

Metody oceny jakości projektorów oraz wpływ napięcia zasilającego i wersji źródła światła na parametry świetlne wiązki

MARCIN CHRZANOWICZ

Politechnika Warszawska

W niniejszym opracowaniu przedstawiono metody oceny jakości oświetlenia samochodowego i analizę wpływu rodzaju źródła światła oraz poziomu napięcia zasilającego na rozkład luminancji ekranu fotometrycznego. Badania wykonano dla projektora elipsoidalnego i 17 rodzajów źródeł światła. Ponadto przedstawiono podstawowe rodzaje samochodowych projektorów oświetleniowych, oraz metody oceny ich jakości. Na koniec dokonano porównania jakości zastosowanych źródeł światła według kryteriów zaproponowanych przez autora.

1. Wstęp

We współczesnej technice motoryzacyjnej jednymi z najszerzej rozwijanych i istotnych stają się problemy związane z zapewnieniem bezpieczeństwa ruchu drogowego. Czynnikiem, który bezpośrednio wpływa na ilość wypadków, szczególnie w okresie ograniczonej widoczności jest jakość projektorów oświetleniowych. W przypadku zapewnienia przez projektantów właściwego poziomu oświetlenia drogi dajemy szansę kierowcy na odpowiednio wczesne wykrycie zagrożenia. Jednocześnie zapewniamy komfort obserwacji, co bezpośrednio przekłada się na zmniejszenie zmęczenia organizmu, mając duży wpływ na koncentrację i bezpieczne prowadzenie pojazdu. Jak pokazują współczesne badania, oświetlenie samochodowe wpływa nie tylko na bezpieczeństwo jazdy nocą, ale także w dzień, co znalazło swoje odzwierciedlenie we wprowadzonych przepisach nakazujących używanie świateł przez całą dobę.

Zagadnieniem równie ważnym z punktu widzenia jakości oświetlenia jest właściwa eksploatacja i konserwacja urządzeń oświetleniowych, a w szczególności dobór źródeł światła i dbałość o odpowiedni stan instalacji elektrycznej pojazdu. W przypadku niepożądanych spadków napięcia w instalacji elektrycznej, jak i zastosowania nieodpowiedniego źródła światła, a w szczególności żarówek nieznanymi producentów istnieje duże ryzyko pogorszenia właściwości świetlnych całego układu. Jednocześnie pojawienie się w ostatnim czasie na rynku różnych wersji źródeł światła o parametrach znacznie przekraczających podstawowe wymagania homologacyjne daje nadzieje na skuteczne i tanie poprawienie właściwości parametrów świetlnych wiązki układu oświetlenia samochodowego.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie metod oceny jakości projektorów oraz dokonanie analizy wpływu zastosowanej wersji określonego typu źródła światła na jakość parametrów emitowanej wiązki świetlnej. Jednocześnie poddano krótkiej analizie wpływ zmiany napięcia w instalacji elektrycznej pojazdu na oświetlenie drogi i jej otoczenia. Ponadto opisano rodzaje projektorów i scharakteryzowano wersje źródeł światła wykorzystane w badaniach.

2. Metody oceny jakości samochodowych projektorów oświetleniowych

W celu określenia jakości samochodowych projektorów oświetleniowych zaproponowano szereg metod, które znalazły zastosowanie w różnych obszarach badawczych. Żeby porównać wpływ zastosowanego źródła światła na poziom oświetlenia, autor wprowadza dodatkowe kryteria oceny i nową metodę badawczą, która w sposób dokładniejszy, a jednocześnie szybszy pozwala na przedstawienie wyników. Jednocześnie w kolejnych częściach opracowania w sposób skrótowy przedstawiono podstawowe cechy istniejących metod oceny.

2.1. Metody znormalizowane

W metodach znormalizowanych możemy wyróżnić kryteria homologacyjne i eksploatacyjne. Kryterium homologacyjne musi być spełnione, aby projektor trafił do seryjnej produkcji. Wszystkie wymagania dotyczące sposobu pomiaru, kształtu ekranu pomiarowego oraz poziomów natężenia zostały ujęte w normach ECE [1, 2]. Wymagania świetlne odnoszą się do jednego projektora z zastosowaniem wzorcowych źródeł światła. Kryteria dotyczą rozkładu natężenia oświetlenia na ekranie pomiarowym w charakterystycznych punktach. Ekran pomiarowy powinien być ustawiony pionowo, w odległości 25 m przed projektorem w ten sposób, aby oś optyczna oprawy oświetleniowej była prostopadła do ekranu w punkcie 0 (przecięcie osi hh i vv). Granica światła i cienia (GSC) powinna tworzyć na ekranie pomiarowym wyraźną linię rozdzielającą część ekranu oświetloną i nieoświetloną światłem mijania; właściwe ustawienie GSC jest warunkiem prawidłowego pomiaru. Ustawienia projektora do pomiarów należy dokonywać według linii tworzącej GSC dla światła mijania, przy czym poziomy odcinek linii rozdzielającej po lewej stronie osi vv powinien się znaleźć 250 mm poniżej osi hh ekranu pomiarowego. W związku z rozwojem konstrukcji źródeł światła wprowadzono dodatkowe wymagania dla projektorów wyposażonych w lampy wyładowcze (ECE reg. nr 98) (nowe punkty i strefy na ekranie fotometrycznym) [3].

2.2. Metoda wskaźnikowa punktów i stref charakterystycznych

Metoda ta została opracowana przez Diakowa [4]. Polega na ocenie jakości projektorów na podstawie widoczności obiektów znajdujących się na drodze. Według Diakowa, o ocenie widoczności drogi decydują dwa parametry:

- a) średnia wartość światłości w kierunkach najczęściej obserwowanych przez kierowcę (poziom oświetlenia przedpoła pojazdu) - wzór (1):

$$I_{osw} = \frac{I_{50R} + I_{75R} + I_{IV}}{3} \quad (1)$$

gdzie:

- I_{osw} – średnia wartość światłości w kierunkach podanych punktów na drodze,
 I_{50R} , I_{75R} – światłość w kierunku prawego krawężnika znajdującego się na drodze w odległości 50, 75 m przed pojazdem,
 I_{IV} – średnia wartość światłości w kierunku punktów położonych na drodze pomiędzy 25 a 50 m przed pojazdem.
 b) średnia wartość światłości w kierunkach, w których może następować olśnienie innych uczestników ruchu (poziom olśnienia) - wzór (2):

$$I_B = \frac{I_{B50L} + I_{III}}{2} \quad (2)$$

gdzie:

- I_B – średnia wartość światłości w kierunkach mogących powodować olśnienie,
 I_{B50L} – światłość w kierunku oczu kierowcy jadącego z przeciwka w odległości 50 m przed pojazdem,
 I_{III} – średnia wartość światłości w kierunku punktów położonych powyżej granicy światła i cienia.

