

Wytyczne projektowania urządzeń do oświetlenia dróg zamiejskich i ulic

Część 1: Wymagania podstawowe i szczegółowe

02-2023.07.03

Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu

WR-D-72-1

WR-D-72-1

Wytyczne projektowania urządzeń do oświetlenia dróg zamiejskich i ulic. Część 1: Wymagania podstawowe i szczegółowe

Wersja: **02**

Obowiązuje od: **2023.07.03**

Rekomendował: **Minister Infrastruktury w dniu 21 grudnia 2022 r. (DDP-4.0600.27.2022)**

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych, ale stanowią jeden ze zbiorów zasad wiedzy technicznej w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
- 2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Opracował Zespół w składzie:

Marcin Chrzanowicz, Kazimierz Jamroz, Tomasz Krukowicz, Marek Kurkowski, Tomasz Mackun,
Hubert Moczyński, Michał Sajenko, Piotr Tomczuk, Joanna Bała-Żółtowska

Koordynator zamówienia: Stanisław Gaca

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury

Zdjęcie na okładce © Piotr Tomczuk

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach programu Operacyjnego Pomoc Techniczna.



Fundusze Europejskie
Pomoc Techniczna



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Wersja	Obowiązywała od	Obowiązywała do	Zakres zmian
01	2022.12.21	2023.07.02	-
02	2023.07.03		3.2; 4.5.2 (tab. 4.5.2.2)

Spis treści

1. Przedmiot i zakres stosowania

2. Wykaz opracowań powołanych

- 2.1. Akty prawne
- 2.2. Normy
- 2.3. Pozostałe opracowania

3. Definicje i objaśnienia skrótów

- 3.1. Definicje
- 3.2. Skrótory
- 3.3. Jednostki
- 3.4. Symbole

4. Wymagania techniczne i funkcjonalne w zakresie oświetlenia drogowego

- 4.1. Wymagania ogólne
- 4.2. Fazy cyklu życia urządzeń do oświetlenia
- 4.3. Podmioty odpowiedzialne za oświetlenie
- 4.4. Klasy oświetlenia drogowego
- 4.5. Wymagania techniczne w odniesieniu do instalacji oświetlenia drogowego
 - 4.5.1. Źródła światła stosowane w oświetleniu drogowym
 - 4.5.2. Drogowe oprawy oświetleniowe
 - 4.5.3. Zasilanie drogowych instalacji oświetleniowych
- 4.6. Efektywność energetyczna oświetlenia drogowego
- 4.7. Wymagania bezpieczeństwa ruchu drogowego
 - 4.7.1. Sytuowanie słupów oświetleniowych
 - 4.7.2. Bezpieczeństwo bierne słupów oświetleniowych

5. Ogólne zasady stosowania oświetlenia drogowego

- 5.1. Ograniczenia środowiskowe oświetlenia drogowego
- 5.2. Procedura postępowania z uwzględnieniem faz cyklu życia
- 5.3. Zakres prac w poszczególnych fazach cyklu życia instalacji oświetleniowej
- 5.4. Ogólna procedura projektowania oświetlenia drogowego
- 5.5. Modernizacja urządzeń do oświetlenia

6. Zasady oświetlenia drogi

- 6.1. Ocena konieczności oświetlenia drogi
- 6.2. Jezdnie na odcinkach poza obszarami skrzyżowań lub węzłów
- 6.3. Obszar węzła
- 6.4. Obszar skrzyżowania
- 6.5. Zjazdy
- 6.6. Drogi dla pieszych
- 6.7. Drogi dla rowerów oraz drogi dla pieszych i rowerów
- 6.8. Przejścia dla pieszych i urządzenia alternatywne
- 6.9. Przejazdy dla rowerów
- 6.10. Przystanki transportu zbiorowego
- 6.11. Place
- 6.12. Przejazdy tramwajowe i kolejowo-drogowe
- 6.13. Miejsca obsługi podróżnych

- 6.14. Parkingi i zatoki postojowe
- 6.15. Miejsca poboru opłat
- 6.16. Mosty i wiadukty
- 6.17. Tunele
- 6.18. Strefy przejściowe

7. Dobór klasy i rozwiązania oświetleniowego

- 7.1. Procedura projektowania rozwiązania oświetleniowego
- 7.2. Wymagane parametry techniczne do wyboru klasy oświetlenia drogowego
- 7.3. Wybór klasy oświetleniowej
- 7.4. Przeliczanie klasy oświetleniowej
- 7.5. Dobór elementów i parametrów systemu oświetleniowego
- 7.6. Obliczenia i symulacje parametrów oświetleniowych
- 7.7. Obliczenia wskaźników energetycznych
- 7.8. Zakres i zawartość projektu rozwiązania oświetleniowego

8. Wymagania dla instalacji elektrycznej do zasilania oświetlenia drogowego

- 8.1. Procedura projektowania instalacji elektrycznej
- 8.2. Dobór i lokalizacja urządzeń technicznych
 - 8.2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów
 - 8.2.2. Słupy oświetleniowe
- 8.3. Oszacowanie wielkości poboru i zapewnienie zasilania
- 8.4. Szacowanie wpływu na bezpieczeństwo, środowisko i koszty

9. Budowa i utrzymanie systemu oświetlenia drogowego

- 9.1. Wymagania dotyczące budowy systemów oświetleniowych
- 9.2. Procedura odbioru rozwiązań oświetleniowych
- 9.3. Zalecane wyposażenie kontrolno-pomiarowe
- 9.4. Pomiary odbiorcze
- 9.5. Zarządzanie systemem oświetlenia
- 9.6. Pomiary kontrolne

1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Przedmiotem wytycznych są zasady projektowania urządzeń drogi w postaci urządzeń do oświetlenia dróg zamiejskich i ulic. Wytyczne zawierają także zasady realizacji i utrzymania tych urządzeń.

(2) Wytyczne stosuje się w przypadku urządzeń do oświetlenia na drogach publicznych, jednak zaleca się ich stosowanie także w przypadku urządzeń do oświetlenia na drogach wewnętrznych.

(3) Głównym celem wytycznych jest zapewnienie komfortu, bezpieczeństwa i płynności ruchu, bezpieczeństwa publicznego i właściwych warunków widzenia dla wszystkich uczestników ruchu drogowego przez ujednoczenie zasad projektowania, instalowania, odbioru i utrzymania urządzeń do oświetlenia.

(4) W Polsce zasady oświetlenia dróg regulują normy [25], [26], [27] i [28] oraz raport techniczny międzynarodowej organizacji oświetleniowej [24].

(5) Wytyczne stanowią uzupełnienie ww. norm w zakresie oświetlenia dróg zamiejskich i ulic. Raport techniczny [24] nie podaje kryteriów uściślających podjęcie decyzji o realizacji oświetlenia drogowego oraz jakie urządzenia do oświetlenia powinny być zastosowane w przypadku poszczególnych części drogi. Dokumenty te precyzują pewne ramy, jednak założono, że każdy kraj Unii Europejskiej może dostosować przepisy do lokalnych uwarunkowań, między innymi ze względu na różną strefę klimatyczną (szerokość i długość geograficzną) oraz uwarunkowania lokalne (wynikające ze stanu infrastruktury drogowej oraz udziału poszczególnych uczestników w ruchu drogowym).

(6) Uzupełnienie niniejszych wytycznych stanowi katalog typowych rozwiązań urządzeń do oświetlenia zawarty w WR-D-72-2.

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Akty prawne

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/19/UE z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE) (Dz. Urz. UE L 197, 24.07.2012, str. 38-71, z późn. zm.).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia (Dz. Urz. UE L 96, 29.03.2014, str. 357-374).
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. Urz. UE L 96, 29.03.2014, str. 79-106, z późn. zm.).
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE z dnia 8 czerwca 2011 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. Urz. UE L 174, 01.07.2011, str. 88-110, z późn. zm.).
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią (Dz. Urz. UE L 285, 31.10.2009, str. 10-35, z późn. zm.).
- [6] Rozporządzenie Komisji (UE) 2019/2020 z dnia 1 października 2019 r. ustanawiające wymogi dotyczące ekoprojektu dla źródeł światła i oddzielnego osprzętu sterującego na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE oraz uchylające rozporządzenia Komisji (WE) nr 244/2009, (WE) nr 245/2009 i (UE) nr 1194/2012 (Dz. Urz. UE L 315, 05.12.2019, str. 209-240, z późn. zm.).
- [7] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. poz. 1912, z późn. zm.).
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. poz. 623, z późn. zm.).
- [9] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2022 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (Dz. U. poz. 1392).
- [10] Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz. U. poz. 806).
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie (Dz. U. poz. 1744, z późn. zm.).
- [12] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2022 r. poz. 1679).
- [13] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. poz. 1247, z późn. zm.).
- [14] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz. U. z 2022 r. poz. 1693, z późn. zm.).
- [15] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2021 r. poz. 2351, z późn. zm.).
- [16] Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych oraz o Krajowym Funduszu Drogowym (Dz. U. z 2022 r. poz. 659, z późn. zm.).
- [17] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz. U. z 2022 r. poz. 1385, z późn. zm.).

- [18] Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. U. z 2022 r. poz. 2233).
- [19] Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej (Dz. U. z 2021 r. poz. 2166, z późn. zm.).

2.2. Normy

- [20] N SEP-E-004:2014/A1:2019-05 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.
- [21] PN-EN 12464-2:2014-05 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz.
- [22] PN-EN 12665:2018-08 Światło i oświetlenie. Podstawowe terminy oraz kryteria określania wymagań dotyczących oświetlenia.
- [23] PN-EN 12767:2019-12 Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych. Wymagania i metody badań.
- [24] PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg. Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia.
- [25] PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg. Część 2: Wymagania eksploatacyjne.
- [26] PN-EN 13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg. Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych.
- [27] PN-EN 13201-4:2016-03 Oświetlenie dróg. Część 4: Metody pomiaru efektywności oświetlenia.
- [28] PN-EN 13201-5:2016-03 Oświetlenie dróg. Część 5: Wskaźniki efektywności energetycznej.
- [29] PN-EN 13032-5:2019-01 Światło i oświetlenie. Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych. Część 5: Prezentacja danych dla opraw używanych do oświetlenia drogowego.
- [30] PN-EN 16276:2013-04 Oświetlenie ewakuacyjne w tunelach drogowych.
- [31] PN-EN 62262:2003 Stopnie ochrony przed zewnętrznymi uderzeniami mechanicznymi zapewnianej przez obudowy urządzeń elektrycznych (Kod IK).
- [32] PN-EN 50525-2-31:2011 Przewody elektryczne. Niskonapięciowe przewody elektroenergetyczne na napięcie znamionowe nieprzekraczające 450/750 V (U_o/U). Część 2-31: Przewody ogólnego zastosowania. Przewody jednożyłowe, bez powłoki, o izolacji z termoplastycznego polwinitu (PVC).
- [33] PN-EN IEC 55015:2019-11 Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne.
- [34] PN-EN IEC 55015:2019-11/A11:2020-07 Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne.
- [35] PN-HD 603 S1:2006/A3:2009 Kable elektroenergetyczne na napięcie znamionowe.
- [36] PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).
- [37] PN-EN IEC 60598-1:2021-07 Oprawy oświetleniowe. Część 1: Wymagania ogólne i badania.
- [38] PN-EN 60598-2-3:2006 Oprawy oświetleniowe. Część 2-3: Wymagania szczegółowe. Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne.
- [39] PN-EN 60598-2-3:2006/A1:2012 Oprawy oświetleniowe. Część 2-3: Wymagania szczegółowe. Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne.

- [40] PN-EN IEC 61000-3-2:2019-04 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 3-2: Poziomy dopuszczalne. Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika ≤ 16 A).
- [41] PN-EN IEC 61000-3-2:2019-04/A1:2021-08 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 3-2: Poziomy dopuszczalne. Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika ≤ 16 A).
- [42] PN-EN 50160:2010/A1:2015-02 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych.
- [43] PN-EN 61000-3-3:2013-10 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 3-3: Poziomy dopuszczalne. Ograniczanie zmian napięcia, wahań napięcia i migotania światła w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia, powodowanych przez odbiorniki o fazowym prądzie znamionowym $<$ lub $= 16$ A przyłączone bezwarunkowo.
- [44] PN-EN 61000-3-3:2013-10/A1:2019-10 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 3-3: Poziomy dopuszczalne. Ograniczanie zmian napięcia, wahań napięcia i migotania światła w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia, powodowanych przez odbiorniki o fazowym prądzie znamionowym $<$ lub $= 16$ A przyłączone bezwarunkowo.
- [45] PN-EN 61547:2009 Sprzęt do ogólnych celów oświetleniowych. Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej.
- [46] PN-EN 62471:2010 Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych.
- [47] PN-EN 62493:2015-11 Ocena sprzętu oświetleniowego związana z ekspozycją człowieka na działanie pól elektromagnetycznych.
- [48] PN-EN IEC 63000:2019-01 Dokumentacja techniczna do oceny produktów elektrycznych i elektronicznych w odniesieniu do ograniczenia substancji niebezpiecznych.
- [49] PN-EN 40-5:2004 Słupy oświetleniowe. Część 5: Słupy oświetleniowe stalowe. Wymagania.
- [50] PN-EN 40-6:2004 Słupy oświetleniowe. Część 6: Słupy oświetleniowe aluminiowe. Wymagania.
- [51] PN-EN 40-7:2004 Słupy oświetleniowe. Część 7: Słupy oświetleniowe z kompozytów polimerowych wzmocnionych włóknem szklanym. Wymagania.

2.3. Pozostałe opracowania

- [52] CIE 88:2004 Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses.
- [53] CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic.
- [54] CIE 150:2017 Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations, Second Edition.
- [55] CIE 171:2006 Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs.
- [56] Guidance Note GN01/21 The Reduction of Obtrusive Light, ILP, 2021.
- [57] Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2019 rok, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2020.
- [58] Unijne kryteria zielonych zamówień publicznych na oświetlenie drogowe i sygnalizację świetlną. SWD (2018) 494, final, Komisja Europejska, Bruksela, 2018.

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

Bryła fotometryczna i biegunowy wykres rozsyłu światła – opis sposobu, w jaki rozchodzi się w przestrzeni strumień świetlny pochodzący od oprawy oświetleniowej, często przedstawiany za pomocą krzywych na wykresie. Biegunowy wykres rozsyłu światła ilustruje sposób rozsyłu strumienia światła przez źródło światła (oprawę oświetleniową).

Klasa oświetlenia – opisana literą (np. M, C, P, EV, HS, SC, PC), określa parametry oświetlenia i ich poziomy w odniesieniu do rodzaju użytkowników drogi lub części drogi, wraz z ich wymaganiami wizualnymi, dynamiką poruszania się, potencjalnymi konfliktami między nimi oraz przestrzenią, w której się poruszają (np. droga, droga dla pieszych, przejście dla pieszych itd.).

Latarnia drogowa – urządzenie drogi składające się ze słupa oświetleniowego, oprawy oświetleniowej, przewodów instalacji elektrycznej i tabliczki zaciskowo-bezpiecznikowej.

Luminancja – intensywność wrażenia świetlnego odbieranego przez ludzkie oko, spoglądające na powierzchnię oświetlaną lub powierzchnię świecąca. Luminancja jest to iloraz światłości w danym kierunku elementarnego pola otaczającego dany punkt, do pozornej powierzchni pola, widzianego z danego kierunku. Może być także zdefiniowana jako intensywność jaskrawości przypisywana danej powierzchni (np. sylwetki pieszego lub jezdni). Poziom luminancji nawierzchni jezdni jest podstawowym kryterium stosowanym w oświetleniu dróg. Pomiar luminancji przeprowadzany jest za pomocą miernika luminancji.

Natężenie oświetlenia – gęstość powierzchniowa strumienia świetlnego padającego na daną płaszczyznę, czyli jest to stosunek strumienia świetlnego padającego na płaszczyznę do jej pola powierzchni. 1 luks [lx] jest to natężenie oświetlenia wytworzone przez strumień świetlny 1 lumina [lm] równomiernie rozłożonego na powierzchni o polu 1 metra kwadratowego [m²]. Pomiar natężenia oświetlenia przeprowadzany jest za pomocą luksomierza. Wyróżnia się m. in. natężenie oświetlenia w płaszczyźnie pionowej E_v i poziomej E_h . Natężenie oświetlenia jest dodatkowym kryterium stosowanym w oświetleniu dróg.

Obszar oświetlony – obszar w pasie drogowym, gdzie droga lub jej część są celowo oświetlone.

Obszar nieoświetlony – obszar w pasie drogowym, gdzie droga lub jej część nie są celowo oświetlone.

Olśnienie – wrażenie wywołane niewłaściwym poziomem lub rozkładem luminancji w polu widzenia użytkownika drogi. Ze względu na skutki, jakie wywołuje olśnienie, rozróżnia się trzy jego rodzaje: olśnienie przykre, olśnienie przeszkadzające, olśnienie oślepiające – powodujące utratę sprawności wzrokowej kierowcy.

Oprawa oświetleniowa – urządzenie służące do rozdzielenia, filtracji i przekształcania strumienia świetlnego wysyłanego przez źródło (lub źródła) światła, zawierające wszystkie niezbędne elementy i podzespoły do przymocowania i połączenia z instalacją elektryczną. Oprawa wyposażona jest także w elementy zasilające (np. zasilacze, stateczniki, układy zapłonowe itp.) i niekiedy sterujące (np. fotokomórki, czujniki ruchu itp.). Głównym zadaniem oprawy oświetleniowej jest właściwe ukierunkowanie strumienia świetlnego pochodzącego ze źródła światła, zgodnie z potrzebą oświetlanej powierzchni. Dystrybucję strumienia świetlnego oprawy opisuje się np. za pomocą krzywych rozsyłu światłości.

Oświetlenie adaptacyjne – oświetlenie, którego parametry oświetleniowe mogą być zmienne w czasie, w zależności od natężeń ruchu pojazdów lub pieszych, detekcji pieszych, pory doby, warunków pogodowych lub innych czynników.

Rozwiązanie oświetleniowe – zestaw urządzeń do oświetlenia (instalacja elektryczna, słupy i oprawy) zaprojektowany w konfiguracji, która umożliwia uzyskanie założonych parametrów oświetlenia.

Skuteczność świetlna – iloraz strumienia świetlnego emitowanego na zewnątrz oprawy i mocy czynnej oprawy.

Słup oświetleniowy – konstrukcja wsporcza osadzona bezpośrednio w gruncie lub na fundamencie, służąca do zamocowania jednej lub wielu opraw oświetleniowych, która składa się z jednej lub więcej części (słupa – masztu (trzonu), przedłużenia, wysięgnika), wraz z możliwością zamontowania wewnątrz słupa elementów elektrycznych, zabezpieczeń, sterowników i okablowania.

3.2. Skróty

BRD – bezpieczeństwo ruchu drogowego.

CE (fr. Conformité Européenne) – oznaczenie zgodności z dyrektywami Unii Europejskiej.

DALI i DALI-2 (ang. Digital Addressable Lighting Interface) – cyfrowe, adresowalne interfejsy używane do zarządzania oświetleniem.

D4i (ang. DALI standard for intelligent) – standard przesyłu danych DALI dla inteligentnych instalacji oświetleniowych.

EMC (ang. ElectroMagnetic Compatibility) – kompatybilność elektromagnetyczna.

GIS (ang. Geographics Information System) – system informacji geograficznej.

LDV (ang. Low Voltage Directive) – dyrektywa niskonapięciowa.

PLC (ang. Power Line Communication) – sterowanie przez instalację elektryczną.

RoHS (ang. Restriction of (the use of certain) Hazardous Substances in electrical and electronic Equipment) – ograniczenia (stosowania niektórych) niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym.

THD (ang. Total Harmonic Distortion) – współczynnik zawartości harmoniczných (w prądzie THDI w napięciu THDU).

3.3. Jednostki

Jednostka	Opis
[Ah]	amperogodzina
[cd]	kandela
[cd·m ⁻²]	kandela na metr kwadratowy
[kV]	kilowolt
[kWh]	kilowatogodzina
[km·h ⁻¹]	kilometr na godzinę
[lm]	lumen
[lm·m ⁻²]	lumen na metr kwadratowy
[lm·W ⁻¹]	lumen na wat
[lx]	luks
[m·s ⁻¹]	metr na sekundę
[s]	sekunda
[V]	wolt
[W]	wat
[W·m ⁻²]	wat na metr kwadratowy

3.4. Symbole

Symbol	Jednostka	Nazwa lub opis
A	[m ²]	oświetlana powierzchnia
D _E	[W·h·m ⁻²]	roczny wskaźnik zużycia energii (AECI)
D _p	[W·lx ⁻¹ ·m ⁻²]	wskaźnik gęstości mocy (PDI)
DLOR	[%]	udział strumienia świetlnego oprawy emitowanego poniżej horyzontu
E	[lx]	natężenie oświetlenia
E _{śr}	[lx]	wartość średnia natężenia oświetlenia
E _{min}	[lx]	wartość minimalna natężenia oświetlenia
E _v	[lx]	wartość pionowego natężenia oświetlenia
E _{vśr}	[lx]	wartość średnia pionowego natężenia oświetlenia
E _{vmin}	[lx]	wartość minimalna pionowego natężenia oświetlenia
E _{scmin}	[lx]	wartość minimalna półcylicydrycznego natężenia oświetlenia
E _{hs}	[lx]	wartość półsferycznego natężenia oświetlenia
E _{hśr}	[lx]	wartość średnia poziomego natężenia oświetlenia
E _{hmin}	[lx]	wartość minimalna poziomego natężenia oświetlenia
f _{rl}	[%]	przyrost wartości progowej luminancji, związany z poziomem olśnienia przeszkadzającego
I	[cd]	światłość
L _{śr}	[cd·m ⁻²]	wartość średnia luminancji jezdni
L _b	[cd·m ⁻²]	luminancja fasady budynku
L _c	[cd·m ⁻²]	luminancja obszaru nieba
L _e	[cd·m ⁻²]	luminancja obszaru otoczenia
L _r	[cd·m ⁻²]	luminancja obszaru drogi
L _s	[cd·m ⁻²]	Luminancja powierzchni emitującej światło (tablica reklamowa, szyld, itp.)
L _{th}	[cd·m ⁻²]	luminancja obszaru strefy progowej
m	[-]	liczba okresów pracy instalacji na różnych poziomach mocy opraw
n	[-]	liczba oświetlanych obszarów
n _{ip}	[-]	liczba punktów świetlnych związanych z instalacją oświetlenia
P	[W]	moc czynna
P _{ad}	[W]	moc czynna urządzeń dodatkowych w instalacji oświetleniowej
Q _o	[cd·m ⁻² ·lx ⁻¹]	średni współczynnik luminancji
R _a	[-]	wskaźnik oddawania barwy (CRI)
R _{ei}	[-]	współczynnik oświetlenia poboczy jezdni
R _{GL}	[-]	wskaźnik olśnienia
ρ	[%]	wartość współczynnika odbicia
S _a	[m]	długość strefy przejściowej
t	[h]	czas pracy instalacji
t _a	[s]	czas adaptacji wzroku do warunków oświetleniowych
T _c	[K]	temperatura barwowa źródła światła
ULOR	[%]	udział strumienia świetlnego oprawy emitowanego powyżej horyzontu
UFR	[%]	współczynnik strumienia świetlnego wypromieniowanego w górę
U _o	[-]	równomierność ogólna
U _{ow}	[-]	równomierność ogólna w warunkach mokrych
U _L	[-]	równomierność wzdłużna

Symbol	Jednostka	Nazwa lub opis
U_d	[-]	zróżnicowanie poziomu oświetlenia
V_{dp}	[km·h ⁻¹]	prędkość do projektowania
V_w	[-]	wagi w procedurze wyznaczania klasy oświetleniowej
ε	[%]	wskaźnik zajętości otoczenia w 20° polu widzenia
γ	[%]	wskaźnik zajętości nieba w 20° polu widzenia
Φ	[lm]	strumień świetlny
ρ_r	[%]	wskaźnik zajętości drogi w 20° polu widzenia
φ	[°]	kąt przesunięcia fazowego
η	[lm·W ⁻¹]	skuteczność świetlna
τ	[%]	wskaźnik zajętości strefy progowej w 20° polu widzenia

4. Wymagania techniczne i funkcjonalne w zakresie oświetlenia drogowego

4.1. Wymagania ogólne

(1) Urządzenia do oświetlenia stanowią urządzenia drogi mające na celu zapewnienie poprawnej obserwacji drogi i jej otoczenia (w tym poszczególnych części drogi) wszystkim uczestnikom ruchu w porze ograniczonej widzialności, poprawiając poziom BRD.

(2) Urządzenia do oświetlenia projektuje, wykonuje i użytkuje się zgodnie z aktualnymi normami.

(3) W celu oświetlenia drogi lub jej części stosuje się zasady zawarte w raporcie technicznym [24] oraz normach [22], [25], [26], [27] i [28].

(4) Osprzęt oświetleniowy (źródło światła, oprawa oświetleniowa, urządzenie kontrolno-sterujące i zasilające) powinien spełniać warunki określone w szczególności w rozporządzeniu [10], ustawie [18] oraz normach [29], [33], [34], [35], [37], [38], [39], [40], [41], [45], [46], [47] i [48], a także posiadać ważną deklarację zgodności CE.

(5) Osprzęt elektryczny powinien spełniać warunki określone w szczególności w normach [20], [31], [32], [36], [43] i [44].

(6) Przyjęte na etapie projektowania klasy oświetleniowe zapewnia się zarówno na etapie realizacji, jak i nieprzerwanie na etapie użytkowania drogi.

(7) Urządzenia do oświetlenia powinny spełniać następujące wymagania:

- a) zapewniać stały w czasie i przestrzeni poziom oświetlenia drogi lub jej części dla wszystkich uczestników ruchu drogowego,
- b) zapewniać odpowiednią równomierność oświetlenia drogi,
- c) zapewniać prawidłowe prowadzenie wzroku kierujących pojazdami,
- d) ograniczać olśnienia kierujących pojazdami,
- e) ograniczać energochłonność,
- f) ograniczać oddziaływanie na środowisko (lokalne i globalne), rozumiane jako ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, zanieczyszczenia światłem oraz negatywnego wpływu na organizmy żywe (florę i faunę),
- g) ograniczać koszty budowy, utrzymania i eksploatacji w cyklu życia,
- h) spójności wizualnej.

(8) W celu maksymalizacji efektywności inwestycji oraz minimalizacji oddziaływania na środowiska zaleca się stosowanie materiałów stworzonych z myślą o gospodarce w obiegu zamkniętym, o jak najdłuższej żywotności i możliwe najniższym śladzie węglowym w całym cyklu życia.

4.2. Fazy cyklu życia urządzeń do oświetlenia

(1) W cyklu życia urządzenia do oświetlenia wyróżnia się cztery podstawowe fazy, zróżnicowane pod względem zakresu wykonywanych czynności (rys. 4.2.1).

(2) Faza projektowania urządzenia do oświetlenia obejmuje wykonanie prac przygotowawczych, planistycznych, obliczeniowych oraz wykonanie dokumentacji.

(3) Faza budowy urządzenia do oświetlenia obejmuje prace budowlane, kontrolne, odbiorcze oraz powykonawcze.

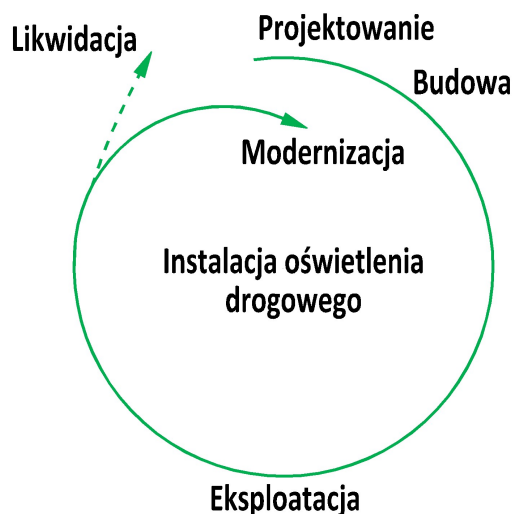
(4) Faza eksploatacji urządzenia do oświetlenia związana jest z wszelkim działaniem zapewniającym niezawodne funkcjonowanie urządzenia. W jej zakresie możemy wyróżnić:

- a) monitoring – polegający na przeglądach i pomiarach kontrolnych,
- b) utrzymanie – polegające na czyszczeniu oraz naprawach interwencyjnych.

(5) Faza ostatnia prowadzi do likwidacji urządzenia do oświetlenia, podczas której jest ono demontowane i utylizowane.

(6) Podczas demontażu urządzenia do oświetlenia wszystkie istotne elementy oddziela się i odzyskuje zgodnie z dyrektywą [1].

(7) Każda wymiana elementów urządzenia do oświetlenia (np. wymiana wszystkich opraw) istotnie wpływająca na parametry techniczne powoduje zakończenie cyklu życia i rozpoczęcie kolejnego.



Rys. 4.2.1. Fazy cyklu życia urządzenia do oświetlenia

4.3. Podmioty odpowiedzialne za oświetlenie

(1) Podmioty odpowiedzialne za oświetlenie dróg określa tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Podmioty odpowiedzialne za oświetlenie dróg

Droga lub jej część	Zadanie własne		
	Gminy (w granicach administracyjnych)	Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad	Spółki, której powierzono budowę i eksploatację albo wyłącznie eksploatację autostrady
Droga gminna	✓	✗	✗
Droga powiatowa	✓	✗	✗
Droga wojewódzka	✓	✗	✗
Droga krajowa niebędąca autostradą i drogą ekspresową, przebiegająca w granicach terenu zabudowy	✓	✗	✗
Część drogi krajowej niebędącej autostradą płatną, wymagająca odrębnego oświetlenia: <ul style="list-style-type: none"> • przeznaczona do ruchu pieszych lub rowerów, • stanowiąca dodatkową jezdnię obsługującą ruch z terenów przyległych do pasa drogowego drogi krajowej 	✓	✗	✗
Droga krajowa niebędąca autostradą i drogą ekspresową, przebiegająca poza granicami terenu zabudowy	✗	✓	✗
Droga krajowa będąca autostradą (w tym płatną)	✗	✓	✓
Droga krajowa będąca drogą ekspresową	✗	✓	✗
Część drogi krajowej będącej autostradą płatną, wymagająca odrębnego oświetlenia: <ul style="list-style-type: none"> • przeznaczona do ruchu pieszych lub rowerów, • stanowiąca dodatkową jezdnię obsługującą ruch z terenów przyległych do pasa drogowego drogi krajowej 	✗	✓	✓

(2) Poza zakresem zadań przedstawionym w tab. 4.3.1 zarządca drogi może planować i wykonywać oświetlenie przejść dla pieszych lub przejazdów dla rowerów na drogach publicznych na terenie zabudowy, finansując te prace.

(3) Do zadań podmiotu odpowiedzialnego za oświetlenie należy planowanie i organizacja działań mających na celu racjonalizację zużycia energii i promocję rozwiązań zmniejszających zużycie energii [17] oraz optymalizację i systematyzację rozwiązań oświetleniowych. Optymalizacja polega na zapewnieniu wysokiego poziomu BRD, bezpieczeństwa społecznego, uzyskanego poprzez wysoką jakość techniczną i eksploatacyjną infrastruktury, przy minimalnym koszcie w cyklu życia infrastruktury, tj. budowy, utrzymania, zużycia energii elektrycznej i utylizacji.

4.4. Klasy oświetlenia drogowego

(1) Zarządca urządzeń do oświetlenia zarządza klasami oświetleniowymi ulic i dróg zamiejskich.

