



Wymagania formalne w zakresie oświetlenia pojazdów

[dr inż. Marcin Chrzanowicz](#)

Wydział Elektryczny Politechnika Warszawska

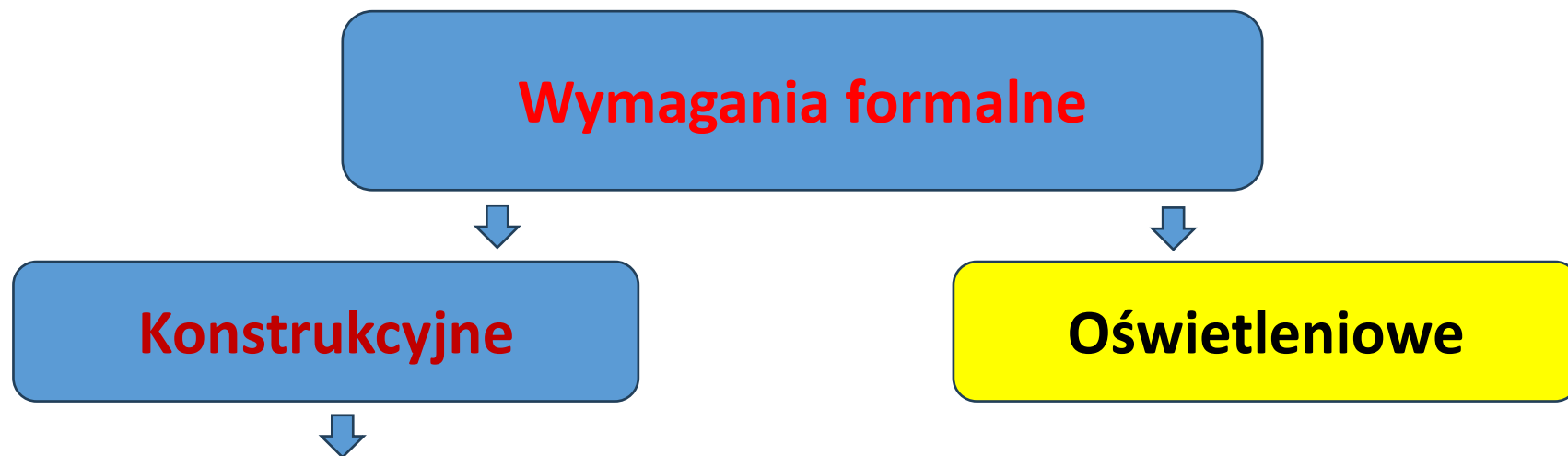
dr hab. Piotr Tomczuk, profesor PW

Wydział Transportu Politechnika Warszawska

dr hab. Krzysztof Tomczuk

Instytut Inżynierii Mechanicznej SGGW

Wymagania w zakresie oświetlenia pojazdów



Wymagania konstrukcyjne (projektory, lampy sygnałowe) są wszechstronne i dotyczą (regulamin ECE1):

- ☐ rodzaju budowy,
- ☐ zabezpieczenia przeciw pyłowi,
- ☐ Przeciw wysokiej lub niskiej temperaturze,
- ☐ wpływowi zmiennych warunków atmosferycznych,
- ☐ **Wymagania formułowane są również w stosunku do rozmieszczenia poszczególnych urządzeń na pojeździe.**

Wymagania w zakresie oświetlenia pojazdów

Podstawa prawna dotycząca wymagań stawianych światłom samochodowym **w Polsce:**

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia.

Kluczowe przepisy:

•§ 13: Ogólne warunki świateł pojazdu

- ☐ Światła pojazdu muszą być zgodne z określonymi normami technicznymi.
- ☐ Powinny zapewniać odpowiednią widoczność i bezpieczeństwo na drodze.
- ☐ Muszą być prawidłowo zamontowane na pojeździe i działać bez zakłóceń.

•§ 12: Obowiązkowe światła zewnętrzne w pojeździe

- ☐ Pojazdy muszą być wyposażone w określone rodzaje świateł zewnętrznych, takie jak: światła mijania, światła drogowe, światła dzienne, kierunkowskazy, światła stopu, światła cofania, światła pozycyjne, światła przeciwmgłowe.
- ☐ Każde z tych świateł ma określone wymagania dotyczące ich umiejscowienia, działania i parametrów oświetleniowych.

Dodatkowo, przepisy te są oparte na **ustawie Prawo o ruchu drogowym** z dnia 20 czerwca 1997 r. (Dz. U. z 2005 r. Nr 108, poz. 908, z późn. zm.)

Wymagania w zakresie oświetlenia pojazdów

Podstawa prawną regulującą wymagania dotyczące świateł samochodowych **w Europie:**

przepisy zawarte w regulaminach **ONZ oraz dyrektywach Unii Europejskiej.**

1.Regulamin ONZ nr 149: Dotyczy homologacji urządzeń i systemów oświetlenia drogowego dla pojazdów o napędzie silnikowym

2.Dyrektywa 2007/35/WE: Określa wymagania dotyczące homologacji świateł mijania, drogowych, pozycyjnych i innych świateł zewnętrznych pojazdów

3.Regulamin ONZ nr 48: Zawiera przepisy dotyczące instalacji świateł i urządzeń sygnalizacyjnych w pojazdach

4.Dyrektywa 76/756/EWG: Dotyczy instalacji świateł i urządzeń sygnalizacyjnych w pojazdach silnikowych i ich przyczepach.

Wymagania w zakresie oświetlenia pojazdów

- ❑ W ujęciu globalnym obowiązują **regulaminy Europejskiej Komisji Gospodarczej** (Polska przystępując do porozumienia z roku 1958 zobowiązała się je uznawać: **regulaminy EKG ONZ oraz załączniki**).
- ❑ Regulaminy te normalizują między innymi położenie lamp na pojeździe, parametry fotometryczne lamp i źródeł światła, które zostały w nich zastosowane.
- ❑ Z biegiem czasu są tworzone **nowe regulacje** zależnie od potrzeb i rozwoju techniki (nie zawsze nadążają za szybko zmieniającym się światem)



Wymagania formalne ECE

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs.html>

Wymagania w zakresie oświetlenia pojazdów

Wybrane regulaminy ECE związane z oświetleniem:

ECE – R 1 Headlamps – lampy główne

ECE-R 3 Reflector (światła odblaskowe)

ECE-R 4 Licence plate light (lampy tablic rejestracyjnych)

ECE-R 6 Direction indicator front, rear and side (kierunkowskazy)

ECE-R 7 Sidelight, taillight, stoplight and contour lights (światła pozycyjne, światła stopu i światła obrysowe górne)

ECE-R 19 Fog light (przednie światła przeciwmgłowe)

ECE-R 23 Reversing spotlight (światła cofania)

ECE-R 37 Filament light sources (żarówki samochodowe),

ECE-R 38 Rear fog lights (tylne światła przecimglowe)

ECE-R 45 Headlamp cleaners (Systemy oczyszczania szyby reflektora)

ECE-R 48 For attachment and use (instalacja urządzeń oświetleniowych i sygnalizacji świetlnej)

ECE-R 77 Parking lights, front and rear (lampy postojowe przednie i tylne)

ECE-R 87 Daytime running lights (światła dzienne)

ECE-R 91 Side marker lights (światła gabarytowe boczne)

ECE-R 98 Xenon headlamp (lampy wyładowcze)

ECE-R 104 Contour markings (światła gabarytowe odblaskowe)

ECE-R 112 Halogen headlamp (halogenowe)

ECE-R 119 Indicator (zakrętowe)

ECE-R 123 Adaptive Frontlighting Systems (AFS, adaptacyjne)

ECE-R-128 Light Emitting Diode (LED) light sources (źródła LED)

ECE-R-148 - Light Signalling Devices (LSD)

ECE-R-149 - Road Illumination Devices (RID)

ECE-R-150 - Retro-Reflective Devices (RRD)



Wymagania w zakresie oświetlenia pojazdów

Najnowsze zmiany (przykład):

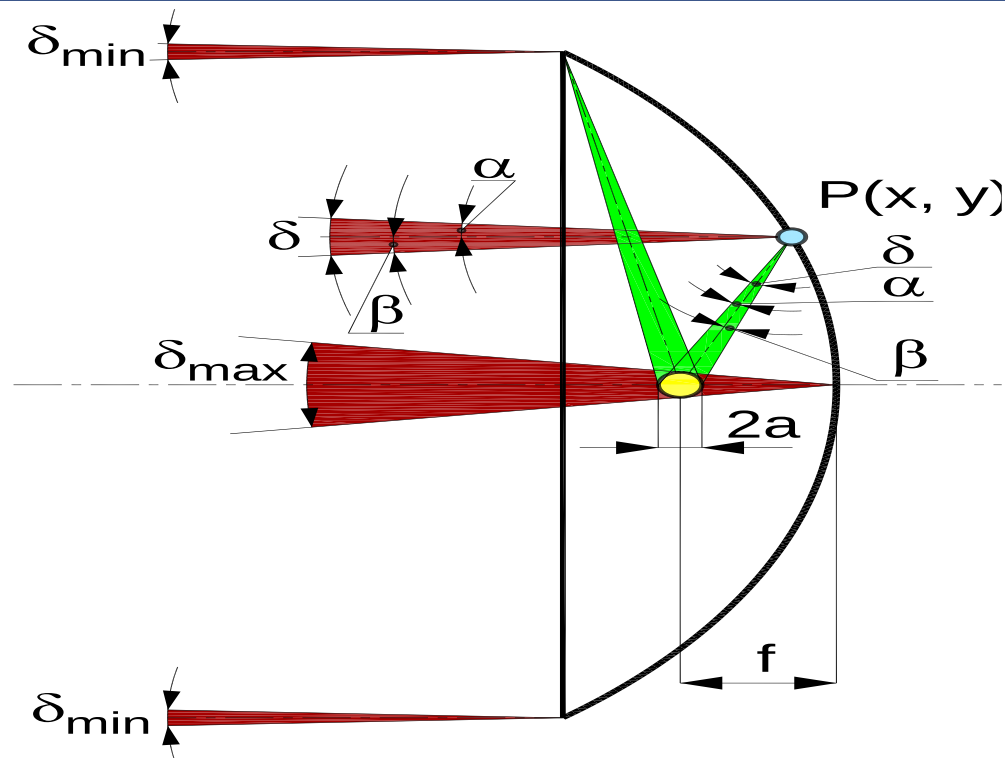
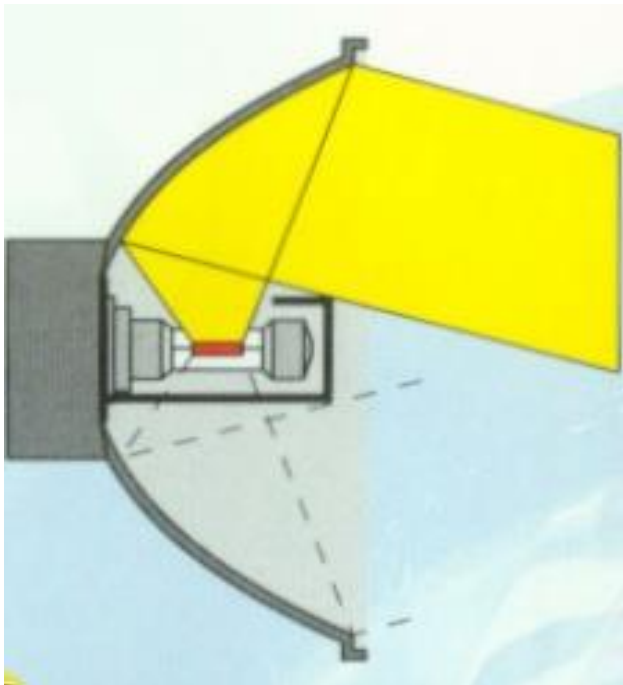
1.Światła ostrzegające o nagłym hamowaniu: Od 2024 roku w nowych pojazdach obowiązkowe jest specjalne światło ostrzegające o nagłym hamowaniu. Ma ono na celu zmniejszenie liczby wypadków spowodowanych najechaniem na tył pojazdu