Widzialność drogi i obiektów jest wyrażona przez wskaźnik (wzór 3). Wielkość współczynnika K jest miarą jakości oświetlenia drogi. Większa wartość świadczy o lepszych funkcjach oświetleniowych i małym olśniewaniu kierowców jadących z przeciwka.

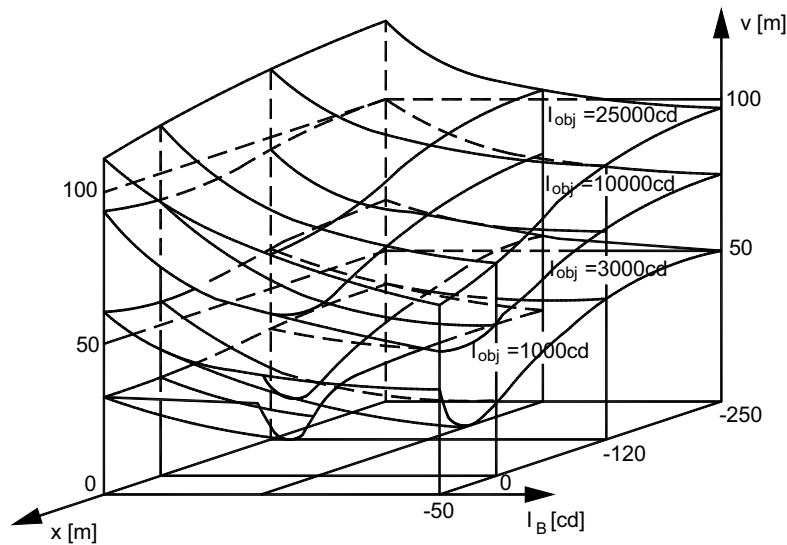
$$K = \frac{I_{osw}}{I_B} \quad (3)$$

2.3. Metoda badania zasięgu widzenia

Jakość badanych projektorów w metodzie jest związana z określeniem zasięgu widzenia kierowcy przy stosowaniu określonego typu projektora. Zasięg widzenia obiektów drogowych, jako kryterium metody, określa się w postaci odległości, dla której widzialność $V=1$ (kontrast jest równy kontrastowi progowemu). Wynik w metrach zostaje zarejestrowany wtedy, gdy kierowca może dostrzec przeszkody w świetle własnych projektorów, pomimo olśniewania przez nadjeżdżający z przeciwka pojazd. Według wyniku badań drogowych [5] zasięg widzenia zależy głównie od:

1. Światłości badanego projektora w kierunku obiektu – I_{obj} .
2. Światłości projektora pojazdu jadącego z przeciwka w kierunku oczu kierowcy badanego pojazdu – I_B .
3. Wzajemnego położenia bezpośrednio widzianych obiektów na drodze oraz pojazdu olśniewającego – $P(x,y)$.

Związek między wielkościami przedstawiono na wykresie przestrzennym na rysunku 1. Zasięg widzenia V [m] jest naniesiony jako funkcja I_{obj} [cd], I_B [cd] i odległości x [m] obiektu od projektora oślniewającego.



Rys. 1. Eksperymentalnie wyznaczony związek między wielkościami wpływającymi na zasięg widzenia.
Fig. 1. Experimentally determined relationship between the values that affect of visual range.

Przestawiony na rysunku 1 nomogram odzwierciedla graficzną interpolację wybranych 10 obiektów obserwacji. Dla dokładnego, graficznego wyznaczenia zasięgu widzenia wynik dla każdego z obiektów powinien być przedstawiony w formie przekroju rysunku przestrzennego płaszczyzną prostopadłą do x .

2.4. Metoda laboratoryjnych badań symulacyjnych

Ocena parametrów świetlnych projektorów wg metody symulacyjnej polega na stworzeniu w laboratoryjnym fotometrycznym warunków symulujących rzeczywistą sytuację na oświetlanej drodze. Metodę zastosowano w tunelu świetlnym firmy Hella GmbH [6]. Za pomocą opracowanego systemu komputerowego wyznaczane są wybrane parametry świetlne projektorów, zgodnie z ustalonymi doraźnie kryteriami.

3. Podstawowe rodzaje projektorów oświetleniowych występujących w pojazdach samochodowych

Do badań wybrano projektory typu paraboloidalnego i elipsoidalnego. Wyniki zostały zaprezentowane na przykładzie projektora elipsoidalnego. Każdy z rodzajów światła wytwarza wiązkę świetlną w nieco odmienny sposób, co ma duże znaczenie w ostatecznym efekcie oświetlenia drogi przed pojazdem.

3.1. Projektor z odbłyśnikiem paraboloidalny

Jest pierwszym historycznie i stosunkowo prostym w wykonaniu odbłyśnikiem [7]. Paraboloidea ma tę cechę, że jeżeli w ognisku F zostanie umieszczony żarnik źródła światła (łuk lampy wyładowczej), to promienie po odbiciu od odbłyśnika utworzą wiązkę równoległą do osi optycznej projektora (światło drogowe).

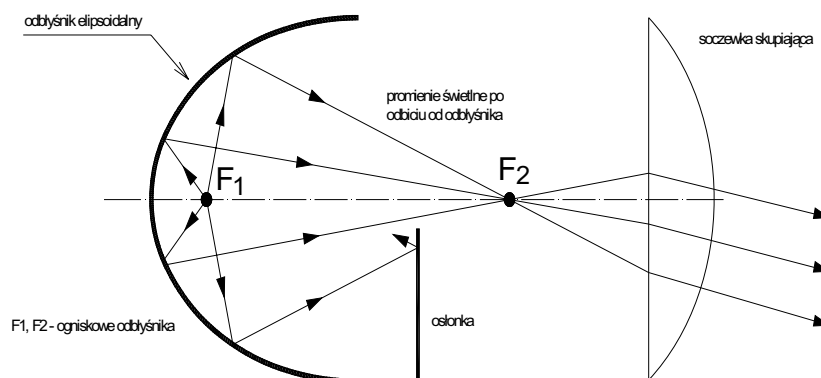
Jeżeli źródło światła zostanie wysunięte z ogniska F w kierunku przeciwnym do wierzchołka paraboloidy, to promienie odbite od górnej połówki zostaną skierowane w dół, a te od dolnej w górę (światło mijania po zastosowaniu osłony odcinającej promienie odbite od dolnej połowy odbłyśnika).