(2) Podział na klasy oświetlenia określają normy [24] i [25] oraz przedstawia tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Zestawienie klas oświetlenia drogowego: normowych i dedykowanych dla oświetlenia przejść dla pieszych i przejazdów dla rowerów

Lp.	Klasa oświetlenia	Zastosowanie klasy
Klasy oświetlenia zgodne normami [24] i [25] oraz z WR-D-41-4		
1	M	Kierowcy pojazdów silnikowych, trasy komunikacyjne, średnie i wysokie prędkości ruchu
2	C	Obszary konfliktowe: pojazdy (w tym rowery), piesi; obszary wykazujące zmianę geometrii drogi, obszary o zwiększonym prawdopodobieństwie kolizji
3	P	Piesi i rowery, drogi dla pieszych, drogi dla pieszych i rowerów, drogi dla rowerów, kierowcy przy niskich prędkościach – ulice osiedlowe, obszary niezależne od jezdni
4	EV	Klasa dodatkowa: stosowana, gdy musi być zapewniona widoczność powierzchni pionowych
5	HS	Klasa dodatkowa: piesi, drogi dla pieszych, drogi dla pieszych i rowerów, pasy postojowe, powierzchnie ruchu usytuowane oddzielnie lub wzdłuż jezdni, ulice, parkingi, dziedzińce szkolne – oświetlenie w przestrzeni
6	SC	Klasy dodatkowe: gdy głównym celem oświetlenia publicznego jest identyfikacja osób, przedmiotów oraz powierzchni drogowych z występującym na nich wyższym niż normalne ryzykiem naruszenia przepisów
Dodatkowa klasa oświetlenia dla oświetlenia dedykowanego na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerów		
7	PC	Klasa uzupełniająca: klasa oświetleniowa stosowana do oświetlenia przejścia dla pieszych za pomocą rozwiązania, w którym uzyskuje się oświetlenie pionowej sylwetki pieszego poprzez instalację nisko zawieszonych opraw o asymetrycznym rozsyłe strumienia świetlnego; oprawy instaluje się przed przejściem dla pieszych oddzielnie do każdego z kierunków ruchu

(3) Drodze na etapie projektowania przypisuje się podstawową klasę oświetleniową w horyzoncie czasowym wynoszącym co najmniej 20 lat oraz określa się możliwe poziomy jej redukcji.

(4) Na okresy pośrednie użytkowania drogi oraz przedziały dobowe przyjmuje się klasy oświetlenia odpowiednie do występujących warunków. Wymagane parametry fotometryczne oświetlenia dla danej klasy oświetlenia uzyskuje się poprzez regulację strumienia świetlnego opraw oświetleniowych.

(5) Normy nie obejmują klas oświetlenia przypisanych dla dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych, które określone są w WR-D-41-4. Dlatego oprócz rozwiązań normowych zestawionych w tab. 4.4.1 (klasy M i C), wprowadza się dodatkową klasę oświetleniową PC, reprezentującą wymagania wizualne dla oświetlenia dedykowanego na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerów.

(6) Klasa oświetlenia M dotyczy wymagań wizualnych stawianych przez kierowców pojazdów silnikowych na drogach, z całym spektrum dopuszczalnej prędkości ruchu pojazdów. Do określenia granic poziomów w klasie M (od M1 do M6) stosuje się parametry związane z luminancją.

(7) Wartości graniczne poszczególnych parametrów oświetlenia w poziomach klasy M przyjęto na podstawie norm [24] i [25] oraz przedstawiono w tab. 4.4.2.

Tab. 4.4.2. Wymagania fotometryczne dla klasy oświetleniowej M

Poziom w klasie M	Luminancja suchej i mokrej jezdni drogi				Olśnienie	Oświetlenie otoczenia
	sucha nawierzchnia		mokra nawierzchnia		sucha nawierzchnia	
	L_{sr} [$cd \cdot m^{-2}$] (eksploat. min.)	U_s [-] (min.)	U_l [-] (min.)	U_{ow} [-] (min.)	f_{11} [%] (max)	R_{ei} [-] (min.)
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50		0,60		15	
M3	1,00					
M4	0,75	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M5	0,50					
M6	0,30				20	

(8) Klasa oświetlenia C dotyczy wymagań wizualnych stawianych przez pieszych i kierujących pojazdami w obszarach konfliktowych (skrzyżowaniach dróg, ulicach i parkingach handlowych, drogach dla pieszych, drogach dla pieszych i rowerów, drogach dla rowerów itp.) oraz obszarach o zwiększonym prawdopodobieństwie kolizji i wypadków z całym spektrum dopuszczalnej prędkości ruchu pojazdów. Do określenia granic poziomów w klasie C (od C0 do C5) stosuje się parametry natężenia oświetlenia.

(9) Wartości graniczne poszczególnych parametrów oświetlenia w poziomach klasy C przyjęto na podstawie norm [24] i [25] oraz przedstawiono w tab. 4.4.3.

Tab. 4.4.3. Wymagania fotometryczne dla klasy oświetleniowej C

Poziom w klasie C	Poziome natężenie oświetlenia	
	E_s [lx] (utrzymywane minimum)	U_s [-] (minimum)
C0	50,00	0,40
C1	30,00	
C2	20,00	
C3	15,00	
C4	10,00	
C5	7,50	

(10) Klasę oświetlenia P stosuje się przede wszystkim na drogach dla pieszych, drogach dla pieszych i rowerów, drogach dla rowerów oraz dla kierujących pojazdami silnikowymi przy niskich prędkościach na ulicach oraz innych obszarach oświetlanych, usytuowanych niezależnie lub wzdłuż jezdni. Do określenia granic w poziomach klasy C (od P1 do P7) stosuje się parametry natężenia oświetlenia (tab. 4.4.4).

Tab. 4.4.4. Wymagania fotometryczne dla klasy oświetleniowej P

Poziom w klasie P	Poziome natężenie oświetlenia		Wymagania dodatkowe, jeżeli konieczne jest rozpoznawanie twarzy	
	E_{sr}^a [lx] (utrzymywane minimum)	E_{min} [lx] (utrzymywane)	$E_{v,min}$ [lx] (utrzymywane)	$E_{sc,min}$ [lx] (utrzymywane)
P1	15,00	3,00	5,00	5,00
P2	10,00	2,00	3,00	2,00
P3	7,50	1,50	2,50	1,50
P4	5,00	1,00	1,50	1,00
P5	3,00	0,60	1,00	0,60
P6	2,00	0,40	0,60	0,20
P7	brak oznaczenia	brak oznaczenia	-	-

(11) Klasę dodatkową HS stosuje się alternatywnie do oświetlenia sylwetek pieszych, dróg dla pieszych, dróg dla pieszych i rowerów, oświetlanych powierzchni ruchu usytuowanych oddzielnie lub łącznie wzdłuż jezdni dróg, tras dla pieszych, pieszych i rowerów, parkingów, dziedzińców szkolnych (tab. 4.4.5).

Tab. 4.4.5. Wymagania fotometryczne dla klasy oświetleniowej HS

Poziom w klasie HS	Półsferyczne natężenie oświetlenia	
	E_{s} [lx] (utrzymywane minimum)	U_s [-] (minimum)
HS1	5,00	0,15
HS2	2,50	0,15
HS3	1,00	0,15
HS4	brak	brak

(12) Klasa SC służy jako dodatkowa klasa dla obszarów ruchu pieszych w celu poprawy rozpoznawalności twarzy, identyfikacji osób, zwiększenia poczucia bezpieczeństwa osobistego oraz identyfikacji obiektów i przedmiotów w przestrzeni. Najczęściej stosuje się ją w obszarach o zwiększonym ryzyku przestępczości oraz objętych monitoringiem. Wartość $E_{sc,min}$ ocenia się na płaszczyźnie znajdującej się 1,5 m nad nawierzchnią (tab. 4.4.6).

Tab. 4.4.6. Wymagania fotometryczne dla klasy oświetleniowej SC (półcyldryczne natężenie oświetlenia)

Poziom w klasie SC	Półcyldryczne natężenie oświetlenia
	$E_{sc,min}$ [lx] (utrzymywane)
SC1	10,00
SC2	7,50
SC3	5,00
SC4	3,00
SC5	2,00
SC6	1,50
SC7	1,00
SC8	0,75
SC9	0,50

(13) Klasa dodatkowa EV przeznaczona jest do stosowania w sytuacjach, gdy muszą być oświetlone powierzchnie pionowe (tab. 4.4.7).

Tab. 4.4.7. Wymagania fotometryczne dla klasy oświetleniowej EV (pionowe natężenie oświetlenia)

Poziom w klasie EV	Pionowe natężenie oświetlenia
	$E_{v,min}$ [lx] (utrzymywane)
EV1	50,00
EV2	30,00
EV3	10,00
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

(14) Klasa uzupełniająca PC stosowana jest do oświetlenia przejścia dla pieszych za pomocą rozwiązania, w którym uzyskuje się oświetlenie pionowej sylwetki pieszego, przez instalację nisko zawieszonych opraw o asymetrycznym rozsyłe strumienia świetlnego (rozwiązania dedykowanego), w odniesieniu do klasy M (tab. 4.4.8) i klasy C (tab. 4.4.9), zgodnie z WR-D-41-4. Klasę stosuje się także do oświetlenia przejazdów dla rowerów oświetlonych rozwiązaniem dedykowanym.

Tab. 4.4.8. Wymagane parametry natężenia oświetlenia na przejściach dla pieszych z zastosowaniem opraw o rozsyłe asymetrycznym (oświetlenia dedykowanego) dla jezdni oświetlonych w klasie M (luminancja)

Oświetlenie jezdni		Oświetlenie przejścia dla pieszych					
		Poziom w klasie PC	Płaszczyzny pomiarowe				Punkty A, B, C, D, E, F
Wartości przed i za przejściem			pionowa		pozioma		
Poziom w klasie M	L_{sr} [$cd \cdot m^{-2}$] (eksploat. min.)		E_{vsr} [lx] (eksploat. min.)	U_{ov} [-] (min.)	E_{hsr} [lx] (eksploat. min.)	U_{oh} [-] (min.)	E_{vmin} (A, B, ...) [lx] (eksploat. min.)
M1	2,00	brak konieczności stosowania rozwiązań dedykowanych					
M2	1,50	PC1	75,00	0,35	75,00	0,40	5,00
M3	1,00	PC2	50,00	0,35	50,00	0,40	4,00
M4	0,75	PC3	35,00	0,35	35,00	0,40	4,00
M5	0,50	PC4	25,00	0,35	25,00	0,40	3,00
M6	0,30	PC5	15,00	0,35	15,00	0,40	2,00

Tab. 4.4.9. Wymagane parametry natężenia oświetlenia na przejściach dla pieszych z zastosowaniem opraw o rozsyłe asymetrycznym (oświetlenia dedykowanego) dla jezdni oświetlonych w klasie C (natężenie oświetlenia)

Oświetlenie jezdni		Oświetlenie przejścia dla pieszych					
		Poziom w klasie PC	Płaszczyzny pomiarowe				Punkty A, B, C, D, E, F
Wartości przed i za przejściem			pionowa		pozioma		
Poziom w klasie C	E_{sr} [lx] (eksploat. min.)		E_{vsr} [lx] (eksploat. min.)	U_{ov} [-] (min.)	E_{hsr} [lx] (eksploat. min.)	U_{oh} [-] (min.)	E_{vmin} (A, B, ...) [lx] (eksploat. min.)
C0	50,00	brak konieczności stosowania rozwiązań dedykowanych					
C1	30,00	PC1	75,00	0,35	75,00	0,40	5,00
C2	20,00	PC2	50,00	0,35	50,00	0,40	4,00
C3	15,00	PC3	35,00	0,35	35,00	0,40	4,00
C4	10,00	PC4	25,00	0,35	25,00	0,40	3,00
C5	7,50	PC5	15,00	0,35	15,00	0,40	2,00

4.5. Wymagania techniczne w odniesieniu do instalacji oświetlenia drogowego

4.5.1. Źródła światła stosowane w oświetleniu drogowym

(1) Do oświetlenia drogi stosuje się następujące źródła światła:

- półprzewodnikowe, matryca LED – przykładowe widma przedstawia rys. 4.5.1.3,
- wyładowcze, metalohalogenkowe – przykładowe widmo przedstawia rys. 4.5.1.4,
- wyładowcze, sodowe wysokoprężne – przykładowe widmo przedstawia rys. 4.5.1.5.

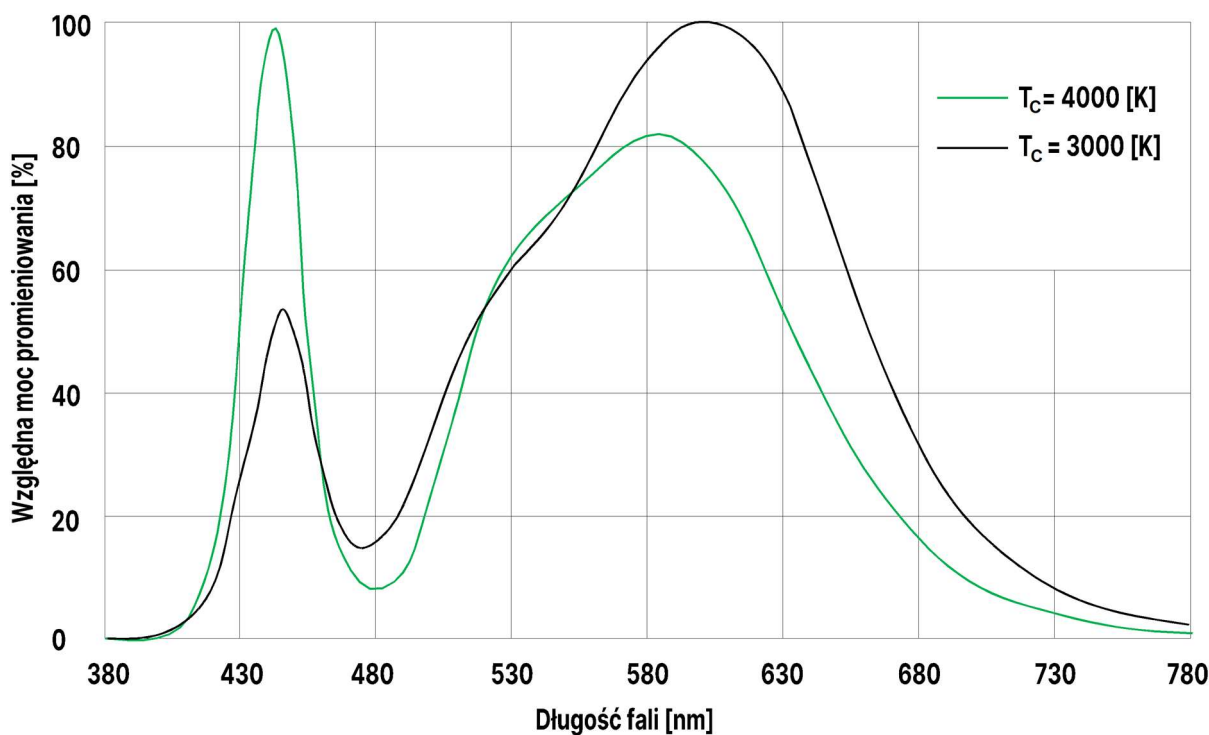
(2) Typowy zakres parametrów technicznych źródeł światła stosowanych w oświetleniu drogowym przedstawia rys. 4.5.1.1, a ich wady i zalety – rys. 4.5.1.2.



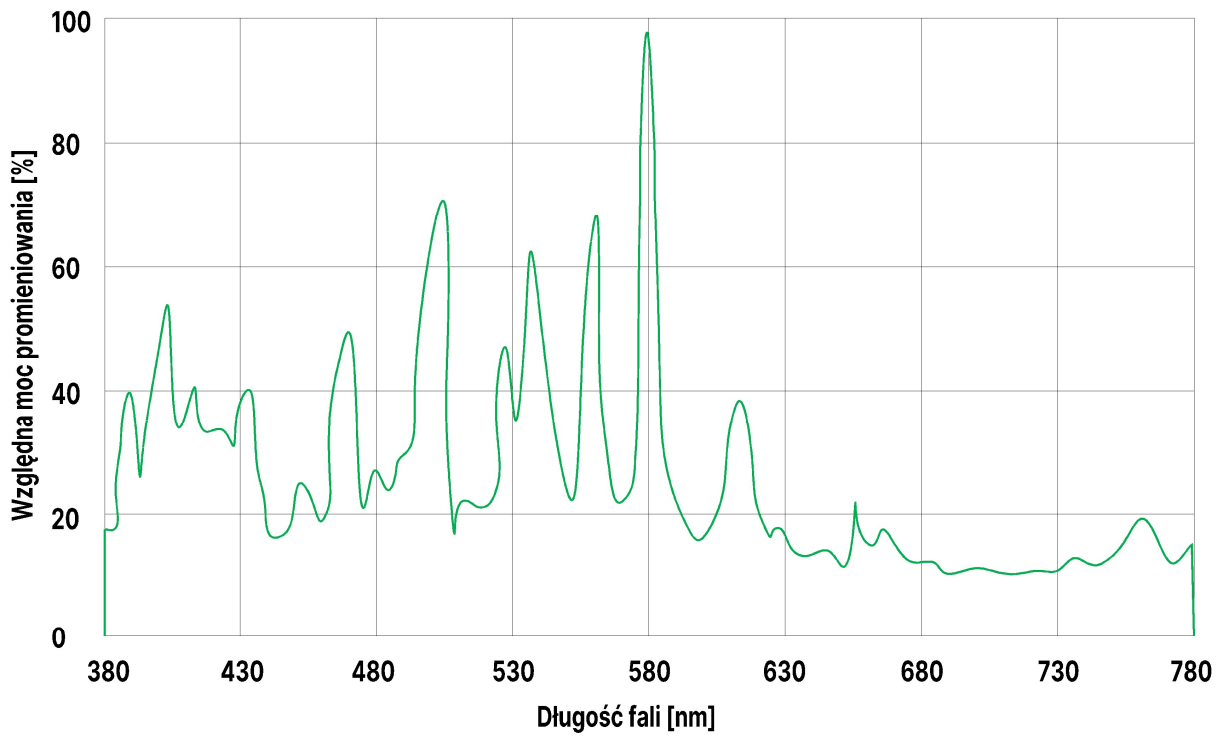
Rys. 4.5.1.1. Typowy zakres parametrów technicznych źródeł światła stosowanych w oświetleniu drogowym

	Matryca LED	Metalohalogenkowe	Sodowe wysokoprężne
Zalety	<ul style="list-style-type: none"> bardzo wysoka skuteczność świetlna bardzo wysoka trwałość bardzo krótki czas rozruchu i natychmiastowa praca z maksymalnym strumieniem dostępne różne temperatury barwowe wysoki wskaźnik oddawania barwy płynna regulacja w pełnym zakresie mocy duży zakres: strumienia świetlnego/mocy opraw/brył światłości 	<ul style="list-style-type: none"> stosunkowo wysoka skuteczność świetlna wysoki wskaźnik oddawania barwy niższy poziom luminancji powierzchni świecącej w stosunku do LED wysoka trwałość opraw mała utrata strumienia świetlnego w czasie 	<ul style="list-style-type: none"> wysoka skuteczność świetlna wysoka trwałość opraw mała utrata strumienia świetlnego w czasie niższy poziom luminancji powierzchni świecącej w stosunku do LED
Wady	<ul style="list-style-type: none"> wysoka luminancja powierzchni świecącej (zbiór małych źródeł o niskim strumieniu świetlnym oraz wysokim poziomie jaskrawości) możliwe oślnienie wrażliwość na wyładowania elektrostatyczne i przepięcia 	<ul style="list-style-type: none"> długi czas ponownego uruchomienia problem z bezstopniową regulacją strumienia świetlnego w pełnym zakresie mocy wymagany czas na osiągnięcie parametrów znamionowych 	<ul style="list-style-type: none"> długi czas ponownego uruchomienia niski wskaźnik oddawania barwy problem z bezstopniową regulacją strumienia świetlnego w pełnym zakresie mocy wymagany czas na osiągnięcie parametrów znamionowych

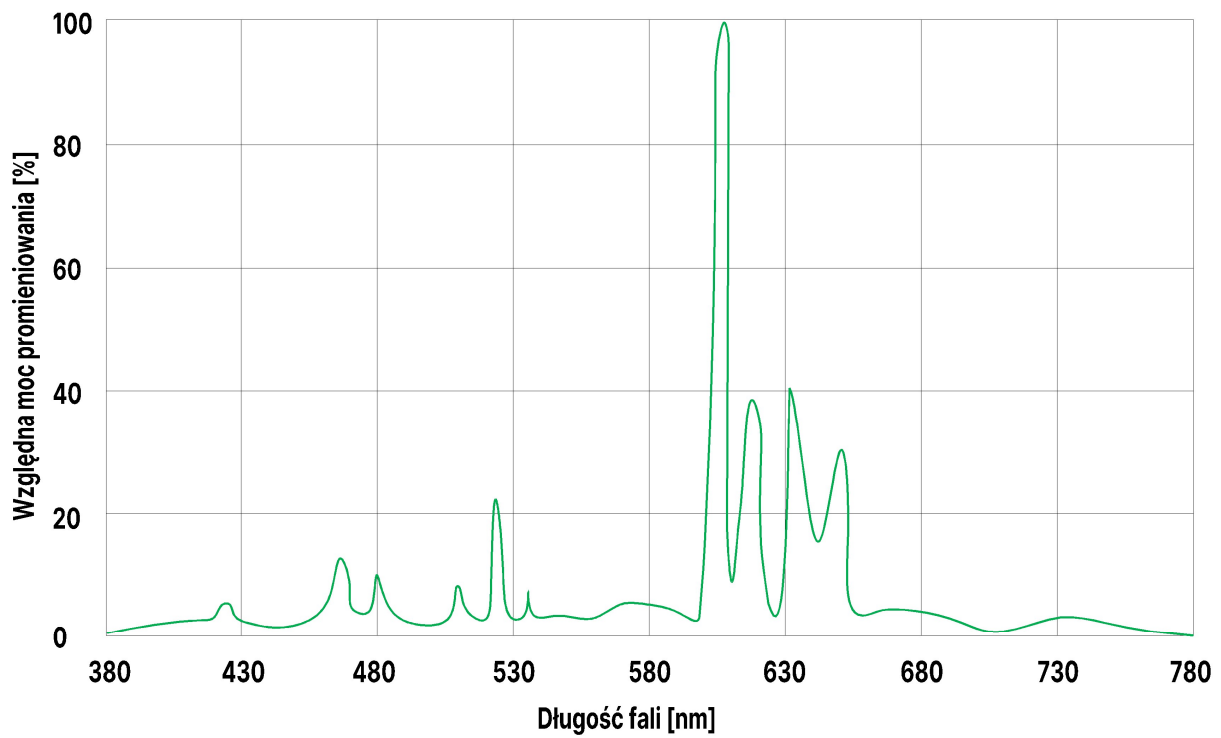
Rys. 4.5.1.2. Podstawowe cechy (wady i zalety) źródeł światła stosowanych w oświetleniu drogowym



Rys. 4.5.1.3. Przykładowe widma promieniowa źródeł LED o różnych temperaturach barwowych



Rys. 4.5.1.4. Przykładowe widmo promieniowa źródła metalohalogenkowego



Rys. 4.5.1.5. Przykładowe widmo promieniowa źródła sodowego wysokoprężnego

4.5.2. Drogowe oprawy oświetleniowe

(1) Drogowe oprawy oświetleniowe, przy zapewnieniu założonych parametrów technicznych, powinny cechować się minimalizacją kosztów w cyklu życia.

(2) Oprawy oświetleniowe powinny obligatoryjnie spełniać wymagania określone w tab. 4.5.2.1.

(3) Zaleca się, aby oprawy oświetleniowe spełniały dodatkowo wymagania wynikające z dobrej praktyki projektowej, określone w tab. 4.5.2.2.

Tab. 4.5.2.1. Wymagania obligatoryjne dotyczące parametrów technicznych opraw oświetleniowych wynikające z dyrektyw i norm

Oprawy ze źródłami wyładowczymi	Oprawy ze źródłami LED
Wraz z oprawami oświetleniowymi dostarcza się deklaracje zgodności CE [2], [3], [4], [5], które uprawniają do oznakowania wyrobu znakiem CE. W deklaracjach przywołuje się dyrektywy, rozporządzenia i normy, według których nadano znak CE.	
Źródła wyładowcze muszą być wprowadzone do systemu EPREL, posiadać etykiety energetyczne oraz niezbędną dokumentację.	Oprawy LED muszą być wprowadzone do systemu EPREL, posiadać etykiety energetyczne oraz niezbędną dokumentację (do systemu EPREL: wprowadza się drogowe oprawy oświetleniowe z wbudowanymi niewymiennymi źródłami światła LED; nie wprowadza się opraw bez wbudowanych źródeł światła LED).
Wartość współczynnika zawartości wyższych harmonicznych THDU powinna być zgodna z wymaganiami normy [42], a wartość współczynnika zawartości wyższych harmonicznych THDI powinna być zgodna z wymaganiami norm [40] i [41].	
Skuteczność świetlna wyładowczego źródła światła określona w rozporządzeniu [6].	Skuteczność świetlna całej oprawy LED (nie panelu, czy diod LED) na poziomie min. 140 lm · W ⁻¹ , potwierdzona raportem z badań w laboratorium fotometrycznym.
Utrzymanie strumienia świetlnego w czasie: L80B10 (dla 10% populacji źródeł wyładowczych strumień świetlny może spaść do 80% wartości początkowej) po 100 000 h (zgodnie z IES LM-80 – TM-21), potwierdzone raportem z badań w laboratorium fotometrycznym.	Utrzymanie strumienia świetlnego oprawy LED w czasie: L90B10 (dla 10% populacji diod LED strumień świetlny może spaść do 90% wartości początkowej) po 100 000 h (zgodnie z IES LM-80 – TM-21), potwierdzone raportem z badań w laboratorium fotometrycznym.
Oprawy powinny być wykonane w I lub II klasie ochronności od porażień.	
Oprawy powinny mieć zapewnioną ochronę przeciwprzepięciową 10 kV, zgodnie z normami [33], [34], [37] i [38].	
Wartość znamionowego wskaźnika oddawania barwy na zewnątrz oprawy Ra (CRI) powinna spełniać warunek Ra ≥ 70.	
Stopień ochrony całej oprawy (komory osprzętu elektrycznego i komory źródła światła) przed wnikaniem pyłu i wody m. in. IP66, zgodnie z normą [36].	
Odporność klosza oprawy na uderzenia mechaniczne min. IK08, zgodnie z normą [31].	

Tab.4.5.2.2. Wymagania fakultatywne dotyczące parametrów technicznych opraw oświetleniowych wynikające ze stosowania dobrej praktyki projektowej

Oprawy ze źródłami wyładowczymi	Oprawy ze źródłami LED
Oprawy powinny posiadać raporty z badań na zgodność z dyrektywami LVD, EMC i RoHS oraz normami zharmonizowanymi. Zaleca się wykonywanie badań w laboratoriach akredytowanych i/lub nadających znak ENEC i ENEC+.	
Zasilacz powinien być wyposażony w zabezpieczenie termiczne zapobiegające przegrzaniu samego zasilacza jak również źródeł światła.	
Układ zasilający powinien być wyposażony w zabezpieczenie przeciwzwarceniowe, przeciążeniowe.	
Chłodzenie układów elektrycznych oprawy powinno być realizowane bez dodatkowych elementów aktywnych, np. typu wentylator.	
Źródła światła montowane w oprawkach. Możliwy demontaż i wymiana poszczególnych źródeł wyładowczych i osprzętu.	Źródła światła wykonane w systemie modułowym. Możliwy demontaż i wymiana poszczególnych źródeł światła LED (modułów LED) i osprzętu bez zastosowania połączeń lutowanych oraz układu zasilającego.
Oprawy powinna cechować pełną serwisowalność, łatwość obsługi oraz możliwość wymiany poszczególnych elementów składowych bez użycia specjalistycznych narzędzi.	

Oprawy ze źródłami wyładowczymi	Oprawy ze źródłami LED
Temperatura barwowa T_c światła emitowanego na zewnątrz oprawy drogowej przez źródła światła w niej zabudowane powinna mieścić się w przedziale od 3 000 do 4 000 K. Dla opraw dedykowanych do oświetlenia przejść dla pieszych i przejazdów dla rowerów zaleca się stosowanie temperatur barwowych w przedziale od 5 500 do 5 700 K. Dla opraw stosowanych w obszarach zabytkowych ze względu na historyczny charakter miejsc zaleca się stosowanie temperatur barwowych w zakresie od 2 200 do 3 000 K.	
Bryły fotometryczne powinny być dostępne w plikach fotometrycznych formatu *.ldt lub *.ies. Pliki zamieszczone na stronie internetowej producenta lub dystrybutora pozwalające wykonać obliczenia fotometryczne w ogólnodostępnych, oświetleniowych programach komputerowych.	
Wartość znamionową emitowanego strumienia świetlnego podaje się w odniesieniu do całej oprawy [lm] (nie dla poszczególnych źródeł światła).	Wartość znamionowa emitowanego strumienia świetlnego podaje się w odniesieniu do całej oprawy [lm] (nie dla poszczególnych modułów LED).
Symetryczna/asymetryczna krzywa światłości oprawy powinna być dostosowana do oświetlanego obiektu/terenu (nie powodować nadmiernego oświetlenia otoczenia). Powyżej kąta 90° w górę oprawa nie może wysyłać strumienia świetlnego (0 lm) ku górze (0 cd/m ²). Zaleca się zapewnienie ograniczenia światła emitowanego ponad horyzont (ULOR = 0%, DLOR = 100%).	
-	Awaria pojedynczego punktu LED nie może prowadzić do awarii całego modułu LED lub całej oprawy oświetleniowej.
Gwarancja – producent/dystrybutor powinien udzielić gwarancji na całą oprawę, w tym na źródło światła, zasilacz, obudowę, na okres min. 3 lat.	Gwarancja – producent/dystrybutor powinien udzielić gwarancji na całą oprawę, w tym na źródło światła LED, zasilacz, obudowę, na okres min. 5 lat.
Zakres temperatur otoczenia pracy oprawy powinien wynosić od -35 do +40°C.	
Oprawy oświetlenia zewnętrznego powinny cechować się zasadą minimalizacji zużycia energii elektrycznej (możliwość sterowania) przy zapewnieniu normatywnych parametrów oświetlenia oświetlanego obszaru.	
Sterowane realizowane w standardzie 1-10V lub DALI.	Wymaga się, aby oprawy LED były wyposażone w minimum jedno złącze Zhaga-D4i (montowane na górze oprawy). Zalecane jest stosowanie dwóch złączy Zhaga-D4i (jedno na górze a drugie na dole oprawy).
	Wymaga się, aby oprawy LED były wyposażone w zasilacz w standardzie DALI-2 D4i.
Wartość współczynnika mocy $\cos\phi$ (DF) przy znamionowej mocy całej oprawy [W] powinien zawierać się w przedziale od 0,93 do 1,00. Dodatkowo wnioskodawca zobligowany jest do podania wartości współczynnika mocy $\cos\phi$ dla 25%; 50% mocy znamionowej oprawy.	
Wartość współczynnika $\text{tg}\phi$ przy znamionowej mocy oprawy [W] powinna zawierać się w przedziale od 0,0 do 0,4. Dodatkowo wnioskodawca zobligowany jest do podania wartości współczynnika $\text{tg}\phi$ dla 25%; 50% mocy znamionowej oprawy.	Wartość współczynnika $\text{tg}\phi$ przy znamionowej mocy obwodu oświetleniowego [W] powinna zawierać się w przedziale od 0,0 do 0,4 (konieczne stosowanie dławików kompensacyjnych – również dla obwodu oświetleniowego). Dodatkowo wnioskodawca zobligowany jest do podania wartości współczynnika $\text{tg}\phi$ dla 25%; 50% mocy znamionowej oprawy.
Układ zasilający oprawy powinien zapewniać funkcję płynnej zmiany strumienia świetlnego w zakresie od 100% do min. 25% wartości nominalnej za pośrednictwem sygnału sterująco-diagnostycznego.	
Zastosowane materiały zewnętrzne oprawy powinny być odporne na promieniowanie UV.	
Wszelkie elementy obudowy oprawy powinny być odporne na korozję.	
Elementy mocujące oprawę (śruby, podkładki) powinny być wykonane ze stali nierdzewnej.	
Oprawy oświetleniowe powinny charakteryzować się dużą trwałością i niezmiennością parametrów w długim przedziale czasu oraz powinny być odporne na niszczące działanie warunków atmosferycznych.	
Oprawa powinna być odporna na odkształcenia spowodowane występującymi warunkami atmosferycznymi.	
Oprawa powinna być wyposażona w uchwyt mocujący zapewniający możliwość regulacji pochylecia oprawy podczas montażu.	
Sposób mocowania oprawy dostosowany do montażu bezpośrednio na słupie i/lub na wysięgniku i/lub do powierzchni płaskiej.	
Zalecane zainstalowanie systemu monitoringu zużycia składowych energii elektrycznej, układów kompensacji mocy biernej i filtrów harmonicznych.	

