowanie poziome wytycza przebieg torów jazdy, spełniając szczególną rolę nocą przy braku oświetlenia drogi. Należy również zauważyć, iż w złych warunkach atmosferycznych (po zmroku, gdy jest mokro i deszczowo) ma ono istotny wpływ na bezpieczeństwo użytkowników dróg.

Szereg państw Unii Europejskiej wprowadziło szczegółowe wymagania dotyczące oznakowania poziomego jezdni tzn. aby oznakowanie było dobrze widoczne w porze nocnej i w trakcie opadów deszczu.. Należą do nich takie kraje jak Niemcy, Wielka Brytania, Szwajcaria, Austria oraz Szwecja, w których w sposób szczególny zwraca się uwagę na zapewnienie bezpieczeństwa poprzez dobre oznakowanie poziome. Do krajów tych od kilku już lat należy również Polska.

Polskie doświadczenia w zakresie oznakowania poziomego

Wraz z rozwojem technologii oznakowania poziomego wśród zarządców infrastruktury drogowej wzrosła świadomość faktu, iż ważne jest ustalenie standardów jakości ozna-

kowania poziomego oraz jego monitoring, od momentu wykonania przez cały okres gwarancji oraz w okresie bieżącej eksploatacji.

W Polsce standardy dotyczące oznakowania poziomego zawarte są w następujących dokumentach:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. Dziennik Ustaw nr 220 – który określa zasady i wymagania dotyczące oznakowania poziomego na drogach krajowych i wojewódzkich, z zaleceniem ich stosowania również na drogach powiatowych i gminnych.
- PN-EN 1436+A1:2008 Materiały do poziomego oznakowania dróg – Wymagania dotyczące poziomych oznakowań dróg
- PN-EN 1423:2012E Materiały do poziomego oznakowania dróg
- Specyfikacje Techniczne (Ogólne oraz powstałe na ich podstawie STWiORB), które zawierają szczegółowe zapisy dotyczące parametrów oznakowania poziomego wykonywanego w ramach określonego kontraktu.
- Wytyczne diagnostyki nawierzchni wprowadzone w Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) zarządzeniem nr 34 z 2015 r.

Oznakowanie poziome dobrze spełniające swoje funkcje to efekt zarówno dobrego wykonawstwa, jak i odpowiedniej jakości materiałów użytych w procesie jego realizacji. W kontekście bezpieczeństwa jazdy w warunkach nocnych i deszczowych warto zwrócić uwagę na ważny element oznakowania, jakim są mikrokulki szklane i poświecić im więcej uwagi w STWiORB.

Dobre oznakowanie poziome drogi charakteryzuje się właściwą widzialnością dla kierowcy w dzień i w nocy, w każdych warunkach atmosferycznych. W dzień za dobre prowadzenie kierowcy odpowiada biała farba stanowiąca kontrast z ciemną powierzchnią nawierzchni. W porze nocnej funkcję tę przejmują mikrokulki szklane lub odbłaskowe elementy ceramiczne, dodawane do różnych materiałów bazowych oznakowania poziomego, zarówno cienko-, jak i grubowarstwowego. Mikrokulki szklane lub ceramiczne decydują o retrorefleksyjnych właściwościach oznakowania poziomego. Należy to mieć na uwadze przy bezpośrednim nanoszeniu mikrokulek na wykonywane oznakowanie dróg (w tym przypadku istotny jest zarówno czynnik materiałowy samych kulek, jak też czynnik reżimu technologicznego „zatopienia” kulek w masie termoplastycznej czy chemo-utwardzalnej), ale też podczas dodawania kulek i mieszania ich z materiałem bazowym bezpośrednio w fazie produkcji. Istotne są odpowiednie cechy mikrokulek szklanych: wymiary, skład chemiczny, ciężar, granulacja, twardość, okrągłość, odpowiednie dobranie do określonej metody aplikacji.

cji, jak również odporność na działanie różnych związków chemicznych znajdujących się w spalinach samochodów oraz materiałach do utrzymania zimowego dróg. Polska norma PN-EN 1423:2012 [4] podaje wymagania dotyczące kulek szklanych – określono w niej badania laboratoryjne (kontrola produkcji) i procedury certyfikacyjne.