Największą zaletą odbłyśnika paraboloidalnego jest jego prosta konstrukcja i mała wrażliwość na precyzję wykonania. Największą wadą natomiast jest to, że jakość oświetlenia jest wprost proporcjonalna do wielkości odbłyśnika.

3.2. Projektor z odbłyśnikiem elipsoidalnym

Projektor elipsoidalny [7] jest pozbawiony największej wady projektora paraboloidalnego. Przy niewielkiej średnicy (6 do 8 cm) uzyskuje bardzo wysokie parametry świetlne. Elipsoida posiada tę cechę, że jeżeli źródło światła zostanie umieszczone w jednym ognisku F_1 , to promienie odbite przetną się w drugim ognisku F_2 (rys. 2). Przedstawiona cecha elipsoidy pozwala na skonstruowanie projektora światła mijania o bardzo dobrych parametrach świetlnych i ostrej granicy światła i cienia przy zachowaniu małej średnicy wyjściowej projektora.

Wadą projektora elipsoidalnego jest to, że powoduje wyższy poziom oświetlenia u innych użytkowników drogi oraz jest bardzo wrażliwy na jakość wykonania.



Rys. 2. Układ optyczno-świetlny projektora elipsoidalnego.

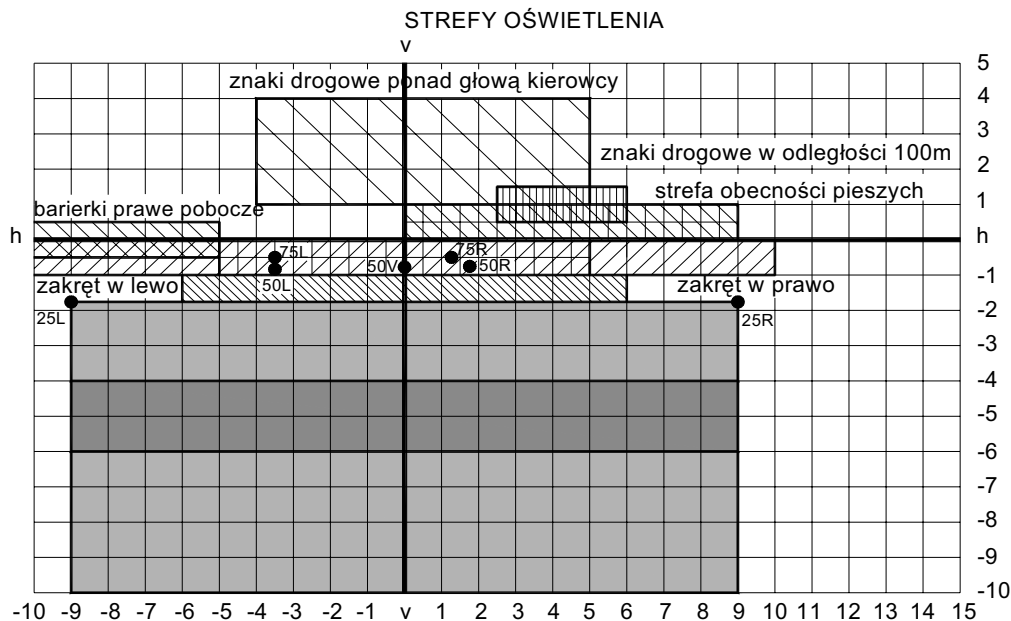
Fig. 2. Optical - lighting system of ellipsoidal projector.

4. Dodatkowe kryteria oceny jakości projektorów zaproponowane przez autora

Pierwszym elementem zaproponowanej metody jest zwiększenie liczby punktów pomiarowych podczas badania rozsyłu wiązki świetlnej projektora w laboratorium fotometrycznym. Badanie zostało wykonane za pomocą analizatora obrazu typu CCD (ang. Charge Coupled Device). Wprowadzono dodatkowe parametry oceny jakości wiązki świetlnej projektorów [8], a mianowicie:

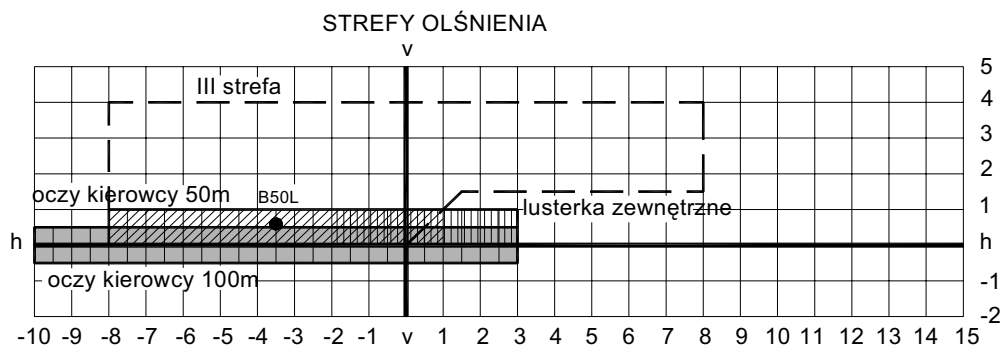
1. Dodatkowe strefy pomiaru luminancji.
2. Badanie równomierności rozkładu luminancji na ekranie fotometrycznym odpowiadające równomierności wzdłuż i w poprzek drogi, oraz równomierności pionowej na przeszkodach (sylwetkach pieszego).

Dodatkowe strefy zostały wprowadzone w związku z występowaniem na drodze obszarów istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa, a nie ujętych w normach (zakręty, obecność pieszych, znaki drogowe, bariery, przedpole pojazdu, lusterka, trajektorie oczu kierowców nadjeżdżających z przeciwka). Przyjęte obszary wraz z lokalizacją na ekranie fotometrycznym zostały przedstawione na rysunkach 3 oraz 4. Niezbędne stało się również rozdzielenie funkcji projektora związanych z oświetlaniem i olśniewaniem.



Rys. 3. Widok dodatkowych stref ekranu pomiarowego związanych z oświetlaniem drogi wraz z nanie-sionymi punktami charakterystycznymi z norm ECE.

Fig. 3. View of additional areas of the measurement screen related to illuminate the road with a marked characteristic points of the industry standards ECE.



Rys. 4. Widok dodatkowych stref ekranu pomiarowego związanych z olśniewaniem wraz z naniesionymi punktami charakterystycznymi z norm ECE.

Fig. 4. View of additional areas of the measuring screen with marked characteristic points from the industry standards ECE.

Zaproponowane badania równomierności mają na celu ocenę występowania zbyt dużych gradientów luminancji, powodujących istotne dla jakości widzenia zmiany kontrastów występujących na oświetlanej drodze. Całkowita równomierność rozkładu luminancji jest wyznaczona z zależności wyrażonej wzorem (4):

$$U_o = \frac{L_{\min}}{L_{sr}} \quad (4)$$

gdzie: L_{\min} , L_{sr} – minimalna, średnia wartość zmierzonej luminancji.

5. Metoda badań laboratoryjnych z wykorzystaniem analizatora obrazu typu CCD

Badanie z wykorzystaniem analizatora obrazu typu CCD polega na pomiarze rozkładu luminancji oświetlanej powierzchni. Największą zaletą jest duża liczba punktów pomiarowych i bardzo krótki czas wykonania pomiaru.

5.1. Projektor i reprezentatywna grupa źródeł światła wybrana do badań

Do badań został wybrany projektor typu elipsoidalnego, produkcji Valeo, współpracujący ze źródłem światła typu H7 w następujących wersjach wykonania: *Philips* Standard, Night Guide, Vision Plus, Blue Vision, Extreme Power, Longer Life, Power 2 night GT150; *Lucas*: Premium Xenon +30%, Premium Xenon +50%; *Hella*: Blue Lighting, Blue Lighting +50%; *Osram*: Cool Blue, Night Breaker, Silverstar, Ultralife; *Tungsr*am: Standard, Standard po intensywnej eksploatacji.

5.2. Metoda przeliczenia luminancji na natężenie oświetlenia ekranu fotometrycznego

W ogólnym przypadku luminancja jest zależna od materiału z jakiego jest wykonana badana powierzchnia oraz od kąta padania światła i kąta obserwacji. Sytuacja ulega uproszczeniu, kiedy badana powierzchnia odbija światło w sposób idealnie rozproszony (*Lambertowski*). Dzieje się tak wtedy, gdy mamy do czynienia z matową powierzchnią, której jaskrawość jest niezależna od kąta oświetlenia i obserwacji. W badaniu należy tak dobrać materiał powierzchni ekranu fotometrycznego, aby powyższy warunek został spełniony. Ponieważ powierzchnia ekranu odbija światło w sposób równomiernie rozproszony i nieselektywny, możliwe jest proste przeliczenie wartości luminancji na wartość natężenia oświetlenia (wzór 5)

$$E = \frac{L \cdot \pi}{\rho} \quad [Lx] \quad (5)$$

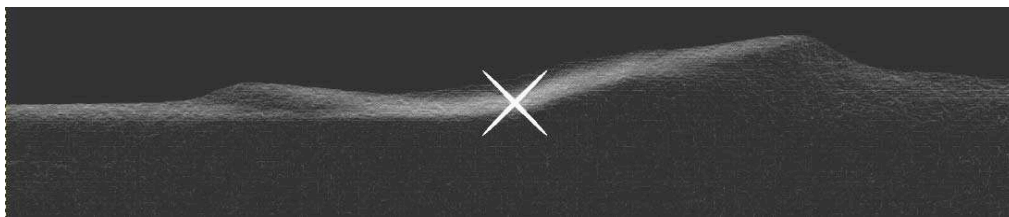
Zmierzono wartość współczynnika odbicia ekranu: $\rho = 0,89$

6. Prezentacja wyników badań

W publikacji przedstawiono wpływ wersji źródła światła oraz poziomu napięcia zasilającego na rozkład luminancji ekranu fotometrycznego, co wprost, po uwzględnieniu kryteriów oceny zaproponowanych przez autora, przekłada się na jakość oświetlenia drogi przez projektory samochodowe. Aby badanie było za każdym razem powtarzalne, niezbędne stało się opracowanie metody ustawiania granicy światła i cienia (GSC). Bez prawidłowego ustawienia GSC, każdy kolejny pomiar byłby obciążony błędem i trudno by było ocenić, czy odmienny wynik badania dla różnych źródeł światła wynika z innej charakterystyki rozsyłu strumienia świetlnego czy złego ustawienia GSC przez wykonującego pomiar.

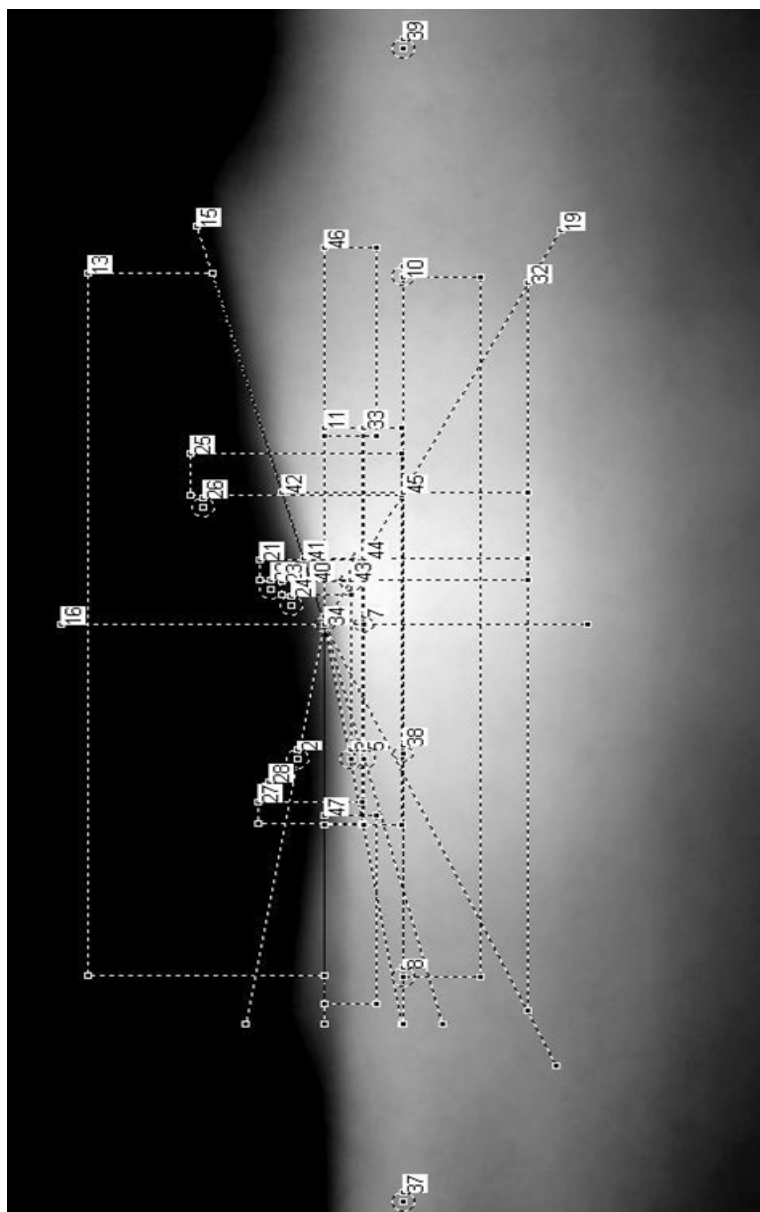
6.1. Ustawianie granicy światła i cienia (GSC)

Prawidłowe ustawienie GSC wymaga opracowania algorytmu, który wyznaczy w sposób całkowicie powtarzalny miejsce, w którym następuje gwałtowna zmiana w poziomie luminancji (światło, cień). Idealnie nadają się do tego celu metody wykrywania krawędzi. W badaniach została zastosowana metoda gradient, która wylicza pochodną z mierzonych wartości i precyzyjnie znajduje miejsce największego gradientu luminancji, przez co ustawienie GSC jest precyzyjne i powtarzalne (rys. 5).



Rys. 5. Krawędź przejścia wyznaczona metodą gradient.
Fig. 5. The edge of the transition determined by the gradient method.

Punkt na krawędzi (krzyż na rys. 5) wyznacza miejsce, w którym powinna się znaleźć oś optyczna projektora (punkt h-v z norm ECE). Prawidłowy sposób ustawienia GSC oraz naniesione punkty i strefy pomiarowe zostały przedstawione na rysunku 6. Ustawienie GSC do każdego pomiaru w przedstawiony sposób gwarantuje powtarzalność wyników i zwiększa dokładność analizy.



Rys. 6. Punkty i strefy pomiarowe ekranu przy prawidłowym ustawieniu GSC.
Fig. 6. Measuring zones and points on the screen with properly setting GSC.

6.1. Wpływ napięcia zasilającego na rozkład luminancji ekranu fotometrycznego

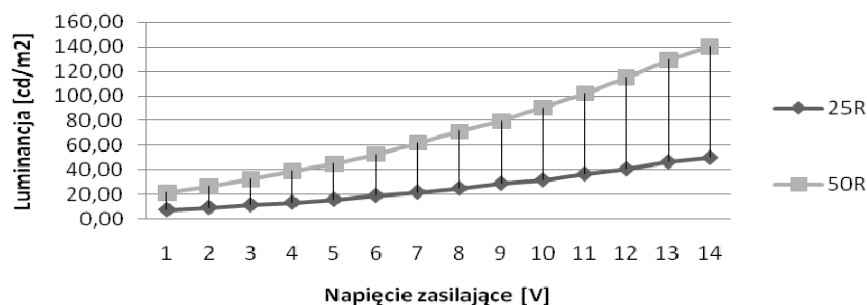
W celu ustalenia wpływu napięcia zasilającego na rozkład luminancji ekranu fotometrycznego przeprowadzono badanie projektora elipsoidalnego produkcji Valeo, wyposażonego w źródło światła typu H7 produkcji Tungsram. Poziom napięcia zmieniano w zakresie: 9,04V do 15,54V z krokiem pomiarowym co 0,5V. Jako poziom napięcia znamionowego przyjęto wartość 13,04V. Inne stany obrazują spadki lub wzrosty napięcia w instalacjach samochodowych, spowodowane awariami układu elektrycznego. Celem niniejszego badania było oszacowanie wpływu zmiany poziomu napięcia zasilającego na jakość oświetlanej drogi przed pojazdem. Analiza była wykonana w 47 strefach i punktach pomiarowych. Dla przejrzystości wyniki zostały przedstawione dla 4 wybranych punktów z norm branżowych. Tabela 1 odzwierciedla wartość procentowej zmiany luminancji w funkcji procentowej zmiany napięcia względem poziomu napięcia znamionowego.

Tabela 1. Wartość procentowych zmian luminancji w funkcji procentowych zmian napięcia zasilającego w odniesieniu do wartości znamionowej.

Table 1. The value of percentage changes in luminance as a function of percentage changes in the supply voltage for the nominal value.

Zmiana napięcia [%]	Zmiana luminancji w punktach charakterystycznych [%]			
	B50L	25R	50R	75R
-44,25%	-258,50%	-288,23%	-270,68%	-260,68%
-36,54%	-194,32%	-212,26%	-196,65%	-191,09%
-29,88%	-142,60%	-154,18%	-143,80%	-141,04%
-23,72%	-103,81%	-115,67%	-104,54%	-103,41%
-18,12%	-76,39%	-82,33%	-76,02%	-75,13%
-13,00%	-49,00%	-52,27%	-50,71%	-50,06%
-8,31%	-28,15%	-32,27%	-28,41%	-27,86%
-3,90%	-9,21%	-15,83%	-11,52%	-11,38%
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3,69%	13,75%	9,21%	12,02%	12,01%
7,12%	23,32%	21,30%	21,95%	21,75%
10,32%	29,44%	29,11%	30,76%	30,33%
13,30%	38,76%	38,00%	38,35%	37,96%
16,09%	44,45%	42,23%	43,22%	42,71%

Analizując powyższe wyniki daje się zauważyć bardzo silną zależność luminancji od poziomu napięcia zasilającego. Nie jest to zależność liniowa, lecz zależność wykazująca trend wielomianowy. Niewielkie zmiany napięcia zasilającego powodują zdecydowanie większe zmiany poziomu luminancji. Przy spadku 13% mamy zmniejszenie luminancji powierzchni ekranu fotometrycznego o około 50%, co zdecydowanie pogarsza jakość oświetlenia drogi przed pojazdem. Zmiana luminancji w funkcji napięcia zasilającego dla punktów charakterystycznych z norm branżowych została pokazana na rysunku 7. Określenie trendu zmian wartości umożliwia wyznaczenie zależności luminancji od napięcia zasilającego dla obszarów wykraczających poza zakres badania.

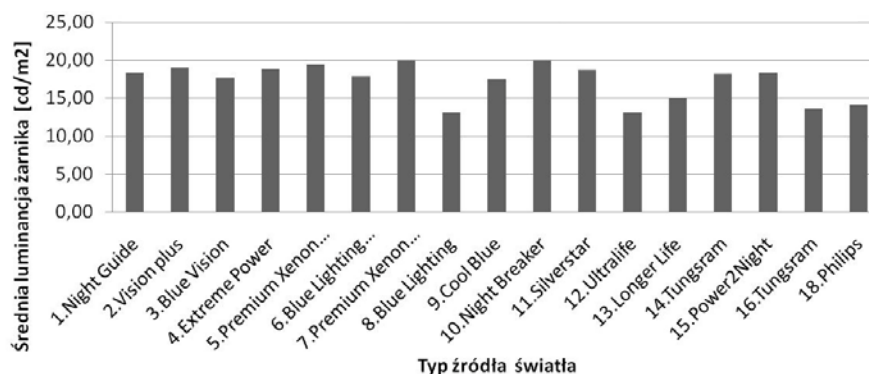


Rys. 7. Luminancja w funkcji zmiany napięcia zasilającego dla wybranych punktów ekranu fotometrycznego.