4.5.3. Zasilanie drogowych instalacji oświetleniowych

(1) Drogowe urządzenia do oświetlenia zasilają się z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia. Znamionowe napięcie zasilania powinno wynosić 230/400 V, przy częstotliwości 50 Hz, zgodnie z rozporządzeniem [8].

(2) W przypadku drogi, gdy uzyskanie dostępu do sieci elektroenergetycznej jest utrudnione lub kosztowne, dopuszczalne jest zasilanie urządzeń do oświetlenia drogowego z systemów autonomicznych (np. fotowoltaicznych), pod warunkiem, że:

- a) zapewnione zostaną założone parametry oświetleniowe na drodze przez cały wymagany czas działania instalacji oświetleniowej w ciągu doby,
- b) wdrożony zostanie monitoring kontrolujący parametry pracy oświetlenia,
- c) koszty wymiany akumulatorów zostaną uwzględnione w koszcie cyklu życia.

4.6. Efektywność energetyczna oświetlenia drogowego

(1) Rozwiązanie oświetleniowe projektuje się w taki sposób, aby uzyskać jak najwyższą wartość wskaźników efektywności energetycznej przy minimalnym wpływie na środowisko.

(2) Wskaźniki efektywności energetycznej oblicza się według normy [28].

(3) W przypadku instalacji oświetleniowej wyszczególnia się:

- a) całkowitą moc czynną systemu P [W],
- b) wskaźnik gęstości mocy PDI D_p [$W \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$],
- c) roczny wskaźnik zużycia energii (AECl) D_e [$W \cdot h \cdot m^{-2}$].

(4) Oddziaływanie na środowisko, wynikające ze zużycia energii elektrycznej przez urządzenia do oświetlenia, oblicza się dla całej projektowanej lub modernizowanej instalacji, na podstawie aktualnych danych o wskaźnikach emisji dla odbiorców końcowych energii elektrycznej [57]. Należy obliczyć wskaźniki emisyjności w ujęciu rocznym, uśrednione dla terytorium Polski dla związków: CO_2 , SO_2 , NO_x , CO i pyłu całkowitego.

(5) Obliczenia wskaźników efektywności energetycznej i emisyjności przeprowadza się dla referencyjnego, stałego w czasie profilu teoretycznego, wystawiania z pełną mocą wszystkich opraw oświetleniowych (100%) i rocznego czasu pracy urządzeń do oświetlenia 4 000 h/rok, zgodnie z normą [28].

(6) W celu oszacowania wartości rzeczywistego zużycia energii elektrycznej przez urządzenia do oświetlenia zaleca się wykonanie obliczeń dla planowanego profilu, odpowiadającego przyjętemu scenariuszowi redukcji strumienia świetlnego (mocy) wystawiania opraw oświetleniowych i planowanemu rocznemu czasowi pracy urządzeń. Dla przyjętego wariantu wylicza się wskaźniki energetyczne i ekologiczne.

(7) Obliczenia i dane związane z parametrami elektrycznymi efektywnościowymi i ekologicznymi urządzeń do oświetlenia zamieszcza się w projekcie.

(8) Wskaźniki efektywności energetycznej oraz wskaźniki emisyjności stosuje się do oceny i porównania projektów nowych instalacji oświetleniowych [58]. Zaleca się je stosować także dla modernizowanych instalacji oświetleniowych.

4.7. Wymagania bezpieczeństwa ruchu drogowego

4.7.1. Sytuowanie słupów oświetleniowych

(1) Słupy oświetleniowe sytuuje się w taki sposób, aby nie powodowały zagrożenia BRD, a w szczególności poza skrajnią drogi.

(2) W obszarze przecinania się drogi z torowiskiem tramwajowym, słupy inne niż spełniające wymagania pochłaniania energii określone dla kategorii NE, zgodnie z normą [23], sytuuje się uwzględniając obszar strefy wolnej od przeszkód, określony w WR-D-43-3.

(3) Słupów o średnicy wynoszącej nie mniej niż 0,13 m, mierzonej na wysokości 1,10 m od powierzchni przeznaczonych do ruchu, nie zaleca się sytuować w polach wymaganej widoczności

w obszarze przejść dla pieszych. W celu optymalnego usytuowania punktu oświetleniowego wykorzystuje się dostępne zasięgi długości ramion wysięgnika.

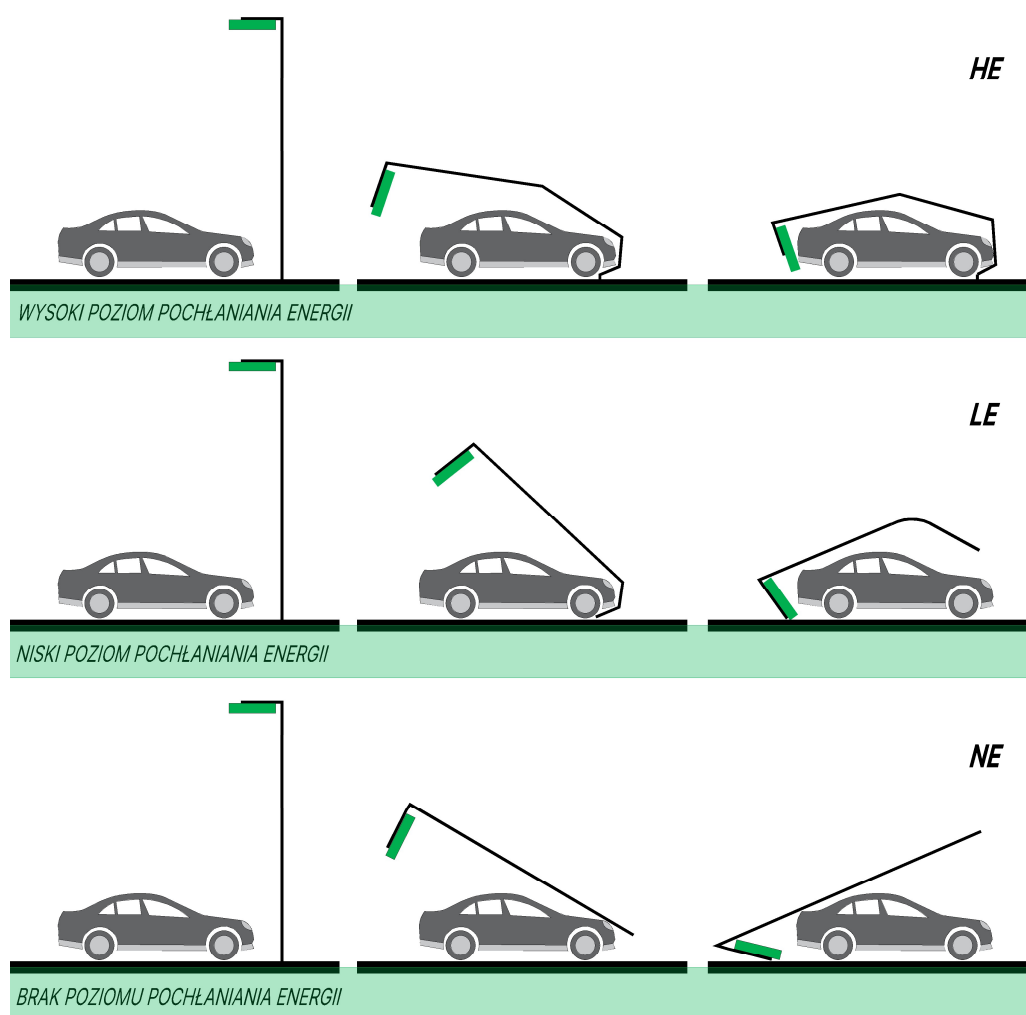
(4) Słupy oświetleniowe, spełniające wymagania bezpieczeństwa biernego zgodnie z normą [23], nieosłonięte barierami ochronnymi, sytuje się zgodnie z zasadami określonymi w tab. 4.7.1.1.

Tab. 4.7.1.1. Minimalna odległość słupów oświetleniowych od części drogi

Odległość	Wymagane [m]	Zalecane [m]
Od krawędzi jezdni nie ograniczonej krawężnikami (jeżeli pobocze o nawierzchni gruntowej jest szersze niż 1,00 m, słup sytuuje się po zewnętrznej krawędzi tego pobocza).	≥1,00	-
Od lica krawężnika na drodze klasy A, S lub GP	≥1,00	-
Od lica krawężnika na drodze klasy G, Z, L lub D	≥0,50	≥0,70
Od krawędzi pasa awaryjnego, opaski zewnętrznej, opaski wewnętrznej, zatoki postojowej.	≥0,50	≥0,70

4.7.2. Bezpieczeństwo bierne słupów oświetleniowych

(1) Słupy oświetleniowe na drodze, na której prędkość dopuszczalna wynosi więcej niż 50 km/h, powinny spełniać wymagania bezpieczeństwa biernego określone w normie [23] (rys. 4.7.2.1). Dopuszcza się stosowanie słupów oświetleniowych niespełniających wymagań bezpieczeństwa biernego pod warunkiem zastosowania barier ochronnych. Zaleca się tak dobierać konstrukcję słupów, aby minimalizować konieczność zastosowania barier ochronnych.



Rys. 4.7.2.1. Kategorie pochłaniania energii według normy [23] – ideowy schemat zachowania konstrukcji słupów

(2) Słupy oświetleniowe na drodze, na której prędkość dopuszczalna wynosi więcej niż 50 km/h, sytuuje się:

- a) jeżeli spełniają wymagania bezpieczeństwa biernego zgodnie z tab. 4.7.2.1 – bez bariery ochronnej,
- b) jeżeli nie spełniają wymagań bezpieczeństwa biernego – po zewnętrznej stronie bariery ochronnej, w odległości wynoszącej co najmniej 0,50 m od granicy strefy szerokości pracującej bariery ochronnej; w trudnych warunkach dopuszcza się sytuowanie słupów oświetleniowych spełniających wymagania bezpieczeństwa biernego NE w strefie szerokości pracującej bariery ochronnej.

(3) Zaleca się, aby na drodze, na której prędkość dopuszczalna wynosi nie więcej niż 50 km/h, słupy oświetleniowe spełniały wymagania bezpieczeństwa biernego zgodnie z tab. 4.7.2.1.

Tab. 4.7.2.1. Zalecenia dla słupów nieosłoniętych barierami ochronnymi

Rodzaj i klasa drogi oraz prędkość dopuszczalna	Wymagania właściwości według normy [23]		
	Klasa prędkości [km/h]	Kategoria pochłaniania energii	Preferencja wyboru ⁵⁾
Droga zamiejska klasy A lub S	100	NE ¹⁾	100-NE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0
Droga zamiejska klasy GP, G, Z, L lub D V _{dop} ≥ 100 km/h	100	NE ¹⁾	100-NE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0
Droga zamiejska klasy GP, G, Z, L lub D V _{dop} ≥ 70 km/h	100	NE ^{1),2)} LE ^{1),2)}	a) 100-NE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 b) 100-LE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0
Droga zamiejska klasy GP, G, Z, L lub D V _{dop} < 70 km/h	100 70	NE ^{1),2)} LE ^{1),2)}	a) 70-NE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 b) 100-NE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 c) 70-LE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 d) 100-LE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0
Ulica klasy GP, G, Z, L lub D	100 70	HE LE ^{1),2)} NE ^{1),2)}	a) 70-HE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 b) 100-HE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 c) 70-LE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 d) 100-LE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 e) 70-NE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0 f) 100-NE-A ³⁾ -NR-NR ¹⁾ -MD ⁴⁾ -0

¹⁾ na wiaduktach i mostach, w przypadku ryzyka upadku elementu słupa na jezdnię główną stosuje się słupy NS,
²⁾ w miejscach, gdzie mogą znajdować się niechronieni użytkownicy ruchu, zaleca się stosować słupy HE lub NS,
³⁾ zaleca się stosować słupy klasy A, B, C, wyjątkowo klasy D i E,
⁴⁾ zaleca się preferencję wyboru w kolejności MD, BD, SD,
⁵⁾ a), b), c), d), e), f) – odpowiadają kolejności preferencji wyboru, określonej na podstawie dostępności wyrobów spełniających opisane wymogi.

(4) W obszarach, gdzie w wyniku uderzenia występuje ryzyko upadku elementów latarni w obszary wrażliwe (np. z wiaduktu na jezdnię główną, w obszar występowania niechronionych uczestników ruchu) zaleca się stosowanie słupów spełniających wymagania NS („no separation collapse mode” – brak separacji po uderzeniu), zgodnie z normą [23].

(5) Przy stosowaniu słupów spełniających wymagania bezpieczeństwa biernego zaleca się stosowanie słupów spełniających:

- a) klasy bezpieczeństwa pasażerów („occupant safety class”) A, B lub C; nie zaleca się stosowania słupów spełniających klasy bezpieczeństwa pasażerów D lub E,
- b) klasy kierunku uderzenia (SD „single-directional” – jeden kierunek, BD „bi-directional” – dwa kierunki, MD „multi-directional” – wiele kierunków), uwzględniając najbardziej prawdopodobne kierunki uderzenia pojazdu w słup; zaleca się preferencję wyboru w kolejności: MD, BD i SD; słupy MD zaleca się stosować w szczególności na dwukierunkowej ulicy o jednej jezdni głównej,
- c) klasy deformacji dachu (0 „roof deformation less than 102 mm” – deformacja dachu mniejsza niż 102 mm, 1 „roof deformation equal to or greater than 102 mm” – deformacja dachu równa lub większa niż 102 mm); zaleca się stosowanie klasy 0.

5. Ogólne zasady stosowania oświetlenia drogowego

5.1. Ograniczenia środowiskowe oświetlenia drogowego

(1) Dąży się do ograniczenia negatywnych aspektów emisji światła z drogowych opraw oświetleniowych, ograniczenia emisji światła intruzyjnego, przeszkadzającego i zanieczyszczającego.

(2) Odstąpienie od oświetlenia lub zakres i sposób oświetlenia drogi może wynikać także z decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji przedsięwzięcia.

(3) Podział obszaru oświetleniowego na strefy (tab. 5.1.1) uzgadnia się z władzami lokalnymi i umieszcza w dokumentach planistycznych, na podstawie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach lub innych dokumentów przejętych przez władze lokalne. W celu ochrony obszarów specjalnych lub ze względu na specyficzne wymagania lokalne, dopuszcza się zastosowanie bardziej rygorystycznej klasyfikacji stref, niż wynika to z przyjętego podziału.

Tab. 5.1.1. Strefy oświetleniowe [54], [56]

Strefa	Otoczenie	Środowisko oświetleniowe	Przykład
E0	Chronione	Ciemne	UNESCO rezerваты ciemnego nieba, IDA międzynarodowe i krajowe parki ciemnego nieba
E1	Naturalne	Bardzo niska jaskrawość	Obszary ciemne, parki narodowe, obszary naturalne, miejsca objęte ochroną, obszary zabronione prawem (np. lotniska, tereny wojskowe itp.)
E2	Wiejskie	Niska jaskrawość	Obszary o niskiej jaskrawości, tereny wiejskie o relatywnie ciemnym otoczeniu, obszary podmiejskie z ciemnym otoczeniem
E3	Podmiejskie	Średnia jaskrawość	Centra małych miast, jasne obszary podmiejskie
E4	Miejskie	Wysoka jaskrawość	Centra dużych miast i miasta z wysokim poziomem oświetlenia w porze nocnej

(4) Każdy projekt oświetleniowy poprzedza się zdefiniowaniem wymagań środowiskowych i przypisaniem do strefy oświetleniowej oraz parametrów oświetleniowych (tab. 5.1.2).

Tab. 5.1.2. Maksymalne poziomy światła przeszkadzającego pochodzącego od zewnętrznych instalacji oświetleniowych [54], [56]

Strefa środowiskowa	Światło na nieruchomościach		Światłość oprawy oświetleniowej		Światło wypromieniowane w górę	Współczynnik strum. świetl. wypromienowanego w górę ^{a)}	Luminancja ^{b)}	
	E _v [lx]		I [cd]		ULOR [%]	UFR [%]	L _b [cd·m ⁻²]	L _s [cd·m ⁻²]
	przed zmierzchem ^{c)}	po zmierzchu	przed zmierzchem	po zmierzchu	-	-	fasada budynku	obiekty emitujące światło ^{d)}
E0	0	0,0	0	0	0,0	0	<0,1	<0,1
E1	2	<0,1 ^{d)}	2500	0	0,0	2	<0,1	50,0
E2	5	1,0	7500	500	2,5	5	5,0	400,0
E3	10	2,0	10000	1000	5,0	8	10,0	800,0
E4	25	5,0	25000	2500	15,0	12	25,0	1000,0

^{a)} zmierzch astronomiczny lub okres w dobie, dla którego ustala się restrykcje w zakresie ograniczenia emisji światła na elewacje, o ile takie występują w przepisach krajowych lub lokalnych,
^{b)} podane wartości są właściwe dla obu okresów, przed i po zmierzchu, z wyjątkiem stref 0 i 1, w których po zmierzchu luminancja wynosi 0,
^{c)} nie dotyczy aktywnych znaków drogowych i sygnalizacji, dotyczy np. reklam i szyldów,
^{d)} jeżeli instalacja jest przeznaczona do oświetlenia publicznego (drogowego), to może to być wartość <1,0 lx,
^{e)} wymaganie dotyczy instalacji oświetlenia drogowego składającej się minimum z 4 opraw oświetleniowych.
 E0, E1, E2, E3, E4 – strefy, jak w tab. 5.1.1.

(5) Parametry zdefiniowane w tab. 5.1.2 spełnia się w okresie przed ściemnianiem oraz po ściemnianiu, o ile zostaną wprowadzone lokalne regulacje definiujące okres ściemniania.

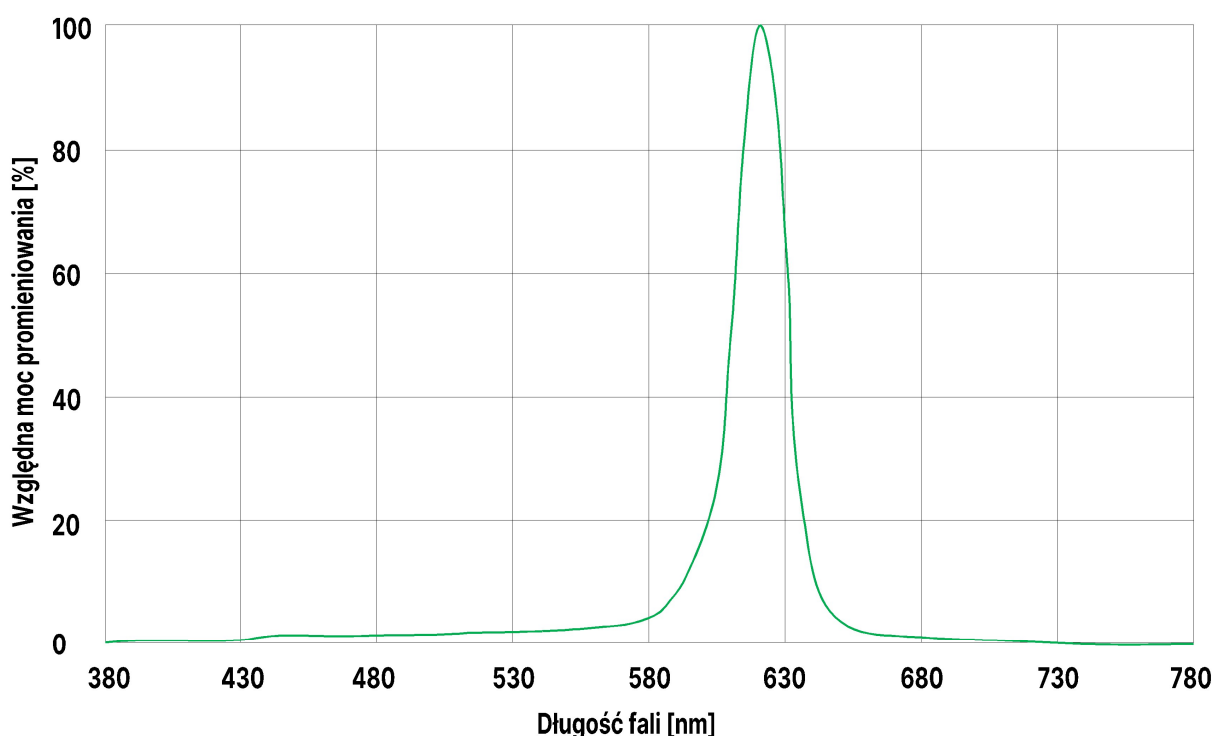
(6) Jeżeli analizowany, oświetlany obszar znajduje się w pobliżu granicy dwóch stref, to stosuje się wartości ograniczające emisję światła przeszkadzającego obowiązujące dla bardziej rygorystycznej strefy.

(7) Strefę E0 zawsze otacza się strefą E1.

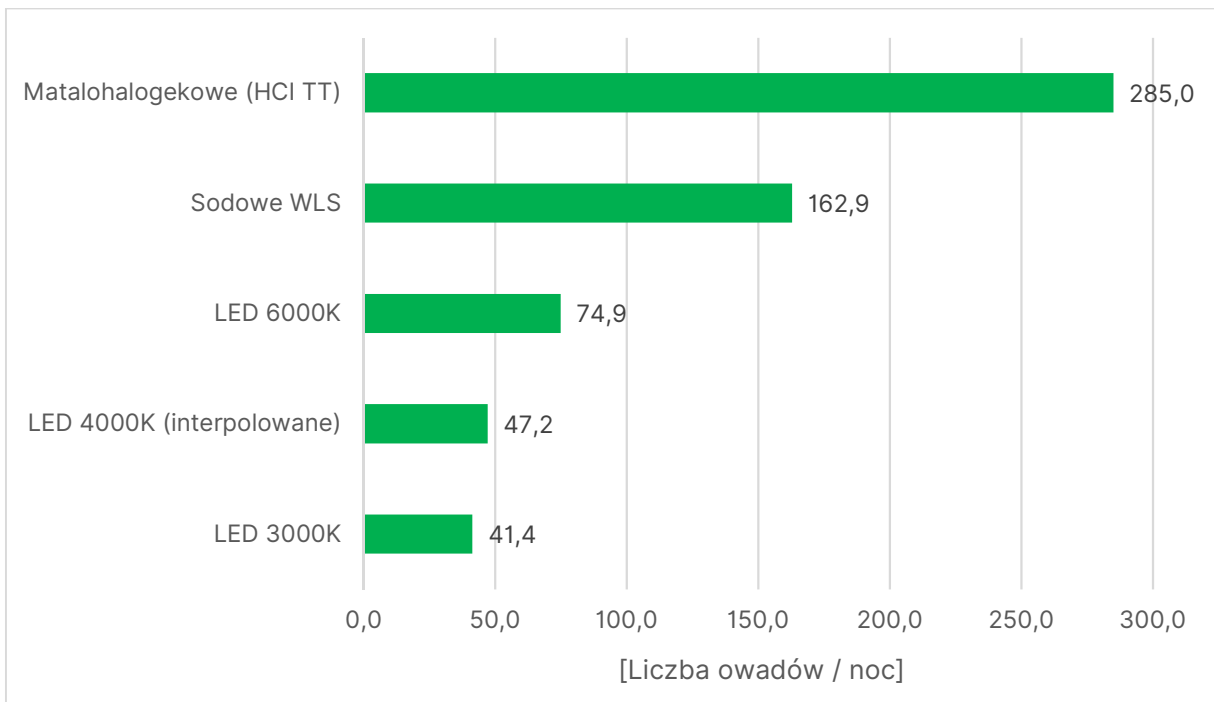
(8) W strefie E1 dopuszcza się stosowanie specjalnych drogowych opraw oświetleniowych wyposażonych w źródła światła typu LED o barwie bursztynowej i widmie w zakresie od 500 do 700 nm (rys. 5.1.1), które ograniczają przyciąganie owadów (stanowiące pokarm dla innych zwierząt i zaburzają ich cykl dobowy) do oprawy (rys. 5.1.2).

(9) Instalacje oświetleniowe stosowane w strefie E1 powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- a) zastosowane rozwiązania techniczne powinny umożliwiać realizację redukcji poziomu oświetlenia w przewidzianych przedziałach czasowych w ciągu doby dla całego roku,
- b) czas pracy instalacji powinien być minimalizowany oraz dostosowany do ruchu drogowego,
- c) oświetlony obszar powinien być oświetlony równomiernie, zgodnie z wymaganiami przyjętej klasy oświetleniowej,
- d) emisja światła pochodząca z instalacji powinna być ograniczona do powierzchni oświetlanej, np. przez zastosowanie opraw o odpowiedniej geometrii lub stosowanie zamkniętych osłon kierunkowych,
- e) poza podstawowymi wymaganiami, zastosowane oprawy oświetleniowe powinny cechować się:
 - brakiem w widmie promieniowania długości fali z zakresu UV poniżej 400 nm i ograniczonym lub brakiem promieniowania w zakresie niebieskim, poniżej 500 nm (rys. 5.1.1),
 - temperaturą barwową $T_c \leq 3000$ K (rys. 5.1.2),
 - ograniczeniem światła emitowanego ponad horyzont (ULOR = 0%),
 - maksymalną temperaturą obudowy oprawy: $T_{opr} \leq +60^\circ\text{C}$,
 - obudową zamkniętą oprawy w klasie min. IP65,
 - obudową bez wystających elementów radiacyjnych.

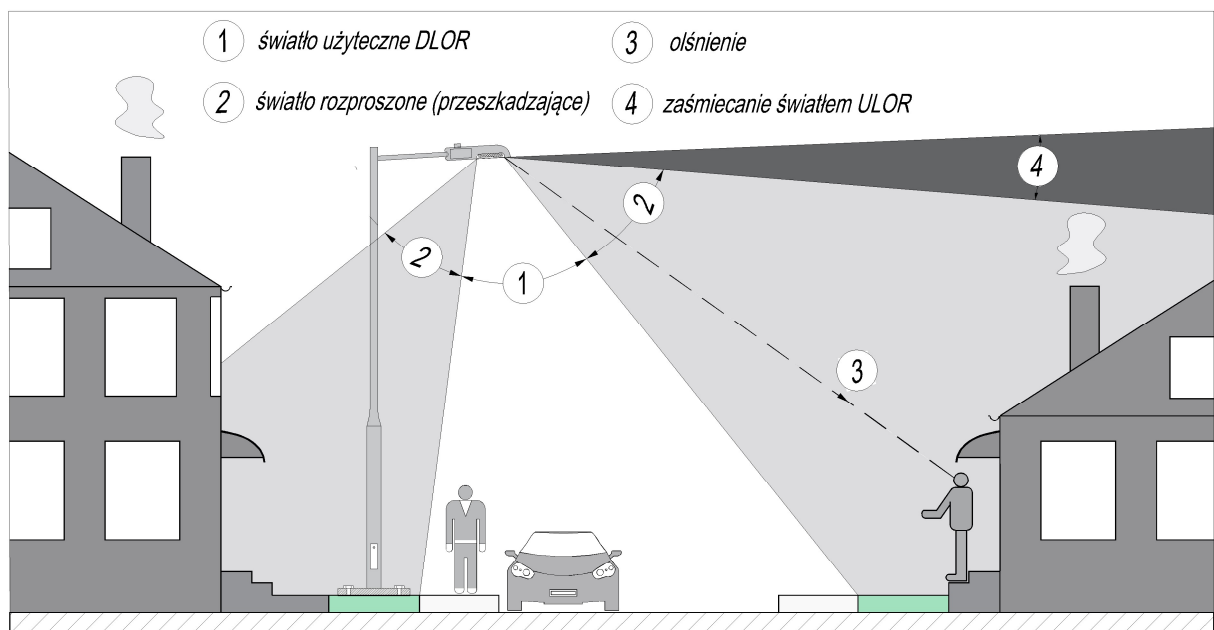


Rys. 5.1.1. Widmo specjalistycznych źródeł LED z ograniczonym promieniowaniem w zakresie UV i niebieskim



Rys. 5.1.2. Średni efekt przyciągania owadów

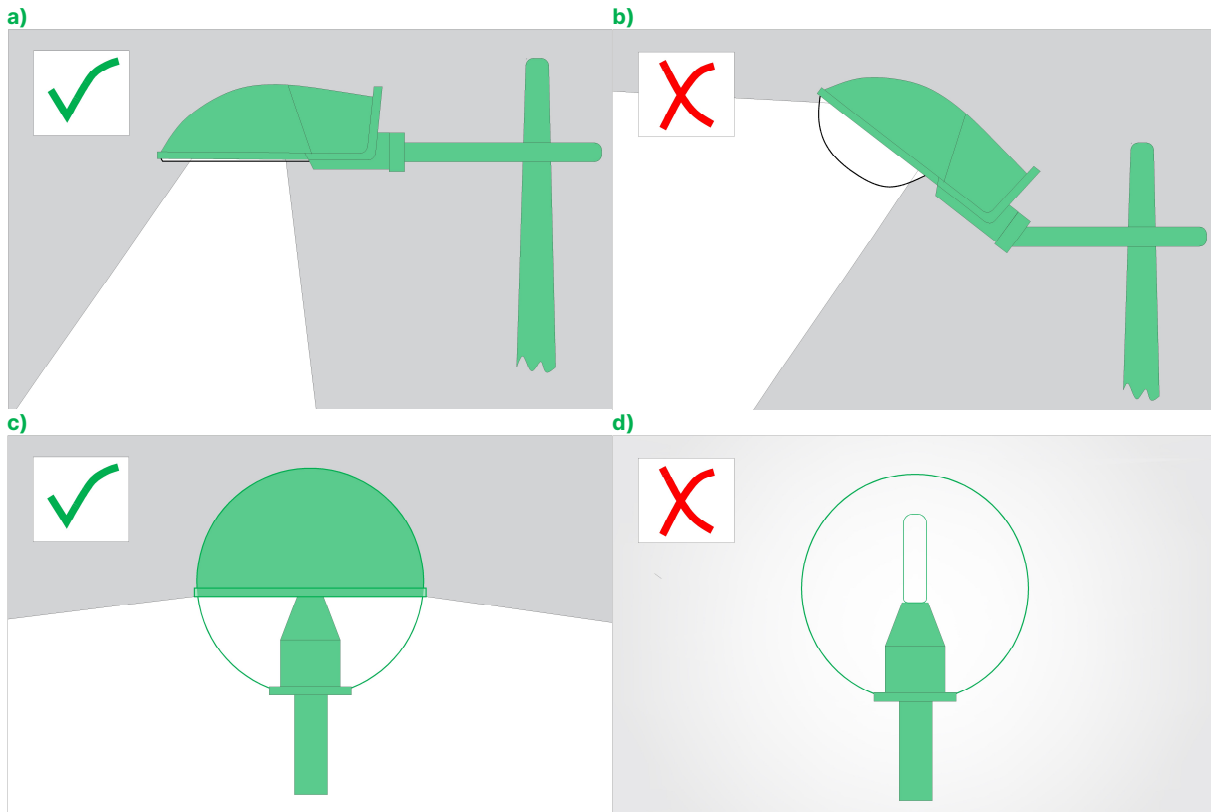
(10) Ogranicza się zanieczyszczenie środowiska światłem pochodzącym z opraw oświetleniowych, które polega także na emisji światła w górną półprzestrzeń, w kierunku nieboskłonu lub emitowaniem światła w kierunku elewacji budynków i okien pomieszczeń, w których przebywają ludzie (tab. 5.1.2 i 5.1.3).



