

## WSPOMAGANE KOMPUTEROWO PROJEKTOWANIE OŚWIETLENIA ELEKTRYCZNEGO DROGI ROWEROWEJ

Stanisław CZAPP<sup>1</sup>, Kornel BOROWSKI<sup>1</sup>

1. Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk  
tel.: (58) 347 13 98 fax: (58) 347 18 98 e-mail: s.czapp@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono problemy projektowania energooszczędnego oświetlenia elektrycznego drogi rowerowej. Rozpatrzono trzy warianty oświetlenia: pierwszy – z lampami sodowymi wysokoprężnymi, drugi – z lampami sodowymi niskoprężnymi, trzeci – z lampami diodowymi. W obliczeniach oświetleniowych wykorzystano programy komputerowe DIALux i Excel.

**Słowa kluczowe:** oświetlenie elektryczne, projektowanie komputerowe

### 1. WSTĘP

Oświetlenie drogowe przyczynia się do zmniejszenia liczby wypadków oraz wpływa na komfort uczestników ruchu drogowego. Badania wykazują, że przy prawidłowym oświetleniu drogi liczba wypadków w nocy zmniejsza się od 30 do 45% [1].

Projektowanie oświetlenia drogowego jest zadaniem dość skomplikowanym i wymagającym od projektanta dużej wiedzy. Nieodzowna jest też znajomość programów komputerowych pozwalających na wykonanie symulacji oświetlenia w określonych warunkach.

Oświetlenie drogowe należy projektować zgodnie z wymaganiami raportu technicznego PKN-CEN/TR 13201-1 [2] oraz norm: PN-EN 13201-2 [3] i PN-EN 13201-3 [4], w których zawarto wytyczne dotyczące wyboru klasy oświetlenia, wymagania oświetleniowe dróg, zasady obliczeń parametrów oświetleniowych oraz inne przydatne wskazówki projektowe. Przydatnym opracowaniem jest komentarz [5] do raportu technicznego PKN-CEN/TR 13201-1 oraz normy PN-EN 13201-2. W ramach niniejszego artykułu przedstawiono wybrane wyniki uzyskane przy realizacji pracy [6] dotyczącej komputerowego projektowania oświetlenia elektrycznego dróg.

### 2. WYMAGANIA OŚWIETLENIOWE

Zgodnie z raportem technicznym [1] przeprowadzono proces wyboru grupy sytuacji oświetleniowej, a następnie klasy oświetlenia dla drogi rowerowej. Wybrano grupę sytuacji oświetleniowej C1 oraz klasę oświetlenia S2. W tabelicy 1 przedstawiono wymagania oświetleniowe dla klasy oświetlenia S2.

Tablica 1. Wymagania oświetleniowe dla klasy oświetlenia S2 – droga rowerowa [2]

Klasa	Najmniejsze dopuszczalne średnie natężenie oświetlenia $\bar{E}$ [lx]	Najmniejsze dopuszczalne natężenie oświetlenia $E_{min}$ [lx]
S2	10	3

W projekcie drogi rowerowej nie przewidywano istnienia sąsiadujących dróg w rozpatrywanych obszarach, toteż obszar sąsiadujący oznaczono jako pobocze normalnie nieoświetlone bez dodatkowych wymagań oświetleniowych.

Proces wyboru grupy sytuacji oświetleniowej oraz klasy oświetlenia można przeprowadzić w programie DIALux za pomocą wbudowanego intuicyjnego kreatora (rys. 1). Kolejno wyświetlane na ekranie pytania oraz możliwość wyboru odpowiedzi pozwalają określić odpowiednią klasę oświetlenia dla projektowanej drogi dużo szybciej i wygodniej, niż korzystając z tablic umieszczonych w normach.