2.Czarna skrzynka: Od 7 lipca 2024 roku wszystkie nowe samochody muszą być wyposażone w tzw. czarną skrzynkę, która rejestruje dane związane z ruchem pojazdu

3.Nowe systemy bezpieczeństwa: Unia Europejska wprowadza obowiązek montażu nowych systemów bezpieczeństwa w samochodach, które będą obowiązywać od 6 lipca 2024 roku. Obejmują one m.in. systemy ostrzegania przed kolizją

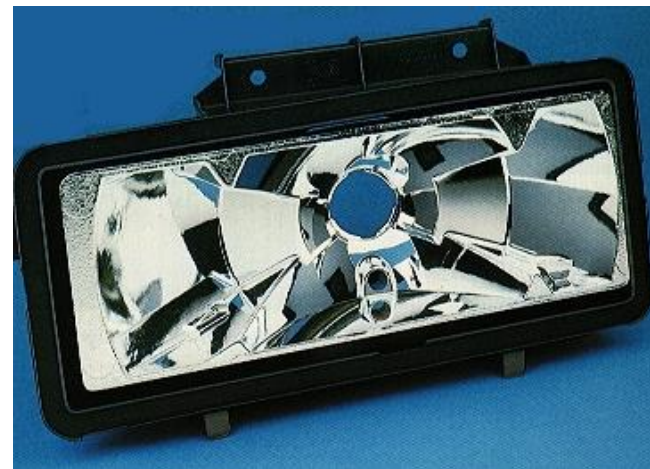
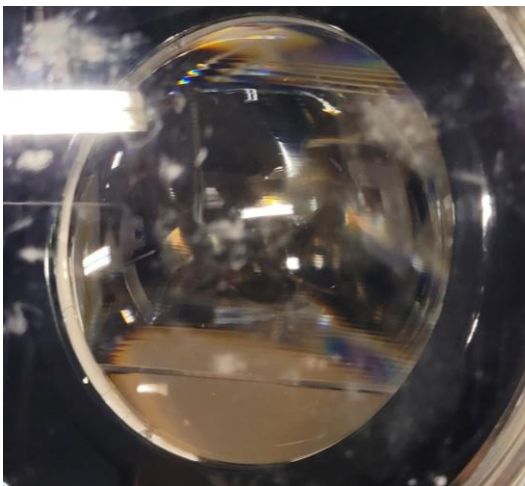
Typy świateł głównych pojazdów

Projektor paraboloidalny



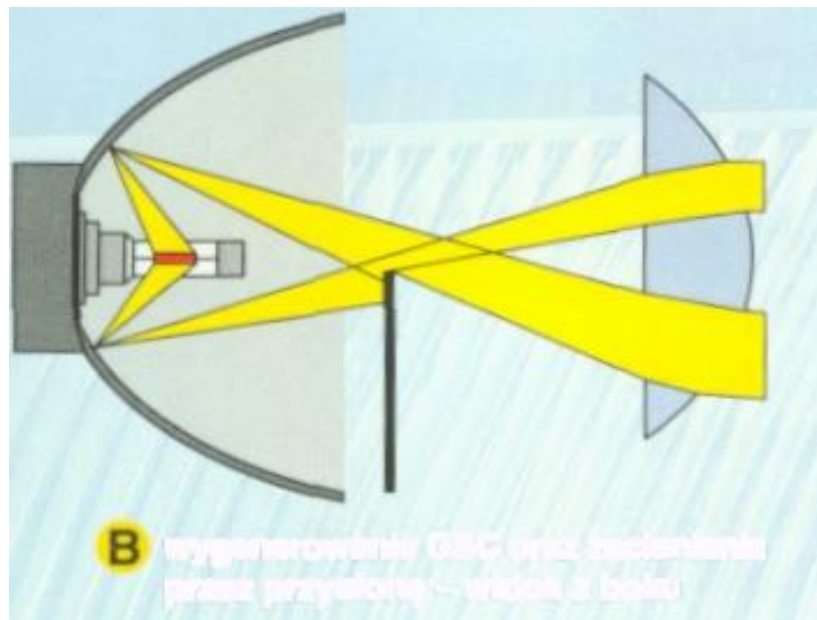
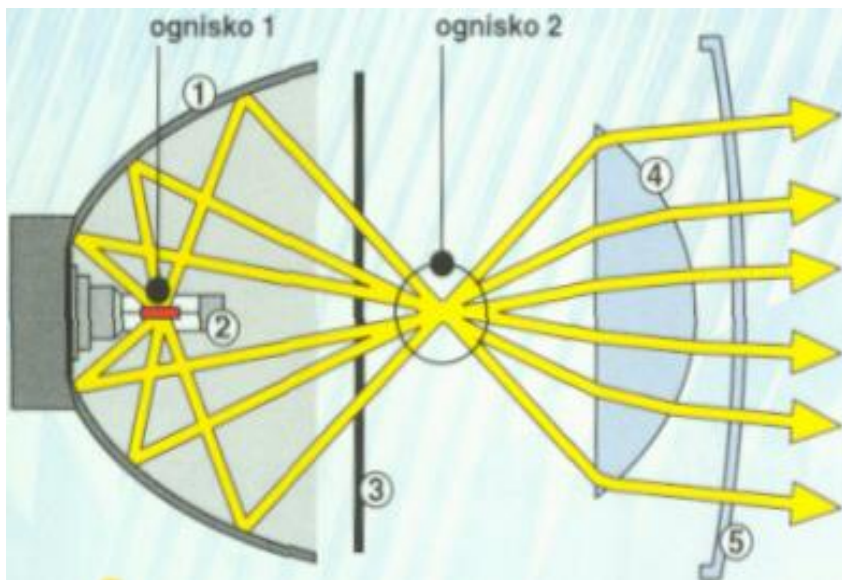
Cechy:

- ☐ Nie wykorzystana dolna część odbłyśnika - mijania (sprawność ok. 27%)
- ☐ Proste wykonanie
- ☐ Zawsze „jakoś zaświeci”



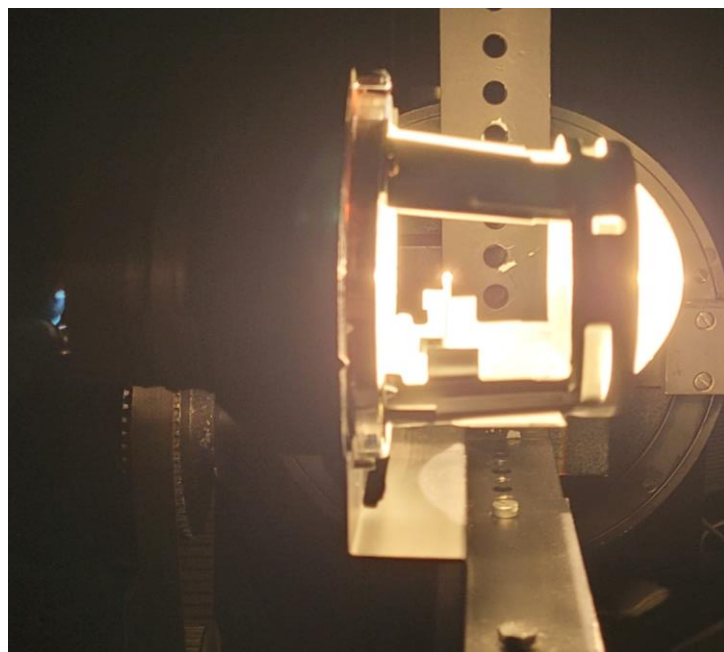
Typy świateł głównych pojazdów

Projektor elipsoidalny



Cechy:

- ☐ Nie wykorzystana dolna część odbłyśnika - mijania (sprawność ponad 36%)
- ☐ Wyższa skuteczność, mniejsza średnica
- ☐ Ostra GŚiC, zwiększone olśniewanie
- ☐ Wymaga precyzji wykonania



Typy świateł głównych pojazdów

Projektor LED – zintegrowane

- ☐ Z optyką
- ☐ Z odbłyśnikiem
- ☐ Matrycowe LED
- ☐ Laserowe



Cechy:

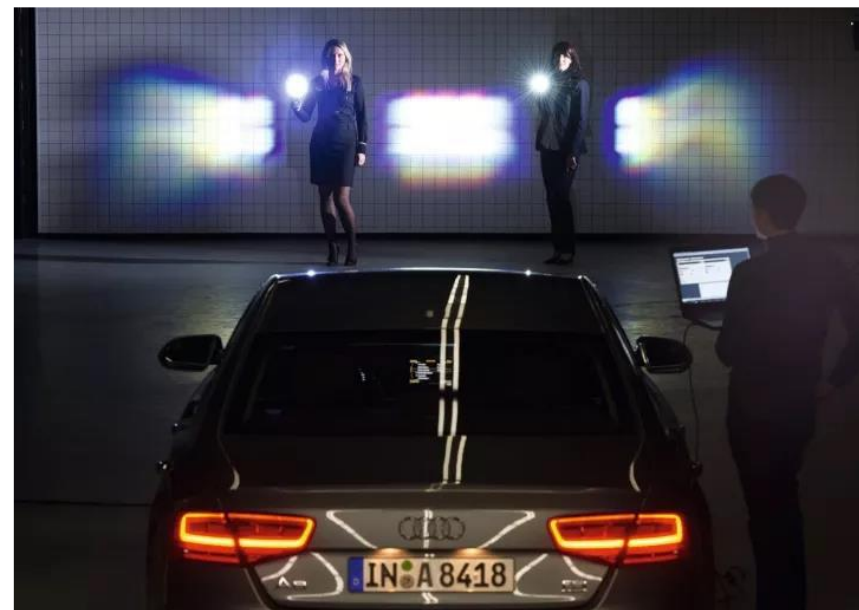
- ☐ Wysoka sprawność i trwałość źródła
- ☐ Wysoka temperatura barwowa
- ☐ Możliwość tworzenia wielu wiązek światła
- ☐ Integracja z oprawą (awaria = wymiana lampy)
- ☐ Bardzo duży zasięg - laserowe



Typy świateł głównych pojazdów

Projektor LED – matrycowe - zalety

- ☐ automatyczne zaciemnianie obszaru – zmniejszenie ośniewania innych przy zachowaniu dużego zasięgu,
- ☐ automatyczne przygaszenie dolnej strefy – trudne warunki atmosferycznych,
- ☐ dynamiczne zaciemnianie pojazdu podczas zmiany pasa,
- ☐ lepszą widoczność oznakowania drogowego poziomego i pionowego,
- ☐ dynamiczne doświetlenie łuków drogi,
- ☐ doświetlanie skrzyżowań,
- ☐ światło autostradowe – podniesienie wiązki światła mijania oraz zwiększenie zasięgu

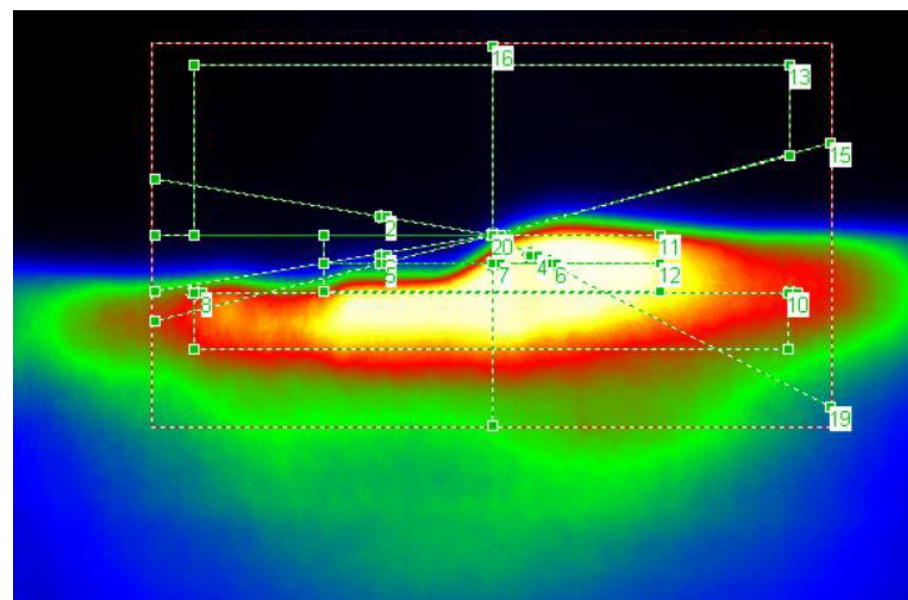


Typy świateł głównych pojazdów

Projektor LED – matrycowe

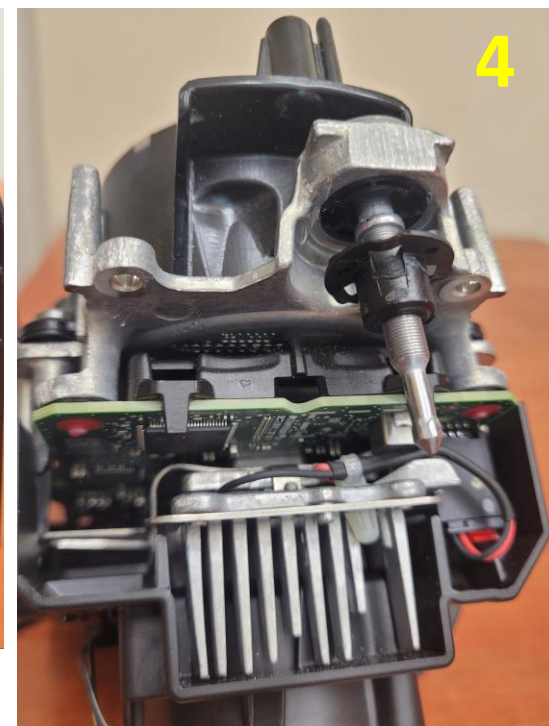


Odmienne wiązki
światła dla różnych
sytuacji



Typy świateł głównych pojazdów

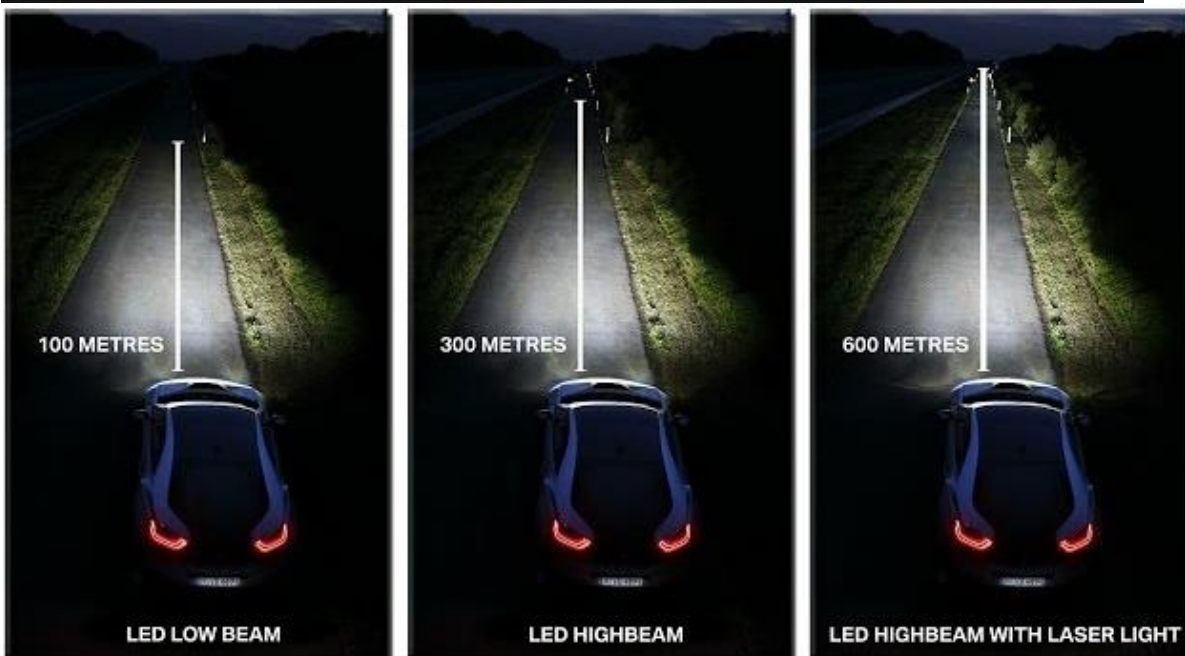
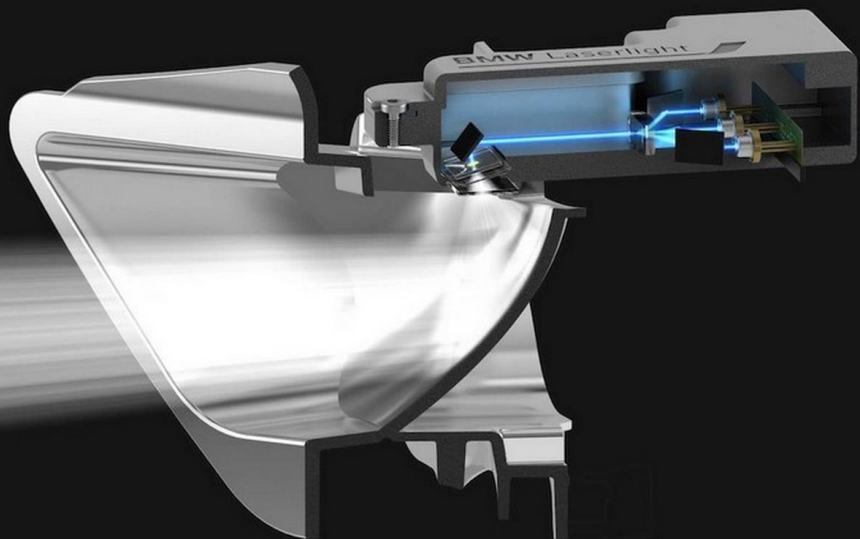
Projektor LED – matrycowe



1. Moduł LED – ok 100 diod
2. Optyka dla poszczególnych diod
3. Soczewka zamykająca projektor
4. Kompletny moduł

Typy świateł głównych pojazdów

Projektor LED – diody laserowe



- ☐ Dioda laserowa – wąski rozsył światła
- ☐ Duży zasięg świateł
- ☐ Bardzo precyzyjny rozsył

Typy źródeł światła

Porównanie parametrów:

źródło	η [lm/W]	Tb [K]	Ra [-]	Trwałość [h]
Żarówka halogenowa	30	3000	100	2000
Lampa wyładowcza	90	4000	70	4000
Dioda LED	150	4500	80	20000

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$$

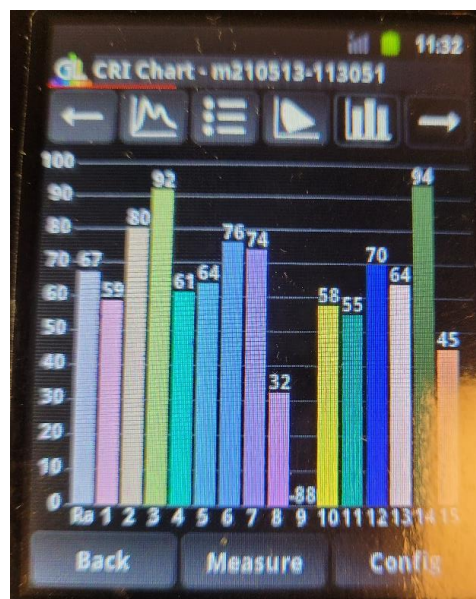
**Skuteczność
światlna**

Współczynnik oddawania barwy – składowe widma

Żarówka

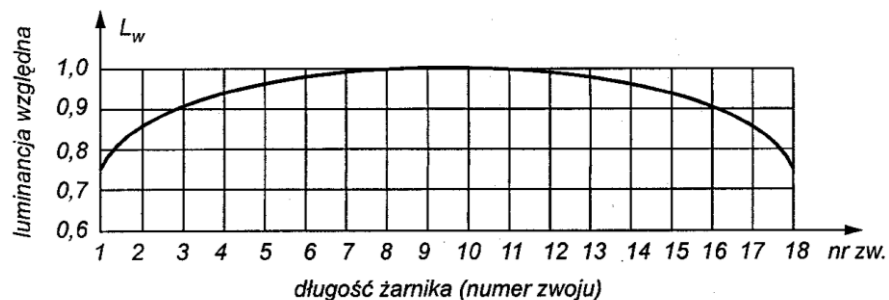
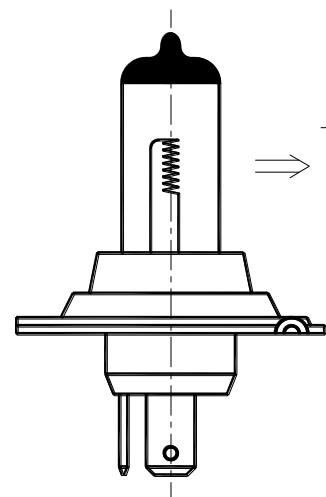
Lampa wyładowcza

Dioda LED



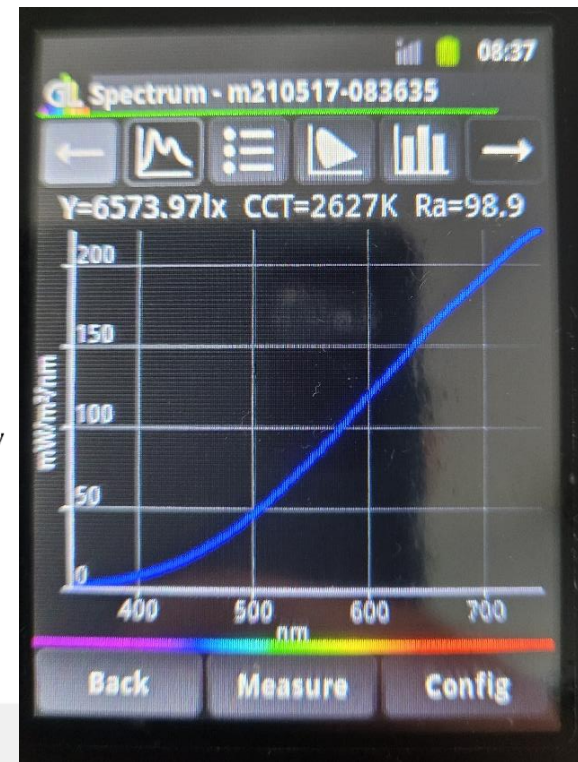
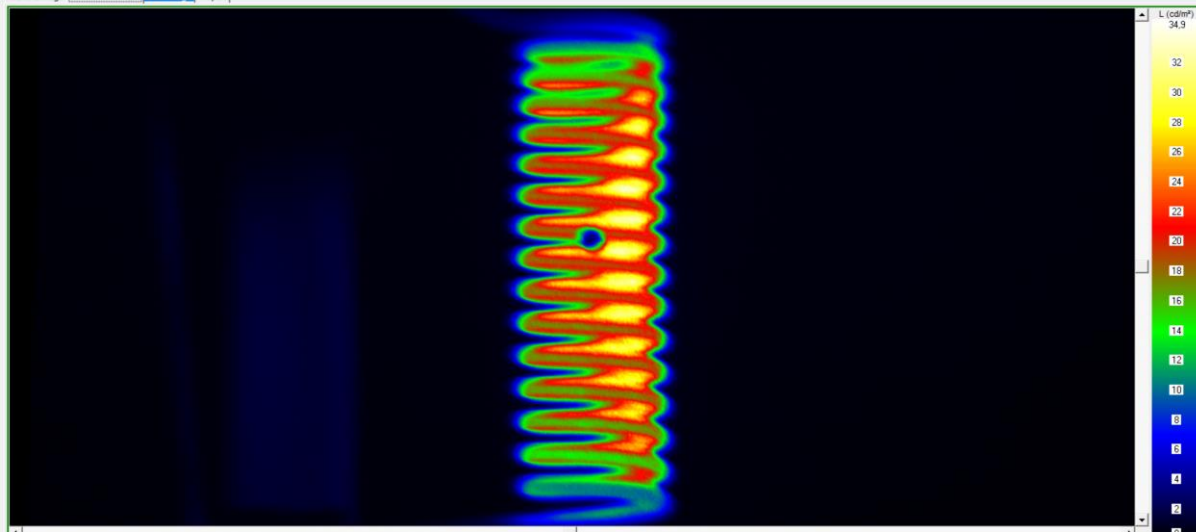
Typy źródeł światła

Żarówki



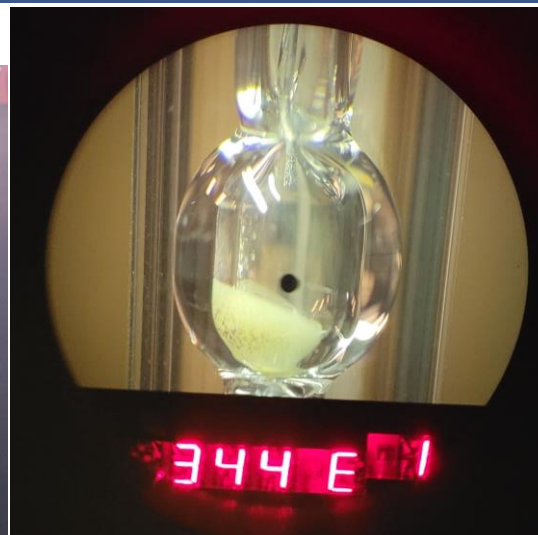
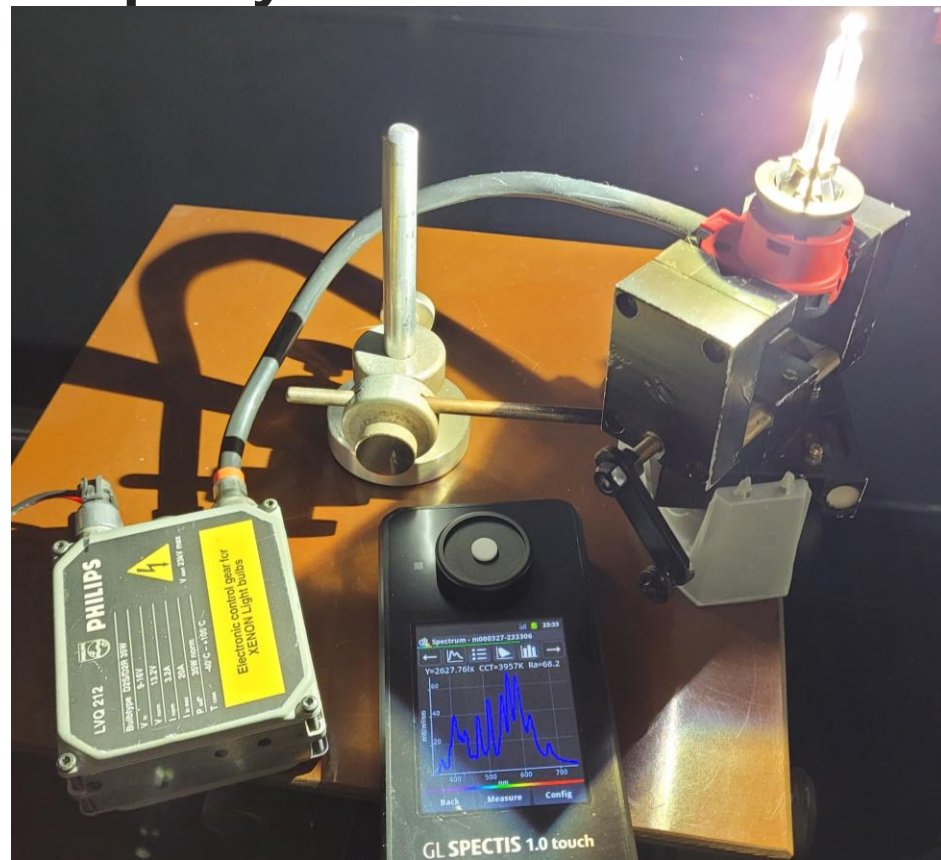
Wykresy luminancji względnej żarnika żarówek H1 otrzymany w drodze eksperymentów pomiarowo-teoretycznych

Zasada pracy:
rozgrzewanie żarnika

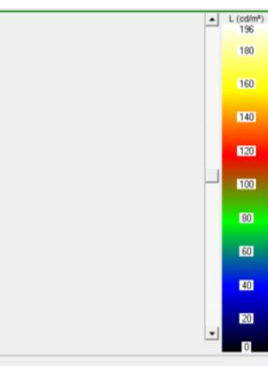
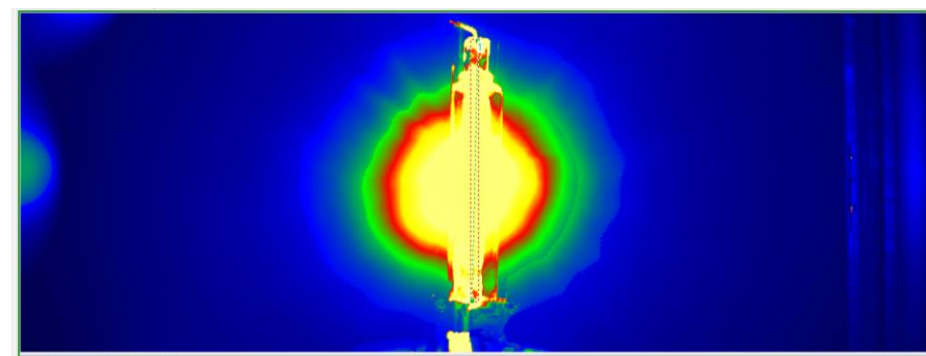


Typy źródeł światła

Lampa wyładowcowa



Zasada pracy:
wyładowanie między
elektrodami
Ksenon – przetwarza
nadfiolet na światło



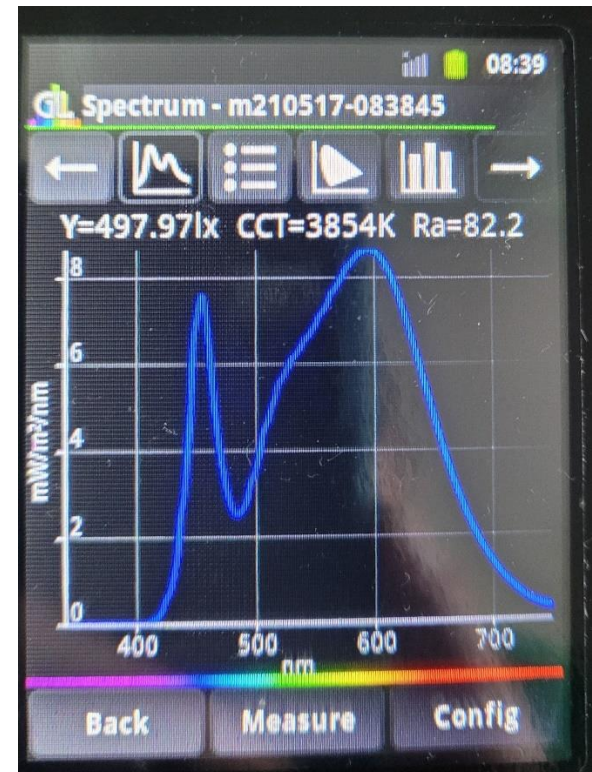
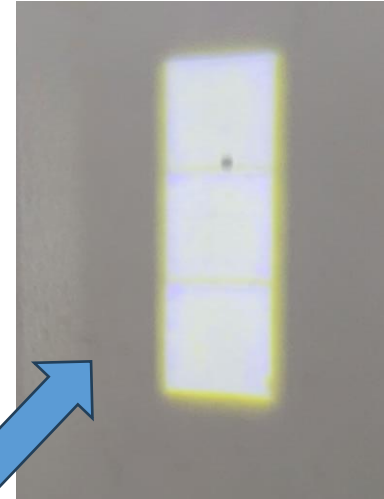
Typy źródeł światła

Dioda LED

Zasada pracy:

Rekombinacja
elektronów

Energia zamieniona
na kwant
promieniowania



Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych:



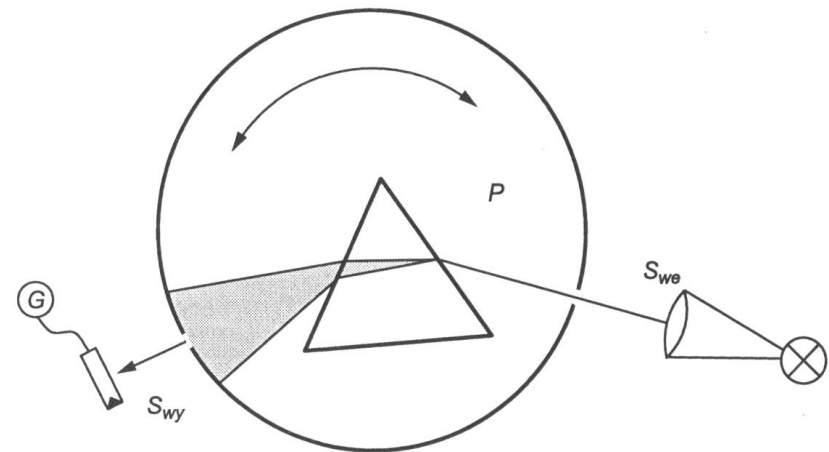
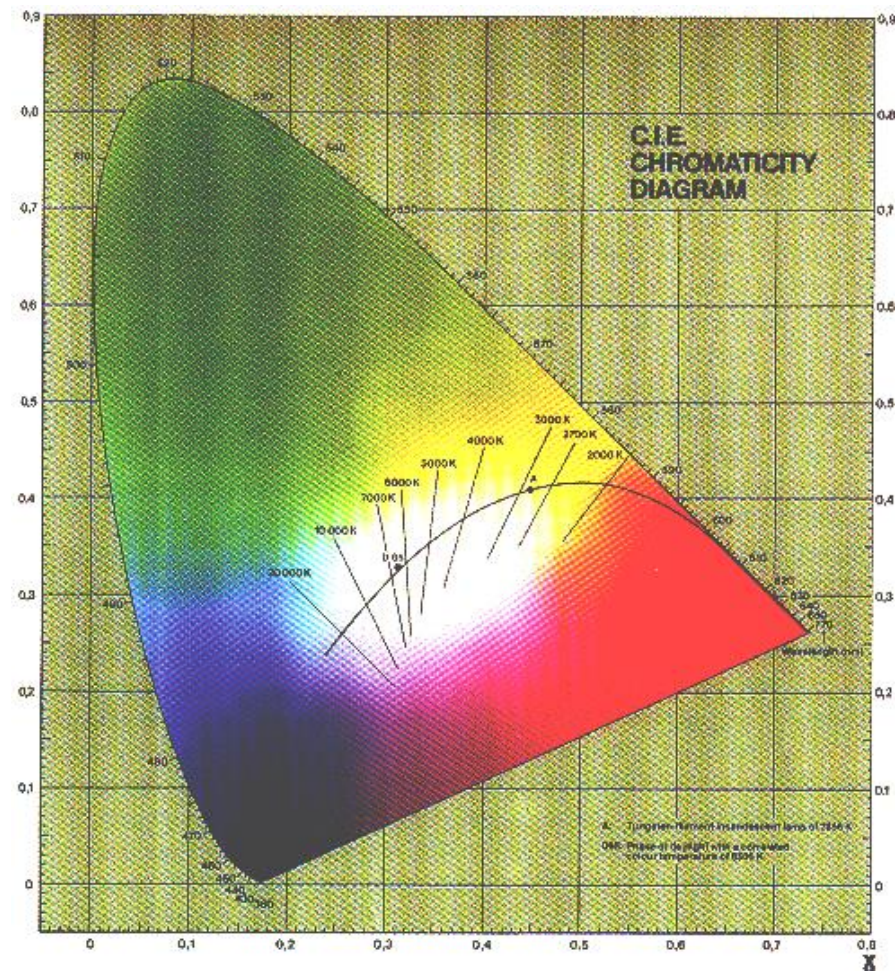
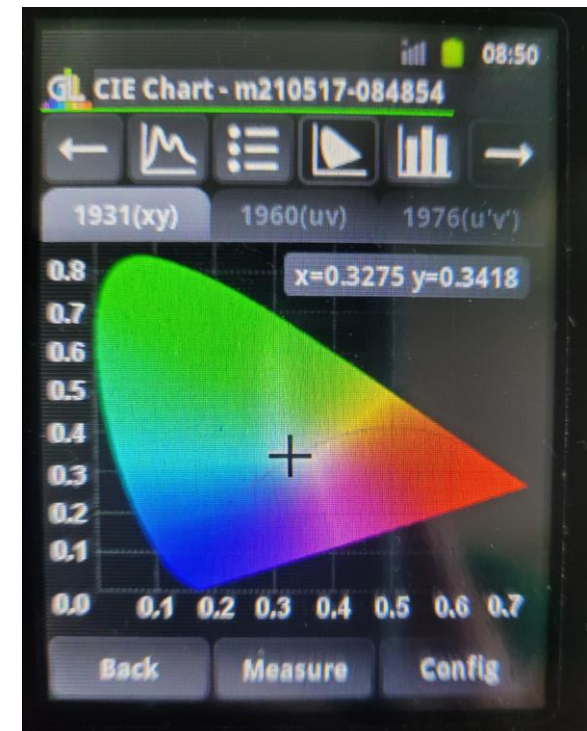
- ☐ **Zakresu chromatyczności** (barwy) światel
- ☐ **Poziomu natężenia oświetlenia** na ekranie fotometrycznym – projektory
- ☐ **Poziomu światłości** w określonym kierunku fotometrowania - **lampy sygnałowe**
- ☐ **Poziomu luminancji** - oświetlenie **tylnej tablicy rejestracyjnej**
- ☐ **Kątów widzialności** geometrycznej urządzeń świetlnych

Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

☐ Zakresu chromatyczności (barwy) światła:

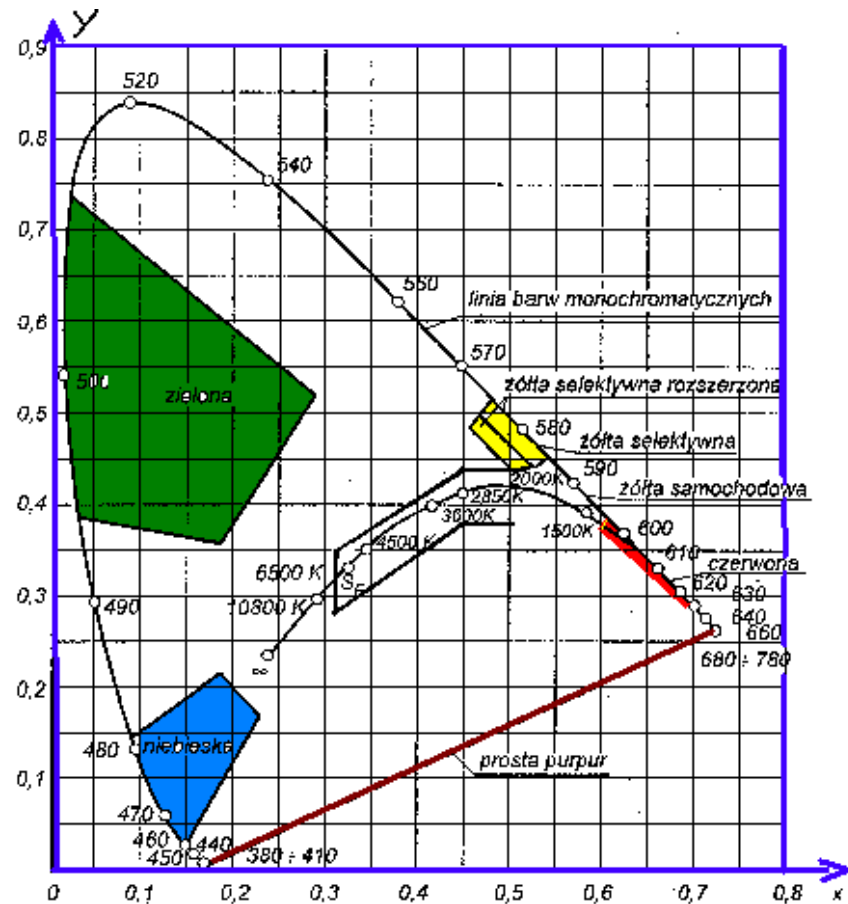
☐ Dotyczy wszystkich rodzajów

☐ Zdefiniowane w układzie XYZ



Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

□ Asymetryczne światła mijania z żarówką halogenowa



Barwa powinna być biała lub żółta selektywna, określona przez równania boków figury podane we współrzędnych trójkromatycznych od strony:

□ barwy czerwonej: $y > 0,58x + 0,138$

□ barwy zielonej: $y = 1,29x - 0,100$

□ barwy białej: $y > -x + 0,960$

□ linii barw monochromatycznych:

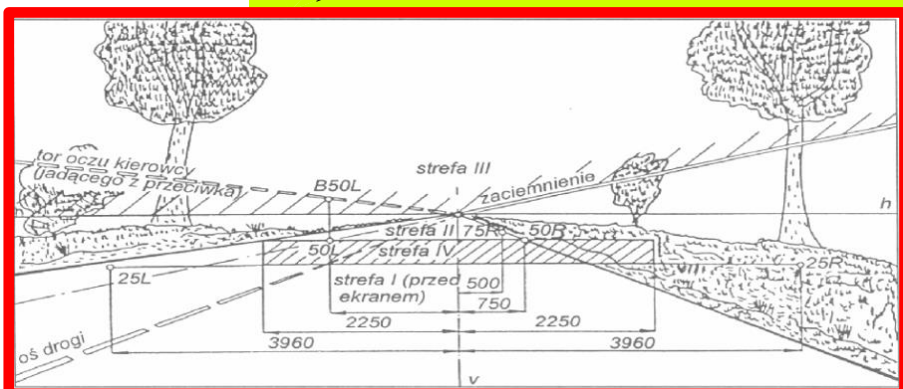
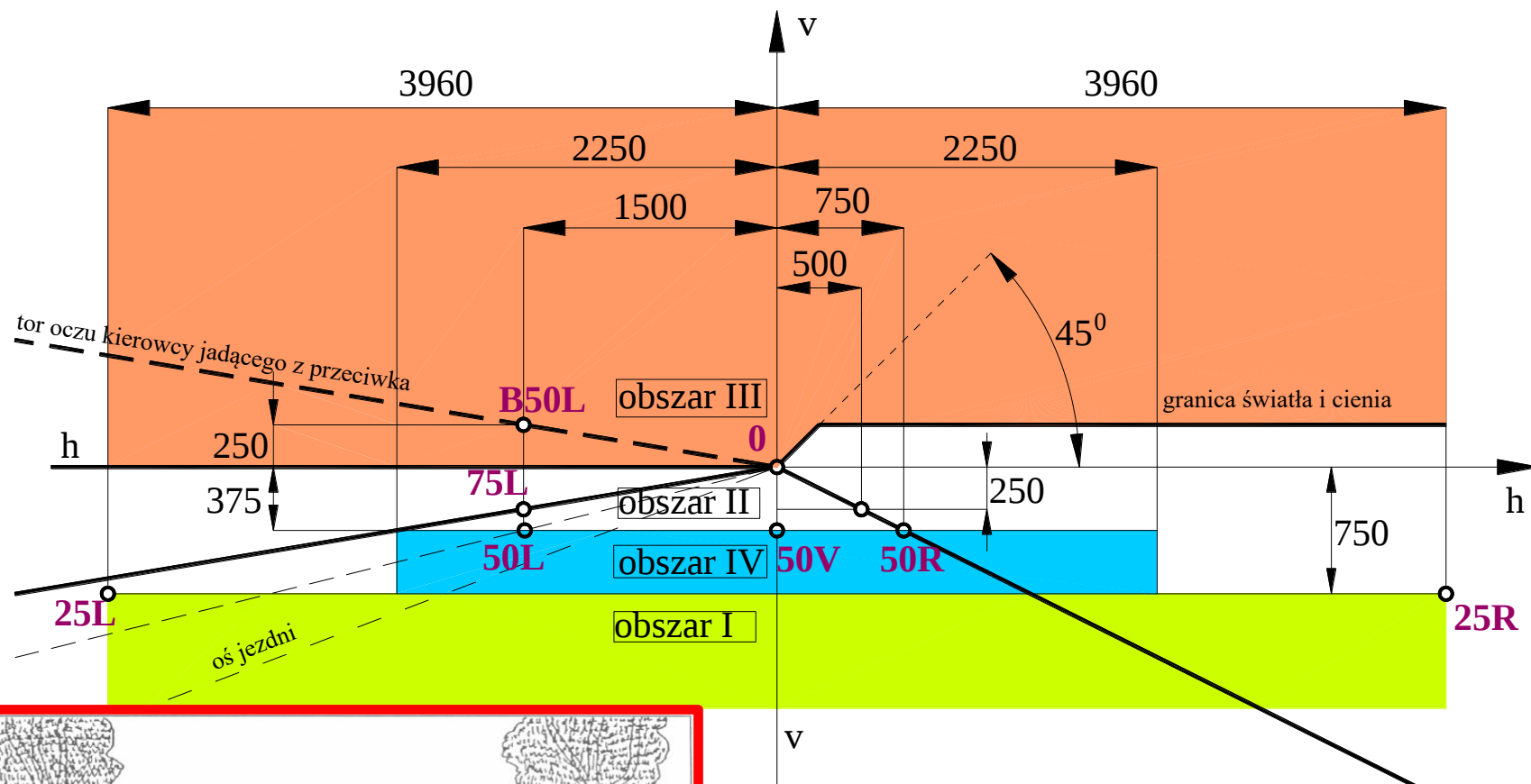
$$y > -x + 0,992$$

□ Długość fali dominującej: $\lambda = 575 \div 585$ [nm]

□ Czystość barwy: $p = 0,90 \div 0,98$

Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

- ❑ Poziomu natężenia oświetlenia na ekranie fotometrycznym – projektory – światła konwencjonalne z żarówką halogenową



Ekran fotometryczny – odzwierciedla drogę

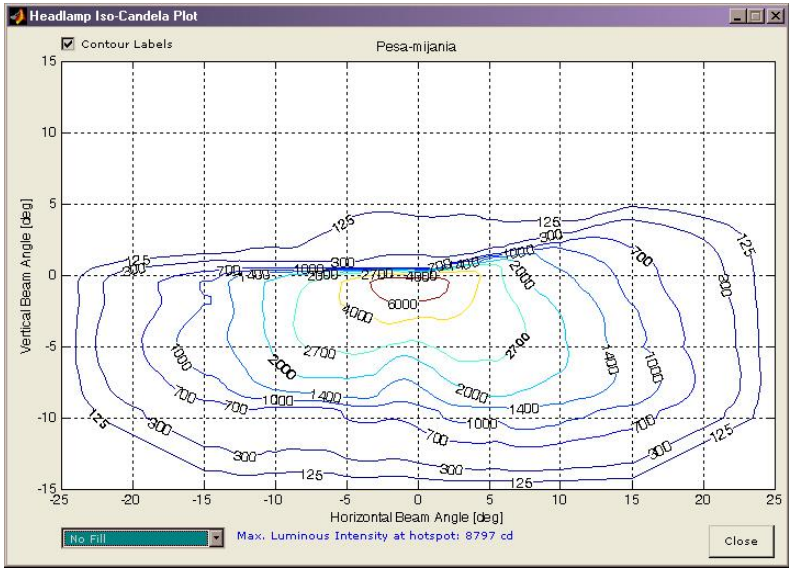
Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