Spełnienie powyższych wymagań materiałowych dotyczących mikrokulek szklanych, jak również właściwa technologia ich wbudowania decyduje o uzyskaniu i utrzymywaniu się przez cały okres gwarancji ważnego parametru charakteryzującego oznakowanie poziome, jakim jest powierzchniowy współczynnik odbłasku w warunkach nocnych, przy niesprzyjających warunkach widoczności. Należy tu wspomnieć o najnowszych technologiach oznakowania poziomego, związanych z zastosowaniem mikrokulek o wysokim współczynniku załamania światła, minimum 1,90 (tradycyjnie stosowane mikrokulki szklane mają współczynnik na poziomie 1,50). Retrorefleksja oznakowań poziomych na bazie takich nowoczesnych materiałów wynosi ponad 1000 mcd/m² na sucho oraz ponad 300 mcd/m² na mokro.

W krajach Unii Europejskiej stosuje się oznakowanie poziome z funkcją widoczności w stanie wilgotnym (RW) lub podczas deszczu (RR), określone jako oznakowanie Typu II. Oznakowanie nie posiadające tych właściwości określa się jako oznakowanie Typu I. W Polsce wyróżniamy trzy metody wykonania oznakowania poziomego, które jest w stanie sprostać wymaganiom widoczności w stanie wilgotnym i podczas deszczu.

I. Oznakowanie poziome farbami z zastosowaniem dodatków:

a) mikrokulki szklane o średnicy powyżej 1000 mikronów
Mikrokulki o większej średnicy wystają ponad powierzchnie wilgotną i światła reflektorów nie są rozpraszane.

b) ceramiczne odbłaskowe elementy optyczne
Ceramiczne elementy optyczne posypane na powłokę oznakowania poziomego zapobiegają rozproszeniu światła pomimo mokrej nawierzchni.

II. Oznakowanie poziome strukturalne i profilowane z mas termoplastycznych i chemoutwardzalnych, zawierające materiał odbłaskowy odbijający światło w kierunku powrotnym. Dodatkowo oznakowanie strukturalne może zapewniać efekt akustyczny podczas najechania kołami jadącego pojazdu.

III. Taśmy odbłaskowe prefabrykowane

Taśmy profilowane zapewniają widoczność w stanie wilgotnym i podczas deszczu, poprzez skumulowany efekt zastosowania ceramicznych elementów odbłaskowych na powierzchni i w całym przekroju taśmy oraz zróżnicowaną wysokośćowo powierzchnię, która pozwala na szybkie odprowadzenie wody z powierzchni oznakowania.

Należy zaznaczyć, iż oznakowanie farbami z zastosowaniem mikrokulek o średnicy ponad 1000 mikronów jest droższe od tradycyjnego i wymaga zastosowania farb mogących utrzymać większe mikrokulki na powierzchni oznakowania. Oznakowanie poziome farbami z zastosowaniem elementów ceramicznych zwiększa koszt w stosunku do tradycyjnej metody, pozwalając jednak na uzyskanie dodatkowego parametru, jakim jest:

– wyższa odbłaskowość na większych odległościach od pojazdu,

- większa wytrzymałość na deformację i zgniecenia od mikrokulek szklanych,
- dobra widoczność w stanie wilgotnym (wysoka wartość współczynnika załamania światła 1,9).

Badania parametrów oznakowania poziomego

GDDKiA od wielu lat podejmuje działania na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach krajowych, w tym także poprzez wprowadzanie nowych technologii oznakowania poziomego. Działania te obejmują również szczegółową kontrolę wykonania oznakowania poziomego oraz monitoring jego parametrów w okresie gwarancyjnym. Wydziały Technologii – Laboratoria Drogowe GDDKiA zostały wyposażone w sprzęt do badania parametrów oznakowania poziomego:

- powierzchniowego współczynnika odbłasku R_L ,
- współczynnika luminancji Q_d ,
- grubości,
- szorstkości.