Rys. 5.1.3. Dystrybucja światła z drogowych opraw oświetleniowych

(11) Na drodze stosuje się oprawy oświetleniowe o cechach emisyjnych dostosowanych do wymagań obszaru oświetlanego oraz montuje się je w taki sposób, aby minimalizować uciążliwość dla użytkowników i zaśmiecanie środowiska światłem (rys. 5.1.4).

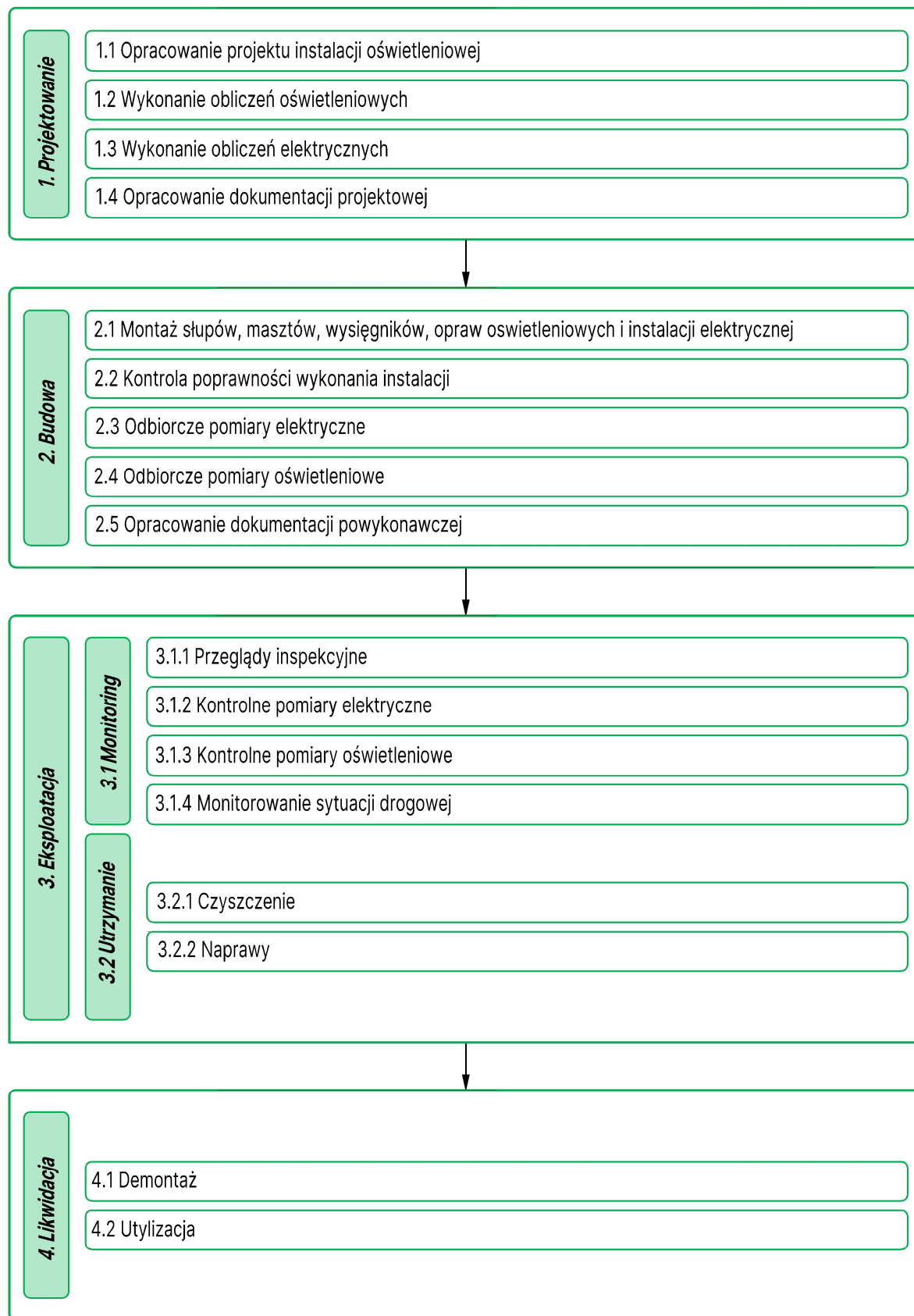
(12) Zaleca się taki dobór brył światłości oprawy, aby projekt i montaż był realizowany z nachyleniem 0°, równoległe do płaszczyzny jezdni (rys. 5.1.4a).



Rys. 5.1.4. Typy opraw oświetleniowych i sposoby ich montażu: a) i c) – zalecane; b) i d) – niezalecane

5.2. Procedura postępowania z uwzględnieniem faz cyklu życia

(1) W przypadku rozwiązania oświetleniowego postępuje się z uwzględnieniem poszczególnych faz cyklu życia, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 5.2.1.



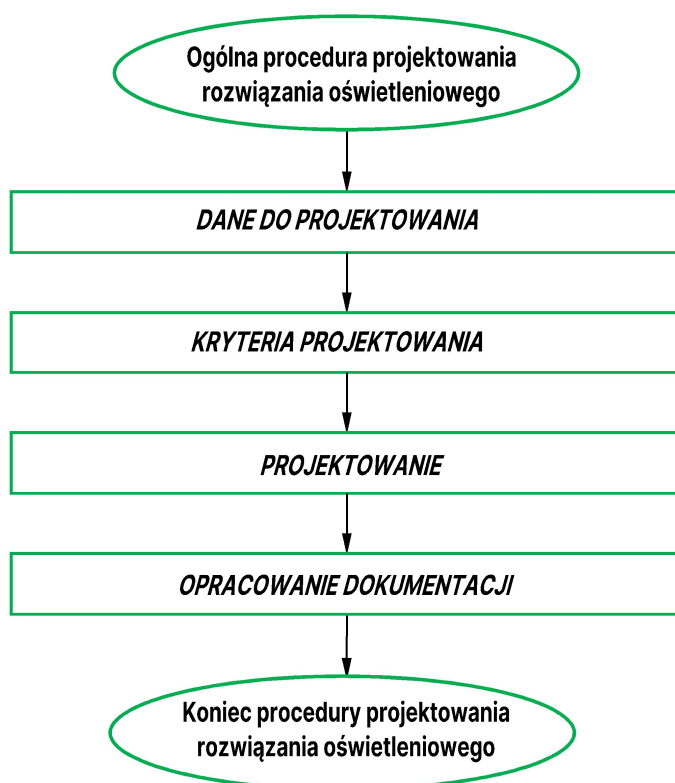
Rys. 5.2.1. Procedura postępowania w poszczególnych fazach cyklu życia rozwiązania oświetleniowego

5.3. Zakres prac w poszczególnych fazach cyklu życia instalacji oświetleniowej

- (1) Rozwiązania oświetleniowe dostosowuje się przede wszystkim do parametrów części drogi, wymagań zamawiającego oraz prognozy ruchu drogowego.
- (2) Najwyższy poziom klasy oświetleniowej ustala się na podstawie najwyższej wartości natężenia ruchu drogowego z prognozy (co 5 lat) w horyzoncie 20-letnim.
- (3) Obliczenia fotometryczne projektowanego oświetlenia drogi lub jej części przeprowadza się dla planowanej klasy podstawowej (projektowej) i stopni redukcji strumienia świetlnego (mocy) opraw, np. odpowiednio dla dwóch klas w dół od podstawowej.
- (4) Obliczenia fotometryczne wykonuje się dla rzeczywistej geometrii drogi, ze szczególnym uwzględnieniem geometrii w profilu podłużnym drogi.
- (5) Parametry fotometryczne, kolorymetryczne i elektryczne drogowych opraw oświetleniowych, a także obliczenia wykonane na ich podstawie, podlegają akceptacji przez zamawiającego.
- (6) Realizację i weryfikację obliczeń fotometrycznych wykonuje się wyłącznie przy użyciu ogólnodostępnych programów komputerowych do wspomaganie obliczeń oświetleniowych.
- (7) Zarządca urządzeń do oświetlenia przechowuje projekty oświetlenia w formatach cyfrowych w celu ich modernizacji w przyszłości.

5.4. Ogólna procedura projektowania oświetlenia drogowego

- (1) Zaleca się, aby ocenę konieczności oświetlenia drogi oraz pozyskanie danych wejściowych do projektu oświetlenia i sam projekt wykonywał inżynier elektryk (z uprawnieniami budowlanymi do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych), przy współpracy z inżynierem ruchu drogowego.
- (2) Prace analityczne, projektowe i obliczeniowe wykonywane w ramach procedury projektowania rozwiązania oświetleniowego przedstawia rys. 5.4.1.



Rys. 5.3.1. Ogólna procedura projektowania rozwiązania oświetleniowego

- (3) Ocena konieczności oświetlenia drogi wynika z zasad przedstawionych w podrozdziale 6.1.
- (4) Ocenę konieczności oświetlenia drogi wykonuje się na zlecenie zarządcy drogi.

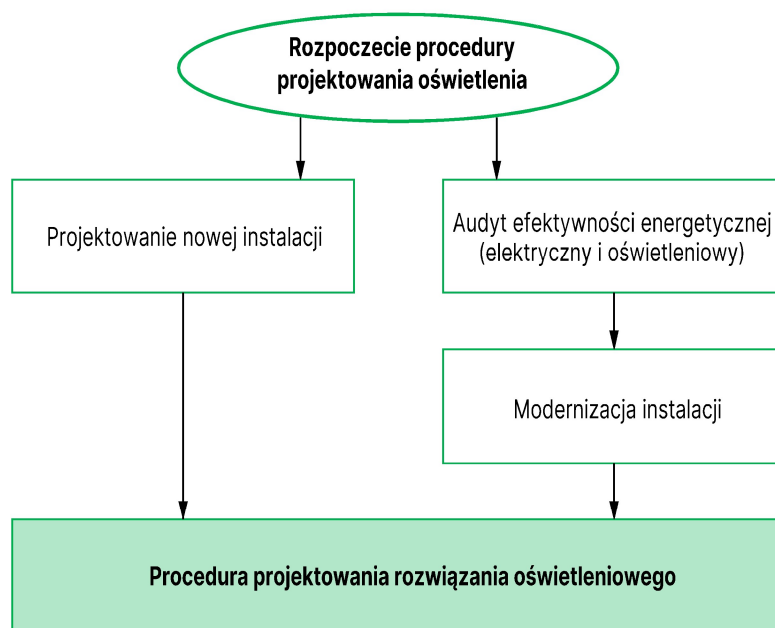
5.5. Modernizacja urządzeń do oświetlenia

(1) Zgodnie z ustawą [15] i rozporządzeniem [7], w celu uzasadnienia celowości planowanego przedsięwzięcia modernizacyjnego (polegającego na częściowej lub kompleksowej wymianie instalacji oświetleniowej), przed realizacją inwestycji wykonuje się audyt efektywności energetycznej, obejmujący swoim zakresem prace elektryczne i oświetleniowe (rys. 5.5.1).

(2) Kolejne etapy realizuje się jak w przypadku nowego projektu.

(3) Audyt efektywności energetycznej zainstalowanych obiektów oświetlenia drogowego obejmuje:

- identyfikację techniczną rozmieszczenia punktów świetlnych (zalecane narzędzia GIS) oraz nadanie niepowtarzalnych numerów identyfikacyjnych punktom świetlnym i szafom oświetleniowym (jeżeli jeszcze nie zostały nadane),
- ocenę stanu technicznego wszystkich elementów instalacji oświetleniowej (tj. opraw, słupów, wysięgników, linii zasilającej, osprzętu elektrycznego itd.),
- ustalenie modelu oprawy oświetleniowej, ogólnego stanu technicznego, skuteczności świetlnej, wskaźnika światła wysyłanego ku górze oraz roku montażu (jeżeli informacje są dostępne),
- ustalenie technologii lamp, mocy znamionowej pojedynczej oprawy, skorelowanej temperatury barwowej oraz roku montażu,
- ustalenie obecności lub braku urządzeń sterujących redukcją strumienia świetlnego – mocy (przyciemnianiem),
- ustalenie dostępnych parametrów zasilania dla obwodu oświetleniowego.



Rys. 5.5.1. Procedura związana z modernizacją instalacji oświetleniowej

(4) Rejestrację zużycia energii elektrycznej prowadzi się na podstawie pomiarów elektrycznych poszczególnych obwodów oświetleniowych.

(5) Audyt efektywności kończy się wskazaniem propozycji modernizacji instalacji z oszacowaniem kosztów planowanego przedsięwzięcia, planowanej do osiągnięcia oszczędności energii i zakładanych efektów ekologicznych (redukcji: oddziaływania na otoczenie i środowisko, emisji gazów cieplarnianych i pyłów, zanieczyszczenia światłem).

(6) Wynik audytu efektywności energetycznej jest podstawą do oceny kosztów i korzyści modernizacji instalacji oświetlenia drogowego.

6. Zasady oświetlenia drogi

6.1. Ocena konieczności oświetlenia drogi

(1) Urządzenia do oświetlenia projektuje się w każdym miejscu, które ze względów BRD lub bezpieczeństwa publicznego wymaga oświetlenia.

(2) Drogę oświetla się, jeżeli zachodzi co najmniej jeden z następujących przypadków:

- droga przebiega przez obszar oświetlony,
- występuje zagrożenie oślnienia uczestników ruchu,
- obowiązek taki wynika z tab. 6.1.1.

Tab. 6.1.1. Wymagania oświetlenia drogi

Część drogi	Stosowanie	Podrozdział
Odcinki dróg między skrzyżowaniami lub węzłami		
Droga między odcinkami oświetlonymi, gdy długość odcinka nieoświetlonego nie przekracza 500 m	●	6.2
Droga z pasami ruchu o zmiennych kierunkach ruchu	●	
Ulica o dwóch jezdniach głównych	●	
Ulica o jednej jezdni głównej z co najmniej czterema pasami ruchu	●	
Ulica, na której występują urządzenia uspokojenia ruchu (progi, wyniesienia itp.)	●	
Droga na moście lub wiadukcie	○	6.16
Droga w tunelu	○	6.17
Skrzyżowania i węzły		
Skrzyżowanie zwykłe lub skanalizowane z sygnalizacją świetlną	●	6.4
Rondo	●	
Skrzyżowanie zwykłe lub skanalizowane bez sygnalizacji świetlnej	○	
Węzeł drogowy	●	6.3
Części drogi przeznaczone do ruchu pieszych lub rowerów		
Droga dla pieszych	○	6.6
Droga dla rowerów, droga dla pieszych i rowerów	○	6.7
Przejście dla pieszych, urządzenia alternatywne	●	6.8
Przejazd dla rowerów	●	6.9
Droga dla pieszych, droga dla pieszych i rowerów lub droga dla rowerów w tunelu albo na moście lub wiadukcie	●	6.7
Droga dla pieszych, droga dla pieszych i rowerów lub droga dla rowerów pod mostem lub wiaduktem	○	6.7
Przystanek transportu zbiorowego i dojście do przystanku	○	6.10
Przejazdy kolejowo-drogowe i tramwajowe		
Przejazd kolejowo-drogowy kategorii A lub B oraz przejście kategorii E	●	6.12
Przejazd kolejowo-drogowy kategorii C lub D oraz przejazd kolejowo-drogowy lub przejście kategorii F	○	6.12
Przejazd tramwajowy	●	6.12
Pozostałe części drogi		
Plac	○	6.11
Parking, zatoka postojowa	○	6.14
Miejsce obsługi podróżnych wraz z wyjazdem i wjazdem	●	6.13
Miejsce poboru opłat	●	6.15
● – obligatoryjnie, ○ – fakultatywnie, z uwagi na BRD lub na podstawie dodatkowych wymagań		

6.2. Jezdnie na odcinkach poza obszarami skrzyżowań lub węzłów

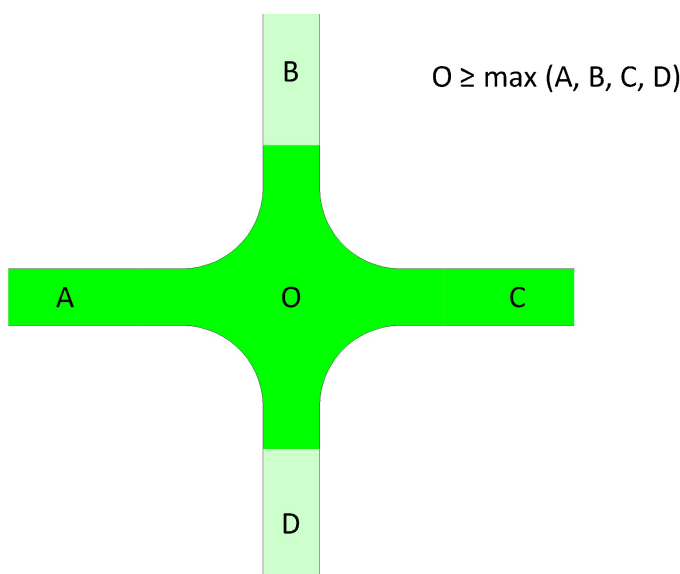
- (1) Na odcinku jezdni drogi zamiejsciej poza obszarem skrzyżowania lub węzła stosuje się klasę oświetleniową M.
- (2) Na odcinku jezdni ulicy poza obszarem skrzyżowania lub węzła zaleca się stosowanie klasy oświetleniowej M.
- (3) Na odcinku ulicy, na którym z uwagi na zagospodarowanie nie można dokonać pomiaru luminacji, zaleca się wykonanie obliczeń dla klasy M, a następnie przeliczenie wyników na podstawie tab. 7.4.2 do klasy C (tab. 4.4.3), w celu umożliwienia weryfikacji projektu pomiarami.
- (4) Poziom klasy oświetleniowej M (tab. 4.4.2) ustala się zgodnie z procedurą opisaną w podrozdziale 7.3.
- (5) Zaleca się rozmieszczenie latarni w jednym ze stosowanych systemów (np. jednostronny, naprzeciwległy, naprzemianległy itd.), opisanych w podrozdziale 3.1 w WR-D-72-2.
- (6) Zaleca się zachowanie prowadzenia wzrokowego za pomocą takiego zawieszenia opraw oświetleniowych, aby ułatwić kierowcy identyfikację dalszego przebiegu drogi (w jednej linii podążającej za krzywizną drogi) oraz uwydatnić części drogi, takie jak: przejścia dla pieszych, przejazdy dla rowerów, zatoki przystankowe, zjazdy, skrzyżowania itp. (np. poprzez zmianę długości wysięgnika).
- (7) Zaleca się, aby na łuku drogi zamiejsciej w planie o promieniu mniejszym niż 1 000 m, latarnie były usytuowane w zmniejszonych odległościach, od 0,50 do 0,75 odległości podstawowej prostego odcinka drogi.

6.3. Obszar węzła

- (1) Obszar węzła drogowego oświetla się ze względów BRD.
- (2) Obszar do oświetlenia węzłów przyjmuje się zgodnie z WR-D-32-1.
- (3) Poziom klasy oświetleniowej w obszarze węzła powinien być nie niższy, niż na odcinku drogi poza obszarem węzła i nie niższy niż poziom najlepiej oświetlonej drogi dochodzącej do węzła.
- (4) W przypadku braku możliwości spełnienia wymagań klasy opisanej parametrami luminancji M (wynikającej np. ze złożonej geometrii węzła, z krętości drogi, na łącznicach lub pasach włączenia), parametry oświetleniowe definiuje się za pomocą równoważnej klasy opisanej parametrami natężenia oświetlenia C, zgodnie z normą [25].
- (5) Poziomy oświetlenia pasów włączania i wyłączania powinny być takie same, jak poziomy oświetlenia jezdni głównej (jezdni głównych).
- (6) Zaleca się, aby poziomy oświetlenia łącznic i jezdni zbierająco-rozprowadzających były takie same, jak poziomy oświetlenia jezdni głównej (jezdni głównych) lub niższe od nich o jeden poziom.
- (7) Przykłady typowego rozmieszczenia latarni w obszarze węzła przedstawiono w podrozdziale 3.2 w WR-D-72-2.
- (8) W przypadku rozległych węzłów o skomplikowanym układzie dopuszcza się zastosowanie w części oświetlenia masztowego.
- (9) Konsekwencjami stosowania oświetlenia masztowego są:
 - a) równomierne oświetlenie wielu poziomów układu drogowego,
 - b) brak zachowanego prowadzenia wzrokowego,
 - c) utrudnione prace konserwacyjne i utrzymaniowe.
- (10) Szczególnymi miejscami w obszarze węzła są obszary pod wiaduktami. Jeżeli podstawowy układ latarni nie zapewnia wymaganych parametrów oświetleniowych (np. równomierność), stosuje się dodatkowe oświetlenie.
- (11) W celu zapewnienia korzystnych warunków oświetlenia na łącznicach i jezdniach zbierająco-rozprowadzających, zmniejsza się odstęp między latarniami, np. od 0,5 do 0,7 podstawowego wymiaru przęsła.

6.4. Obszar skrzyżowania

- (1) Obszar skrzyżowania oświetla się ze względów BRD, jeżeli:
 - a) skrzyżowanie jest usytuowane w obszarze oświetlonym,
 - b) jedna z krzyżujących się dróg jest oświetlona,
 - c) skrzyżowanie jest skanalizowane, a przynajmniej jedna z krzyżujących się dróg jest klasy GP,
 - d) skrzyżowanie jest wyposażone w sygnalizację świetlną,
 - e) skrzyżowanie jest rondem.
- (2) Zaleca się oświetlenie obszaru skrzyżowania, jeżeli skrzyżowanie:
 - a) jest skanalizowane i usytuowane na drodze klasy G, Z, L lub D,
 - b) jest usytuowane w obszarze występowania niechronionych użytkowników ruchu.
- (3) Rozmieszczenie punktów świetlnych w obszarze skrzyżowania powinno:
 - a) poprawiać dostrzegalność i czytelność organizacji ruchu na skrzyżowaniu,
 - b) zapewniać prowadzenie wzrokowe kierowcy.
- (4) Przykłady typowego rozmieszczenia latarni w obszarze skrzyżowania przedstawiono w podrozdziale 3.3 w WR-D-72-2.
- (5) Ze względu na konieczność wyróżnienia na skrzyżowaniu różnych uczestników ruchu, oświetla się wszystkie powierzchnie konfliktowe. Podstawowe wymagania wizualne na tych częściach drogi powinny spełniać parametry oświetlenia, ustalone dla klasy oświetleniowej C.
- (6) Poziom klasy oświetlenia obszaru skrzyżowania O powinien być nie niższy niż poziom najlepiej oświetlonej drogi tworzącej skrzyżowanie (drogi oświetlonej w klasach M, C, P), (rys. 6.4.1).



Rys. 6.4.1. Zasada utrzymania lub podniesienia klasy oświetleniowej na skrzyżowaniu

- (7) W obszarze skrzyżowania zaleca się podwyższenie poziomu C o jedną klasę oświetleniową, w stosunku do klasy najlepiej oświetlonej drogi tworzącej skrzyżowanie.
- (8) W przypadku skrzyżowań, w obszarze których występują przejścia dla pieszych, urządzenia alternatywne albo przejazdy dla rowerów, zaleca się podwyższenie poziomu o nie więcej niż dwie klasy oświetlenia, w stosunku do klasy najlepiej oświetlonej drogi tworzącej skrzyżowanie.
- (9) Latarnie w najbliższym otoczeniu tarczy skrzyżowania zaleca się sytuować:
 - a) na skrzyżowaniu trójwlotowym – w osi drogi podporządkowanej, za skrzyżowaniem,
 - b) na skrzyżowaniu czterowlotowym – po prawej stronie, za skrzyżowaniem.
- (10) Wloty na skrzyżowanie oświetla się na odcinku drogi nie mniejszym niż określony w tab. 6.18.1.

6.5. Zjazdy

(1) Zjazdy oświetla się w ramach oświetlenia jezdni drogi. Nie wymagają one dodatkowego oświetlenia.

(2) Zaleca się oświetlenie zjazdów o dużym natężeniu ruchu, które mają charakter funkcjonowania jak skrzyżowanie (np. klasy A zgodnie z WR-D-33, do centrum logistycznego, centrum handlowego lub innego dużego obiektu usługowego).

6.6. Drogi dla pieszych

(1) Na drodze dla pieszych oświetla się co najmniej chodnik oraz przestrzenie urządzone dostępne dla pieszych, w tym na pasie buforowym i pasie obsługującym.

(2) Drogę dla pieszych oświetla się:

- a) w ramach tras podstawowych, tras dla pieszych z niepełnosprawnościami oraz tras szkolnych,
- b) w tunelu,
- c) na moście lub wiadukcie.

(3) Drogę dla pieszych zaleca się oświetlić:

- a) w obszarze zabudowanym,
- b) pod mostem lub wiaduktem,
- c) w obszarze dojścia do przystanku transportu zbiorowego,
- d) na odcinku o pochyleniu podłużnym większym niż 6%,
- e) w miejscu utrudnionego poruszania się (np. występujące obiekty w skrajni, zawężenia szerokości, pochylnie, schody, windy itp.),
- f) w miejscu wymagającym zapewnienia bezpieczeństwa publicznego.

(4) Drogi dla pieszych oświetla się łącznie (rys. 6.6.1, 6.6.2 i 6.6.3) lub rozdzielnie (rys. 6.6.4) z oświetleniem drogowym. Zaleca się stosowanie oświetlenia łącznego.

(5) W celu ustalenia poziomu oświetlenia drogi dla pieszych, która jest usytuowana w bezpośrednim sąsiedztwie jezdni oświetlonej w klasie M, wykorzystuje się parametr współczynnika oświetlenia otoczenia R_{Ei} .

(6) W przypadku drogi dla pieszych oświetlanej niezależnie od jezdni, określa się klasę oświetleniową:

- a) P – na odcinku pomiędzy obszarami skrzyżowań,
- b) C – w obszarach konfliktowych (tj. obszarach o zwiększonym prawdopodobieństwie kolizji spowodowanym występowaniem różnych uczestników ruchu drogowego oraz obszarach, na których występuje zmiana geometrii drogi).

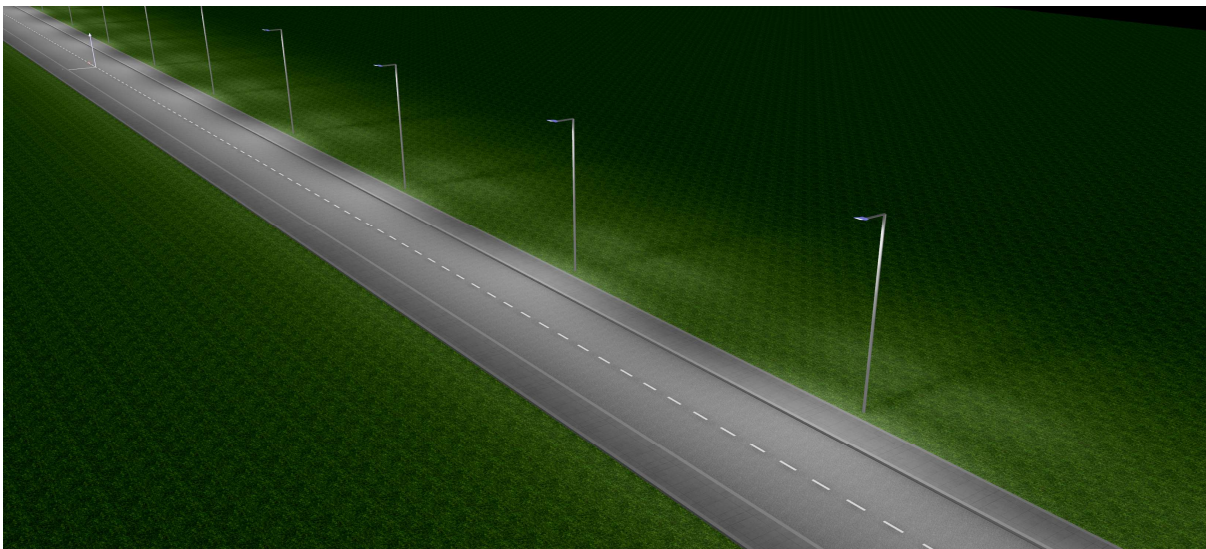
(7) Zalecane minimalne poziomy klasy oświetleniowej drogi dla pieszych określa tab. 6.6.1.

Tab. 6.6.1. Zalecane minimalne poziomy oświetlenia dróg dla pieszych

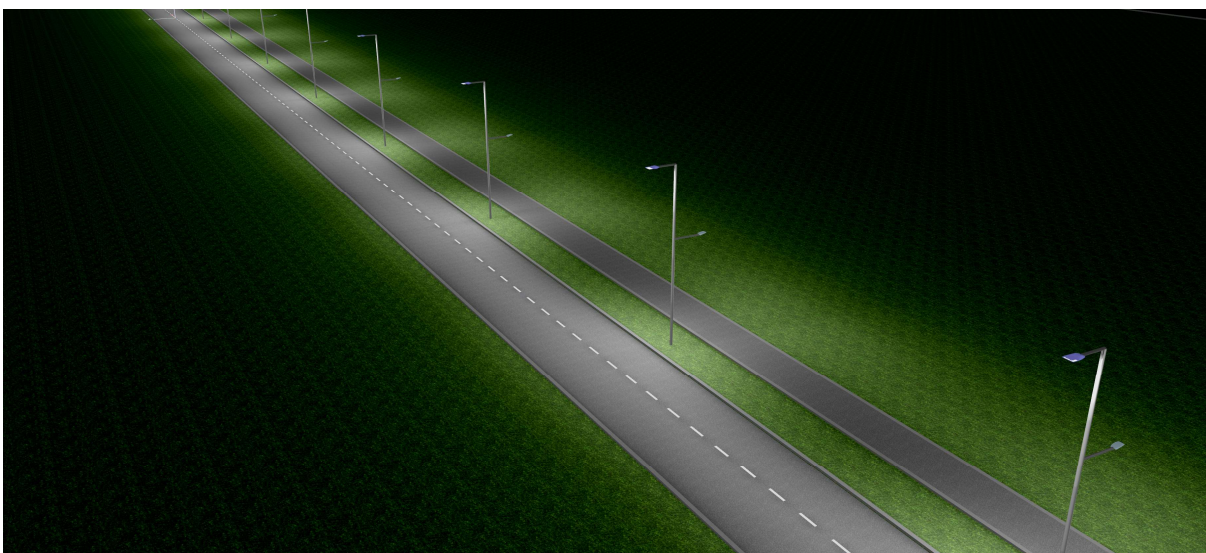
Rodzaj drogi / obszaru	Poziom klasy oświetlenia P	Poziome natężenie oświetlenia		
		E_{odr} [lx] (utrzymywane w minimum)	E_{min} [lx] (utrzymywane)	U. [-] (minimum)
Droga dla pieszych w obszarze, w którym wymagane jest rozpoznanie twarzy	P2	10,00	2,00	0,20
Tunel dla pieszych lub rowerów	P2	10,00	2,00	0,20
Droga dla pieszych poza jezdnią	P4	5,00	1,00	0,20

(8) W przypadku drogi dla pieszych usytuowanej przy jezdni ulicy, zaleca się sytuowanie słupów oświetleniowych po zewnętrznej stronie drogi dla pieszych (rys. 6.6.1).