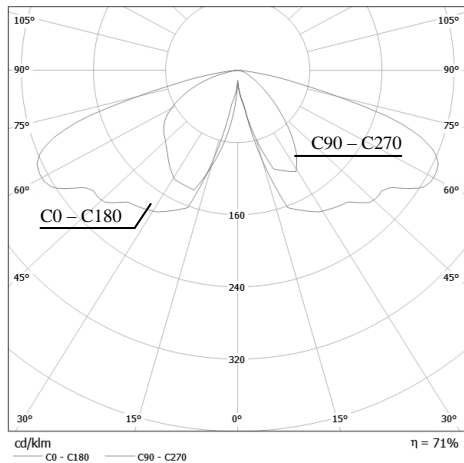


Rys. 1. Widok kreatora wyboru klasy oświetlenia w programie DIALux

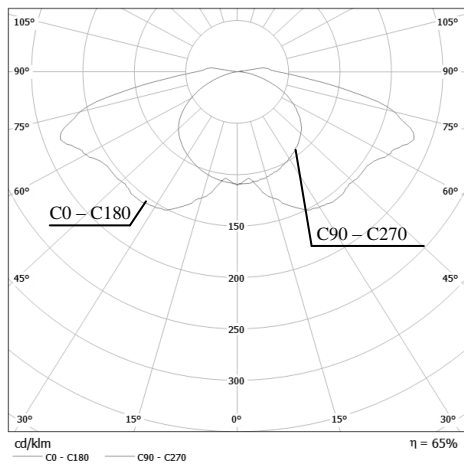
Kolejnym etapem projektu jest wybór wielkości pola obliczeniowego i siatki obliczeniowej. Realizację tego etapu również wspomaga program komputerowy. Pole i siatka obliczeniowa wybierane są tam automatycznie w zależności od ustawionych wcześniej parametrów jezdni oraz klasy oświetlenia.

### 3. OBLICZENIA

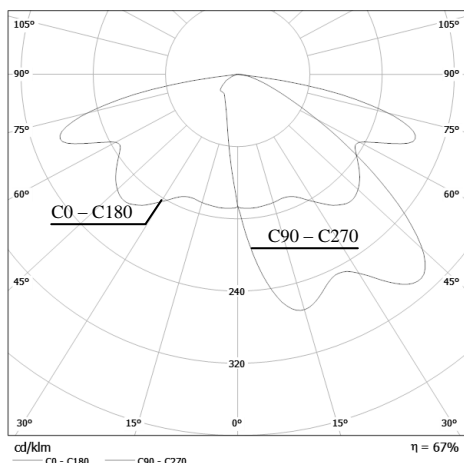
W celu prawidłowego wyznaczenia wszystkich wymaganych parametrów należy przeprowadzić szereg skomplikowanych obliczeń opisanych w normie [3].



Rys. 2. Krzywa rozsyłu światłości lampy sodowej wysokoprężnej



Rys. 3. Krzywa rozsyłu światłości lampy sodowej niskoprężnej



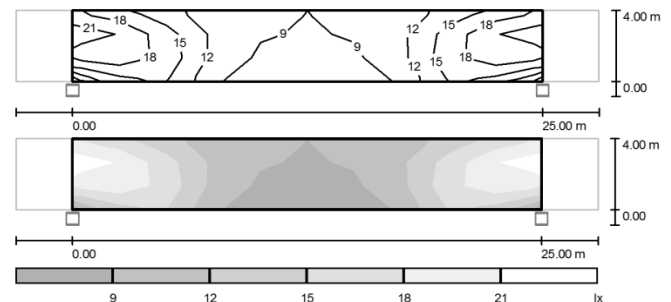
Rys. 4. Krzywa rozsyłu światłości lampy diodowej

Dzięki pełnej zgodności algorytmu obliczeniowego programu DIALux i wymagań norm, wyniki obliczeń z tego programu są miarodajne i mogą być wykorzystane w raktyce.

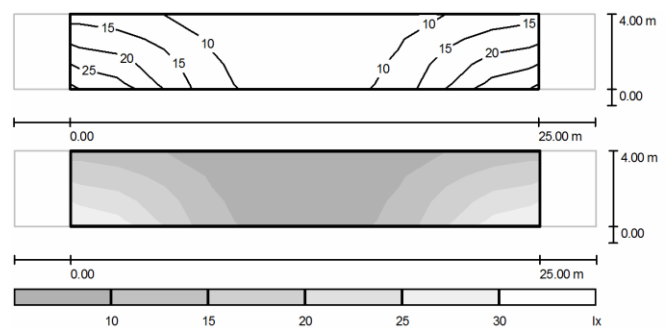
Wykonano trzy odrębne projekty – każdy projekt dotyczy innego typu lamp. Rozważano zastosowanie następujących lamp: sodowych wysokoprężnych, sodowych niskoprężnych, diodowych. Do poszczególnych projektów dobrano oprawy oświetleniową, jej kąt pochylenia względem jezdni, wysokość słupa oraz odstępy między punktami świetlnymi. Parametry te można zmieniać wielokrotnie i prawie natychmiast otrzymywać nowe wyniki obliczeń. Pozwalają na to znaczące moce obliczeniowe komputerów osobistych.

Na rysunkach od 2 do 4 przedstawiono krzywe rozsyłu światłości opraw oświetleniowych wykorzystywanych w projekcie oświetlenia drogi rowerowej. Dla odpowiedniego porównania wyników obliczeń fotometrycznych przygotowano szereg zestawień za pomocą wbudowanych w program DIALux narzędzi generowania wyników.

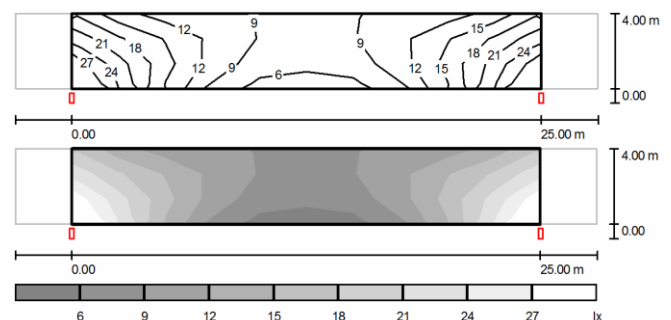
Możliwa jest również wizualizacja wyników obliczeń przy wykorzystaniu rysunków projektowanej jezdni z zaznaczonymi izoliniami. Przykładowe wyniki obliczeń przedstawiono na rysunkach od 5 do 7.



Rys. 5. Rozkład natężenia oświetlenia na drodze rowerowej; lampy sodowa wysokoprężna – izolinie

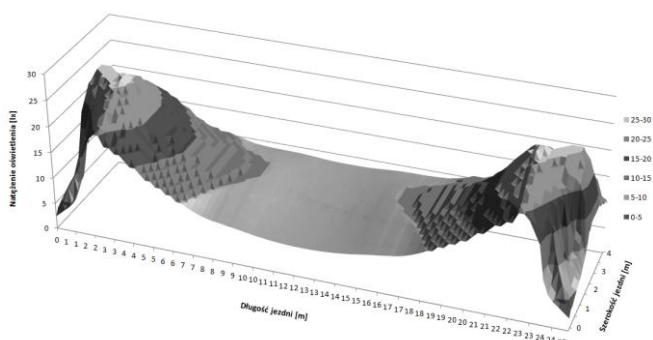


Rys. 6. Rozkład natężenia oświetlenia na drodze rowerowej; lampy sodowa niskoprężna – izolinie

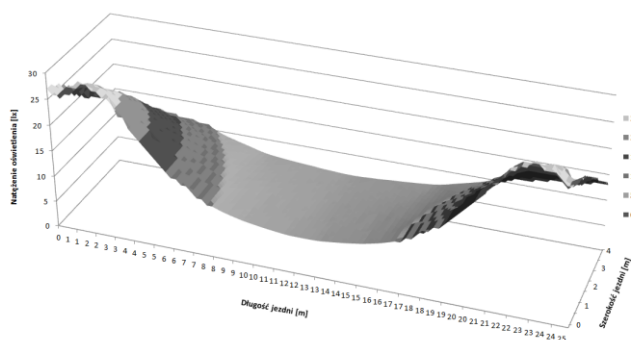


Rys. 7. Rozkład natężenia oświetlenia na drodze rowerowej; lampy diodowa – izolinie

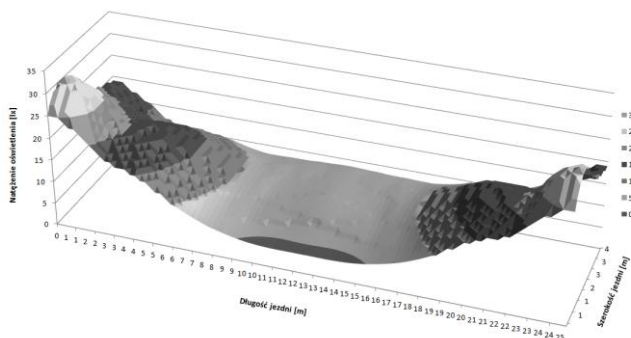
Na potrzeby pracy dyplomowej [6], za pomocą programu Excel, przygotowano również wykresy trójwymiarowe pokazujące m.in. natężenie oświetlenia na powierzchni jezdni, czego program DIALux nie oferuje (rys. od 8 do 10). Dane obliczeniowe wyeksportowano do programu Excel z programu DIALux, co jest kolejną zaletą tej aplikacji.



Rys. 8. Rozkład natężenia oświetlenia na drodze rowerowej; lampa sodowa wysokoprężna – wykres trójwymiarowy



Rys. 9. Rozkład natężenia oświetlenia na drodze rowerowej; lampa sodowa niskoprężna – wykres trójwymiarowy



Rys. 10. Rozkład natężenia oświetlenia na drodze rowerowej; lampa diodowa – wykres trójwymiarowy

Dzięki wizualizacji wyników obliczeń na wykresach trójwymiarowych wyraźnie widać różnice w natężeniu oświetlenia na powierzchni jezdni dla poszczególnych wariantów obliczeń. W przypadku stosowania opraw sodowych wysokoprężnych (rys. 8) widać znaczną nierównomierność oświetlenia, co potwierdziły późniejsze obliczenia dla tego przypadku współczynnika średniej równomierności oświetlenia.

#### 4. ANALIZA TECHNICZNA ROZPATRYWANYCH WARIANTÓW OŚWIETLENIA

Proces przeprowadzania analizy technicznej opierał się w głównej mierze na porównaniu parametrów technicznych

opraw oświetlenia drogowego dostarczanych przez producentów, instytuty i ośrodki badawcze oraz analizie danych zawartych w publikacji [7]. Najczęściej spotykane zestawienia parametrów technicznych dotyczą opraw oświetleniowych ze źródłami sodowymi wysokoprężnymi oraz opraw typu LED, ze względu na ich wzajemną rywalizację na rynku oświetlenia drogowego.

Analiza techniczna różnych lamp dotyczyła głównie ich sprawności, kompatybilności elektromagnetycznej, trwałości, czasu i rodzaju zapłonu, emisji strumienia świetlnego z oprawy oraz własności barwowych światła. Wybrane wyniki analizy technicznej zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Zestawienie wyników analizy technicznej

Parametr	Lampa sodowa wysokoprężna	Lampa sodowa niskoprężna	Lampa diodowa
Skuteczność świetlna [lm/W]	40÷150	100÷200	10÷110
Trwałość [h]	4000÷18 000	5000÷10 000	20 000÷60 000
Czas rozruchu lampy zimnej [min]	3÷7	7÷12	0
Czas rozruchu lampy nagrzanej [min]	1÷6	0	0
Prąd rozruchowy	$I \leq 1,6I_n$	$I \leq 1,6I_n$	$I \approx I_n$
Zakłócenia wprowadzane do sieci zasilającej	duże	duże	małe
Regulacja strumienia świetlnego	40%÷100%	brak	0%÷100%
Wskaźnik oddawania barw $R_a$	35	< 20	75÷90
Barwa światła	żółcista	żółtopomarańczowa	biała
Odporność na zmiany napięcia zasilającego	mała	duża	bardzo duża
Tętnienie strumienia świetlnego	duże	duże	brak
Odporność na zmiany temp. otoczenia	duża	duża	mała
Odporność na drgania	średnia	bardzo mała	duża

Przedstawione powyżej zestawienie danych technicznych lamp zdecydowanie przemawia za stosowaniem opraw ze źródłami diodowymi. Istotnym atutem tych źródeł światła jest ich trwałość, prąd rozruchowy bliski prądowi znamionowemu, możliwość pełnego sterowania strumieniem świetlnym, wysoki wskaźnik oddawania barw oraz biała barwa światła. Kolejnymi zaletami lamp diodowych, lecz mniej znaczącymi z punktu widzenia oświetlenia ulicznego, są:

natychmiastowy rozruch, wysoka odporność na zmiany napięcia zasilającego i brak tętnienia strumienia świetlnego. Przy wykorzystaniu lamp diodowych można budować oprawy oświetleniowe o bardzo smukłych kształtach, co jest niewykonalne w przypadku tradycyjnych źródeł światła.

## 5. PODSUMOWANIE

W oświetleniu drogowym dominują lampy sodowe wysokoprężne, ale zauważa się coraz więcej inwestycji wykonanych przy wykorzystaniu lamp diodowych. Jak wynika z danych zawartych w tabelicy 2, mają one wiele zalet. Z punktu widzenia technicznego lampy diodowe, jak wykazała powyższa analiza, mogą konkurować w oświetleniu drogowym z lampami sodowymi. Niestety, lampy diodowe mogą być opłacalne tylko w przypadku stosowania ich w miejscach o małym natężeniu ruchu takich, jak drogi rowerowe, trakty dla pieszych, parkingi [6]. Ciągły rozwój techniki oświetleniowej prognozuje coraz lepsze parametry świetlne oraz coraz większą sprawność źródeł LED. Lampy sodowe wysokoprężne są również rozwijane lecz nie w takim tempie, jak lampy diodowe. Wzrost zainteresowania inwestorów energooszczędnymi źródłami światła powoduje zwiększanie konkurencji w segmencie

producentów lamp diodowych, co jednocześnie wpływa na obniżenie ich ceny.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Pieniążek S.: Oświetlenie drogowe. Wybrane zagadnienia. ELGO Lighting Industries SA, 2009.
2. PKN-CEN/TR 13201-1:2007 Oświetlenie dróg. Część 1: Wybór klasy oświetlenia.
3. PN-EN 13201-2:2007 Oświetlenie dróg. Część 2: Wymagania oświetleniowe.
4. PN-EN 13201-3:2007 Oświetlenie dróg. Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych.
5. Komentarz do raportu technicznego PKN-CEN/TR 13201-1 oraz do normy PN-EN 13201-2. Oświetlenie dróg. Warszawa, COSiW SEP, 2007.
6. Borowski K.: Analiza porównawcza wybranych wariantów oświetlenia elektrycznego ulic. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2012.
7. Musiał E.: Przegląd elektrycznych źródeł światła. Główne właściwości i tendencje rozwojowe. INPE: Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych, Miesięcznik SEP, 2006, nr 79, s. 3-66.

## COMPUTER-AIDED DESIGN OF ELECTRIC LIGHTING OF A CYCLEPATH

**Key-words:** electric lighting, computer-aided design

In the paper computer design of electric lighting of a cyclepath is presented. Three version of the lighting is considered: the first – with high-pressure sodium lamps, the second – with low-pressure sodium lamps, the third – with LED lamps. For calculation of lighting the software DIALux and Excel were used.