W pomiarach wykorzystuje się urządzenia do pomiaru punktowego zwane reflektometrem (fot. 1).



Fot. 1. Urządzenia do pomiaru punktowego poziomego oznakowania jezdni

W podanej metodzie uzyskujemy jednocześnie wynik pomiaru parametrów R_L oraz Q_d w wybranym punkcie pomiarowym. Wynik pomiaru określany jest na podstawie średniej arytmetycznej z 5 przyłożeń urządzenia. Metoda punktowego pomiaru parametrów oznakowania poziomego w większości oddziałów GDDKiA uzyskała akredytację ze strony Polskiego Centrum Akredytacji.

Aspekty bezpieczeństwa osób wykonujących pomiary, jak również stale zwiększające się natężenie ruchu drogowego generują poważne ograniczenia w stosowaniu urządzeń punktowych. W związku z powyższym GDDKiA wprowadziła w ostatnich latach do zastosowania nowe mobilne urządzenia pomiarowe (fot. 2).

Pierwsze tego typu urządzenie zostało wdrożone w Oddziale GDDKiA w Krakowie w 2013 roku. Aktualnie w dyspozycji GDDKiA znajduje się 5 urządzeń mobilnych.

Nowa technologia, polegająca na pomiarze ciągłym tych samych parametrów co urządzenie do pomiaru punktowego



Fot. 2. Urządzenie do pomiaru mobilnego poziomego oznakowania jezdni

oraz dodatkowo parametru szorstkości, pozwala na efektywny pomiar parametrów oznakowania poziomego jezdni, a w konsekwencji na egzekwowanie wymagań w tym zakresie. Pomiar ciągle (z ustalonym krokiem raportowania wyników) daje możliwość kompleksowej oceny wykonanych linii oznakowania i wskazania ewentualnych odcinków wymagających poprawy, co ma bezpośrednie przełożenie na bezpieczeństwo ruchu drogowego.

W urządzeniu mobilnym, wyposażonym w system komputerowy rejestrujący i przetwarzający dane ze wszystkich jego elementów (reflektometr, czujnik laserowy do pomiaru tekstury oznakowania, miernik odbicia, frontowa kamera cyfrowa, czujnik dystansu) wszelkie dane są rejestrowane w sposób płynny, podczas pojedynczego przejazdu. Właściwe prowadzenie operatora na drodze zapewnia zewnętrzna boczna kamera z wyświetlaczem ekranowym w kabinie pojazdu. Szczegóły systemu pomiarowego zaprezentowano na fotografii 3.



Fot. 3. Elementy systemu pomiarowego urządzenia do mobilnego pomiaru oznakowania poziomego jezdni: a) widok okna programu polowego; b) reflektometr mobilny wraz czujnikiem laserowym do pomiaru tekstury oznakowania; c) stanowisko operatora; d) wyświetlacz ekranowy zewnętrznej bocznej kamery umieszczony w kabinie pojazdu

Urządzenia typu mobilnego charakteryzują się optymalną efektywnością pomiaru, a przy tym są bezpieczne w eksploatacji, gdyż nie zakłócają ruchu drogowego. Umożliwiają one przedstawienie pozyskanych danych wraz ze zdjęciami w odniesieniu do kilometraża odcinków pomiarowych, z podaniem współrzędnych lokalizacji w systemie GNSS oraz prezentację na mapach cyfrowych.

Pomiary porównawcze urządzeń do mobilnych pomiarów oznakowania poziomego jezdni

W ramach zapewnienia wysokiej jakości uzyskiwanych wyników badań, w kwietniu 2016 roku Oddziały GDDKiA wyposażone w urządzenia mobilne uczestniczyły w pomiarach porównawczych, zorganizowanych przez Wydział Technologii – Laboratorium Drogowe w Krakowie oraz Centralę GDDKiA.

W badaniach porównawczych wzięło udział 5 urządzeń mobilnych z Gdańska, Olsztyna, Warszawy, Zielonej Góry oraz Krakowa. Z uwagi na fakt, iż tego typu pomiary porównawcze były wykonywane po raz pierwszy, miały one na celu:

- weryfikację sprawności pomiarowych urządzeń mobilnych w kontekście pomiarów sieciowych, prowadzonych w ramach Diagnostyki Stanu Nawierzchni (właściwości oznakowania poziomego dróg w zakresie parametrów R_L , Q_d i SRT);
- doskonalenie zasad „Procedury wykonywania przedsezonowych badań porównawczych oraz dopuszczenia do realizacji pomiarów sprzętu pomiarowego”.

Program badań porównawczych zakładał wykonanie pomiarów na co najmniej pięciu liniach oznakowania krawędziowego (różniących się między sobą stanem technicznym oraz rodzajem technologii wykonania), o długości 100 metrów każda, w dwóch seriach pomiarowych. W pomiarach, poza urządzeniami mobilnymi (fot. 4–5), wykorzystano dwa punktowe urządzenia weryfikujące. Pomiary punktowe wykonano w tym samym dniu, co pomiary urządzeniami mobilnymi.



Fot. 4. Zestawy pomiarowe na jednym z odcinków testowych



Fot. 5. Pomiar oznakowania przez jedno z urządzeń na odcinku testowym

Na fotografiach 6–7 zaprezentowano różne typy oznakowania poziomego uwzględnione w pomiarach porównawczych.



Fot. 6. Droga krajowa nr 94g; km 17+500 – 17+800 linia krawędziowa prawa; oznakowanie cienkowarstwowe na linii ciągłej oraz grubowarstwowe na linii przerywanej



Fot. 7. Droga Krajowa nr 94g; km 18+400 – 18+700 linia krawędziowa prawa; oznakowanie grubowarstwowe odnowione farbą na linii ciągłej

Oceny wyników pomiarów dokonano poprzez określenie powtarzalności, odtwarzalności oraz dokładności otrzymanych wyników z poszczególnych urządzeń dotyczących następujących parametrów:

- R_L [$\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$] – powierzchniowy współczynnik odbłasku, widzialność w nocy (w stanie suchym);
- Q_d [$\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$] – współczynnik luminancji przy oświetleniu rozproszonym, widzialność w dzień;
- SRT – wartość odporności na poślizg (oznakowania drogowego).

Ocena wyników badań poszczególnych urządzeń pomiarowych została przeprowadzona na podstawie wartości wskaźnika z-score (z). Wskaźnik z-score został wyznaczony z wykorzystaniem odchylenia standardowego:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

w którym:

x – wynik parametru mierzonego uzyskany przez uczestnika na odcinku pomiarowym (wartość średnia na odcinku 100 [m]);

\bar{x} – średnia wartość z wyników parametru mierzonego przez uczestników na odcinku pomiarowym;

s – odchylenie standardowe z wyników parametru mierzonego przez uczestników na odcinku pomiarowym.

Na podstawie uzyskanych wartości wskaźnika z wyniki podzielone zostały na trzy grupy:

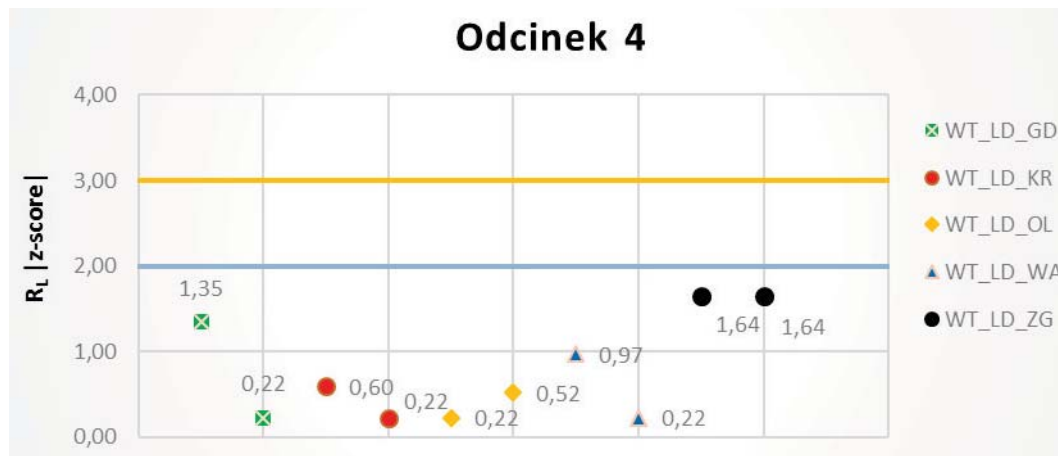
- $|z| \leq 2$ – wynik zadowolający,
- $2 < |z| < 3$ – wynik wątpliwy,
- $|z| \geq 3$ – wynik niezadowolający.

Z uwagi na fakt, iż w badaniach porównawczych brało udział 5 urządzeń pomiarowych, natomiast sprawdzenie wykonywane było w dwóch seriach pomiarowych, przyjęto każdy wynik z każdej serii pomiarowej jako niezależny i podlegający ocenie.

W celu zweryfikowania wyników odstających, obarczonych błędem grubym, zastosowano test Grubbsa w przypadku przyjętego poziomu ufności 95% (poziom istotności $\alpha = 0,05$).

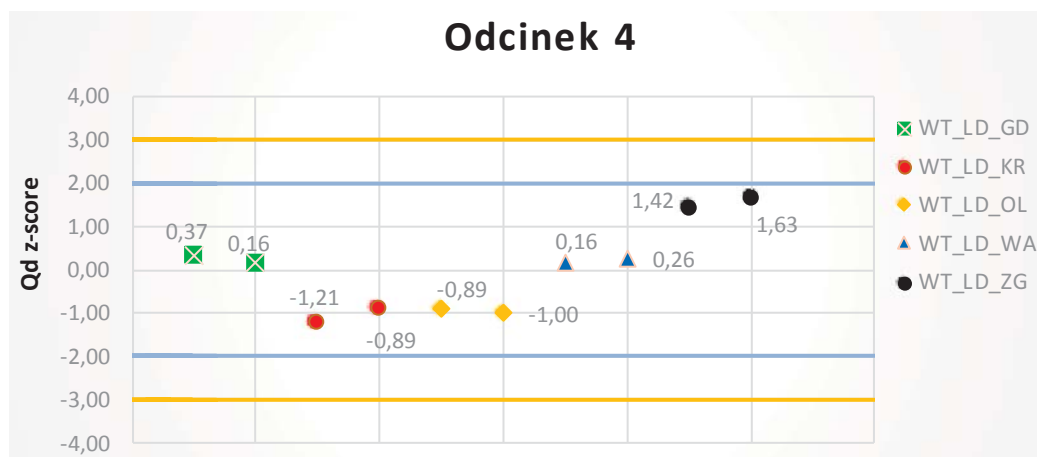
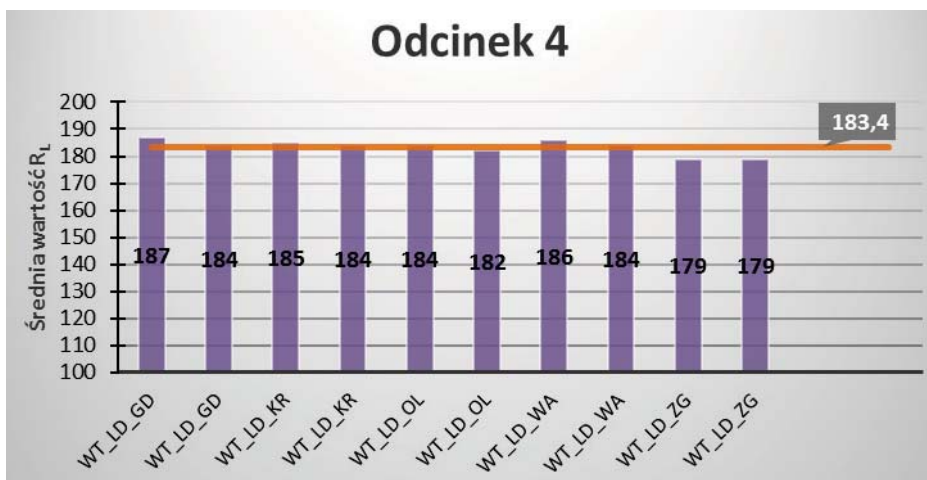
Przykładowe wyniki uzyskane na jednym z odcinków testowych zamieszczono na rysunkach od 1 do 4.

Na podstawie wykonanych pomiarów porównawczych urządzeń mobilnych w zakresie właściwości oznakowania



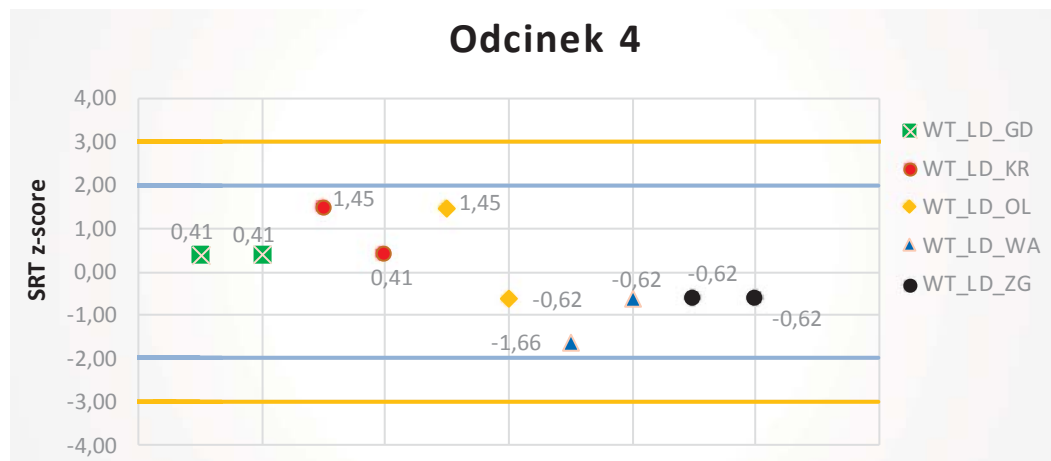
Rys. 1. Graficzna prezentacja wartości z-score dotyczące parametru R_L na Odcinku 4

Rys. 2. Graficzna prezentacja uzyskanych wyników w stosunku do wartości średniej dotyczące parametru R_L na Odcinku 4



Rys. 3. Graficzna prezentacja wartości z-score dotyczących parametru Q_d na Odcinku 4

Rys. 4. Graficzna prezentacja wartości z-score dotyczących parametru SRT na Odcinku 4



poziomego dróg (R_L , Q_d , SRT) pozytywny status otrzymały wszystkie urządzenia pomiarowe będące na wyposażeniu Wydziałów Technologii – Laboratoriów Drogowych GDDKiA.

Analiza otrzymanych wyników wykazała dobrą korelację parametrów R_L i Q_d wszystkich pięciu urządzeń mobilnych w stosunku do punktowych urządzeń weryfikujących. Należy zaznaczyć, iż w przypadku parametru Q_d w/w korelacja jest uwarunkowana rodzajem (technologią wykonania) oznakowania poziomego. Mobilne urządzenia pomiarowe wykazują również bardzo dobrą powtarzalność i odtwarzalność pomiaru w zakresie mierzonych parametrów.

Opisana Procedura wykonania przedsezonowych badań porównawczych oraz dopuszczenia do realizacji pomiarów sprzętu pomiarowego (będąca załącznikiem E5 do dokumentu [6]) w prawidłowy sposób opisuje zasady i wymagania dotyczące omawianego zagadnienia.

Podsumowanie

Zarządcy dróg, w tym GDDKiA, dostrzegają wielką wagę zapewnienia bezpieczeństwa oraz komfortu jazdy kierowców poprzez podniesienie standardów oznakowania poziomego. Wiąże się to z potrzebą stosowania nowoczesnych technologii oznakowania poziomego na nawierzchniach asfaltowych i betonowych, a także procedur kontroli wykonawstwa oznakowania, gwarantujących uzyskanie parametrów dobrej widoczności w każdych warunkach atmosferycznych, w porze nocnej i w dzień. Wydziały Technologii – Laboratoria Drogowe GDDKiA zostały wyposażone w sprzęt do punktowego badania odbliaskowości oznakowania poziomego, natomiast w pięciu oddziałach GDDKiA znajdują się dodatkowo nowoczesne, mobilne zestawy pomiarowe do pomiarów ciągłych.

W związku z różnymi interpretacjami zapisów OST D-07.01.01 Oznakowanie poziome z 2006 roku, na zakończenie artykułu zamieszczono wyjaśnienie, dotyczące zapisów ogólnej specyfikacji technicznej wydane przez Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego i Mostowego Spółka z o.o. [7]:

- wymagania zamieszczone w p. 6.3.1.3 Widzialność w nocy OST D-07.01.01 w stosunku do oznakowań w stanie suchym dotyczą wszystkich zastosowanych do jego do wykonania materiałów, zarówno gładkich jak i profilowanych,

- wartość współczynnika odbliasku RL dla oznakowania profilowanego nowego w stanie suchym (zmierzonego w okresie od 14 do 30 dnia po wykonaniu) powinna wynosić w zależności od klasy drogi od 200 do 250 mcd/lxm^2 ,
- wartość współczynnika odbliasku RL dla oznakowania profilowanego w stanie suchym, zmierzonego w okresie od 31 dnia po wykonaniu, powinna wynosić w zależności od klasy drogi od co najmniej 150 do 200 mcd/lxm^2 ,
- wymagania w stanie wilgotnym dotyczą jedynie oznakowań profilowanych,
- wartość współczynnika odbliasku RL dla oznakowania profilowanego nowego w stanie wilgotnym (zmierzonego w okresie od 14 do 30 dnia po wykonaniu) powinna wynosić co najmniej 50 mcd/lxm^2 ,
- wartość współczynnika odbliasku RL dla oznakowania profilowanego w stanie wilgotnym zmierzonego w okresie od 31 dnia po wykonaniu, powinna wynosić co najmniej 35 mcd/lxm^2 .

Powyżej podane wartości dotyczą barwy białej.

Oznakowanie grubowarstwowe „drop on line” polega na zakryciu około 60% powierzchni oznakowania dużymi „kropkami”, a więc należy go zaliczyć do oznakowania profilowanego. Dlatego oprócz wymagania w stanie suchym, jak w Specyfikacji, jest drugie dodatkowe wymaganie w stanie wilgotnym.

Wymagania względem oznakowań wszystkich typów wszystkimi wyrobami odnoszą się w pierwszej kolejności, zawsze do ich właściwości w stanie suchym.

Bibliografia

- Podręcznik oznakowania poziomego-Publikacja Stowarzyszenia Linia Życia-Wrocław 2011.Wydanie I. Autorzy: M. Bojanowicz, J. Danielski, J. Fojcik, A. Graniczny, A. Kawa, H. Klimas, M. Lewandowski, Z. Mirkowicz, M. Moskwa, N. Robak, M. Parusel, R. Rafajłowicz, R. Rychtarski, R. Santera, A. Strykowski, P. Szczecki, M. Toczko.
- Dz .U. nr 220, poz.2181 z dnia 23 grudnia (załącznik nr 2)
- PN-EN 1436:2008
- PN-EN 1423:2012E Materiały do poziomego oznakowania dróg
- Specyfikacje Techniczne „oznakowanie poziome dróg”
- Diagnostyka stanu nawierzchni i jej elementów, wytyczne stosowania – załącznik do Zarządzenia nr 34 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30.04.2015 r.
- Pismo BZD-S/17/2016 z Branżowego Zakładu Doświadczalnego Budownictwa Drogowego i Mostowego Spółka z o.o.