Fig. 7. Luminance as a function of supply voltage variation for selected points of the photometrical screen.

6.1. Wpływ typu źródła światła na rozkład luminancji ekranu fotometrycznego

W celu weryfikacji jakości źródła światła zostały poddane badaniu rozkładu luminancji powierzchni żarnika (rys. 8). Im rozkład luminancji na powierzchni żarnika jest bardziej równomierny, a sama wartość luminancji większa, tym układ optyczny projektora wyposażonego w takie źródło zapewnia lepsze parametry świetlne, co przekłada się na poprawę rozkładu luminancji powierzchni ekranu fotometrycznego. Pomiarzy zostały wykonane za pomocą miernika luminancji firmy LMT - typ 1000. Badania dowodzą, że istnieje bardzo duże zróżnicowanie w jakości źródeł światła, a średnia wartość luminancji potrafi się różnić o blisko 50%.



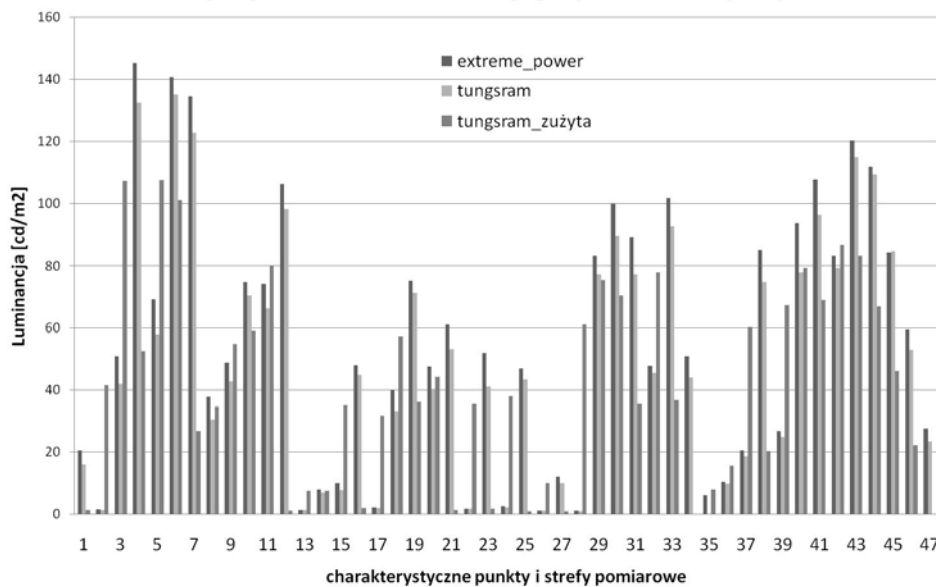
Rys. 8. Średnia wartość luminancji na powierzchni żarnika dla badanych źródeł światła.

Fig. 8. The average value of luminance on the surface of the filament of the measurements light sources.

Kolejnym etapem badań była ocena rozkładu luminancji na powierzchni ekranu fotometrycznego dla różnych wersji źródeł światła, która miała odzwierciedlać jakość oświetlenia drogi przed pojazdem. Ocena i pomiar były wykonywane zgodnie z kryteriami założonymi przez autora, z wykorzystaniem analizatora obrazu typu CCD pro-

dukcji LMT. Podczas jednej ekspozycji pomiarowej uzyskano obraz luminancji powierzchni ekranu z rozdzielczością 2 milionów pikseli. Następnie analizowano rozkład luminancji w 47 strefach i punktach pomiarowych, które odzwierciedlają rejony, istotne według autora z punktu widzenia jakości oświetlenia drogi i obiektów znajdujących się w jej obrębie. Zostały zdefiniowane dodatkowo takie strefy, jak: zakręty w lewo i prawo, przedpole przed pojazdem, odwzorowanie sylwetki pieszego znajdującego się odpowiednio 25 m, 50 m i 75 m przed pojazdem. Dodatkowo analizie została poddana równomierność oświetlenia w wybranych strefach wzdłuż i w poprzek drogi, oraz równomierność pionowa luminancji na sylwetce pieszego. Przykładowy rozkład luminancji w poszczególnych strefach i punktach pomiarowych dla trzech wybranych źródeł światła został przedstawiony na rysunku 9.

Analizując wielkość luminancji w poszczególnych strefach i punktach można oszacować, jak dane źródło światła wpływa na jakość oświetlenia drogi. Przykładowo punkt 2 na wykresie odpowiada punktowi B50L według normy ECE (zmierzona wartość luminancji powinna być jak najmniejsza). Punkt 9, 6, 4 odpowiadają odpowiednio punktom 25R, 50R, 75R z norm (wartość luminancji powinna być jak największa). Strefy 25, 21, 23 odpowiadają luminancji występującej na sylwetce pieszego, który znajduje się odpowiednio 25 m, 50 m, 75 m przed pojazdem. Im wyższa wartość luminancji występuje w tych strefach, tym kontrast luminancji z tłem obserwacji jest wyższy, co korzystnie wpływa na zdolność postrzegania obiektów na drodze i umożliwia kierowcy odpowiednio wczesną detekcję zagrożeń.

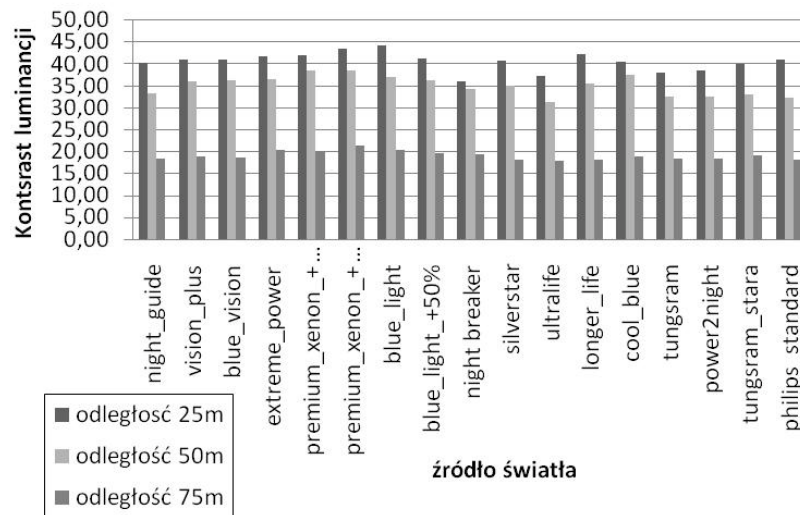


Rys. 9. Luminancja w różnych punktach i strefach pomiarowych dla trzech wybranych źródeł światła.
Fig. 9. Luminance at various points and areas of measurement for three chosen light sources.

Wartość kontrastu pomiędzy obiektem obserwacji a tłem dla zamodelowanych sylwetek pieszego (obiekt o wymiarach 175 cm x 50 cm), które zostały ustawione odpowiednio na poboczu 25 m przed pojazdem, oraz na krawędzi jezdni i pobocza 50 m i 75 m przed pojazdem dla różnych źródeł światła zostały przedstawione w tabeli 2. Wartościami pożądanymi są duże wartości kontrastu. Porównanie kontrastów dla 3 odległości ustawienia pieszego od pojazdu dla badanych źródeł światła zostało przedstawione na rysunku 10.

Tabela 2. Kontrast dla różnych wersji źródeł światła i różnych odległości ustawienia pieszego na drodze.
Table 2. Contrast for the different version of light sources and different distances of pedestrian position on the road.

lp	źródło światła	L obiektu	L tła	Kontrast	L obiektu	L tła	Kontrast	L obiektu	L tła	Kontrast
		25m			50m			75m		
1	night_guide	44,15	1,071	40,22	50,29	1,469	33,23	36,51	1,888	18,34
2	vision_plus	46,92	1,116	41,04	65,99	1,781	36,05	60,56	3,057	18,81
3	blue_vision	44,08	1,05	40,98	63,35	1,697	36,33	59,5	3,01	18,77
4	extreme_power	46,91	1,097	41,76	60,99	1,627	36,49	51,97	2,428	20,40
5	premium_xenon_+30%	48,6	1,127	42,12	65,07	1,644	38,58	54,13	2,554	20,19
6	premium_xenon_+50%	48	1,077	43,57	65,38	1,653	38,55	58,46	2,622	21,30
7	blue_light	39,35	0,8672	44,38	46,82	1,232	37,00	39,24	1,834	20,40
8	blue_light_+50%	43,3	1,024	41,29	58,98	1,58	36,33	53,12	2,574	19,64
9	night_breaker	42,52	1,148	36,04	60,29	1,705	34,36	53,7	2,621	19,49
10	silverstar	47,47	1,137	40,75	64,05	1,777	35,04	58,79	3,054	18,25
11	ultralife	40,6	1,057	37,41	45,91	1,416	31,42	35,07	1,863	17,82
12	longer_life	45,55	1,051	42,34	60,8	1,661	35,60	54,46	2,847	18,13
13	cool_blue	43,28	1,043	40,50	63,11	1,633	37,65	57,07	2,864	18,93
14	tungsram	43,29	1,105	38,18	53,06	1,578	32,62	41	2,109	18,44
15	power2night	44,22	1,117	38,59	53,25	1,582	32,66	40,09	2,053	18,53
16	tungsram_stara	37,9	0,9243	40,00	44,2	1,297	33,08	35,44	1,756	19,18
17	philips_standard	41,64	0,9878	41,15	45,9	1,379	32,28	35,19	1,844	18,08



Rys. 10. Kontrast luminancji pieszy/otoczenie drogi dla różnych źródeł światła i różnych odległości pieszego od pojazdu.

Fig. 10. Luminance contrast pedestrian / road environment for different light sources and different walking distance from the vehicle.

Widoczne są wyraźne różnice w poziomie wytworzonego kontrastu w zależności od wersji źródła światła, które wynoszą od 10 do 20%.

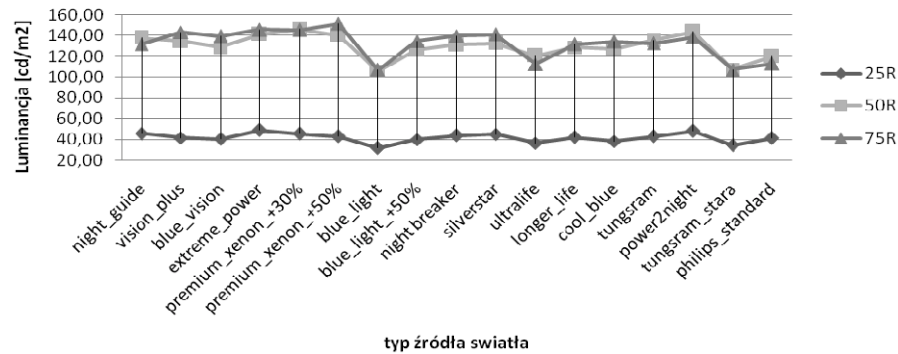
Kryteria normalizacyjne nie uwzględniają luminancji tylko natężenie oświetlenia na ekranie fotometrycznym i dlatego w tabeli 3 zostały przedstawione wyniki przeliczone na natężenie oświetlenia [Lx] (wzór 5).

Tabela 3. Natężenie oświetlenia (przeliczone z luminancji) w punktach charakterystycznych norm dla badanych źródeł światła.

Table 3. Illuminance (converted from luminance) in characteristic points of standards for the test light source.

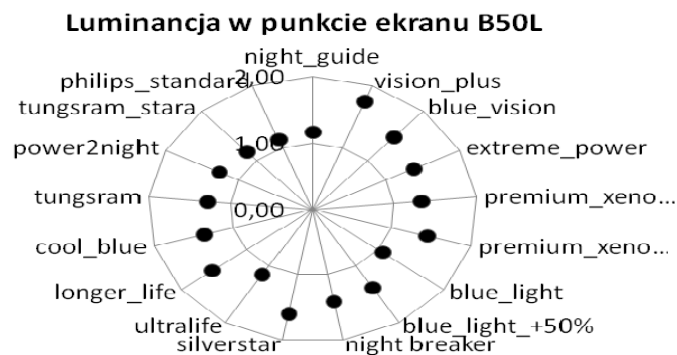
Lp.	Typ źródła światła	Punkty charakterystyczne z normy [Lx]			
		B50L	25R	50R	75R
1	night_guide	0,16	6,39	19,20	18,36
2	vision_plus	0,24	5,83	18,81	19,99
3	blue_vision	0,21	5,63	17,94	19,42
4	extreme_power	0,19	6,82	19,66	20,32
5	premium_xenon_+30%	0,19	6,35	20,43	20,27
6	premium_xenon_+50%	0,20	6,01	19,56	21,14
7	blue_light	0,15	4,47	14,76	14,93
8	blue_light_+50%	0,19	5,56	17,62	18,78
9	night_breaker	0,20	6,12	18,29	19,51
10	silverstar	0,22	6,29	18,50	19,69
11	ultralife	0,16	5,11	16,85	15,69
12	longer_life	0,21	5,86	17,97	18,36
13	cool_blue	0,19	5,32	17,80	18,74
14	tungsram	0,18	5,96	18,89	18,49
15	power2night	0,18	6,73	20,05	19,30
16	tungsram_stara	0,16	4,82	15,00	14,98
17	philips_standard	0,16	5,75	16,73	15,74

Wszystkie przebadane układy optyczne spełniają wymagania, a różnice w poziomie oświetlenia między źródłami światła sięgają 20%, co jest wartością znaczącą. Na rysunku 11 została przedstawiona zależność luminancji punktów odpowiedzialnych za właściwy poziom oświetlenia drogi (25R, 50R, 75R) w funkcji wersji źródła światła. Wyższe wartości luminancji w tych punktach oznaczają wyższy poziom oświetlenia drogi w rejonach, gdzie pożądana jest duża ilość światła. Rysunek 12 przedstawia wykres luminancji punktu związanego z poziomem oświetlenia (B50L) dla różnych typów źródeł światła. Specyfiką tego wykresu jest to, że im dany pomiar będzie bliżej środka układu (punkt 0,0), tym źródło światła wprowadza mniejszy poziom oświetlenia innych użytkowników ruchu drogowego. Idealnym wynikiem w tym punkcie byłaby luminancja równa 0 cd/m².



Rys.11. Poziom luminancji poszczególnych źródeł światła w punktach charakterystycznych odpowiedzialnych za oświetlenie istotnych obszarów drogi.

Fig.11. Level of luminance of particular light sources are responsible for the characteristic points of important areas of road lighting.



Rys. 12. Poziom luminancji poszczególnych źródeł światła w punkcie charakterystycznym odpowiedzialnym za poziom ośnienia kierowcy pojazdu nadjeżdżającego z przeciwnika.

Fig. 12. Luminance level of particular light sources in characteristic point responsible for the level of illumination of the driver of a vehicle approaching from the opposite direction.

7. Podsumowanie i wnioski

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki pomiarów laboratoryjnych rozkładu luminancji ekranu fotometrycznego dla projektora elipsoidalnego, który pracował z 17 różnymi wersjami źródeł światła typu H7. Analizie poddany został także wpływ napięcia zasilającego na wartość i rozkład luminancji badanej powierzchni. Zaproponowano metodę pomiarową opartą na badaniu rozkładu luminancji za pomocą analizatora obrazu typu CCD. Przedstawiono funkcjonujące metody oceny jakości wiązki świetlnej samochodowych projektorów oświetleniowych oraz zaproponowano własne kryteria, które umożliwiają interpretację wyników badań. Opisano podstawowe typy projektorów samochodowych. Pomiary luminancji umożliwiają wykonywanie szybkich badań, gdzie w jednej ekspozycji trwającej kilkanaście sekund otrzymuje się

2 mln punktów, które można dowolnie analizować uzyskując informację co do jakości oświetlenia badanej powierzchni. Ponadto luminancja jako miara jaskrawości jest parametrem najbardziej oddającym wrażenia wzrokowe i intensywność bodźców świetlnych. Jest to idealna metoda do prowadzenia badań porównawczych projektorów oświetleniowych.

Analizując oświetlaną powierzchnię ekranu fotometrycznego oceniane jest urządzenie, które ją oświetla. Urządzenie składa się z odbłyśnika, źródła światła, szyby rozpraszającej lub klosza, czyli elementów, które tworzą układ optyczny. Wyniki badań pokazują, że różnice w poziomie luminancji oświetlanej powierzchni, wynikające z zastosowania tylko i wyłącznie innej wersji źródła światła sięgają 20% (Premium_xenon+50% a ultra life). Jest to wartość na tyle duża, że warto inwestować w nowoczesne źródła światła (pomimo zdecydowanie krótszej ich żywotności). Jeszcze większe znaczenie ma właściwy poziom napięcia w instalacji pojazdu. Spadek napięcia w instalacji elektrycznej o 13% powoduje redukcję luminancji oświetlanej powierzchni o blisko 50%.

Wnioski wynikające z badań utwierdzają w przekonaniu, że sprawna instalacja elektryczna i nowoczesne źródła światła, oraz odpowiednio wczesna ich wymiana są czynnikami zwiększającymi bezpieczeństwo ruchu drogowego w okresie nocnym i przy ograniczonej widoczności.

Literatura

- [1] E/ECE/324-E/ECETRANS/505/Rev.1/Add.19/Rev2. Regulation Nr 20, Uniform provisions beam concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing beam or a driving beam or both and equipped with halogen filament lamps (H4 lamps).
- [2] E/ECE/324-E/ECETRANS/505/Rev.1/Add.3/Rev3. Regulation Nr 8, Uniform provisions beam concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing beam or a driving beam or both and equipped with halogen lamps (H1, H2, H3, HB3, HB4, and/or H7 lamps).
- [3] E/ECE/324-E/ECETRANS/505/Rev.1/Add.97/Rev2. Regulation Nr 98, Uniform provisions beam concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting with gas-discharge light sources.
- [4] DIAKOW. A. B.: *Awtomobilnaja swietotiechnika i bezapastnost dwizenia*, (Automotive lighting technology and road safety), Wyd. Transport, Moskwa 1973.
- [5] DE BOER J.B., MORASZ W.: *Berechnung der Sehweite aus der Lichtverteilung von Automobilscheinwerfern*. Lichttechnik Nr 10/1956.
- [6] Materiały reklamowe Hella, www.hella.com
- [7] MAZUR J. W., ŻAGAN W.: *Samochodowa technika świetlna*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 1997.
- [8] MAZUR J.W., CHRZANOWICZ M.: *Analysis method and own estimate criterion of lighting parameters In car lighting system*, Darmstadt 2007.

Methods of assessment the projectors quality and effect of voltage input and the type of light source on beam lighting parameters

In this paper are presented methods of assessment the car lighting quality and the impact of the type of a light source and voltage level on the luminance resolution of the photometric screen is analyzed. Tests were performed for an ellipsoidal projector and 17 types of light sources. In addition, basic types of automotive lighting projectors, and methods for assessing their quality are discussed. At the end, the quality of light sources has been compared according to the criteria proposed by the author.