Konwencjonalne – żarówka halogenowa

Oznaczenia punktu pomiarowego	Natężenie oświetlenia E [lx]
B50L*	$E \leq 0,3$
75L	$E \leq 12$
75R	$E \geq 12$
50L	$E \leq 15$
50R	$E \geq 12$
50V	$E \geq 6$
25L	$E \geq 2$
25R	$E \geq 2$
wszystkie punkty obszaru III	$E \leq 0,7$
wszystkie punkty obszaru IV	$E \geq 3$
wszystkie punkty obszaru I	$E \leq 2 \cdot E_{50R}$

- W projektorach z żarówkami typu H4 dopuszczalna wartość wynosi $E \leq 0,4 \text{ lx}$

Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

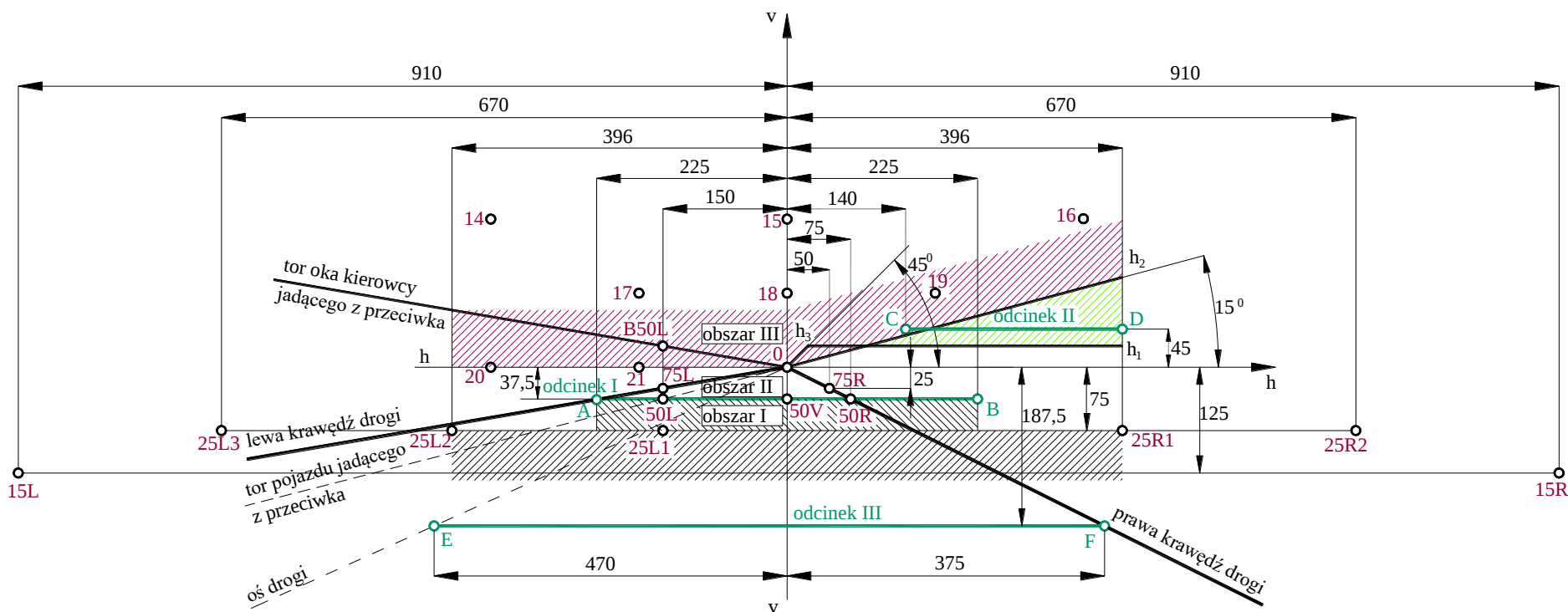


GŚiC – granica światła i cienia

- ❑ Żarówki klasyczne np. R2
- ❑ Żarówki halogenowe, lampy
wyładowcze, LED

Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

- ❑ Poziomu natężenia oświetlenia na ekranie fotometrycznym – projektory – **światła konwencjonalne z lampą wyładowczą**



Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych



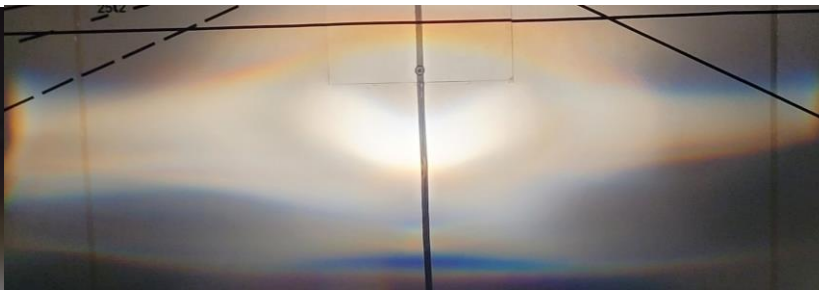
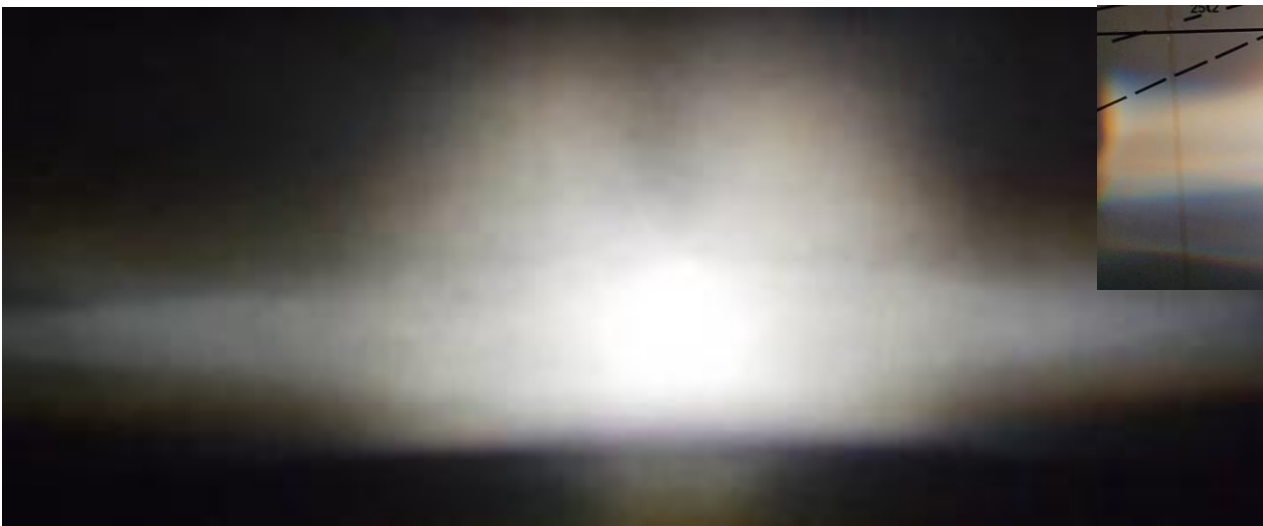
- ❑ Pomiar wykonywany z pomocą goniometru
- ❑ Automatyzacja procesu – geometria pomiaru

Punkty lub odcinki	Oznaczenia	Natężenie oświetlenia żarówka halogenowa (lx)	Natężenie oświetlenia lampa wyładowcza (lx)	Odległość punktu w poziomie (cm)	Odległość punktu w pionie (cm)
	Na i powyżej linii 0h2, lub na i powyżej linii 0h3h1		1 max		
1	0V		1 max	0	0
2	B 50 L	0,3 max	0,5 max	L 150	G 25
3	75 R	12 min	20 min	R 50	D 25
3a	75L	12 max	-	L 150	D 25
4	50 L	15 max	20 max	L 150	D 37,5
5	25 L1	-	30 max	L 150	D 75
6	50 V	6 min	12 min	0	D 37,5
7	50 R	12 min	20 min	R 75	D 37,5
8	25 L2	2 min	4 min	L 396	D 75
9	25 R1	2 min	4 min	R 396	D 75
10	25 L3	-	2 min	L 670	D 75
11	25 R3	-	2 min	R 670	D 75
12	15 L	-	1 min	L 910	D 125
13	15R	-	1 min	L 910	D 125
14			0,1 min	L 350	G 175
15			0,1 min	0	G 175
16			0,1 min	R 350	G 175
17			0,2 min	L 175	G 87,5
18			0,2 min	0	G 87,5
19			0,2 min	R 175	G 87,5
20			0,1 min	L 350	0
21			0,2 min	L 175	0
A do B	Odcinek I		6 min	L 225 do P 225	D 37,5
C do D	Odcinek II		6 max	R 140 do R 396	G 45
E do F	Odcinek III		20 max	L 417 do R 375	D 187,5
	Wszystkie punkty	0,7 min			
	Wszystkie punkty	3 max			
	Wszystkie punkty	E			
	E max P		70 max	Na prawo od	Powyżej D 75
	E max L		50	Na lewo od	

Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

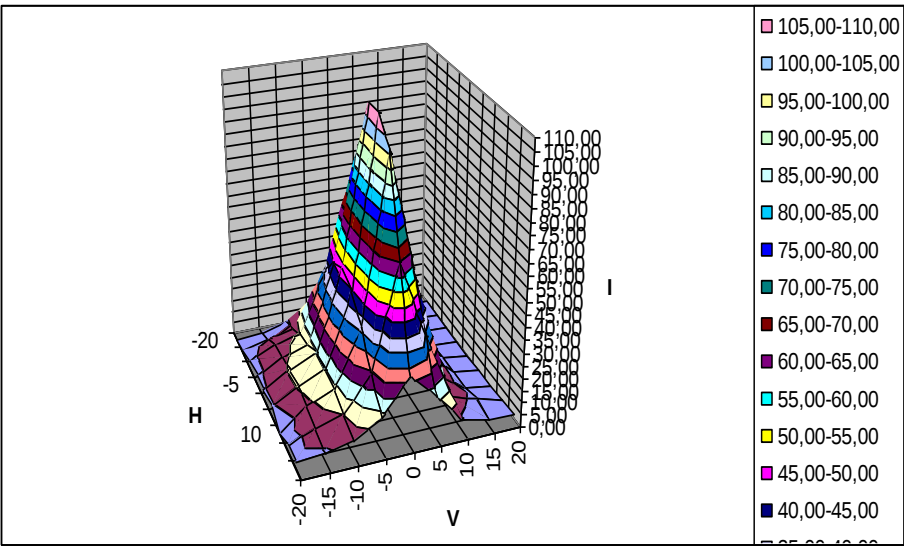
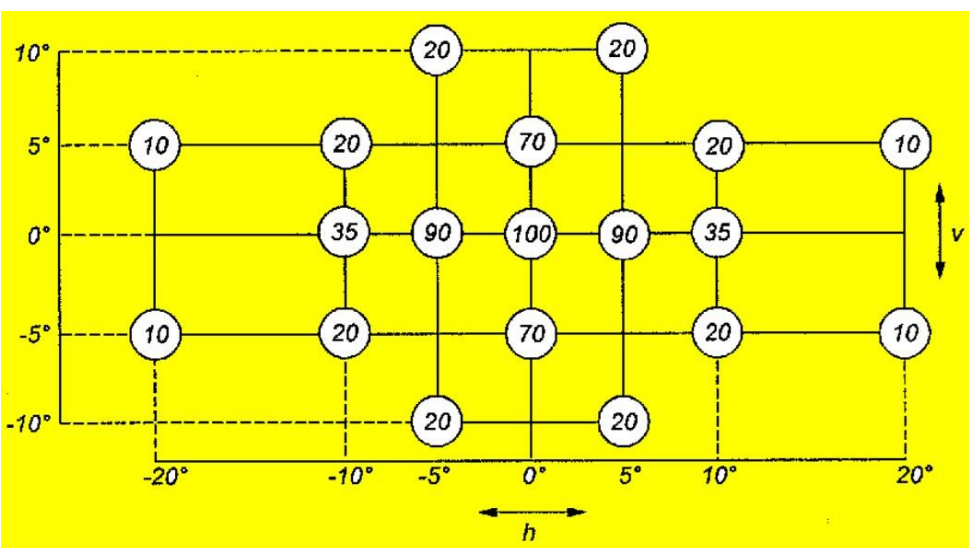
Światła drogowe – żarówka halogenowa