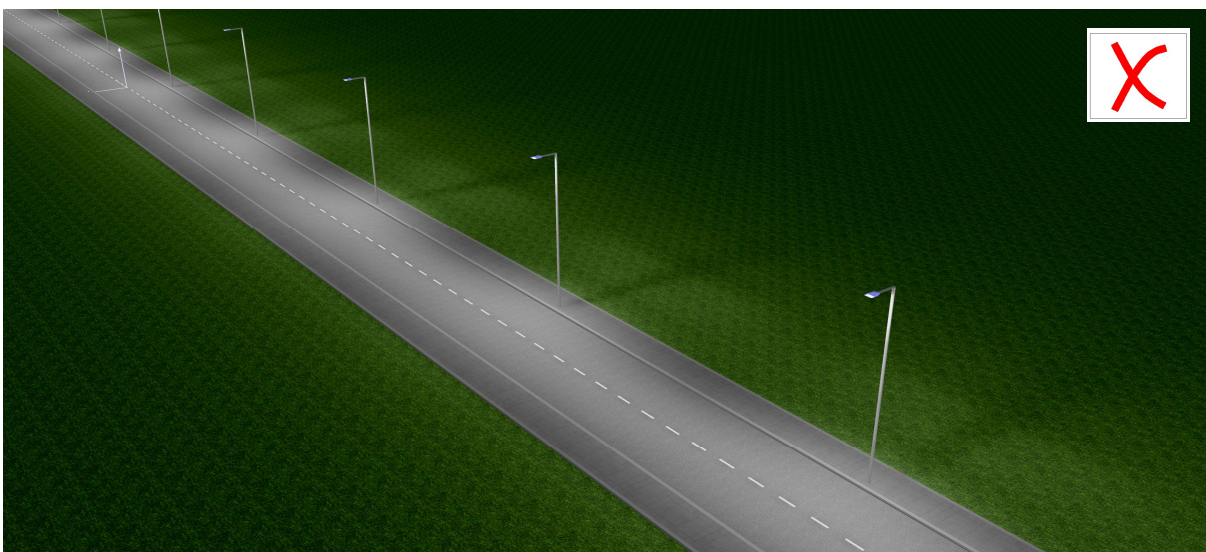
(9) W celu oświetlenia drogi dla pieszych dopuszcza się wykorzystanie opraw oświetleniowych umieszczonych poniżej oświetlenia drogowego na dodatkowych wysięgnikach, w stosunku do już istniejących opraw drogowych (rys. 6.6.2).



Rys. 6.6.1. Oświetlenie drogi dla pieszych – słupy zlokalizowane poza drogą dla pieszych (zalecane)

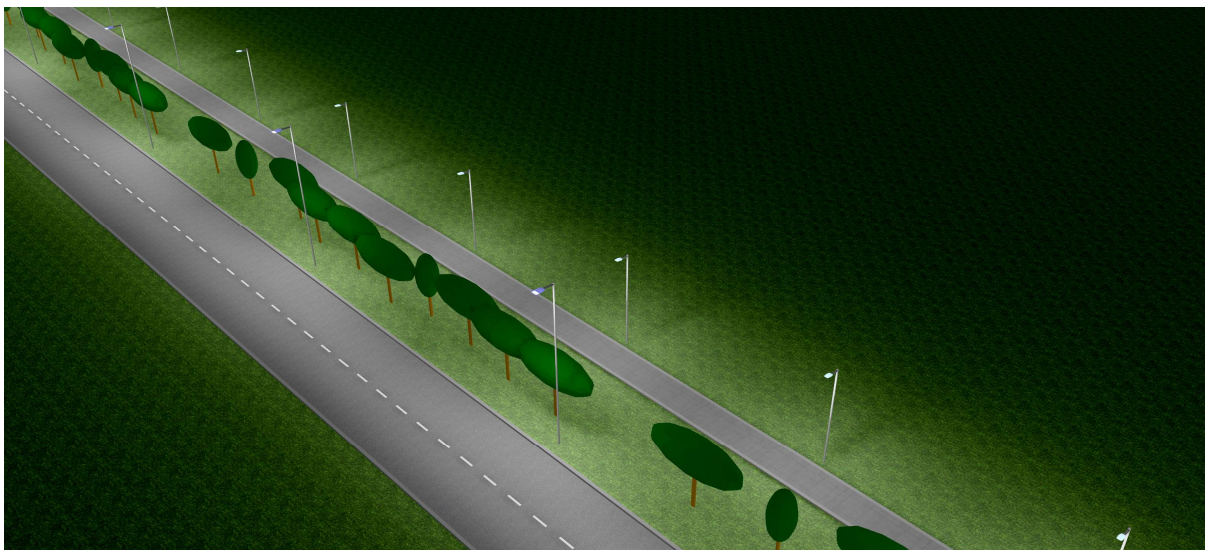


Rys. 6.6.2. Wykorzystanie słupów oświetlenia drogowego do instalacji opraw oświetlenia drogi dla pieszych (zalecane)



Rys. 6.6.3. Oświetlenie drogi dla pieszych – słupy zlokalizowane na pasie buforowym drogi dla pieszych przy jezdni (dopuszczalne tylko w trudnych warunkach)

(10) Jeżeli krawężel drogi dla pieszych przebiega w bliskiej odległości od krawężeli oświetlonej jezdni i jest to technicznie możliwe, zaleca się wykorzystanie tych samych słupów oświetleniowych, ale odrębnych opraw do oświetlenia jezdni i części drogi dla pieszych. Dodatkowe słupy oświetleniowe stosuje się, jeżeli dystrybucja światła może być ograniczana przez roślinność lub inne obiekty (rys. 6.6.4).



Rys. 6.6.4. Wykorzystanie oddzielnych instalacji oświetlenia drogowego (jezdni) i drogi dla pieszych

(11) W przypadku tras dla pieszych przebiegających niezależnie od jezdni, jeżeli utrzymywanie stałego oświetlenia nie jest uzasadnione technicznie lub ekonomicznie, dopuszcza się stosowanie sterowania oświetleniem z zastosowaniem systemów detekcyjnych, z zachowaniem wymagań określonych w podrozdziale 4.5.3 akapit (2).

6.7. Drogi dla rowerów oraz drogi dla pieszych i rowerów

(1) Drogę dla rowerów oświetla się:

- a) w tunelu,
- b) na moście lub wiadukcie,
- c) w miejscu włączania się ruchu rowerów do ruchu po jezdni.

(2) Drogi dla pieszych i rowerów oświetla się:

- a) w ramach tras podstawowych, tras dla pieszych z niepełnosprawnościami oraz tras szkolnych,
- b) w tunelu,
- c) na moście lub wiadukcie,
- d) w miejscu włączania się ruchu rowerów do ruchu po jezdni.

(3) Zaleca się oświetlenie drogi dla rowerów lub drogi dla pieszych i rowerów:

- a) tworzącej velostradę (V) lub trasę podstawową (P),
- b) pod mostem lub wiaduktem,
- c) w miejscu podwyższonego ryzyka kolizji uczestników ruchu drogowego (np. przecinanie się torów jazdy, łuki poziome o promieniach mniejszych niż 20 m, zawężenia szerokości drogi dla rowerów lub drogi dla pieszych i rowerów itp.),
- d) w odległości 25 m od przejazdu dla rowerów,
- e) w miejscu występowania obiektów w skrajni drogi dla rowerów lub drogi dla pieszych i rowerów,
- f) na odcinku o pochyleniu podłużnym większym niż 6%.

(4) Pas lub kontrapas ruchu dla rowerów oświetla się w ramach oświetlenia jezdni.

(5) Zaleca się oświetlenie miejsca obsługi ruchu rowerów, jeżeli jego powierzchnia jest nie mniejsza niż 25 m².

(6) Drogę dla pieszych i rowerów oświetla się uwzględniając wymagania określone w podrozdziale 6.6.

(7) Drogę dla rowerów lub drogę dla pieszych i rowerów oświetla się łącznie lub rozdzielnie z oświetleniem drogowym. Zaleca się stosowanie oświetlenia łącznego, zgodnie z akapitem (4) w podrozdziale 6.6.

(8) W celu ustalenia poziomu oświetlenia drogi dla rowerów lub drogi dla pieszych i rowerów położonych w bezpośrednim sąsiedztwie jezdni oświetlonej w klasie M, wykorzystuje się parametr współczynnika oświetlenia otoczenia R_{Ei} .

(9) W przypadku drogi dla rowerów lub drogi dla pieszych i rowerów oświetlanej niezależnie od jezdni określa się klasę oświetleniową:

- a) P – na odcinku pomiędzy obszarami skrzyżowań,
- b) C – w obszarach konfliktowych (tj. obszarach o zwiększonym prawdopodobieństwie kolizji spowodowanym występowaniem różnych uczestników ruchu drogowego oraz obszarach, na których występuje zmiana geometrii drogi).

(10) Zalecane minimalne poziomy klasy oświetleniowej w przypadku drogi dla rowerów lub drogi dla pieszych i rowerów określa tab. 6.7.1.

Tab. 6.7.1. Zalecane minimalne poziomy oświetlenia dróg dla rowerów oraz dróg dla pieszych i rowerów

Rodzaj drogi / obszaru	Klasa oświetlenia P	Poziome natężenie oświetlenia		
		E_{nr} [lx] (utrzymywane w minimum)	E_{min} [lx] (utrzymywane)	U_0 [-] (minimum)
Droga dla rowerów na odcinku 25 m przed i za przejazdem dla rowerów przez jezdnię na drodze oświetlonej	P2	10,00	2,00	0,20
Tunel dla rowerów albo pieszych i rowerów	P2	10,00	2,00	0,20
Droga dla rowerów tworząca велоstradę (V)	P3	7,50	1,50	0,20
Droga dla pieszych i rowerów	P3	7,50	1,50	0,20
Droga dla rowerów tworząca podstawową trasę dla rowerów (P)	P4	5,00	1,00	0,20
Droga dla rowerów tworząca uzupełniającą trasę dla rowerów (U)	P5	3,00	0,60	0,20
Stanowiska postojowe dla rowerów	P4	5,00	1,00	0,20

(11) Jeżeli krawędź drogi dla rowerów lub drogi dla pieszych i rowerów przebiega w bliskiej odległości od krawędzi oświetlonej jezdni i jest to technicznie możliwe, zaleca się wykorzystanie tych samych słupów oświetleniowych, ale odrębnych opraw do oświetlenia jezdni i części drogi przeznaczonych do ruchu rowerów. Dodatkowe słupy oświetleniowe stosuje się, jeżeli dystrybucja światła może być ograniczana przez roślinność lub inne obiekty.

(12) W przypadku tras dla rowerów przebiegających niezależnie od jezdni, jeżeli utrzymywanie stałego oświetlenia nie jest uzasadnione technicznie lub ekonomicznie, dopuszcza się stosowanie sterowania oświetleniem z zastosowaniem systemów detekcyjnych, z zachowaniem wymagań określonych w podrozdziale 4.5.3 akapit (2).

6.8. Przejścia dla pieszych i urządzenia alternatywne

(1) Przejścia dla pieszych oświetla się zgodnie z WR-D-41-4.

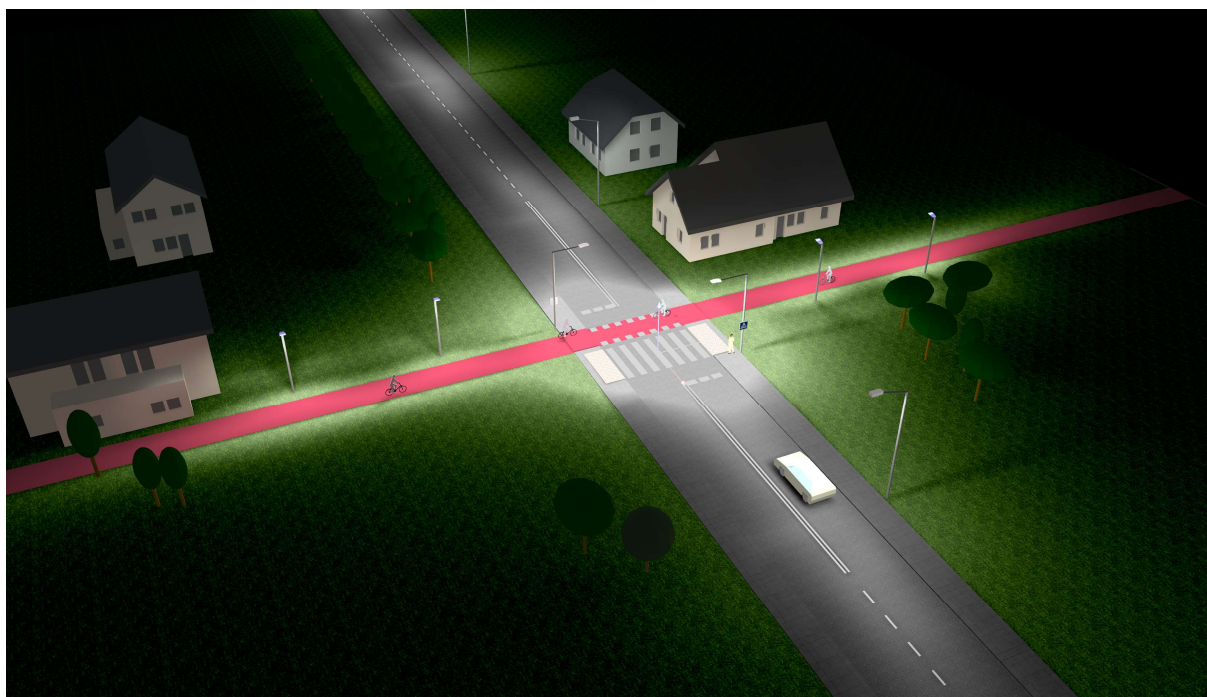
(2) Zaleca się, aby na odcinku nie krótszym niż 15 m przed przejściem dla pieszych zastosować oświetlenie drogi dla pieszych, pod warunkiem, że przejście jest oświetlone.

(3) Urządzenia alternatywne do przekraczania jezdni, oświetla się standardowym oświetleniem drogowym w klasach oświetleniowych wynikających z oświetlenia jezdni (nie stosuje się rozwiązania dedykowanego).

6.9. Przejazdy dla rowerów

(1) Przejazdy dla rowerów oświetla się zgodnie z zasadami oświetlania przejść dla pieszych określonymi w WR-D-41-4.

(2) Zaleca się, aby droga dla rowerów lub droga dla pieszych i rowerów była oświetlona przed przejazdem dla rowerów (rys. 6.9.1.) na odcinku nie mniejszym niż wartość L_d określona w tab. 4.2 w WR-D-42-3.



Rys. 6.9.1. Przykładowe oświetlenie przejazdu dla rowerów usytuowanego obok przejścia dla pieszych

(3) Zaleca się stosowanie oświetlenia dedykowanego, w szczególności na przejazdach dla rowerów usytuowanych poza obszarami skrzyżowań.

(4) Zaleca się, aby przejazd dla rowerów wraz przejściem dla pieszych oświetlać łącznie za pomocą jednego rozwiązania dedykowanego. Wówczas stosuje się oddzielne pionowe płaszczyzny obliczeniowe.

(5) Jeżeli nie ma możliwości objęcia przejazdu dla rowerów i przejścia dla pieszych jednym rozwiązaniem oświetleniowym, wówczas każdy obszar oświetlenia projektuje się osobno.

6.10. Przystanki transportu zbiorowego

(1) Przystanek transportu zbiorowego oświetla się w obszarze zabudowanym.

(2) Zaleca się oświetlenie przystanku transportu zbiorowego poza obszarem zabudowanym z uwagi na BRD, a także bezpieczeństwo publiczne.

(3) Przystanek transportu zbiorowego w obszarze zabudowanym oświetla się za pomocą istniejącego oświetlenia drogi lub dodatkowych opraw oświetleniowych, przeznaczonych do oświetlania dróg dla pieszych albo dróg dla pieszych i rowerów.

(4) Przystanku transportu zbiorowego nie oświetla się za pomocą oświetlenia drogowego, które usytuowane jest po przeciwnej stronie drogi.

(5) Peron przystankowy wraz z dojściem do tego peronu oświetla się określając poziom oświetlenia na podstawie normy [21] i tab. 6.10.1.

(6) Zaleca się oświetlenie wnętrza wiaty przystankowej, a w szczególności rozkładu jazdy.

Tab. 6.10.1. Wybrane wymagania oświetleniowe dotyczące przystanków transportu zbiorowego [21]

Część drogi	E_{sr} [lx]	U_0 [-]	R_{GL} [-]	R_s [-]	Uwagi
Peron otwarty z bardzo małą liczbą pasażerów	5	0,20	55	20	Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów, $U_a \geq 0,100$
Peron otwarty z małą liczbą pasażerów	10	0,25	50	20	Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów, $U_a \geq 0,125$
Peron otwarty ze średnią liczbą pasażerów	20	0,30	45	20	Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów, $U_a \geq 0,166$
Peron otwarty z dużą liczbą pasażerów	50	0,40	45	20	Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów, $U_a \geq 0,200$
Peron zadaszony z małą liczbą pasażerów	50	0,40	45	40	Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów, $U_a \geq 0,200$
Peron zadaszony z dużą liczbą pasażerów	100	0,50	45	40	Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów, $U_a \geq 0,330$
Droga dla pieszych, droga dla pieszych i rowerów, otwarty wiadukt dla pieszych	10	0,25	50	20	-
Schody otwarte	50	0,40	45	40	-
Schody zadaszone	100	0,50	45	40	-

6.11. Place

(1) Poziom oświetlenia placu usytuowanego poza pasem drogowym, po którym odbywa się ruch pieszych lub rowerów, określa się na podstawie klasy P. W przypadku dodatkowych wymagań bezpieczeństwa publicznego lub nadzoru wizyjnego stosuje się jedną z klas uzupełniających: EV, HS lub SC.

6.12. Przejazdy tramwajowe i kolejowo-drogowe

- (1) Przejazd tramwajowy oświetla się w każdym przypadku.
- (2) Oświetlenie przejazdu tramwajowego projektuje się w taki sam sposób, jak oświetlenie skrzyżowania dróg.
- (3) Przejazd kolejowo-drogowy oświetla się zgodnie z rozporządzeniem [11], na podstawie normy [21] i zgodnie z tab. 6.12.1.
- (4) W przypadku gdy jezdnia drogi przed lub za przejazdem kolejowo-drogowym jest oświetlona wyższymi poziomami, niż wynika to z tab. 6.12.1, to zaleca się dostosowanie poziomu oświetlenia jezdni na odcinku przejazdu kolejowo-drogowego do poziomu oświetlenia jezdni najlepiej oświetlonej drogi.

Tab. 6.12.1. Wybrane wymagania oświetleniowe dotyczące przejazdów przez torowisko [21]

Część drogi	E_{sr} [lx]	U_0 [-]	R_{GL} [-]	R_s [-]
Droga dla pieszych przyległa do jezdni	10	0,25	50	20
Droga dla pieszych i rowerów przyległa do jezdni	10	0,25	50	20
Jezdnia	20	0,40	45	20
Wydzielone przejście dla pieszych przez torowisko	50	0,40	45	20
Wydzielony przejazd dla rowerów przez torowisko	50	0,40	50	20

6.13. Miejsca obsługi podróżnych

- (1) Miejsce obsługi podróżnych oświetla się co najmniej w części dostępnej dla użytkowników.
- (2) Wyjazd z jezdni do miejsca obsługi podróżnych i wjazd na jezdnię z miejsca obsługi podróżnych oświetla się w każdym przypadku.

- (3) Poziomy klas oświetleniowych miejsc obsługi podróżnych dobiera się w taki sposób, aby były zgodne z poziomem klasy oświetlenia jezdni głównej (na podstawie 7.4.2), poprzez stopniowanie klas o maksymalnie dwie klasy w dół.
- (4) Miejsce obsługi podróżnych w części dostępnej dla pojazdów i pieszych oświetla się w klasie C.
- (5) Miejsce obsługi podróżnych w części dostępnej tylko dla pieszych oświetla się w klasie P.
- (6) Obszary związane z miejscami pracy osób zaleca się oświetlać zgodnie z normą [21].

6.14. Parkingi i zatoki postojowe

- (1) Parking lub zatokę postojową w pasie drogowym oświetla się w ramach oświetlenia drogi, w klasie C (przeliczonej na podstawie tab. 7.4.2 z klasy M przyjętej dla jezdni).
- (2) Parking usytuowany poza pasem drogowym oświetla się w klasie C.
- (3) Poziom klasy oświetleniowej parkingu dozorowanego określa się na podstawie normy [21].
- (4) Wartości parametrów oświetleniowych parkingu dozorowanego z podziałem na intensywność użytkowania określa się zgodnie z tab. 6.14.1.

Tab. 6.14.1. Wybrane wymagania oświetleniowe dotyczące parkingów zewnętrznych [21]

Natężenie ruchu drogowego	E_{av} [lx]	U ₀ [-]	R _{av} [-]	R _s [-]
Małe natężenie ruchu	5	0,25	55	20
Średnie natężenie ruchu	10	0,25	50	20
Duże natężenie ruchu	20	0,25	50	20

6.15. Miejsca poboru opłat

- (1) Miejsce poboru opłat oświetla się w każdym przypadku.
- (2) Plac poboru opłat oraz stację poboru oświetla się w taki sam sposób, jak węzeł drogowy.
- (3) W miejscu poboru opłat oświetla się co najmniej obszar, w którym jezdnia jest poszerzona.
- (4) Obszary w bezpośrednim otoczeniu urzędów obsługujących podróżnych i miejsc pracy osób obsługi (np. pobór biletu, obsługa automatyczna, miejsce pracy służb kontroli), zaleca się oświetlać zgodnie z normą [21] i tab. 6.15.1.

Tab. 6.15.1. Wybrane wymagania oświetleniowe dotyczące miejsc poboru opłat [21]

Zadania lub czynności	E_{av} [lx]	U ₀ [-]	R _{av} [-]	R _s [-]
Bezpośrednie czynności związane z płatnością w miejscu poboru opłat	150	0,4	45	20

- (5) Jeżeli miejsce poboru opłat jest usytuowane na drodze oświetlonej, to zaleca się podwyższenie poziomu o jedną klasę oświetleniową, w stosunku do istniejącej klasy oświetleniowej drogi.

6.16. Mosty i wiadukty

- (1) Most lub wiadukt oświetla się, jeżeli:
- droga w obszarze mostu lub wiaduktu lub na dojeździe do niego jest oświetlona,
 - konstrukcja ma zamknięte przekroje ustroju nośnego lub podpór, wymagające dostępu i oświetlenia w celach utrzymaniowych.
- (2) Nie zaleca się stosowania oświetlenia drogowego w otoczeniu przejść dla zwierząt.

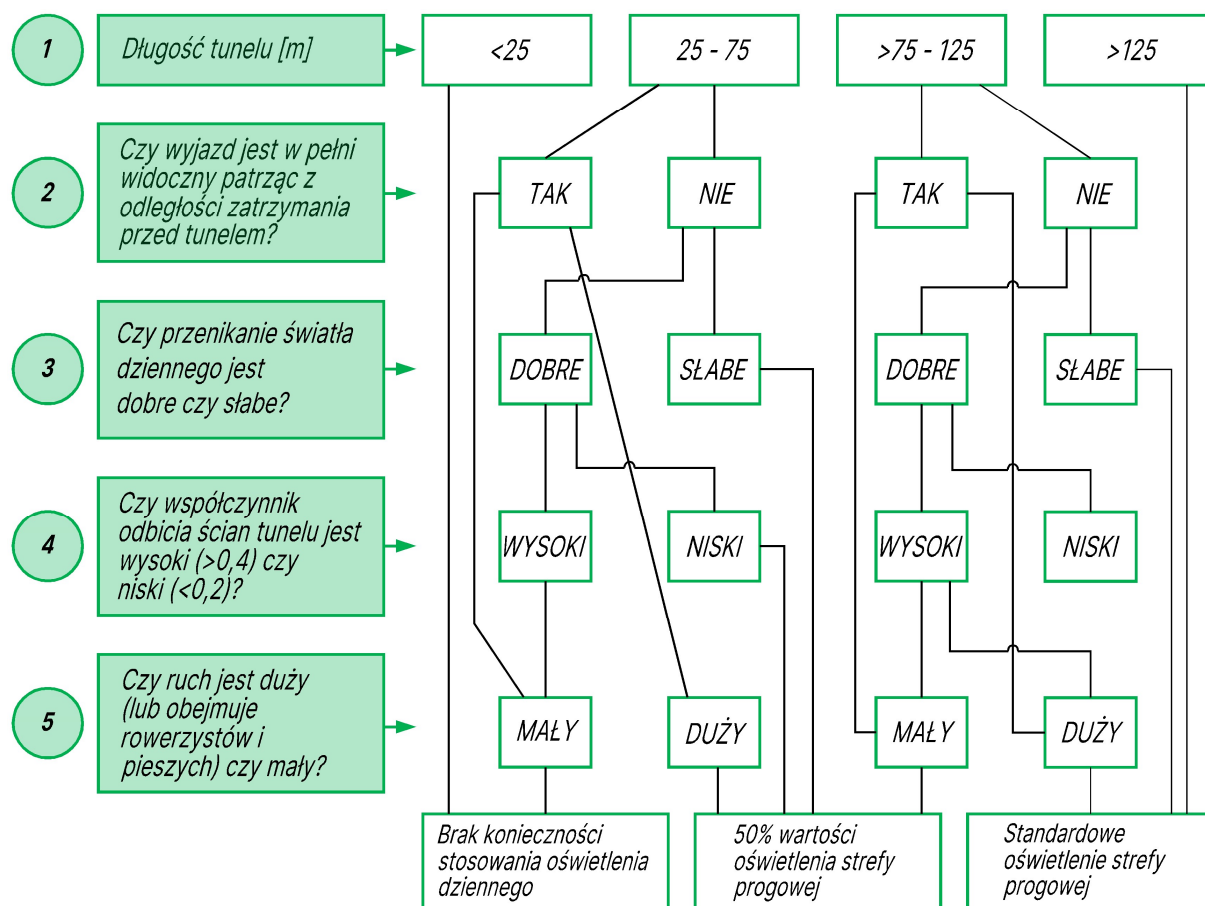
6.17. Tunele

(1) Tunel oświetla się w każdym przypadku, z wyjątkiem tunelu krótkiego, który spełnia warunki odstąpienia od oświetlenia, wynikające z analizy przeprowadzonej zgodnie z rys. 6.17.1.

(2) Tunel, który wymaga zastosowania oświetlenia, wyposaża się w oświetlenie podstawowe, zapasowe i ewakuacyjne.

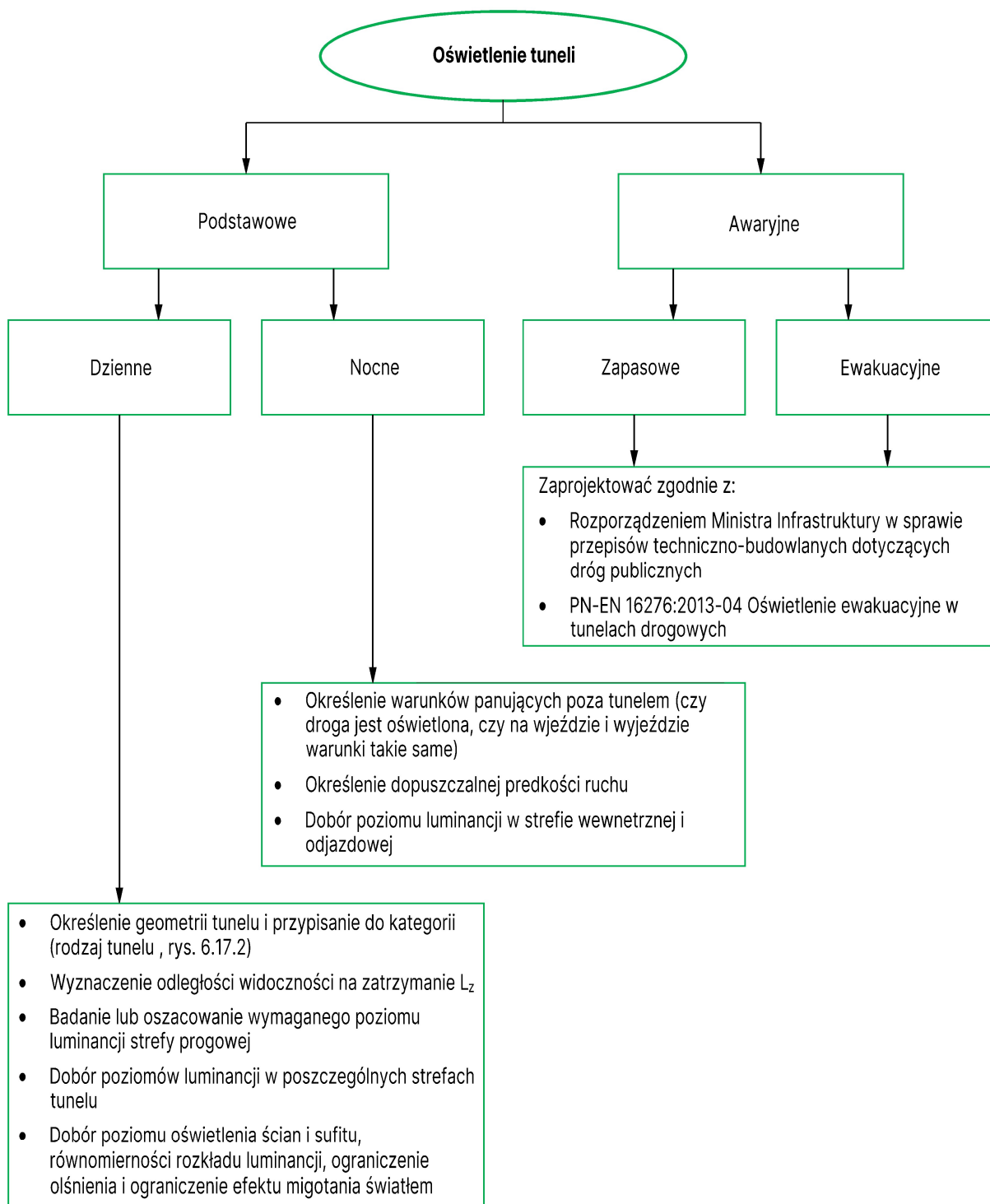
(3) Oświetlenie tunelu projektuje się na podstawie [52].

(4) Niniejsze wytyczne określają zasady projektowania oświetlenia podstawowego. Wymagania dotyczące oświetlenia zapasowego i ewakuacyjnego zawarte są w załączniku nr 3 do przepisów techniczno-budowlanych oraz normie [30].



Rys. 6.17.1. Zasady oświetlenia podstawowego w tunelu w porze dziennej

(5) Etapy projektowania oświetlenia podstawowego tunelu przyjmuje się zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 6.17.2.



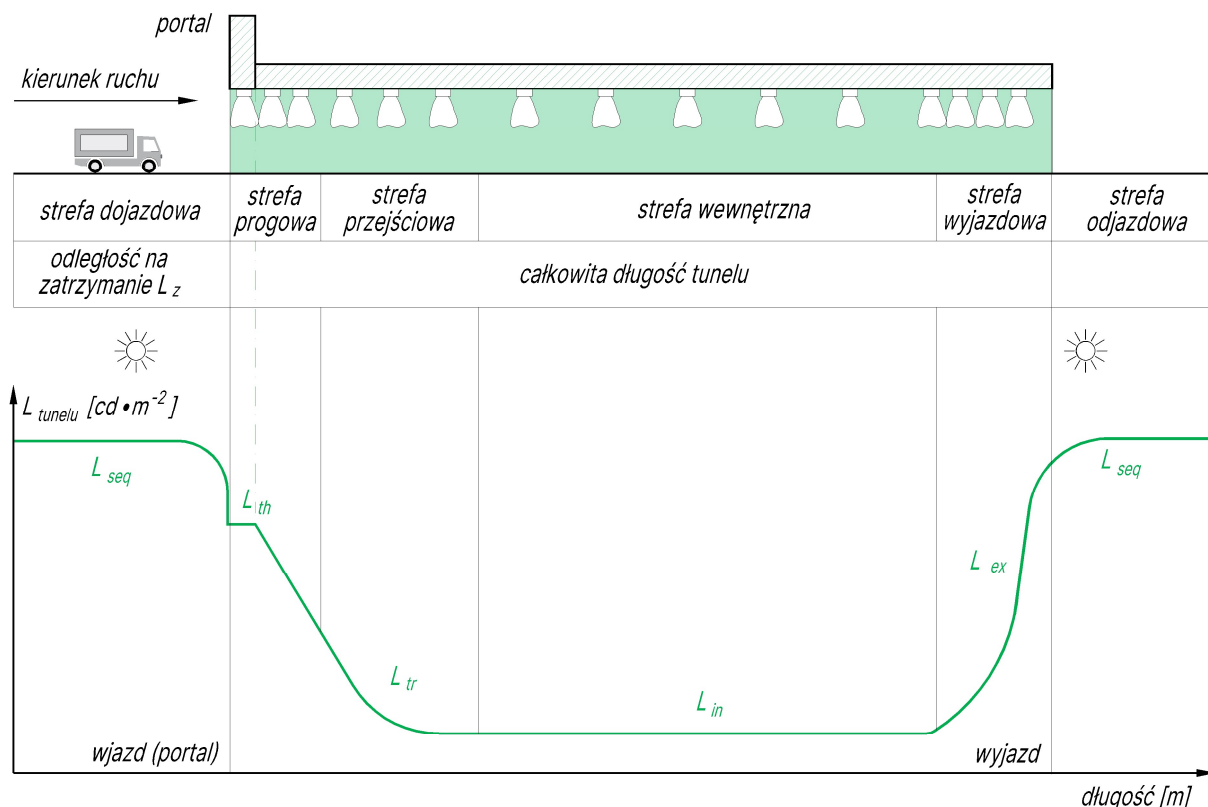
Rys. 6.17.2. Rodzaje oświetlenia w tunelu

(6) Każdy tunel drogowy posiada odmienne uwarunkowania techniczne, geometryczne, oświetleniowe oraz lokalizacyjne i wymaga przeprowadzenia indywidualnej analizy konieczności oświetlenia w porze dziennej (rys. 6.17.1).

- (7) Do celów oświetleniowych, z uwagi na geometrię, definiuje się tunele:
- krótkie – widoczny wylot z perspektywy wlotu,
 - długie geometrycznie – niewidoczny wylot z perspektywy wlotu, tunel długi,
 - długie optycznie – niewidoczny wylot z perspektywy wlotu, niezależnie od długości.

(8) Tunel, jako obiekt z ograniczonym dostępem światła dziennego, oświetla się światłem sztucznym o odmiennym poziomie oświetlenia podstawowego, dostosowanym do pory dziennej i nocnej.

(9) W celu ustalenia poziomów oświetlenia podstawowego tunelu długiego wyróżnia się następujące strefy (rys. 6.17.3): dojazdowa, progowa, przejściowa, wewnętrzna, wyjazdowa, odjazdowa.



Rys. 6.17.3. Zalecany rozkład luminancji w funkcji długości tunelu (stref tunelu) w porze dziennej – dotyczy tunelu przeznaczanego do ruchu w jednym kierunku

(10) Długość stref i poziomy oświetlenia obliczane są indywidualnie w przypadku każdego tunelu.

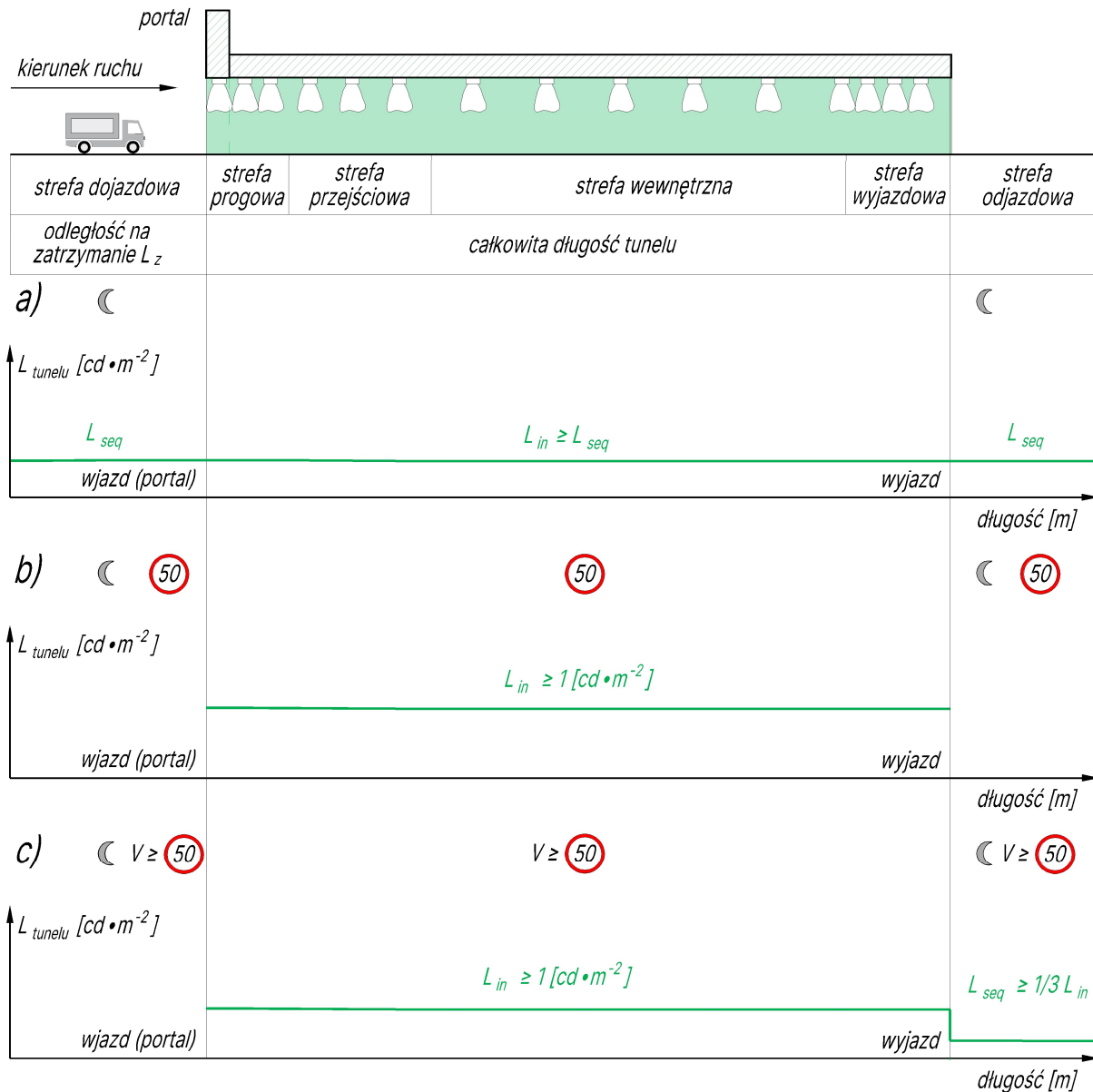
(11) Zmianę poziomu luminancji w funkcji długości tunelu w porze dziennej wykonuje się w taki sposób, aby uwzględniła proces adaptacji wzroku kierowcy do warunków panujących w tunelu (rys. 6.17.3).

(12) W porze dziennej zapewnia się minimalny, zdefiniowany poziom luminancji drogi (zapewniający widoczność obiektów w strefie progowej), aby uniknąć efektu wjazdu z jasnego otoczenia do ciemnej przestrzeni tunelu.

(13) Tunel w porze nocnej oświetla się:

- usytuowany w ciągu drogi oświetlonej – podstawowe oświetlenie tunelu powinno być na nie niższym poziomie, niż na odcinku dojazdu do tunelu, w aspekcie spełnienia wymagań średniej wartości luminancji jezdni, równomierności rozkładu luminancji ogólnej i wzdłużnej oraz olśnienia (rys. 6.17.4a),
- usytuowany w ciągu drogi nieoświetlonej – podstawowe oświetlenie tunelu powinno charakteryzować się parametrami: $L_{sr} \geq 1,00 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$; $U_o \geq 0,40$; $U_L \geq 0,60$ (rys. 6.17.4b).

(14) W przypadku tunelu usytuowanego w ciągu drogi nieoświetlonej, na której prędkość dopuszczalna wynosi więcej niż 50 km/h, w porze nocnej zaleca się dodatkowo oświetlić strefę odjazdową od tunelu (rys. 6.17.4c). Jeżeli poziom oświetlenia w tunelu w nocy jest wyższy niż $1,00 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz warunki atmosferyczne na wjeździe i wyjeździe z tunelu mogą być istotnie różne, to dodatkowo zaleca się oświetlenie strefy odjazdowej na długości odpowiadającej dwukrotnej odległości widoczności na zatrzymanie, na poziomie nie niższym niż $1/3$ poziomu luminancji strefy wewnętrznej tunelu.



Rys. 6.17.4. Zalecany rozkład luminancji w funkcji długości tunelu (stref tunelu) w porze nocnej – dotyczy tunelu przeznaczanego do ruchu w jednym kierunku

(15) Strefa dojazdowa to odcinek drogi bezpośrednio przed wjazdem do tunelu o długości równej odległości widoczności na zatrzymanie L_z [m], zgodnie z WR-D-22-1.

(16) Długość strefy progowej jest równa co najmniej odległości widoczności na zatrzymanie L_z . Do wyznaczenia poziomu luminancji strefy progowej istniejącego tunelu zaleca się zastosowanie metody L_{20} .

(17) Wartość maksymalną luminancji w strefie progowej tunelu L_{th} wyznacza się na podstawie prędkości o większej wartości spośród prędkości dopuszczalnej V_{dop} i prędkości do projektowania V_{dp} (tab. 6.17.2) oraz luminancji strefy dojazdowej do tunelu (metodą L_{20}), zgodnie ze wzorem (6.17.1).

$$L_{th} = k \cdot L_{20} \quad (6.17.1)$$

gdzie:

L_{th} – luminancja w strefie progowej tunelu [$cd \cdot m^{-2}$],

k – współczynnik zależny od prędkości $V < \max: V_{dop}, V_{dp} >$ [-], który przyjmuje się zgodnie z tab. 6.17.1,

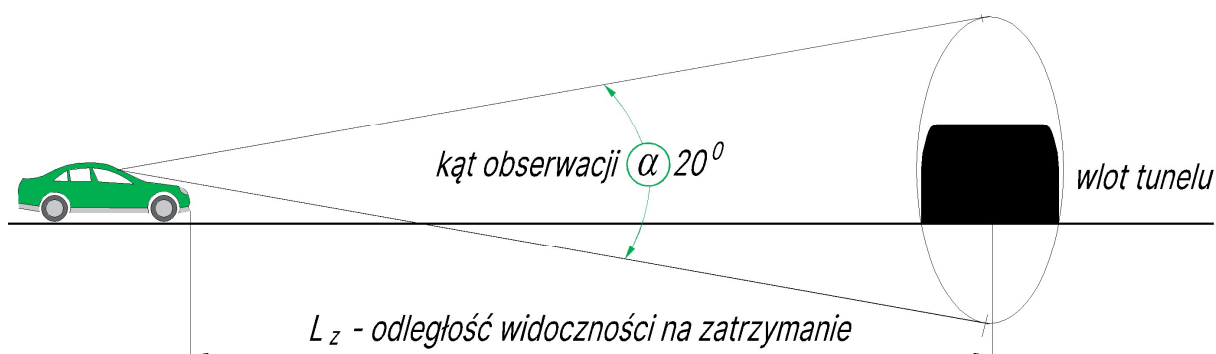
L_{20} – luminancja [$cd \cdot m^{-2}$], wyznaczona zgodnie z wzorem (6.17.2).

Tab. 6.17.1. Wartość współczynnika k dla różnych prędkości

Prędkość $V < \max: V_{dop}, V_{dp} >$ [km/h]	Współczynnik k [-]
≤ 60	0,05
61-120	0,06
≥ 120	0,10

(18) Rekomenduje się liniowe (dopuszcza się skokowe) obniżanie luminancji drogi (od połowy długości strefy progowej do wartości $0,4 \cdot L_{th}$).

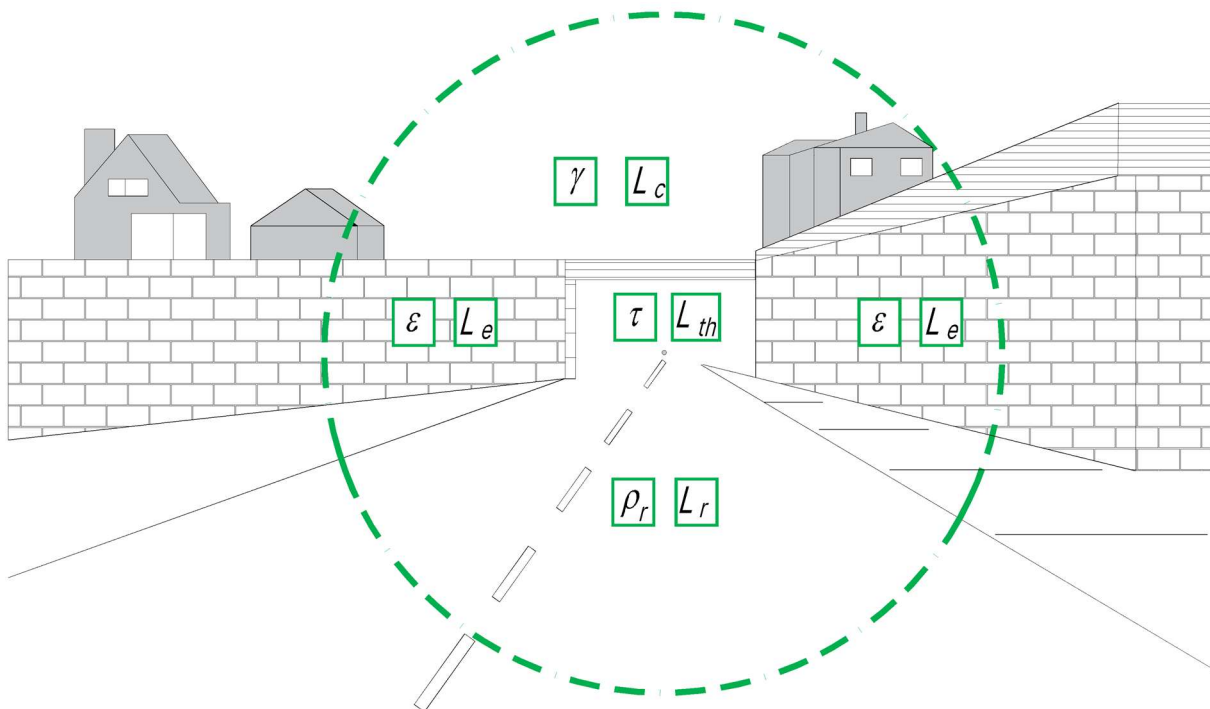
(19) Luminancja L_{20} , w przypadku istniejących tuneli, jest średnią wartością luminancji mierzonej w stożkowym polu widzenia ($2 \times 10^\circ$) obserwatora zlokalizowanego w punkcie odniesienia L_z oraz patrzącego w kierunku środka wjazdu do tunelu na poziomie 1/4 jego wysokości (rys. 6.17.5).



Rys. 6.17.5. Wyznaczenie wyznaczenia poziomu luminancji strefy progowej metodą L_{20}

(20) W przypadku tunelu projektowanego, luminancję w strefie progowej L_{20} wyznacza się na podstawie składowych teoretycznych pochodzących z danych projektowych dla udziału zajętości pola widzenia tunelu.

(21) Oszacowanie procentowego udziału składników zajętości pola widzenia przez poszczególne składowe wzoru L_{20} wyznacza się na podstawie fotografii wjazdu do tunelu wykonanej z punktu odniesienia (L_z). Wówczas rysuje się stożek o kącie rozwarcia 20° , którego wierzchołek znajduje się w punkcie L_z , a środek podstawy (której wielkość wynika z odległości L_z i rozwartości 20°) umieszcza się na wysokości 1/4 wjazdu do tunelu. Tak obliczony promień podstawy stożka przeskalowuje się do wartości zmierzonych na fotografii, wykorzystując do tego celu znany wymiar (np. wysokość portalu wjazdowego). Po narysowaniu okręgu o obliczonym promieniu udział poszczególnych składowych procentowych oblicza się uwzględniając pola powierzchni zajmowanych obszarów (rys. 6.17.6).



Rys. 6.17.6. Udział składników zajętości pola widzenia

(22) Luminancję L_{20} wylicza się ze wzoru (6.17.2):

$$L_{20} = \gamma \cdot L_c + \rho_r \cdot L_r + \epsilon \cdot L_e + \tau \cdot L_{th} \quad (6.17.2)$$

przyjmując, że (6.17.3):

$$\gamma + \rho_r + \epsilon + \tau = 1 \quad (6.17.3)$$

gdzie:

L_c – luminancja obszaru nieba [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$],

L_r – luminancja obszaru drogi [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$],

L_e – luminancja obszaru otoczenia [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$],

L_{th} – luminancja obszaru strefy progowej [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$],

γ – wskaźnik zajętości nieba w 20° polu widzenia [%],

ρ_r – wskaźnik zajętości drogi w 20° polu widzenia [%],

ϵ – wskaźnik zajętości otoczenia w 20° polu widzenia [%],

τ – wskaźnik zajętości strefy progowej w 20° polu widzenia [%].

(23) Jeżeli pomiar w warunkach rzeczywistych nie jest możliwy, dopuszcza się przyjęcie wartości poszczególnych składowych luminancji w obszarach z tab. 6.17.2.

Tab. 6.17.2. Przykładowe poziomy luminancji w otoczeniu wjazdu do tunelu (portalu)

Kierunek jazdy	L_c (obszar nieba) [kcd·m ⁻²]	L_r (obszar drogi) [kcd·m ⁻²]	L_e (obszar otoczenia) [kcd m ⁻²]				
			skały	budynki	śnieg		polany
					V ¹⁾	H ²⁾	
N	8	3	3	8	15	15	2
E-W	12	4	2	6	10	15	2
S	16	5	1	4	5	15	2

¹⁾ tereny góryste ze stromymi stokami znajdującymi się w polu widzenia kierowców,
²⁾ tereny nizinne, płaskie, wiejskie.

(24) Oświetlenie w strefie przejściowej L_{tr} projektuje się w taki sposób, aby zapewnić łagodne przejście poziomu luminancji pomiędzy końcem strefy progowej, a strefą wewnętrzną tunelu, celem zapewnienia odpowiedniego czasu na adaptację wzroku (rys. 6.17.7). Poziom luminancji powinien zmieniać się zgodnie ze wzorem (6.17.4):

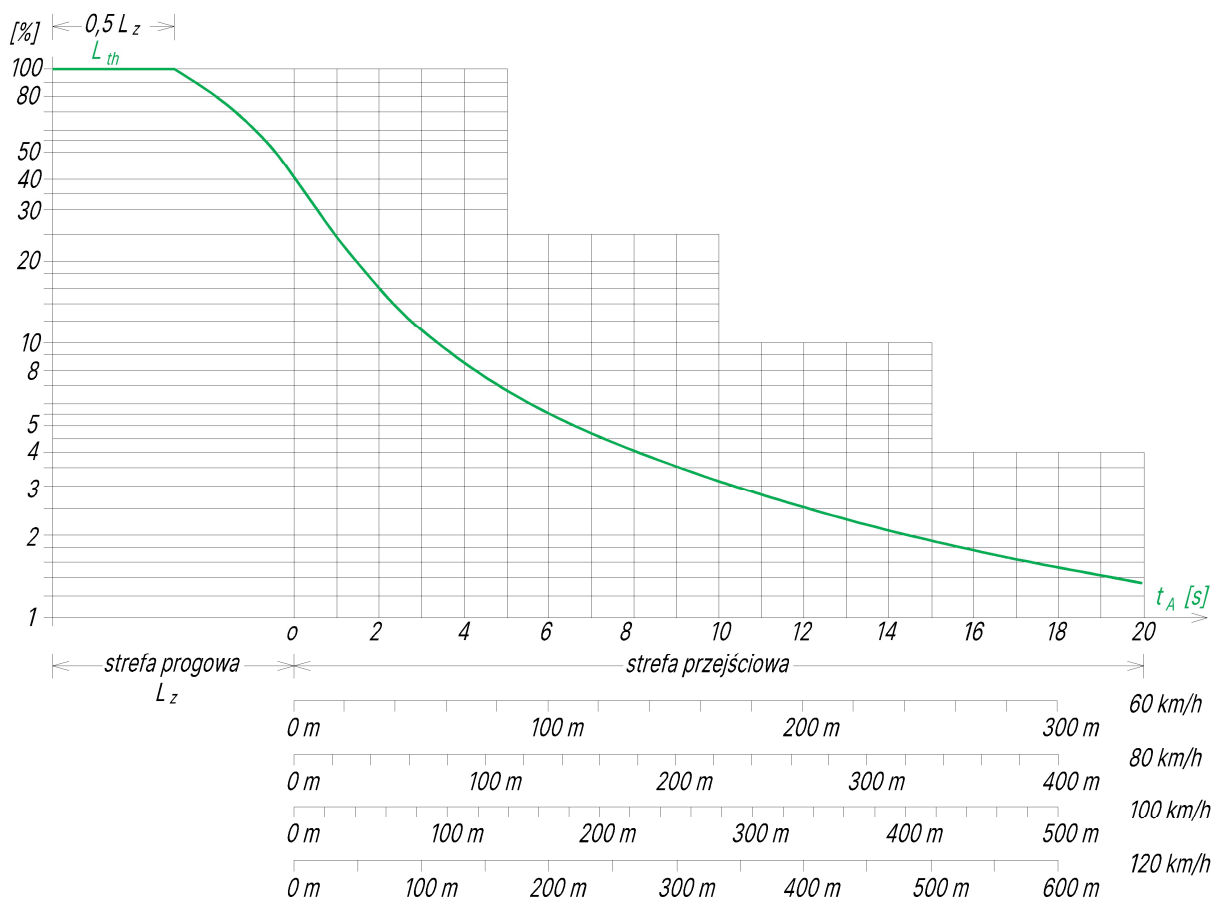
$$L_{tr} = L_{th} \cdot (1,9 + t_A)^{-1,4} \quad (6.17.4)$$

gdzie:

L_{tr} – luminancja w strefie przejściowej [$cd \cdot m^{-2}$],

L_{th} – luminancja w strefie progowej tunelu [$cd \cdot m^{-2}$],

t_A – czas adaptacji [s].



Rys. 6.17.7. Zmiana poziomu luminancji w strefach progowej i przejściowej tunelu w porze nocnej

(25) Poziom średniej luminancji w strefie wewnętrznej tunelu (tab. 6.17.3) wyznacza się na podstawie:

- natężenia ruchu (tab. 6.17.4),
- odległości widoczności na zatrzymanie L_z .

Tab. 6.17.3. Poziom luminancji w strefie wewnętrznej tunelu (dla tuneli długich i bardzo długich)

L_z [m]	Tunele długie (>125 m)		Tunele bardzo długie (>30 s jazdy z dopuszczalną prędkością)	
	Natężenie ruchu [poj./h/pas ruchu]			
	niskie	wysokie	niskie	wysokie
	Poziom luminancji w strefie wewnętrznej [$cd \cdot m^{-2}$]			
60	3,0	6,0	1,0	2,0
≥ 160	6,0	10,0	2,5	4,5

Tab. 6.17.4. Natężenie ruchu pojazdów – klasyfikacja

Klasyfikacja natężenia ruchu	Ruch jednokierunkowy	Ruch dwukierunkowy
	[poj./h/pas ruchu]	
Niskie	<500	<100
Wysokie	>1500	>400

(26) W przypadku odległości na zatrzymanie L_z wynoszącej od 60 do 160 m poziom luminancji strefy wewnętrznej interpoluje się liniowo.

- (27) Oświetlenie strefy wyjazdowej tunelu realizuje się w dwóch wariantach:
- standardowy wylot z tunelu – oświetlenie projektuje się z poziomem luminancji analogicznym jak w strefie wewnętrznej tunelu,
 - wylot z tunelu obarczony ryzykiem wystąpienia dodatkowych zagrożeń w pobliżu wyjazdu – w porze dziennej zaleca się stosowanie liniowo zwiększającego się poziomu luminancji od wartości odpowiadającej strefie wewnętrznej do poziomu pięciokrotnie wyższego; zmienny zakres luminancji powinien występować na długości odpowiadającej odległości widoczności na zatrzymanie L_z do punktu położonego 20 m przed wylotem z tunelu.

(28) Ze względu na specyfikę oświetlanej części drogi, w tunelu wprowadza się dodatkowe wymagania:

- tunel wyposaża się z zintegrowany system sterowania i nadzoru nad oświetleniem,
- w tunelu zapewnia się dobry poziom równomierności rozkładu luminancji na powierzchni drogi i ścian tunelu (dla każdego stopnia redukcji poziomu oświetlenia tunelu),
- zaleca się, aby równomierność całkowita U_0 dla nawierzchni i ścian wynosiła co najmniej 0,40,
- zaleca się, aby równomierność wzdłużna U_L , mierzona w osi każdego pasa ruchu, wynosiła co najmniej 0,60,
- w celu umożliwienia prawidłowej detekcji przeszkód oświetla się ściany i sufit tunelu, które stanowią tło obserwacji, zapewniają właściwą adaptację i prowadzenie wzrokowe,
- zaleca się, aby wartość średnia luminancji ścian do wysokości 2,0 m stanowiła wartość $\geq 60\%$ średniej luminancji drogi w analizowanej lokalizacji tunelu,
- eliminuje się efekt olśnienia od opraw oświetleniowych z uwagi na pogorszenie procesu widzenia (olśnienie przeszkadzające),
- eliminuje się efekt migotania światła w zakresie częstotliwości od 2,5 do 15,0 Hz,
- stosuje się duże oprawy z niskim gradientem zmian rozsyłu strumienia świetlnego.

6.18. Strefy przejściowe

(1) Strefę przejściową S_a zapewnia się pomiędzy oświetlonym i nieoświetlonym odcinkiem drogi, na którym następuje stopniowa zmiana wartości luminancji lub poziomego natężenia oświetlenia na jezdni.

(2) Odcinek strefy przejściowej powinien być nie krótszy, niż określony w tab. 6.18.1.

(3) Strefy przejściowe na przejściach dla pieszych, przejściach sugerowanych i przejazdach dla rowerów zapewnia się zgodnie z WR-D-41-4.

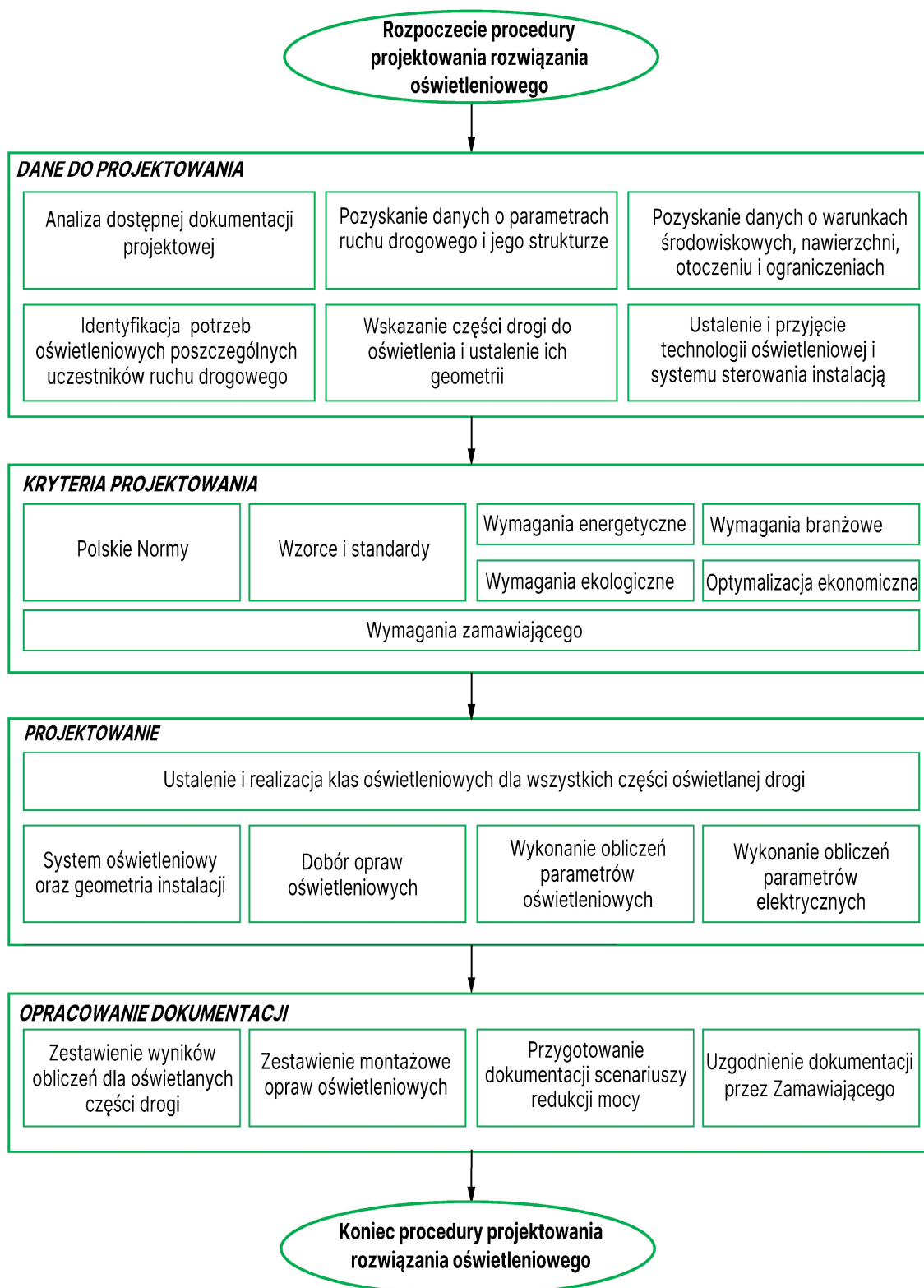
Tab. 6.18.1. Minimalna długość strefy przejściowej

Prędkość dopuszczalna V_{dop} [km/h]	Minimalna długość strefy S_a [m]	Rekomendowana długość strefy S_a [m]
30	42	100
40	56	
50	70	
60	84	
70	98	
80	112	150
90	125	
100	139	
110	153	200
120	167	
130	181	
140	194	

7. Dobór klasy i rozwiązania oświetleniowego

7.1. Procedura projektowania rozwiązania oświetleniowego

(1) Rozwiązanie oświetleniowe zaleca się projektować postępując zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 7.1.1.



Rys. 7.1.1. Procedura projektowania rozwiązania oświetleniowego

7.2. Wymagane parametry techniczne do wyboru klasy oświetlenia drogowego

(1) Klasy oświetleniowe reprezentują wymagania wizualne poszczególnych grup uczestników ruchu drogowego, ponieważ każda z nich ma je odmienne, w zależności od występowania oświetlenia części drogi przeznaczonych do ruchu: pojazdów samochodowych, rowerów, urządzeń transportu osobistego, hulajnóg elektrycznych, pieszych i osób poruszających się przy użyciu urządzeń wspomagających, oraz w obszarach konfliktowych.

(2) Projektant, poza wymaganymi danymi niezbędnymi do wyboru klasy oświetleniowej wynikającej z norm [24] i [25], powinien posiadać informacje o:

- a) uczestnikach ruchu drogowego (kierujących pojazdami, w tym rowerami, urządzenia transportu osobistego, hulajnogami elektrycznymi, pieszych, w tym osobach ze szczególnymi potrzebami, osobach poruszających się przy użyciu urządzeń wspomagających ruch),
- b) prędkości do projektowania i prędkości dopuszczalnej,
- c) natężeniu ruchu drogowego,
- d) istniejących klasach oświetleniowych i zastosowanych oprawach,
- e) planach rozbudowy drogi lub zmiany jej funkcji,
- f) zagospodarowaniu sąsiedztwa drogi,
- g) miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego otoczenia drogi,
- h) prognozie ruchu drogowego w horyzoncie cyklu życia instalacji oświetleniowej,
- i) konieczności objęcia obszaru drogi monitoringiem wizyjnym,
- j) wymaganiach inwestora.

(3) W przypadku każdej nowoprojektowanej drogowej instalacji oświetleniowej zaleca się zastosowanie redukcji klasy oświetleniowej i związanych z tym układów redukcji strumienia świetlnego opraw oświetleniowych.

(4) Wybór liczby przedziałów czasowych redukcji strumienia świetlnego (mocy) zależy głównie od rozkładu natężenia ruchu drogowego w porze nocnej i możliwości technicznych realizacji zakładanych poziomów oświetleniowych.

7.3. Wybór klasy oświetleniowej

(1) W projekcie oświetleniowym uwzględnia się strefę otoczenia, charakteryzowaną przez uwarunkowania środowiskowe (tab. 5.1.1 i 5.1.2), w której znajduje się projektowana instalacja oświetleniowa.

(2) W celu wyznaczenia poziomu klasy oświetleniowej M sumuje się wartości wag V_w według tab. 7.3.1 i wyznacza się poziom klasy na podstawie wzoru (7.3.1):

$$M = 6 - V_{ws} \quad (7.3.1)$$

gdzie:

V_{ws} – suma wartości wag z tab. 7.3.1.

(3) W przypadku wszystkich przyjętych przedziałów czasowych wykonuje się analizę wyboru odpowiednich wag. Pozwala to na określenie poziomu klasy M w zakresie od 1 do 6. Jeżeli suma wartości wagowych jest mniejsza od 0, to stosuje się wartość 0. Jeżeli M wyliczone ze wzoru (7.3.1) jest nie większe niż 0, to stosuje się poziom klasy oświetleniowej $M1$.

Tab. 7.3.1. Parametry doboru klas oświetlenia M [24]

Parametr	Wariant	Opis		Wartość wagi V_w
Prędkość V <max: V_{dop} , V_{dp} >	Bardzo wysoka	V > 100 km/h		2
	Wysoka	70 < V ≤ 100 km/h		1
	Umiarkowana	40 < V ≤ 70[km/h		-1
	Niska	V ≤ 40 km/h		-2
Natężenie ruchu		Drogi o dwóch jezdniach głównych	Drogi o jednej jezdni głównej	
	Wysokie	>65% maksymalnej przepustowości	>45% maksymalnej przepustowości	1
	Umiarkowane	35-65% maksymalnej przepustowości	15-45% maksymalnej przepustowości	0
	Niskie	<35% maksymalnej przepustowości	<15% maksymalnej przepustowości	-1
Rodzaj ruchu	Mieszany z wysokim udziałem ruchu niezmotoryzowanych			2
	Mieszany			1
	Tylko zmotoryzowany			0
Rozdzielenie jezdni	Nie			1
	Tak			0
Gęstość skrzyżowań/węzłów		liczba/km	liczba/km	
	Duża	>3	<3	1
	Normalna	≤3	≥3	0
Zaparkowane pojazdy	Istnieją			1
	Brak			0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Witryny sklepowe, reklamy, dworce, obiekty sportowe, magazyny		1
	Umiarkowana	Normalne warunki		0
	Niska	-		-1
Trudność kierowania pojazdem	Bardzo trudno			2
	Trudno			1
	Łatwo			0
				Suma wartości wag V_{ws}

(4) W celu wyznaczenia poziomu klasy oświetleniowej C sumuje wartości wag V_w według tab. 7.3.2 i wyznacza się poziom klasy na podstawie wzoru (7.3.2):

$$C = 6 - V_{ws} \quad (7.3.2)$$

gdzie:

V_{ws} – suma wartości wag z tab. 7.3.2.

(5) Dla wszystkich przyjętych przedziałów czasowych wykonuje się analizę wyboru odpowiednich wag. Pozwoli to na określenie poziomu klasy C w zakresie od 0 do 5. Jeżeli suma wartości wagowych jest mniejsza od 0, to stosuje się wartość 1. Jeżeli C wyliczone ze wzoru (7.3.2) jest nie większe niż 0, to stosuje się poziom klasy oświetleniowej C0.

Tab. 7.3.2. Parametry doboru klasy oświetlenia C [24]

Parametr	Wariant	Opis	Wartość wagi V_w
Prędkość V <max: V_{dop} , V_{dp} >	Bardzo wysoka	$V > 100$ km/h	3
	Wysoka	$70 < V \leq 100$ km/h	2
	Umiarkowana	$40 < V \leq 70$ km/h	0
	Niska	$V \leq 40$ km/h	-1
Natężenie ruchu	Wysokie		1
	Umiarkowane		0
	Niskie		-1
Rodzaj ruchu	Mieszany z wysokim odsetkiem ruchu niezmotoryzowanego		2
	Mieszany		1
	Tylko zmotoryzowany		0
Rozdzielenie jezdni	Nie		1
	Tak		0
Zaparkowane pojazdy	Istnieją		1
	Brak		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Witryny sklepowe, reklamy, dworce, obiekty sportowe, magazyny	1
	Umiarkowana	Normalne warunki	0
	Niska	-	-1
Trudność kierowania pojazdem	Bardzo trudno		2
	Trudno		1
	Łatwo		0
			Suma wartości wag V_{ws}

(6) W celu wyznaczenia poziomu klasy oświetleniowej P sumuje wartości wag V_w według tab. 7.3.3 i wyznacza się poziom klasy na podstawie wzoru (7.3.3):

$$P = 6 - V_{ws} \quad (7.3.3)$$

gdzie:

V_{ws} – suma wartości wag z tab. 7.3.3.

(7) Dla wszystkich przyjętych przedziałów czasowych wykonuje się analizę wyboru odpowiednich wag. Pozwoli to na określenie poziomu klasy P w zakresie od 1 do 6. Jeżeli suma wartości wagowych jest mniejsza od 0, to stosuje się wartość 0. Jeżeli P jest nie większe niż 0, to stosuje się poziom klasy oświetleniowej P1.

Tab. 7.3.3. Parametry doboru klasy oświetlenia P [24]

Parametr	Wariant	Opis	Wartość wagi V_w
Prędkość V <max: V_{dop} , V_{dp} >	Niska	$V \leq 40$ km/h	1
	Bardzo niska	Bardzo niska prędkość chodzenia	0
Natężenie ruchu	Wysokie		1
	Umiarkowane		0
	Niskie		-1
Rodzaj ruchu		Ruch pieszych, rowerów i zmotoryzowany	2
		Ruch pieszych i zmotoryzowany	1
		Tylko ruch pieszych i rowerów	1
		Tylko ruch pieszych	0
		Tylko ruch rowerów	0
Zaparkowane pojazdy	Istnieją		1
	Brak		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Witryny sklepowe, reklamy, dworce, obiekty sportowe, magazyny	1
	Umiarkowana	Normalne warunki	0
	Niska	-	-1
Rozpoznawanie twarzy	Konieczne		1
	Niekonieczne		0
			Suma wartości wag V_{ws}

(8) Poziom klasy oświetleniowej PC określa się w odniesieniu do projektowanej lub istniejącej instalacji na podstawie norm [24] i [25].

(9) Poziomy w klasach HS, SC i EV dostosowuje się indywidualnie do projektowanej sytuacji oświetleniowej. Wybór klasy i poziomu klasy należy do projektanta.

7.4. Przeliczanie klasy oświetleniowej

(1) Zalecanym kryterium projektowym w przypadku wszystkich nawierzchni jezdni, w tym obszarów konfliktowych, jest parametr luminancji (klasy M).

(2) Jeżeli nie jest możliwe zastosowanie kryterium luminancji, dopuszcza się stosowanie kryterium natężenia oświetlenia (klasy C i P).

(3) Przeliczanie wzajemnie klas (tab. 7.4.2) realizuje się uwzględniając klasy odbiciowe nawierzchni jezdni, np. R1-R4, zgodnie z tab. 7.4.1.

Tab. 7.4.1. Klasyfikacja nawierzchni drogowych w klasach R

Klasa nawierzchni drogi	Zakres zmiany Q_0	Opis stosowanych materiałów	Uwagi
R1	>0,09	Beton, nawierzchnia asfaltowa o minimum 15% zawartości sztucznych dodatków rozjaśniających	Nawierzchnia jasna
R2	$\geq 0,08$ $\leq 0,09$	Asfalt złożony z minimum 60% żwiru (o cząstce wielkości większej niż 10 mm), asfalt zawierający 10-15% sztucznego materiału rozjaśniającego	Nawierzchnia średnio jasna
R3	>0,05 $\leq 0,07$	Asfalt o szorstkiej strukturze powierzchni, złożony z ciemnego kruszywa (skała magmowa, żużel itp.)	Nawierzchnia ciemna, chropowata – najczęściej występująca klasa oraz przyjmowana do obliczeń oświetleniowych, gdy rzeczywista klasa nie jest zdefiniowana
R4	$\leq 0,05$	Asfalt ciemny o bardzo gładkiej strukturze	Nawierzchnia ciemna, gładka

Tab. 7.4.2. Klasy oświetlenia M, C, P o porównywalnym poziomie oświetlenia [53]

Klasa oświetlenia M			M1	M2	M3	M4	M5	M6			
Wartość średnia luminancji jezdni L_{sr} [$cd \cdot m^{-2}$]	5,00	3,00	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50	0,30	0,20	0,15	0,10
Klasa oświetlenia C, jeżeli $Q_0 \leq 0,05$ [$cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$]			C0	C1	C2	C3	C4	C5			
Klasa oświetlenia C, jeżeli $0,05 cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1} < Q_0 \leq 0,08$ [$cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$]		C0	C1	C2	C3	C4	C5				
Klasa oświetlenia C, jeżeli $Q_0 > 0,09$ [$cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$]	C0	C1	C2	C3	C4	C5					
Klasa oświetlenia C lub P, jeżeli $\rho \leq 0,15$			C0	C1	C2	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Klasa oświetlenia C lub P, jeżeli $0,15 < \rho \leq 0,30$		C0	C1	C2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Klasa oświetlenia C lub P, jeżeli $\rho \leq 0,30$	C0	C1	C2	P1	P2	P3	P4	P5	P6		

7.5. Dobór elementów i parametrów systemu oświetleniowego

(1) Przed rozpoczęciem wykonywania projektu oświetlenia projektant uzgadnia z zamawiającym uwarunkowania w następującym zakresie:

- a) lokalizacja instalacji w strefie oświetleniowej,
- b) podstawowe klasy oświetleniowe,
- c) stopnie redukcji klas oświetleniowych,
- d) scenariusze redukcji klas oświetleniowych,
- e) funkcjonalności systemu sterowania,
- f) technologia i rodzaj zastosowanego źródła światła,
- g) współczynnik utrzymania dla instalacji,
- h) minimalna wartość współczynnika mocy,
- i) temperatura barwowa źródła światła,
- j) minimalny wskaźnik oddawania barw,
- k) materiał obudowy oprawy, kolor oprawy, wzór oprawy,
- l) sposób realizacji ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu,
- m) materiał oraz liczba żył i minimalny przekrój żył kabla,
- n) materiał, kolor oraz wzór słupów oświetleniowych, wysięgnik,
- o) konstrukcję, rodzaj obudowy, typ i wzór szafy oświetleniowej,
- p) rodzaj stosowanych złączy słupowych,
- q) sposób prowadzenia i zabezpieczenia kabli,
- r) wymagania w zakresie szczelności oprawy (IP) oraz odporności na uderzenia (IK),
- s) wymagania w zakresie ochrony przed korozją słupów i opraw,

- t) wyposażenie szafy oświetleniowej,
- u) konflikty i kolizje pomiędzy instalacjami,
- v) stosowanie układów pomiarowo-rozliczeniowych.

7.6. Obliczenia i symulacje parametrów oświetleniowych

(1) Projekt w zakresie obliczeń oświetleniowych wykonuje się przy użyciu specjalistycznego programu komputerowego o dokładności obliczeniowej zgodnej z [55].

(2) W celu optymalizacji efektywności inwestycji, w przypadku bardzo rozbudowanych instalacji, zaleca się przeprowadzanie obliczeń symulacyjnych dla więcej niż jednego wariantu oświetlenia.

7.7. Obliczenia wskaźników energetycznych

(1) Wskaźniki efektywności energetycznej wynikające z normy [28] stosuje się na etapie wyboru projektu [58].

(2) Na energochłonność przyjętego rozwiązania oświetlenia drogowego wpływają głównie:

- a) formalne wymagania normatywne – realizowana klasa oświetleniowa i jej poziom,
- b) rodzaje zastosowanych źródeł światła i konstrukcji opraw oświetleniowych,
- c) geometria i przekrój drogi (powierzchnia oświetlana),
- d) zastosowany system ustawienia słupów i opraw oświetlenia drogowego,
- e) klasa odbiciowa nawierzchni drogowej,
- f) realizowany harmonogram redukcji strumienia świetlnego (mocy) opraw oświetleniowych (np. adaptacyjny lub stały) i wynikający stąd czas pracy instalacji,
- g) pasożytnicze zużycie energii przez urządzenia oświetleniowe w okresie, gdy oświetlenie nie jest wykorzystywane (np. przez system sterowania),
- h) przyjęte procedury eksploatacji i wynikające z nich czasookresy konserwacji instalacji.

(3) Do wykonania obliczeń wartości wskaźników energetycznych wykorzystuje się następujące parametry wejściowe:

- a) moc instalacji oświetleniowej P [W] – moc wszystkich elementów związanych z oświetlaną powierzchnią (poszczególnych obszarów) i niezbędnych do funkcjonowania zastosowanego systemu oświetleniowego; w obliczeniach uwzględnia się moc P opraw oświetleniowych, stateczników, urządzeń sterujących oświetleniem itp.,
- b) pole powierzchni oświetlanej [m^2] – może to być elementarny obszar identyczny z polem obliczeniowym lub cała długość instalacji oświetleniowej; wskaźniki mają zastosowanie do wszelkich obszarów o regularnych lub nieregularnych kształtach, jak skrzyżowania, w tym ronda, skwery, parki, strefy ruchu pieszego itp.,
- c) parametr średniej wartości natężenia oświetlenia w analizowanym obszarze E_{sr} [lx] – parametr świetlny wyraża się w luksach dla wszystkich klas; w przypadku klas C i P przyjmuje się średnie natężenie oświetlenia poziomego, a w przypadku klasy M – przyjmuje się wartość stałą natężenia oświetlenia na danym obszarze, obliczoną na podstawie wartości luminancji zgodnie z tab. 7.4.2 w tych samych punktach obliczeniowych, w których wyznaczono wartość luminancji zgodnie z normą [26].

(4) Wskaźnik gęstości mocy (D_p) i wskaźnik rocznego zużycia energii (D_e) stosuje się w przypadku wszystkich obszarów ruchu drogowego objętych oświetleniem realizowanym w klasach oświetleniowych M, C i P, określonych w normie [25].

(5) Wskaźnik gęstości mocy D_p [$W \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$] w przypadku danego odcinka oświetlonego oświetleniem drogowym, podzielonego na podobszary, oraz danego stanu eksploatacji, oblicza się ze wzoru (7.7.1):

$$D_p = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n (E_{sr_i} \cdot A_i)} \quad (7.7.1)$$

gdzie:

P_i – moc czynna opraw oświetleniowych [W],
 E_{sr_i} – średnia wartość natężenia oświetlenia [lx],
 A_i – powierzchnia oświetlana [m^2].

(6) Moc P oblicza się na podstawie poszczególnych mocy opraw oświetleniowych zainstalowanych w analizowanym obszarze, z uwzględnieniem części mocy aparatury sterującej oraz innych urządzeń elektrycznych, które są niezbędne do poprawnej pracy instalacji.

(7) Moc czynną P [W] oblicza się dla całej instalacji ze wzoru (7.7.2):

$$P = \sum_{k=1}^{n_{ip}} P_i + P_{ad} \quad (7.7.2)$$

gdzie:

P_i – moc czynna opraw oświetleniowych [W],
 P_{ad} – moc czynna urządzeń dodatkowych w instalacji oświetleniowej [W].

(8) Całkowitą moc P oblicza się dla pełnej mocy 100% wysterowania opraw oświetleniowych.

(9) Wskaźnik gęstości mocy D_p oblicza się dla pełnej mocy P wysterowania instalacji (100%) oraz dla stanów pośrednich związanych z zakładanymi poziomami redukcji mocy instalacji.

(10) Kształt obszaru wykorzystywanego do obliczania wskaźnika gęstości mocy D_p powinien być identyczny z obszarem wykorzystywanym w projekcie oświetlenia do obliczania parametrów oświetlenia zgodnie z normami [25] i [26].

(11) Wartości wskaźnika mocy D_p prezentuje i używa się wraz z rocznym wskaźnikiem zużycia energii D_E służącym do oceny efektywności energetycznej danego systemu oświetlenia.

(12) W celu porównania i monitorowania charakterystyki energetycznej instalacji oświetleniowej, wskaźnik zużycia energii uwzględnia roczne skumulowane zużycie energii całej instalacji.

(13) Wskaźnik rocznego zużycia energii D_E [$Wh \cdot m^{-2}$] oblicza się ze wzoru (7.7.3):

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P \cdot t_j)}{A_j} \quad (7.7.3)$$

gdzie:

P – moc czynna instalacji oświetleniowej [W],
 t_j – czas pracy instalacji oświetleniowej [h],
 A_j – powierzchnia oświetlana [m^2].

(14) Jeżeli strumień świetlny źródła światła ma być zachowany na stałym poziomie, ale pobór mocy źródeł światła (lub innych urządzeń elektrycznych) zmienia się w czasie, to w obliczeniach uwzględnia się średnie zużycie energii w przewidywanym okresie użytkowania.

(15) W obliczeniach długoletnich uwzględnia się średnie zużycie energii w przewidywanym okresie użytkowania. W obliczeniach wskazuje się założenia dotyczące okresu użytkowania instalacji przyjęte do obliczeń średniego zużycia energii elektrycznej oraz sposób oszacowania tej wartości.

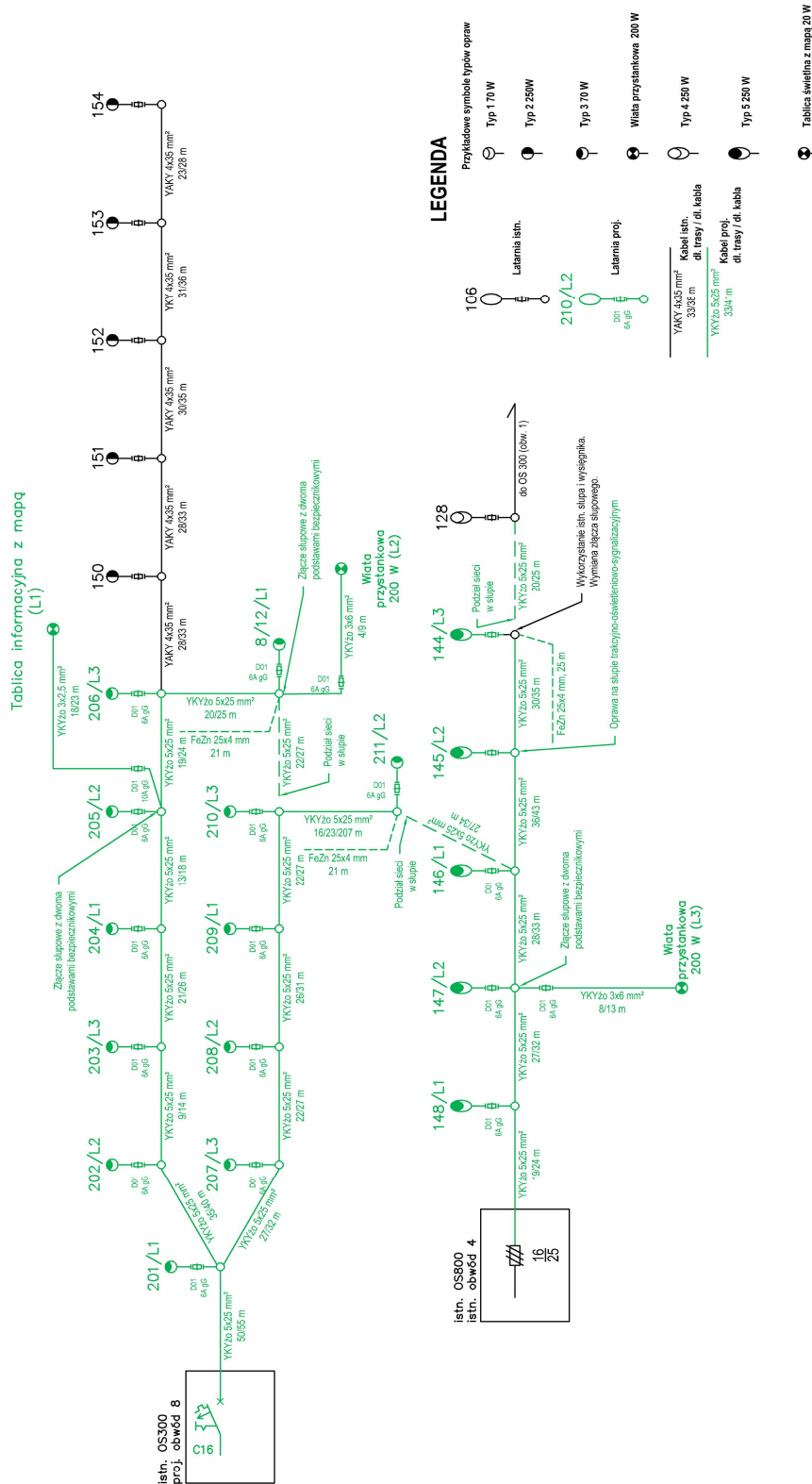
(16) Z ekologicznego punktu widzenia, jak również z punktu widzenia sprawności energetycznej, obliczony poziom oświetlenia nie powinien przekraczać wymaganego (zaprojektowanego) poziomu oświetlenia z następnej, wyższej klasy oświetleniowej (lub poziomu maksymalnego w danej klasie), pomijając dodatkowe rozwiązania oświetleniowe (np. dodatkowe oświetlenie przejść dla pieszych) i dodatkowe oświetlenie obce (np. pochodzące od opraw oświetleniowych z sąsiedniej ulicy lub drogi dla pieszych).

7.8. Zakres i zawartość projektu rozwiązania oświetleniowego

- (1) Projekt rozwiązania oświetleniowego swoim zakresem przestrzennym powinien obejmować wszystkie powierzchnie oświetlane i uwzględniać oddziaływanie światła na otoczenie.
- (2) Projekt budowlany opracowuje się zgodnie rozporządzeniem [12].
- (3) W skład standardowej zawartości projektu zagospodarowania terenu wchodzi:
 - a) część opisowa, zawierająca podstawowe informacje o zakresie inwestycji, stanie istniejącym oraz projektowanym, a także uwarunkowaniach mających wpływ na rozwiązania projektowe; w odniesieniu do instalacji oświetleniowych opis zawiera m.in.: strefę oświetleniową, dobór klasy oświetlenia dla wszystkich sytuacji drogowych na podstawie norm [24] i [25], przy uwzględnieniu przyjętych parametrów technicznych, obliczenie mocy przyłączeniowej, określenie źródła zasilania, długości odcinków oraz ilość i rodzaj projektowanych urządzeń,
 - b) część formalno-prawna wynikająca z ustawy [15],
 - c) kopie wymaganych decyzji administracyjnych, warunki techniczne, warunki przyłączenia, uzgodnienia, oświadczenia o zapewnieniu dostaw energii i warunkach przyłączenia instalacji oświetlenia drogowego,
 - d) część rysunkowa – plan orientacyjny oraz projekt zagospodarowania terenu, zawierający wszystkie projektowane urządzenia i obiekty wraz zakresem rozbiórki, sporządzony na mapie do celów projektowych.
- (4) W skład standardowej zawartości projektu architektoniczno-budowlanego wchodzi:
 - a) część opisowa wraz z doбором klas oświetleniowych i bilansem mocy, warunki techniczne i uzgodnienia,
 - b) część rysunkowa – np.: plan sytuacyjny, przekroje, profile, elementy instalacji do zaznaczenia na planie sytuacyjnym, m. in. lokalizacje słupów, lokalizacje szaf, wskazanie elementów otoczenia istniejących w sąsiedztwie obiektów projektowanych, wysokości elementów otoczenia (w tym zabudowy, drzew).
- (5) W skład standardowej zawartości projektu technicznego wchodzi:
 - a) informację o przyjętej strefie oświetleniowej, w jakiej znajduje się projektowana instalacja (tab. 4.5.1 i tab. 4.5.2),
 - b) część opisowa wraz z doбором klas oświetleniowych,
 - c) funkcjonalności i właściwości proponowanego systemu sterowania,
 - d) schematy instalacji oświetlenia z oznaczeniem urządzeń istniejących oraz projektowanych,
 - e) schematy szaf oświetleniowych,
 - f) obliczenia fotometryczne,
 - g) obliczone wartości wskaźników energetycznych,
 - h) dobór i zestawienie opraw,
 - i) dobór i zestawienie kabli,
 - j) obliczenia techniczne, m. in. spadki napięć, ochrona przeciwporażeniowa i ochrona przeciwprzebieciowa.
- (6) Poza wymaganiami określonymi w przepisach zaleca się, aby projekt techniczny, w części oświetleniowej, zawierał:
 - a) informację o przyjętej klasie odbiciowej nawierzchni jezdni (tab. 7.4.1),
 - b) mapę z lokalizacją słupów oświetleniowych, linii kablowych, szaf oświetleniowych oraz innych elementów instalacji w układzie współrzędnych geodezyjnych (PL-2000), z atrybutami określonymi w rozdziale 8 w WR-D-72-2,
 - c) wyniki obliczeń fotometrycznych dotyczące wszystkich reprezentatywnych oświetlanych powtarzalnych powierzchni z uwzględnieniem ich geometrii,
 - d) wyniki obliczeń fotometrycznych dotyczące planowanych scenariuszy redukcji klas oświetleniowych,
 - e) wskaźniki energetyczne D_p i D_e całej instalacji dla 100% mocy znamionowej instalacji i dla planowanych scenariuszy redukcji mocy,
 - f) szczegółowy wykaz zastosowanych opraw oświetleniowych wraz z podaniem dokładnych opisów identyfikacyjnych, biegunowej bryły fotometrycznej i podstawowych parametrów technicznych, tj. moc, strumień świetlny źródła

- światła, strumień świetlny oprawy, skuteczność świetlna oprawy, temperatura barwowa, wskaźnik oddawania barw, współczynnik konserwacji oprawy,
- g) zestawienie montażowe zastosowanych opraw zawierające szczegółowe dane sytuacyjne, pozycje montażu opraw oświetleniowych (źródła światła i pozycji odbłyśnika).

(7) Dąży się do ujednolicenia opracowywanej dokumentacji technicznej, w tym stosowanych oznaczeń i symboli na schematach elektrycznych (przykład na rys. 7.8.1).



Rys. 7.8.1. Przykłady oznaczeń stosowanych na schematach elektrycznych

(8) Zaleca się stosowanie oznakowania infrastruktury oświetleniowej (tj. szaf oświetleniowych, słupów, opraw i linii kablowych) według ujednoliconego wzoru.

(9) W dokumentacji technicznej i w terenie zaleca się stosowanie :

- a) w przypadku szaf oświetleniowych – numeracji SO-(od 001 do n), np. „SO-002”,
- a) w przypadku słupów – numeracji związanej z numerem obwodu zasilającego (dla obwodu nr 1: 101, 102, 103 itd., dla obwodu nr 2: 201, 202, 203 itd.).

(10) Na każdym słupie oświetleniowym zaleca się umieszczanie co najmniej unikalnego numeru obiektu oraz sygnatury zarządcy infrastruktury według wzoru przedstawionego na rys. 7.8.2.



Rys. 7.8.2. Zalecany wzór numeracji latarni drogowej

(11) Zaleca się stosowanie kodów QR zawierających dodatkowe informacje, określone w tab. 7.8.1.

Tab. 7.8.1. Zalecana zawartość kodu QR

Parametr	Wartość (przykład)
Unikalny numer obiektu	1234567890
Numer szafy oświetleniowej	SO-001
Numer obwodu	2
Numer latarni	25
Numer latarni w odgałęzieniu	7
Zarządca	ZDiM
Rok budowy	2020
Typ słupa	IKX 12/2
Wysięgnik	PRI 075
Oprawa	TRAFIK STREET OPTIC TM-34/808-75 FLAT
Źródło światła	LED
Moc	75 W
Miejscowość	SUCHODÓŁ
Ulica	JEZIORANY
Wsp_X	52.49155809 N
Wsp_Y	22.28478924 E

(12) Opisy numeracji słupów zaleca się umieszczać na wysokości od 1,40 do 1,80 m, mierząc od podstawy, w sposób trwały, umożliwiający odczyt numeru słupa od strony jezdni.

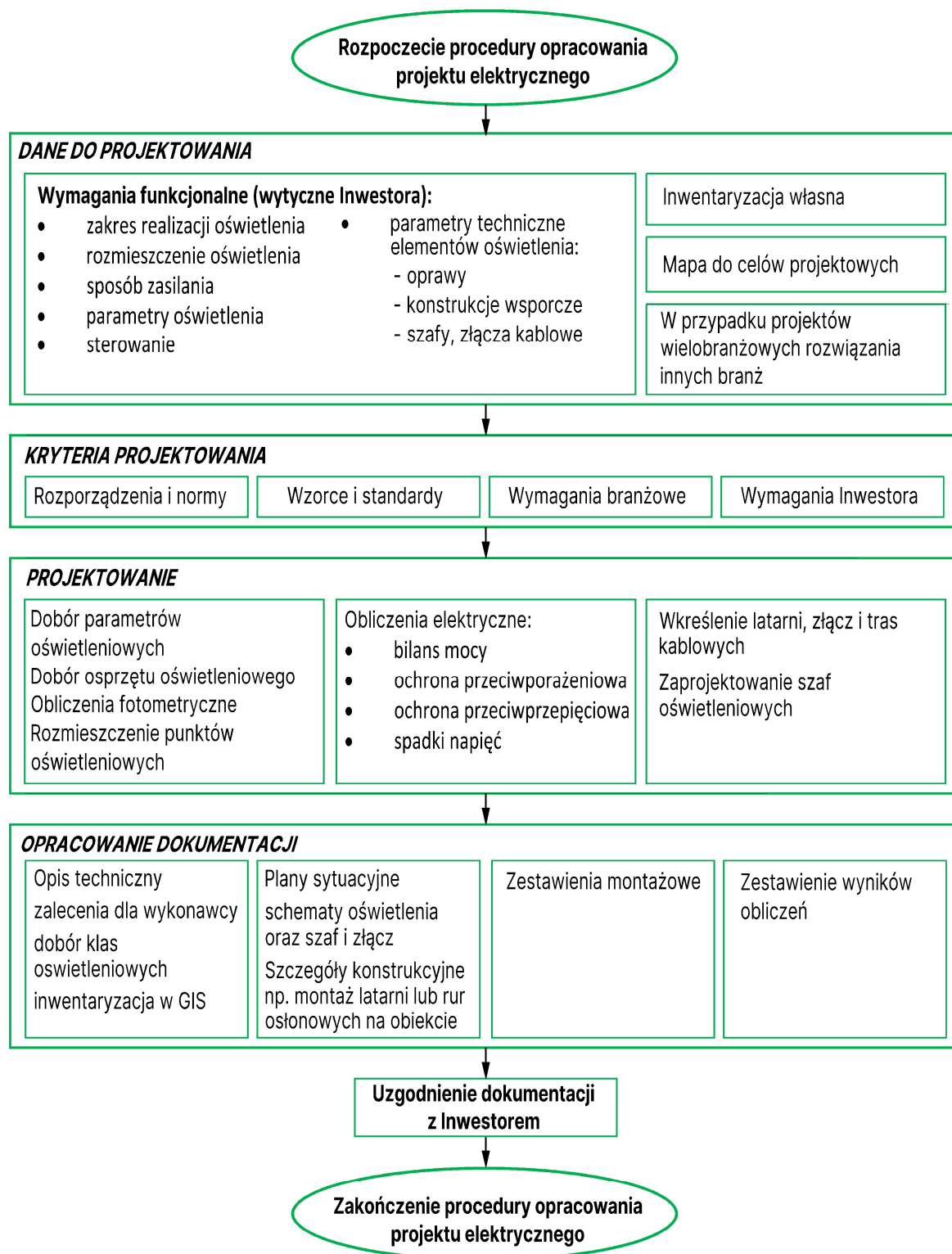
(13) Opisy zaleca się wykonywać w kolorze kontrastowym (np. czarne napisy na żółtym tle, żółte tło o szerokości podstawy od 65 do 70 mm i wysokości od 95 do 100 mm, cyfry o wysokości minimum 37 mm i grubości od 5 do 6 mm).

(14) Znaki ostrzegawcze umieszcza się na pokrywach wnek złącz kablowych wszystkich latarni i szaf oświetleniowych.

8. Wymagania dla instalacji elektrycznej do zasilania oświetlenia drogowego

8.1. Procedura projektowania instalacji elektrycznej

(1) Instalację elektryczną oświetlenia drogowego zaleca się projektować, postępując zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 8.1.1.



Rys. 8.1.1. Procedura opracowania projektu instalacji elektrycznej

8.2. Dobór i lokalizacja urządzeń technicznych

8.2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

(1) W doziemnych liniach kablowych niskiego napięcia stosuje się kable o napięciu znamionowym 0,6/1 kV, odpowiednio dla instalacji jednofazowych – trzyżyłowe oraz dla instalacji trójfazowych – czteryżyłowe lub o większej ilości żył, w zależności od potrzeb wynikających z założeń projektowych. Jako rozwiązanie podstawowe stosuje się kable o żyłach miedzianych w izolacji z polietylenu usieciowanego i zewnętrznej powłoce z polwinitu. Dopuszcza się zastosowanie w ww. liniach niskiego napięcia tzw. zalicznikowych kabli o żyłach aluminiowych. Tego typu wyjątek nie dotyczy zalicznikowych linii i instalacji niskiego napięcia na całej ich długości, zasilających oświetlenie drogowe.

(2) Przekroje żył dobiera się w zależności od dopuszczalnego spadku napięcia, dopuszczalnej temperatury nagrzania kabla przez prądy robocze i zwarciove oraz skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

(3) Kable używane do budowy oświetlenia drogowego powinny spełniać wymagania określone w normie [35].

(4) Linie kablowe (doziemne) wykonuje się zgodnie z normą [20].

(5) Przewody do połączenia tabliczki zaciskowo-bezpiecznikowej w słupie lub maszcie oświetleniowym z drogową oprawą oświetleniową, powinny spełniać co najmniej wymagania określone w normie [32].

(6) Linie kablowe niskiego napięcia w instalacjach oświetleniowych o długości do minimum 500 m włącznie wykonuje się w sposób ciągły, bez możliwości stosowania muf kablowych.

(7) Przepusty kablowe (ochronne) wykonuje się z materiałów niepalnych (z tworzyw sztucznych lub stali), wytrzymałych mechanicznie, chemicznie i odpornych na działanie łuku elektrycznego.

(8) Szafa oświetleniowa oraz złącze kablowe powinny składać się minimum z członów:

- a) zasilającego – dostosowanego do podłączenia kabla o przekroju żył zgodnie z projektem zasilania, lecz nie mniej niż 120 mm²,
- b) odbiorczego i sterującego – składającego się z odpowiedniej liczby pól odpiływowych, wyposażonego w rozłączniki bezpiecznikowe i styczniki o odpowiednio dobranym prądzie znamionowym, oraz układ sterowania oświetleniem; do podłączenia kabli odbiorczych, człon odbiorczy powinien posiadać uniwersalne zaciski śrubowe umożliwiające przykręcenie żył o przekroju do 50 mm² bez używania końcówek kablowych albo odpowiednio umożliwiające podłączenie żył kabla w ilościach i przekrojach większych zgodnie z przyjętymi rozwiązaniami projektowymi,
- c) kompensacyjnego – w szafach oświetlenia drogowego stosuje się dynamiczne kompensatory przeznaczone do kompensacji mocy biernej indukcyjnej i pojemnościowej; kompensatory dynamiczne powinny posiadać funkcję kompensacji mocy dystorsji, która daje możliwość nisko stratnej kompensacji mocy biernej oraz kompensacji wybranych składowych harmonicznych; kompensator dynamiczny powinien posiadać bezstopniową kompensację mocy biernej i mocy dystorsji oraz gwarantować zminimalizowanie strat; urządzenie powinno zagwarantować aktywną kompensację mocy biernej wraz z równoważeniem obciążenia sieci.

(9) Szafę oświetleniową wyposaża się w układ do automatycznego i ręcznego załączania oraz wyłączania oświetlenia drogowego.

(10) Szafę oświetleniową zaleca się wyposażać w ograniczniki prądu rozruchowego instalacji oświetleniowej oraz oświetlenie techniczne do oświetlenia jej wnętrza.

(11) Nie stosuje się tradycyjnych układów kompensacji mocy biernej pojemnościowej projektowanych zużyciem jedno lub trójfazowych dławików kompensacyjnych, które są sterowane przez regulatory mocy biernej.

(12) Szafę oświetleniową, związaną z funkcjonowaniem urządzeń do oświetlania, zaleca się wykonać jako konstrukcję wolnostojącą z tworzyw termoutwardzalnych, ze stopu aluminium

lub stalową, na typowym fundamencie i stopniu szczelności min. IP54, w taki sposób, aby była odporna na uderzenia i działanie warunków atmosferycznych oraz niepalna.

(13) W trudnych warunkach dopuszcza się stosowanie innych rozwiązań technicznych szaf oświetleniowych. Alternatywne rozwiązanie wymaga uzgodnień z zamawiającym.

(14) Szafę oświetleniową przystosowuje się do zdalnego monitoringu otwarcia drzwiczek.

(15) Szafa oświetleniowa powinna być przystosowana do zdalnego monitoringu parametrów elektrycznych instalacji oświetleniowej.

(16) Do każdej szafy oświetleniowej doprowadza się kanalizację kablową.

(17) W szafie oświetleniowej zapewnia się ilość miejsca na montaż dodatkowego osprzętu, wynoszącą co najmniej 30%.

(18) Szafy oświetleniowe zamyka się kluczem patentowym, uniemożliwiającym dostęp osobom postronnym.

(19) Szafę oświetleniową sytuuje się:

- a) poza skrajnią drogi,
- b) w taki sposób, aby nie ograniczała widoczności na drodze,
- c) w miejscu minimalizującym ryzyko uderzenia przez pojazd,
- d) w miejscu minimalizującym prawdopodobieństwo celowego uszkodzenia przez osoby postronne.

(20) Obsługa techniczna powinna mieć swobodny i bezpieczny dostęp do szafy oświetleniowej, przez zastosowanie: furtek, bram, schodów, dróg dojazdowych itp.

(21) Szafę oświetleniową wyposaża się na zewnątrz w tabliczki oznaczeniowe (zgodnie z podrozdziałem 7.8 akapit (8)) oraz tabliczki ostrzegawcze (opis i znaki ostrzegawcze).

(22) Wszystkie kable i przewody w szafie oświetleniowej powinny posiadać trwałe oznaczniki, na których umieszcza się informacje: rodzaj kabla, trasa (skąd/dokąd), rok wykonania, nazwa wykonawcy.

(23) W szafie oświetleniowej przechowuje się następujące zalaminowane, trwale przymocowane dokumenty (elementy projektu z naniesionymi zmianami powykonawczymi):

- a) plan sytuacyjny i schemat instalacji oświetlenia,
- b) schemat szafy oświetleniowej,
- c) plan oraz schemat zasilania szafy oświetleniowej,
- d) protokoły badań instalacji oświetleniowej w zakresie elektrycznym i oświetleniowym.

8.2.2. Słupy oświetleniowe

(1) Słupy powinny spełniać wymagania określone w normach [49], [50] i [51].

(2) Słupy wyposażone w urządzenia sygnalizacji świetlnej oraz słupy, z których zasilane są inne obiekty (np. wiaty przystankowe, gabloty informacyjne) wykonuje się jako dwuwąnkowe.

(3) Zaleca się łączenie konstrukcji wsporczych sygnalizacji świetlnej, oświetlenia oraz tramwajowej sieci trakcyjnej.

(4) Konstrukcje wsporcze oświetlenia drogowego w dolnej części powinny posiadać wnękę (tzw. przyłączeniową) zamykaną drzwiczkami ze stopniami ochrony nie mniejszymi niż IP44 i IK09.

(5) Drzwiczki wnęki sytuuje się od strony przeciwnej niż jezdnia, pod kątem umożliwiającym personelowi obserwację nadjeżdżających pojazdów.

(6) Wnękę przystosowuje się m. in. do zainstalowania izolacyjnych złącz słupowych o stopniu ochrony IP-54 w II klasie ochronności lub poprzez tabliczki bezpiecznikowe dostosowane do wkładek bezpiecznikowych.

(7) Tabliczka bezpiecznikowo-zaciskowa powinna umożliwiać wykonanie podłączenia oprawy oświetleniowej przewodem (jedna spójna wiązka o liczbie przewodów dostosowanych do klasy ochronności i potrzeb sterowania oprawą), o przekroju żył nie mniejszym niż 0,75 mm².

(8) Zaleca się, aby konstrukcje wsporcze oświetlenia drogowego, służące do zamocowania opraw oświetleniowych na wysokości większej niż 14 m (maszty), były wyposażone w wysięgniki opuszczane (korony mobilne), pozwalające na wykonanie konserwacji lub wymianę osprzętu oświetleniowego z poziomu gruntu, bez użycia drabin czy podnośników.

(9) Konstrukcje wsporcze (m. in. maszty, słupy, fundamenty i wysięgniki) z uwagi na ochronę antykorozyjną, zabezpiecza się dodatkową powłoką malarską, chemiczną lub równoważną, w celu zwiększenia trwałości na obszarze bezpośredniego oddziaływania środków wykorzystywanych do utrzymania dróg.

(10) Stalowe słupy, maszty, wysięgniki oraz wysięgniki opuszczane (korony mobilne) pokrywa się powłoką antykorozyjną, tzn. cynkuje się od zewnątrz i środka (wewnątrz).

(11) Na słupie umieszcza się tabliczkę znamionową z podanym typem słupa, datą produkcji, nazwą producenta oraz tabliczką ostrzegawczą.

(12) Słupy i maszty posadawia się zgodnie z zaleceniami producenta w zakresie fundamentów lub innego sposobu ich posadowienia.

(13) W celu prawidłowej lokalizacji punktu oświetleniowego względem punktu posadowienia trzonu słupa wykorzystuje się wysięgniki słupowe.

(14) Zaleca się mocowanie opraw oświetleniowych na wysięgnikach prostych (kąt pochylecia 0°) lub bezpośrednio na słupie.

(15) W celu zapewnienia prowadzenia wzrokowego kierowców niezakłóconą linią świetlną, długość wysięgników oświetlenia drogowego dobiera się w taki sposób, aby linia opraw nie była uzależniona od zmiany odległości poszczególnych słupów od krawędzi jezdni. Zabieg wyróżnienia części drogi może wymagać zmiany długości lub typu wysięgnika. W celu uniknięcia stosowania zbyt długich wysięgników zaleca się przeprowadzenie analizy zasadności wyróżnienia części drogi poprzez zmianę długości wysięgnika.

(16) Do montażu słupów, wysięgników i opraw oświetleniowych wykorzystuje się elektroniczne narzędzia pomiarowe: dalmierz laserowy, poziomnicę elektroniczną i inklinometr.

8.3. Oszacowanie wielkości poboru i zapewnienie zasilania

(1) W celu ustalenia warunków przyłączenia instalacji oświetleniowej do sieci elektroenergetycznej wykonuje się obliczenia maksymalnego zapotrzebowania na energię elektryczną na etapie projektu elektrycznego, z uwzględnieniem pełnej mocy 100% jednoczesnego wysterowania wszystkich opraw oświetleniowych oraz poboru mocy pozostałych elementów instalacji, np. kontrolnych i sterujących.

(2) W dokumentacji oblicza się zużycie dla pełnej mocy instalacji oraz projektowanych poziomów redukcji poziomów klas oświetleniowych, z wykazaniem parametrów: mocy czynnej, biernej i pozornej oraz $\cos\phi$ i $\text{tg}\phi$.

(3) W obliczeniach uwzględnia się prąd rozruchowy instalacji oświetleniowej.

(4) Rozdział pomiaru zużycia energii elektrycznej realizuje się zgodnie z ustawą [17].

8.4. Szacowanie wpływu na bezpieczeństwo, środowisko i koszty

(1) W celu optymalizacji rozwiązań, w szczególności dla rozległych instalacji oświetleniowych, zaleca się przygotowanie rozwiązań wariantowych w celach porównawczych, w zakresie: BRD, wpływu na środowisko, kosztów realizacji inwestycji i eksploatacji w cyklu życia instalacji.

(2) W celu zapewnienia wysokiego poziomu BRD uwzględnia się potrzebę oświetlenia zgodnie z rozdziałem 6 oraz stosuje się zasady określone w podrozdziale 4.7.

(3) W celu zapewnienia ograniczonego wpływu na środowisko uwzględnia się zasady określone w podrozdziale 5.1 i wskaźniki zamieszczone w podrozdziale 7.7.

(4) W celu szacowania kosztów budowy, utrzymaniowych i środowiskowych, zaleca się wykorzystanie metody określonej w [53], w załączniku nr 2 do WR-D-41-4 albo innej dostępnej, uwzględniającej ww. koszty dyskontowane w czasie.

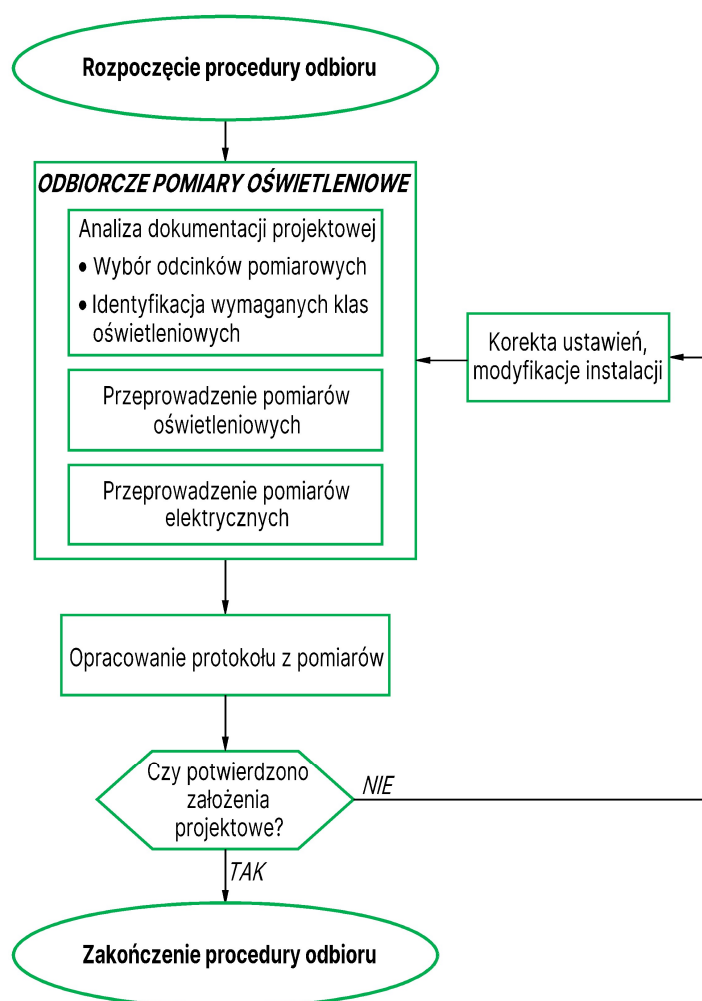
9. Budowa i utrzymanie systemu oświetlenia drogowego

9.1. Wymagania dotyczące budowy systemów oświetleniowych

- (1) Oświetlenie placu budowy powinno spełniać wymagania określone w normie [21].
- (2) Podczas prac budowlanych zaleca się zapewnić oświetlenie drogi, o ile była ona oświetlona, w szczególności gdy występują urządzenia alternatywne do przekraczania drogi. Przejścia dla pieszych, przejazdy dla rowerów powinny pozostać oświetlone.
- (3) Tymczasowe przejścia dla pieszych i przejazdy dla rowerów oświetla się w każdym przypadku.
- (4) Zaleca się stosowanie oświetlenia tymczasowego w obszarze prowadzonych robót drogowych oraz na odcinku poprzedzającym zmianę układu drogowego, o długości nie mniejszej niż 100 m.
- (5) Zastosowane oświetlenie tymczasowe nie może powodować w szczególności:
 - a) ośnienia wzroku uczestników ruchu drogowego,
 - b) zmiany barwy lub zakłóceń odbioru i postrzegania znaków i sygnałów drogowych,
 - c) zjawisk stroboskopowych.

9.2. Procedura odbioru rozwiązań oświetleniowych

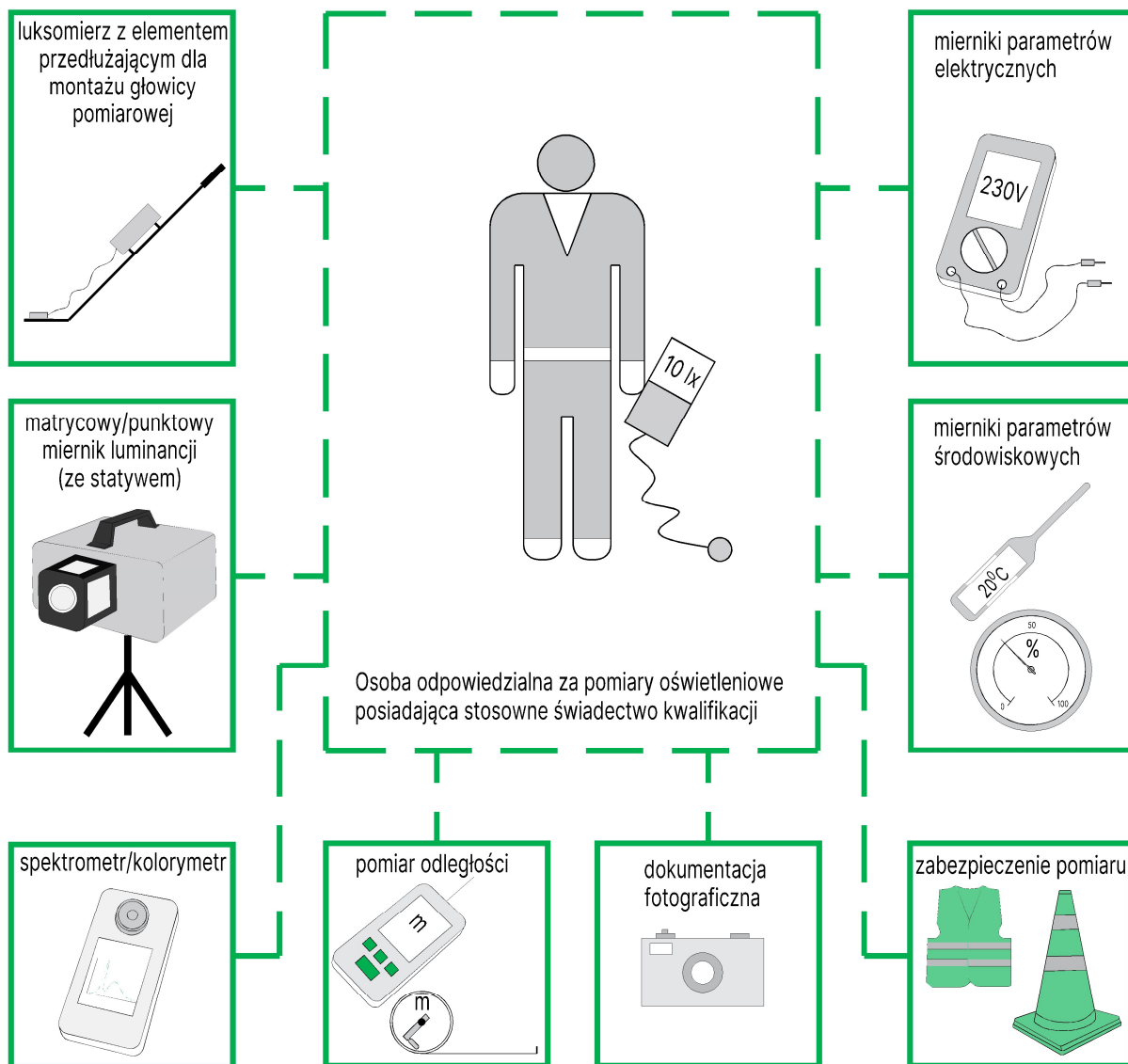
- (1) Odbiór instalacji oświetlenia drogowego realizuje się zgodnie z procedurą przedstawioną na schemacie na rys. 9.2.1.



Rys. 9.2.1. Procedura odbioru rozwiązań oświetleniowych

9.3. Zalecane wyposażenie kontrolno-pomiarowe

(1) Zarządca urządzeń do oświetlania powinien dysponować wyposażeniem pozwalającym na weryfikację parametrów oświetleniowych i elektrycznych instalacji oświetlenia drogowego (rys. 9.3.1) oraz osobami posiadającymi odpowiednie uprawnienia do realizacji pomiarów lub zlecać te prace podmiotom niezależnym od wykonawcy.



Rys. 9.3.1. Zalecane wyposażenie kontrolno-pomiarowe

(2) Do podstawowych parametrów oświetleniowych mierzonych podczas odbioru i kontroli należą:

- luminancja, przyrost progowy luminancji (parametr olśnienia) – mierzona miernikiem luminancji (punktowym lub matrycowym),
- natężenie oświetlenia – mierzona luksomierzem z oddzielną głowicą przystosowaną do pomiarów drogowych.

(3) Do uzupełniających parametrów oświetleniowych mierzonych podczas odbioru i kontroli należą:

- współrzędne trójchromatyczne barwy – mierzona kolorymetrem lub spektrometrem,
- widmo promieniowania – mierzona spektrometrem,
- temperatura barwowa – mierzona kolorymetrem lub spektrometrem,
- ogólny współczynnik oddawania barwy – mierzony spektrometrem.

- (4) Do parametrów związanych z warunkami pomiarów parametrów oświetlenia należą:
- parametry elektryczne instalacji oświetleniowej w zakresie: napięcia, prądu, mocy, $\cos\phi$ – mierzone miernikami elektrycznymi lub analizatorem jakości energii elektrycznej,
 - wilgotność – mierzona higrometrem,
 - temperatura otoczenia – mierzona miernikiem temperatury.
- (5) Do opracowania kompletnego raportu z badań odbiorczych i kontrolnych instalacji oświetleniowej niezbędne jest udokumentowanie parametrów stanu istniejącego. Należą do nich, oprócz powyższych:
- geometria instalacji – mierzona dalmierzem, kołem pomiarowym, taśmą mierniczą,
 - posadowienie słupa względem jezdni, położenie oprawy – mierzone poziomnicą cyfrową, inklinometrem,
 - dokumentacja zdjęciowa – wykonywana aparatem fotograficznym.
- (6) Osoby wykonujące pomiary terenowe w porze nocnej wyposaża się w:
- indywidualny sprzęt ochronny (np. kurtki lub kamizelki odblaskowe),
 - słupki odblaskowe wydzielające teren pomiaru,
 - telefony komórkowe lub radiotelefony do łączności i ostrzegania przed zagrożeniami,
 - kredę lub inne elementy do oznaczania odległości i miejsc pomiarowych,
 - protokoły pomiarowe.

9.4. Pomiary odbiorcze

(1) Prace związane z odbiorami, obsługą, konserwacją, remontami, montażem oraz kontrolą i pomiarami instalacji oświetlenia dróg powinny wykonywać osoby wykwalifikowane, tj. posiadające świadectwa kwalifikacyjne w zakresie eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci, wydane na podstawie rozporządzenia [9].

(2) Osoby wykonujące prace przy oświetleniu drogowym powinny mieć odpowiedni zakres świadectw, zawierający punkty: urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV, sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego, aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania i zabezpieczeń urządzeń i instalacji. W przypadku opraw zainstalowanych na słupach sieci trakcyjnej świadectwa powinny obejmować również zakres elektrycznej sieci trakcyjnej.

(3) Istotne jest przeprowadzenie odbioru zainstalowanego oświetlenia, który potwierdzi, czy przyjęte w projekcie parametry oświetleniowe (klasy oświetleniowe wraz z redukcją mocy), elektryczne, efektywnościowe i ekologiczne zostały osiągnięte. W tym celu przeprowadza się pomiary elektryczne instalacji oświetleniowej oraz pomiary oświetleniowe nawierzchni jezdni drogi lub jej części we wszystkich wskazanych w projekcie płaszczyznach i punktach pomiarowych.

(4) Instalację oświetleniową drogi lub jej części przekazuje się do eksploatacji pod warunkiem przeprowadzenia pomiarów potwierdzających spełnienie zakładanych w projekcie parametrów oświetleniowych.

(5) Pomiary odbiorcze oświetlenia przeprowadza się w siatkach projektowych zgodnych z normami [26] i [27] lub z WR-D-41-4.

(6) W przypadku uzasadnionych wątpliwości w zakresie uzyskanych wyników pomiarów oświetleniowych w obszarach pomiarowych, zaleca się wykonanie pomiarów na kolejnych wybranych odcinkach. W tym przypadku liczbę odcinków do pomiarów wskazuje inwestor (zarządca infrastruktury).

(7) Zaleca się, aby pomiary odbiorcze oświetlenia drogowego przeprowadzała jednostka niezależna i niepowiązana w strukturach firmy od wykonawcy.

(8) Na etapie odbioru instalacji oświetleniowej ocenę zgodności wykonania z dokumentacją projektową, pomiary elektryczne i oświetleniowe przeprowadza zespół w skład, którego wchodzi minimum jedna osoba posiadająca doświadczenie w zakresie pomiarów oświetlenia drogowego,

oraz stosowne świadectwo kwalifikacji w zakresie dozoru technicznego sprawującego nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.

(9) Przed przystąpieniem do pomiarów oświetleniowych i elektrycznych weryfikuje się, czy realizacja oświetlenia odpowiada geometrycznie danym projektowym. Weryfikuje się:

- a) wysokość i geometrię posadowienia słupów,
- b) długość i pochylenie wysięgnika,
- c) typ oprawy oświetleniowej,
- d) sposób zasilania w warunkach znamionowych,
- e) charakterystykę regulacyjną strumienia świetlnego przy redukcji klasy oświetleniowej.

(10) Z pomiarów odbiorczych oświetleniowych i elektrycznych sporządza się stosowny raport, w którym imiennie podpisany autor raportu ocenia, czy spełniono założenia projektu.

(11) Raport z pomiarów odbiorczych instalacji oświetlenia drogowego sprawdza i podpisuje osoba z uprawnieniami dozoru technicznego, sprawującego nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci, zgodnie z rozporządzeniem [9].

(12) Podstawową zawartość raportu z pomiarów odbiorczych oświetlenia drogowego określa norma [27].

(13) Do raportu załącza się wyniki przeprowadzonych pomiarów, np. zdjęcia, zdjęcia luminancji, zestawienia tabelaryczne wyników pomiarów i obliczeń w poszczególnych siatkach odpowiadających częściom drogi, stwierdzające spełnienie lub niespełnienie wymagań projektowych, wnioski i protokół końcowy.

(14) Planowane pomiary instalacji oświetleniowej zaleca się prowadzić w okresie letnim (szczególnie w zakresie pomiaru luminancji wymagana jest sucha nawierzchnia drogi). Pomiary dopuszcza się przeprowadzać również w innych porach roku, pod warunkiem ich realizacji w sprzyjających warunkach pogodowych, określonych w normie [27].

(15) Zarządca oświetlenia powinien traktować wyniki uzyskane podczas odbioru instalacji jako dane początkowe, określające parametry i stan techniczny instalacji oświetleniowej w momencie przekazania jej do eksploatacji.

(16) W przypadku nowej lub modernizowanej instalacji wykonuje się inwentaryzację metodą geoinformatyczną wybudowanego lub zmodernizowanego oświetlenia, umożliwiającą migrację danych do systemu informacji przestrzennej w otwartym i darmowym oprogramowaniu GIS.

(17) