

Marcin Chrzanowicz  
Politechnika Warszawska

## WPLYW NAPIĘCIA ZASILAJĄCEGO I RODZAJU ŹRÓDŁA ŚWIATŁA NA PARAMETRY WIĄZKI ŚWIETLNEJ PROJEKTORÓW SAMOCHODOWYCH

**Streszczenie:** W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki pomiarów laboratoryjnych rozkładu luminancji ekranu fotometrycznego dla projektora elipsoidalnego, który pracował z 17 różnymi rodzajami źródeł światła typu H7. Analizie poddany został także wpływ napięcia zasilającego na wartość i rozkład luminancji badanej powierzchni. Zaproponowano metodę pomiarową luminancyjną z wykorzystaniem analizatora obrazu typu CCD. Dokonano porównania jakości zastosowanych źródeł światła według kryteriów zaproponowanych przez autora.

**Słowa kluczowe:** jakość oświetlenia samochodowego, bezpieczeństwo ruchu przy ograniczonej widoczności, źródła światła

### 1. WSTĘP

We współczesnej technice motoryzacyjnej podstawowym problemem staje się zagadnienie związane z zapewnieniem bezpieczeństwa ruchu drogowego. Po zapadnięciu zmroku, oraz w okresie ograniczonej widoczności czynnikiem ,który bezpośrednio wpływających na ilość wypadków jest jakość projektorów oświetleniowych. Kierowca ma możliwość odpowiednio wczesnego wykrycia zagrożenia tylko w przypadku zapewnienia przez projektantów właściwego poziomu oświetlenia drogi. Najważniejszym czynnikiem decydującym o jakości oświetlenia jest konstrukcja projektorów samochodowych. Pod pojęciem projektora rozumiemy cały układ optyczny biorący udział w tworzeniu i rozsyle światłości. Bardzo ważnym elementem, który występuje zawsze niezależnie od rodzaju konstrukcji urządzenia oświetleniowego jest źródło światła. Precyzja i jakość wykonania żarnika oraz całej żarówki ma olbrzymi wpływ na dalsze kształtowanie wiązki świetlnej emitowanej przez projektor. Wadliwa konstrukcja źródła światła potrafi zepsuć cały efekt działania układu optycznego, doprowadzając w efekcie do niewłaściwego poziomu oświetlenia drogi przed pojazdem oraz do olśniewania innych użytkowników ruchu. Zagadnieniem równie ważnym jest właściwa eksploatacja pojazdu, a w szczególności utrzymywanie instalacji elektrycznej i urządzeń oświetleniowych w należyтым stanie

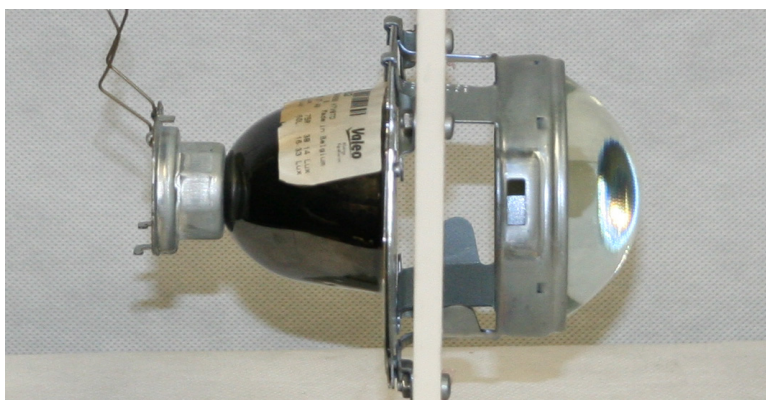
technicznym (wymiana źródeł światła, wyeksploatowanych projektorów, kontrolowanie właściwego poziomu napięcia w instalacji elektrycznej).

W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki badań parametrów wiązki świetlnej projektora samochodowego wyposażonego w różnego rodzaju źródła światła.

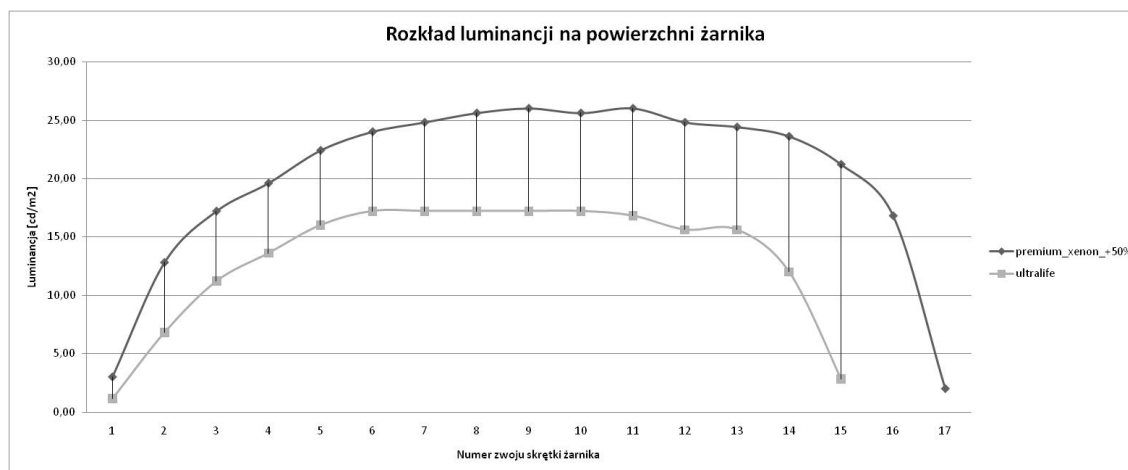
Wprowadzono kryteria oceny jakości na podstawie których oszacowano wpływ rodzaju źródła światła na jakość oświetlenia drogi. Analizie poddano także wpływ napięcia zasilania urządzenia oświetleniowego na rozkład luminancji ekranu fotometrycznego.

## 2. URZĄDZENIA OŚWIETLENIOWE

Do badania został wybrany projektor elipsoidalny firmy Valeo współpracujący ze źródłami światła typu H7. Widok projektora został przedstawiony na zdjęciu nr 2.1.



Zdj. 2.1. Widok projektora Valeo wykorzystanego do badań



Rys. 2.2. Rozkład luminancji na powierzchni żarnika dla wybranych źródeł światła

W badaniach zastosowano źródła światła typu H7 różnych producentów i różnego rodzaju wykonania. Pośród 17 rodzajów żarówek znalazły się standardowe, o

wzmocnionej sile świecenia, o przedłużonej żywotności itp. Wykaz źródeł światła wraz z podstawowymi parametrami został przedstawiony w tablicy nr 2.1. Podczas badania laboratoryjnego został zmierzony rozkład luminancji powierzchni żarnika (rys. 2.2.). Z zaprezentowanego rozkładu wynika, że występują duże różnice w charakterystykach rozkładu świecenia dla poszczególnych rodzajów źródeł światła.

Im rozkład luminancji na powierzchni żarnika (luminancja w funkcji numeru zwoju) jest bardziej równomierny, a sama wartość luminancji większa, tym układ optyczny projektora wyposażonego w takie źródło jest w stanie lepiej oświetlać drogę przed pojazdem.

Tab. nr 2.1.

**Rodzaje źródeł światła wraz z podstawowymi parametrami**

lp.	Typ źródła	Producent	Rodzaj źródła	moc [W]	Luminancja [cd/m <sup>2</sup> ]
1	H7	Philips	Night Guide	55	<b>18,35</b>
2	H7	Philips	Vision Plus	55	<b>19,05</b>
3	H7	Philips	Blue Vision	55	<b>17,74</b>
4	H7	Philips	Extreme Power	55	<b>18,89</b>
5	H7	Lucas	Premium Xenon +30%	55	<b>19,48</b>
6	H7	Lucas	Premium Xenon +50%	55	<b>19,99</b>
7	H7	Hella	Blue Lighting	55	<b>13,16</b>
8	H7	Hella	Blue Lighting +50%	55	<b>17,92</b>
9	H7	Osram	Cool Blue	55	<b>17,54</b>
10	H7	Osram	Night Breaker	55	<b>20,01</b>
11	H7	Osram	Silverstar	55	<b>18,75</b>
12	H7	Osram	Ultralife	55	<b>13,17</b>
13	H7	Philips	Longer Life	55	<b>15,10</b>
14	H7	Philips	Power 2 night GT150	55	<b>18,34</b>
15	H7	Tungsrām	Standard	55	<b>18,31</b>
16	H7	Tungsrām	Wyeksploatowana	55	<b>13,66</b>
17	H7	Philips	Standard	55	<b>14,16</b>

### 3. KRYTERIA OCENY JAKOŚCI

Do badań został stworzony ekran fotometryczny zawierający 47 punktów i stref charakterystycznych ważnych z punktu widzenia jakości oświetlanej drogi i jej najbliższego otoczenia. Punkty i strefy wywodzą się z norm branżowych oraz dodatkowych rejonów takich jak: zamodelowane sylwetki pieszego, strefy zakrętów w prawo i lewo, toru przemieszczania oczu kierowcy pojazdu nadjeżdżającego z przeciwka, równomierności wzdłuż i w poprzek drogi. Do analizy wyników i zwiększenia ich przejrzystości przyjęto trzy kryteria:

- a) punkty charakterystyczne B50L, 25R, 50R, 75R z kryteriów normalizacyjnych

- b) badanie kontrastu obserwacji pieszego względem tła dla zamodelowanych sylwetek (obiekt o wymiarach 175cm x 50cm) ustawionych odpowiednio 25m przed pojazdem na prawym poboczu drogi oraz 50m, 75m przed pojazdem na prawej krawędzi jezdni
- c) równomierność rozkładu pionowej składowej luminancji na sylwetkach pieszego (do granicy światła i cienia)

Wymagania fotometryczne określone w normach branżowych odnoszą się do odpowiedniego poziomu natężenia oświetlenia na ekranie. Aby pomiary luminancji można było odnieść do norm niezbędne jest przeliczenie wartości zgodnie ze wzorem nr 3.1. Wzór (3.1) jest prawdziwy tylko przy założeniu, że ekran fotometryczny odbija światło w sposób nieselektywny i idealnie rozproszony (odbicie zbliżone do Lambertowskiego).

$$L_p = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \left[ \frac{cd}{m^2} \right] \quad (3.1)$$

gdzie:  $L_p$  – luminancja w punkcie powierzchni  
 $E$  – natężenie oświetlenia w punkcie powierzchni  
 $\rho$  - współczynnik odbicia ekranu fotometrycznego

Podczas badania został zmierzony współczynnik odbicia ekranu fotometrycznego:  $\rho=0,9$ .

## 4. PREZENTACJA WYNIKÓW BADAŃ

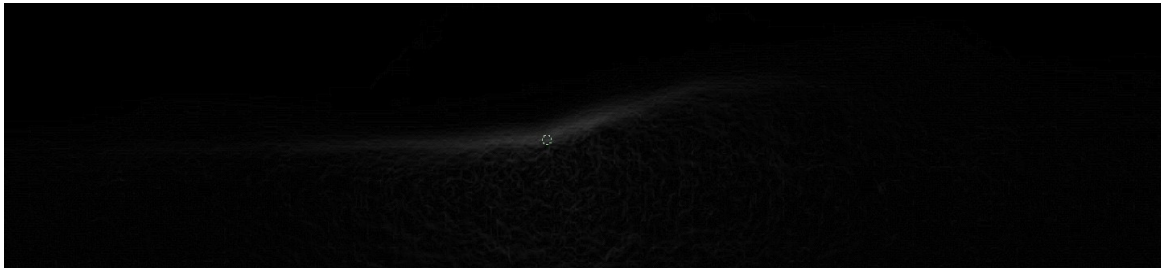
W niniejszym opracowaniu przedstawiono wpływ napięcia zasilania oraz typu źródła światła na rozkład luminancji ekranu fotometrycznego, co wprost, po uwzględnieniu kryteriów oceny przekłada się na jakość oświetlenia drogi przez projektory samochodowe. Aby badanie było za każdym razem powtarzalne niezbędne jest opracowanie metody ustawiania granicy światła i cienia (GSC). Bez prawidłowego ustawienia GSC, każdy kolejny pomiar byłby obarczony 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.

### 4.1. Ustawienie granicy światła i cienia (GSC)

Prawidłowe ustawienie GSC wymaga znalezienia 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. Przykładowy rozkład luminancji na ekranie fotometrycznym dla badanego projektora wyposażonego w żarówkę H7 produkcji Tungsram został przedstawiony na rys. 4.1.1, natomiast sposób działania algorytmu gradient wyznaczającego krawędź przejścia został zaprezentowany na rys. 4.1.2



Rys. 4.1.1. Rozkład luminancji na ekranie fotometrycznym, projektor Valeo, źródło światła H7 Tungsram



Rys. 4.1.2. Krawędź przejścia wyznaczona metoda gradient wraz z wyznaczonym v-h

Punkt zaznaczony na krawędzi (rys. 4.1.2) wyznacza miejsce, w którym powinna się znaleźć oś optyczna projektora (punkt h-v z norm branżowych).

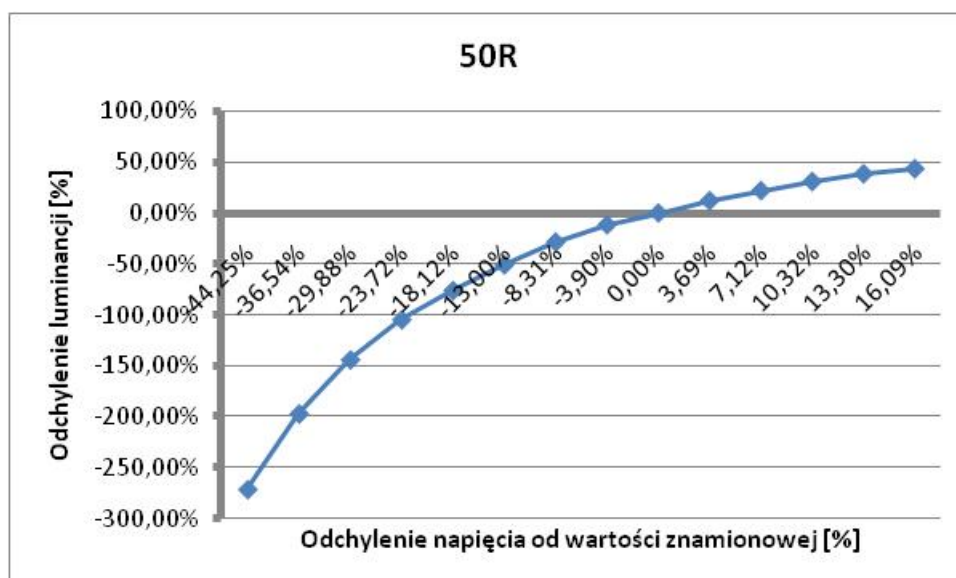
#### **4.2. Wpływ napięcia zasilającego na wartość oraz rozkład luminancji ekranu fotometrycznego**

Badanie zostało przeprowadzone dla projektora Valeo wyposażonego w źródło światła typu H7 produkcji Tungsram. Poziom napięcia zmieniano w zakresie: 9,04 [V] do 15,54 [V] z krokiem pomiarowym co 0,5 [V]. Jako poziom napięcia znamionowego przyjęto wartość 13,04 [V]. 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 wartość i rozkład luminancji ekranu fotometrycznego, co bezpośrednio przekłada się na jakość oświetlanej drogi przed pojazdem. Analiza była wykonana dla 4 wybranych punktów z norm branżowych najbardziej istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu. Tabela 4.2.1 odzwierciedla wartość procentowej zmiany luminancji w funkcji procentowej zmiany napięcia względem poziomu napięcia znamionowego.

**Wartość procentowych zmian luminancji w funkcji procentowych zmian napięcia zasilającego w odniesieniu do wartości znamionowej**

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%

Zależność procentowa zmian luminancji od procentowej zmiany napięcia zasilającego odniesionego do napięcia znamionowego dla punktu 50R została przedstawiona na rys. 4.2.1.

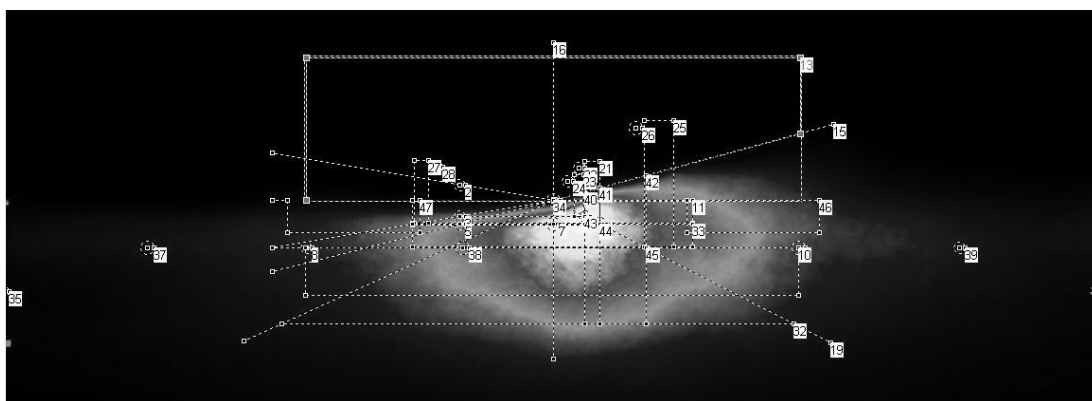


Rys. 4.2.1. Zmiana procentowa luminancji w funkcji procentowego odchylenia napięcia zasilającego od wartości znamionowej dla punktu 50R

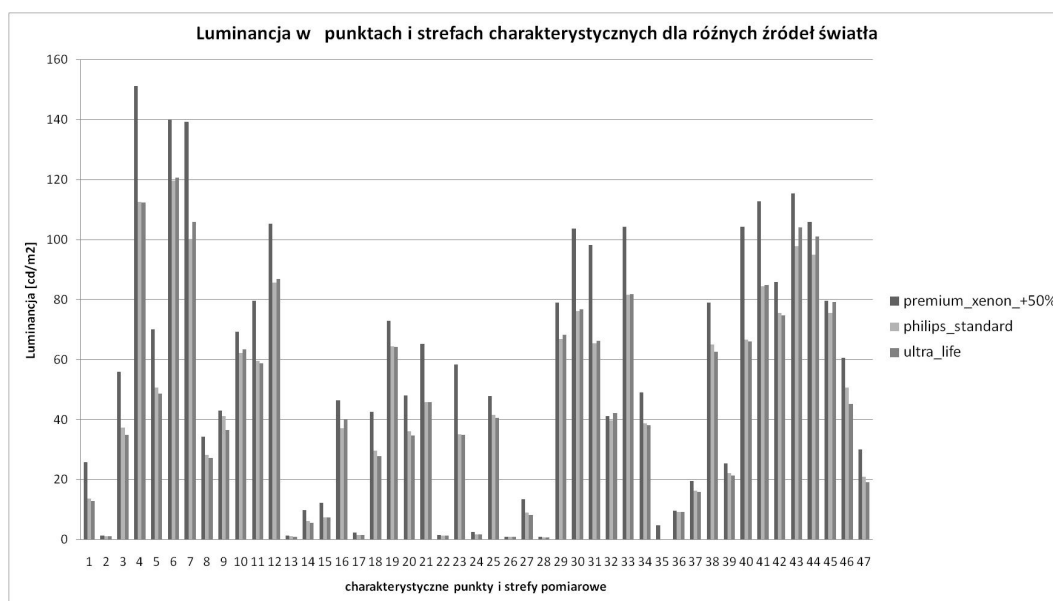
Analizując powyższe wyniki daje się zauważyć bardzo silna zależność luminancji od poziomu napięcia zasilającego. Nie jest to zależność liniowa. Niewielkie zmiany napięcia zasilającego powodują zdecydowanie większe zmiany poziomu luminancji. Przy spadku 13% mamy zmniejszenie luminancji powierzchni ekranu fotometrycznego o ok. 50% co zdecydowanie pogarsza jakość oświetlenia drogi przed pojazdem.

### 4.3. Wpływ typu źródła światła na rozkład luminancji i natężenia oświetlenia ekranu fotometrycznego

Celem badania była ocena rozkładu luminancji na powierzchni ekranu fotometrycznego dla różnych typów źródeł światła. Widok ekranu fotometrycznego wraz z naniesionymi punktami i strefami pomiarowymi oraz rozkład luminancji na jego powierzchni dla źródła światła „premium\_xenon\_+50%” został przedstawiony na rys. nr 4.3.1. Granica światła i cienia została prawidłowo ustawiona w oparciu o opisaną metodę (punkt 4.1).



Rys. 4.3.1. Rozkład luminancji na ekranie fotometrycznym dla źródła Premium\_xenon\_+50%



Rys. 4.3.2. Luminancja w różnych punktach i strefach pomiarowych dla trzech wybranych źródeł światła

Rozkład luminancji odzwierciedla jakość oświetlenia drogi przed pojazdem. Ocena i pomiar były wykonywane zgodnie z kryteriami założonymi przez autora z wykorzystaniem analizatora obrazu typu CCD produkcji LMT. Podczas jednej ekspozycji pomiarowej uzyskujemy obraz luminancji całej powierzchni ekranu z rozdzielczością 6 milionów pikseli. Analiza rozkładu 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 dla trzech przykładowych źródeł światła została przedstawiona na rys. nr 4.3.2. Tabela nr 4.3.1. przedstawia wartości natężenia oświetlenia (przeliczone z luminancji wzór 3.1) w wybranych punktach charakterystycznych z norm branżowych dla badanych źródeł światła.

Tab. nr 4.3.1.

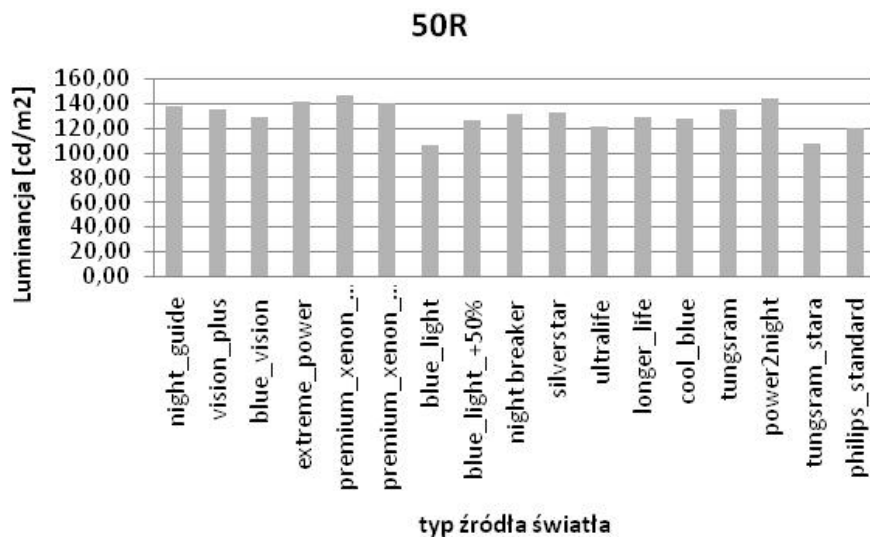
**Wartość natężenia oświetlenia w punktach charakterystycznych norm branżowych dla badanych źródeł światła**

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

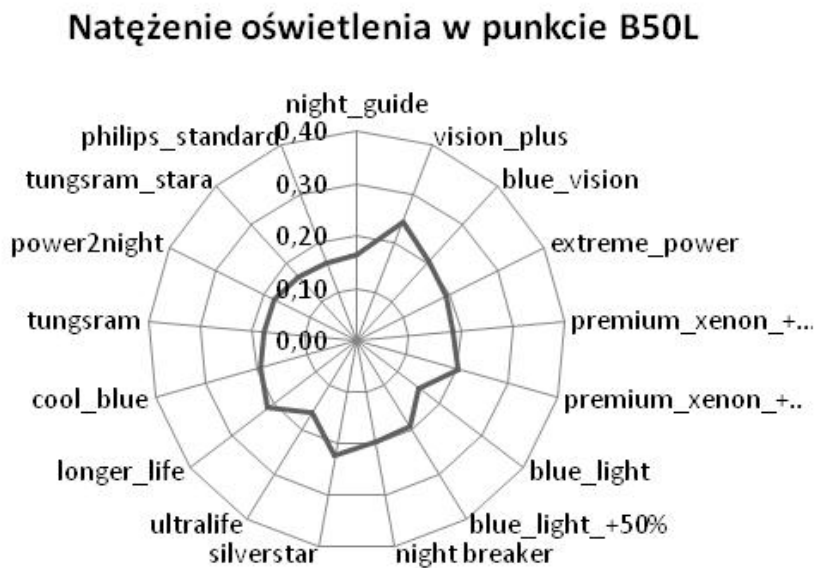
Wartości z tabeli 4.3.1. wykazują, że wszystkie przebadane układy optyczne spełniają wymagania normalizacyjne oraz różnice w poziomie oświetlenia między źródłami światła sięgają 20% co jest wartością znaczącą. Na rys. 4.3.4 została przedstawiona zależność luminancji wybranego punktu odpowiedzialnego za właściwy poziom oświetlenia drogi (50R) w funkcji typu źródła światła. Wyższe wartości luminancji w tym punkcie oznaczają wyższy poziom oświetlenia drogi w rejonie, gdzie pożądana jest duża ilość światła. Rys. 4.3.4 przedstawia natężenie oświetlenia (przeliczone z luminancji wzór 3.1) punktu związanego z poziomem olśnienia (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 olśnienia innych użytkowników ruchu drogowego.



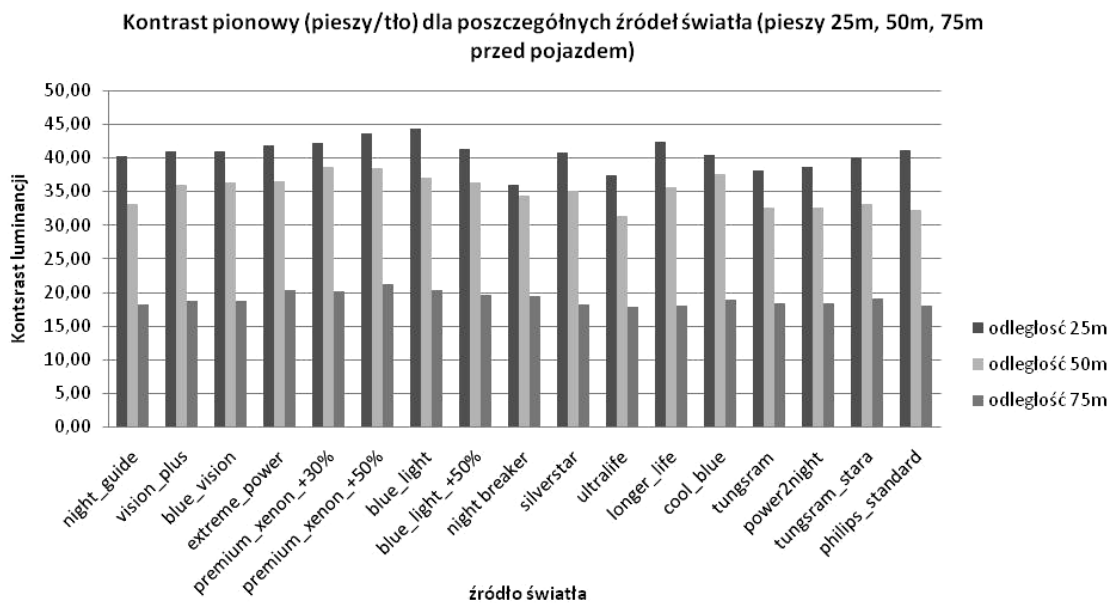
Idealnym wynikiem w tym punkcie byłyby natężenie oświetlenia równe 0 [Lx], a maksymalne dopuszczone normą nie powinno przekroczyć wartości 0,4 [Lx].



Rys. 4.3.4. Poziom luminancji poszczególnych źródeł światła w punkcie charakterystycznym odpowiedzialnym za oświetlenie istotnych obszarów drogi



Rys. 4.3.5. Poziom luminancji poszczególnych źródeł światła w punkcie charakterystycznym odpowiedzialnym za poziom ośnienia kierowcy pojazdu nadjeżdżającego z przeciwnika



Rys. 4.3.6. Kontrast luminancji pieszy/otoczenie drogi dla różnych źródeł światła i różnych odległości pieszo od pojazdu

Wartość kontrastu pomiędzy obiektem obserwacji a tłem dla zamodelowanych sylwetek pieszo (dla trzech odległości ustawienia pieszo od pojazdu) dla różnych źródeł światła zostały przedstawione w rys nr 4.3.6. Wartościami pożądanymi są tu wielkości kontrastu jak największe. Interpretując wykres widoczne są wyraźne różnice w poziomie wytworzonego kontrastu w zależności od typu źródła światła, które potrafią wynosić od 10% do 20%, co ma duży wpływ na bezpieczeństwo ruchu zwiększając szanse na odpowiednio wczesne zauważenia pieszo w warunkach rzeczywistych panujących na drodze.

## 5. WNIOSKI

Analizując oświetlaną powierzchnię ekranu fotometrycznego oceniamy jakość urządzenia, który 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 innego rodzaju źródła światła sięgają 20% (Premium\_xenon+50% a ultra life). Jest to wartość na tyle duża, że ze względów bezpieczeństwa warto inwestować w nowoczesne źródła światła. 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%. Sprawna instalacja elektryczna i nowoczesne źródła światła są czynnikami zwiększającymi bezpieczeństwo ruchu drogowego w okresie nocnym i przy ograniczonej widoczności.

## Bibliografia

1. Regulamin No. 98. E/ECE/TRANS/505.
2. de Boer J.B., Morasz W.: Berechnung der Sehweite aus der Lichtverteilung von Automobilscheinwerfern. Lichttechnik Nr 10/1956.
3. Diakow A. B.: Awtomobilnaja swietotiechnika i biezapastnost dwizenia,(Automotive lighting technology and road safety), Wyd. Transport. Moskwa 1973r.
4. Mazur J.W, Żagan W. „Samoходowa Technika Świelna”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 1997r.
5. Mazur J.W., Chrzanowicz M.: Analysis method and own estimate criterion of lighting parameters in car LIGHTING SYSTEM, Darmstadt 2007r

### INPUT VOLTAGE EFFECTS AND TYPE OF LIGHT SOURCE ON LIGHT BEAM PARAMETERS INTO CAR PROJECTORS

**Abstract:** In this paper the results of laboratory measurements of the distribution of luminance of the photometric screen for the ellipsoidal projector, which worked with 17 different types of light sources such H7 are performed. In addition, the impact of voltage on the value and the distribution of luminance of the surface is analyzed. Luminance method of measurement with using a CCD image analyzer is proposed. At the end quality of used light sources have been compared according to the criteria proposed by the author.

**Keywords:** quality of automotive lighting, traffic safety with restricted visibility, light sources