Punkt na ekranie pomiarowym		Natężenie oświetlenia E[1x]
współrzędne h [mm]	współrzędne v [mm]	
Punkt o maksymalnym natężeniu oświetlenia 240 ≥ E ≥ 48		
w zakresie:		E ≥ 24
od 0 do +1125	0	
od 0 do -1125	0	
w zakresie:		E ≥ 6
od +1125 do +2250	0	
od -1125 do -2250	0	



Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

Lampy sygnałowe – kierunek jazdy



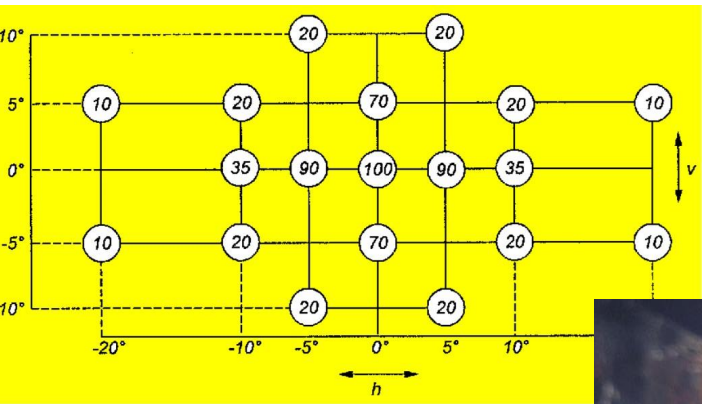
Rodzaj światła	Światłość [cd]	
	min	max
przednie	175	700
tylne	50	200
boczne	0,3	200



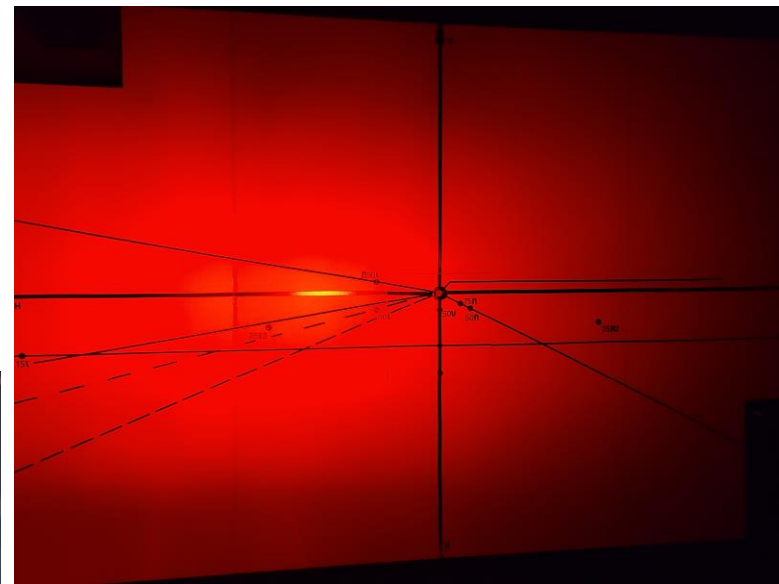
*Światłość w kierunkach – min. poziom w [%]
z wartości w osi 0-0*

Wymagania fotometryczne stawiane światłom pojazdów samochodowych

Lampy sygnałowe – pozycyjne

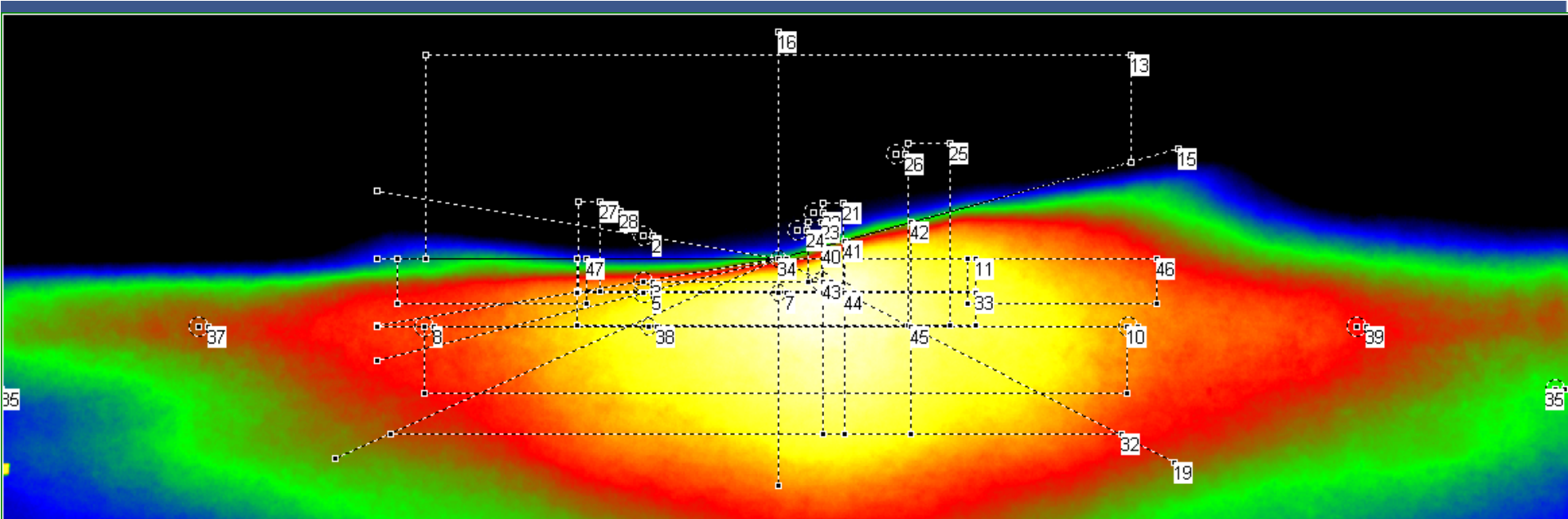


Światłość w kierunkach – min. poziom w [%] z wartości w osi 0-0



RODZAJ ŚWIATŁA	Światłość [cd]	
	minimum	maksimum
Przednie	4	60
Tylne	2	12

Badania światel głównych w oparciu o autorskie metodyki badawcze



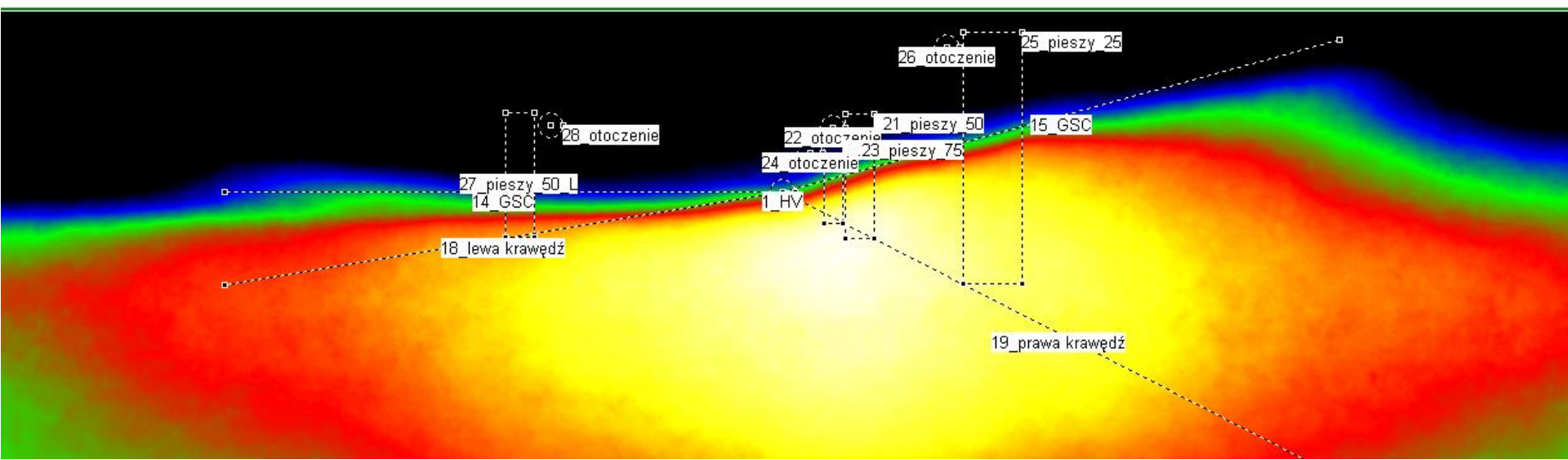
Nr	Nazwa	Nr	Nazwa	Nr	Nazwa
1	HV	17	To	33	Odcinek I
2	B50L	18	Lkd	34	Od
3	75L	19	Pkd	35	15R
4	75R	20	Tp	36	15L
5	50L	21	P50	37	25L3
6	50R	22	O50	38	25L1
7	50V	23	P75	39	25R2
8	25L	24	O75	40	RP1
9	25R	25	P25	41	RP2
10	Obszar I	26	O25	42	RP3
11	Obszar II	27	P50L	43	RW1
12	Obszar IV	28	O50L	44	RW2
13	Obszar III	29	RS1	45	RW3
14	GSC1	30	RS2	46	ZP
15	GSC2	31	RS3	47	ZL
16	V-V	32	Odcinek III		

Czy wymagania normatywne są wystarczające?

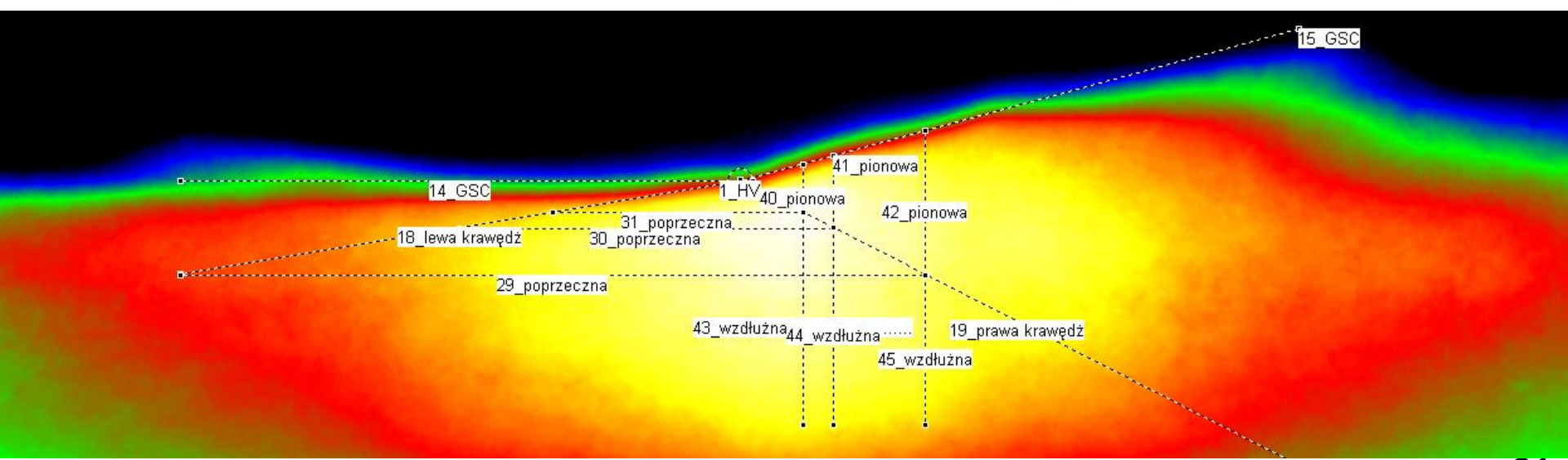
Widok rozkładu luminancji ekranu fotometrycznego z naniesionymi punktami i strefami oceny jakości – metoda oceny

Badania światel głównych w oparciu o autorskie metodyki badawcze

Ekran do badania kontrastu luminancji (obiekty, tło)

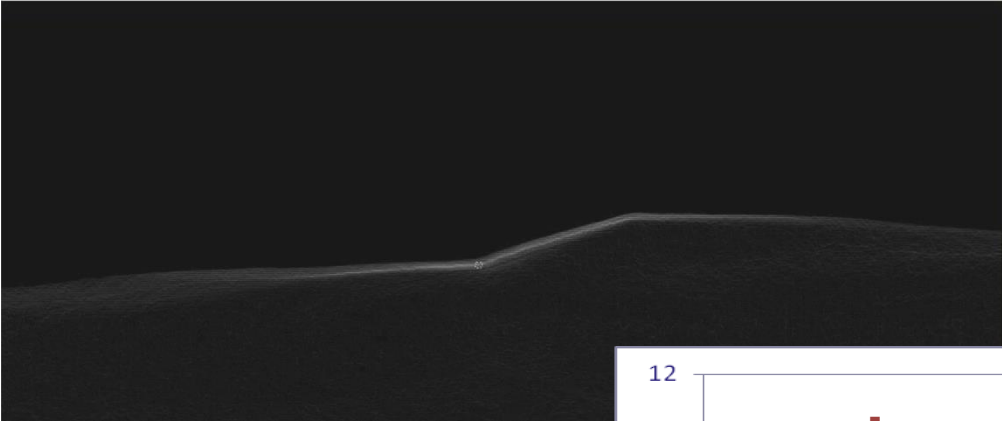
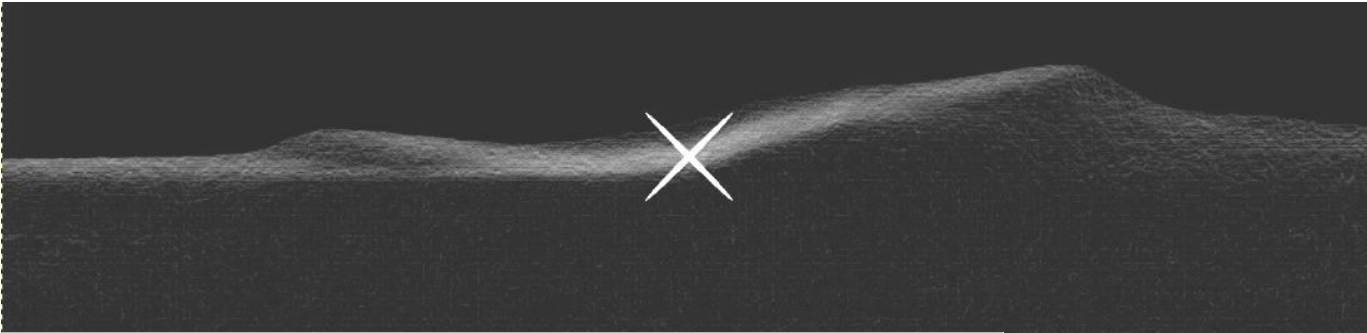


Ekran do badania równomierności rozkładu luminancji

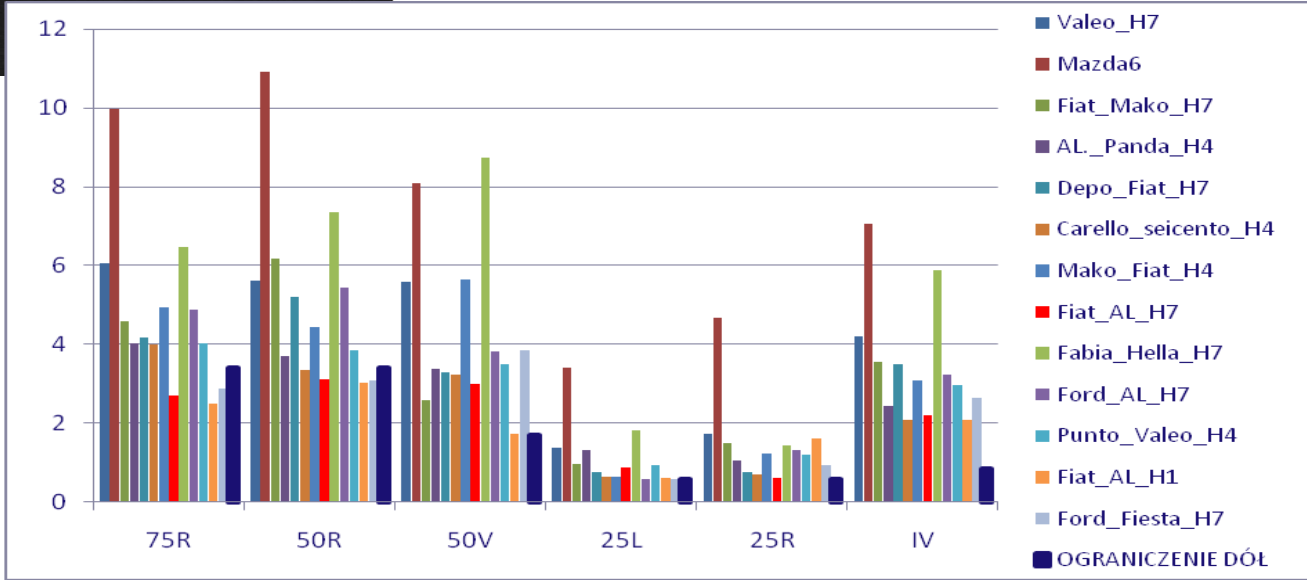


Badania świateł głównych w oparciu o autorskie metodyki badawcze

Bardzo ważne przy badaniu - prawidłowe ustawienie GSC

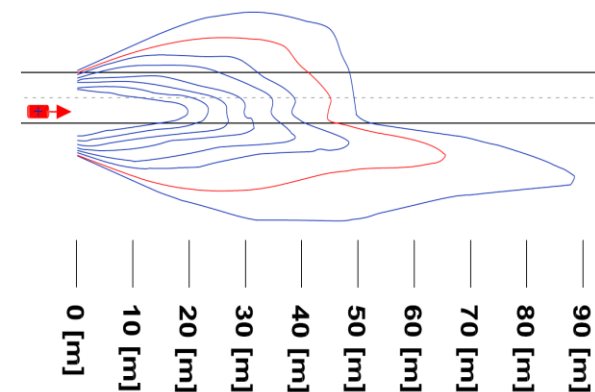
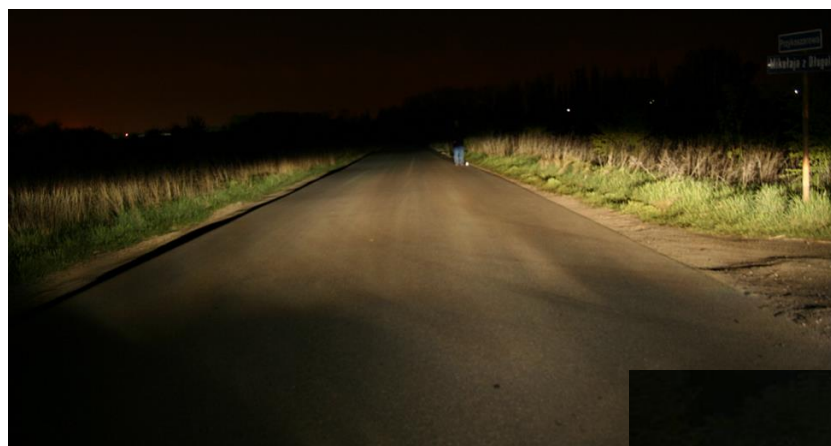
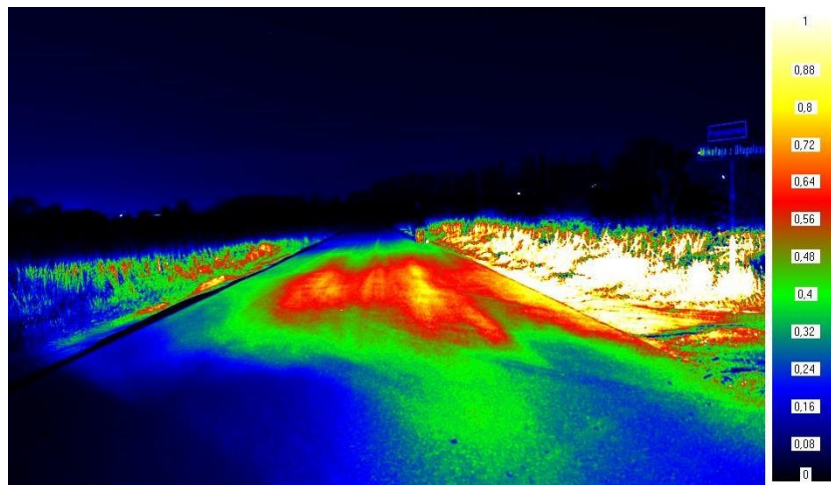
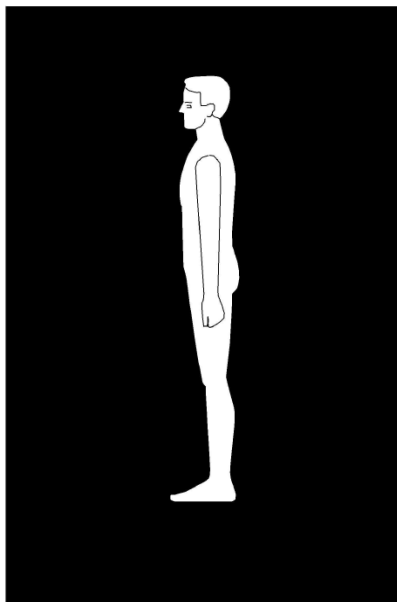


Różnice w poszczególnych punktach pomiarowych dla różnych typów projektorów



Światła na drodze

$$K = \frac{L_o - L_{tla}}{L_{tla}}$$



Światła samochodowe - kontrast dodatni



Światła na drodze

Ciągła zmiana kontrastu (+) $\longrightarrow$ (-) $\longrightarrow$ (0)



Światła na drodze



Zmiana
światel
drogowych
na mijania –
automatyczna
w oparciu o
analizę
obrazu z
kamery

Podsumowanie:

Wnioski:

- ❑ Światła samochodowe są coraz lepszej jakości zapewniają większy zasięg oświetlanego obszaru.
- ❑ Wytwarzają silny kontrast dodatni, który przeważa nad ujemnym kontrastem oświetlenia drogowego.
- ❑ Dominująca technologia staje się LED (w światłach oświetleniowych i sygnałowych).
- ❑ Światła matrycowe pozwalają na jeszcze większy efektywny zasięg, lecz mogą stanowić źródło olśnienia dla kierowców jadących z przeciwka.
- ❑ Światła laserowe mają tak duży zasięg, że ciężko go kontrolować.
- ❑ **Rzój technologii wymusza zmiany w wymaganiach, które chyba nie nadążają za tempem rozwoju światel współczesnego pojazdu.**

Dziękuję za uwagę



Marcin Chrzanowicz
marcin.chrzanowicz@pw.edu.pl



KONGRES BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO 2025

Kraków, 12-14 marca 2025 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl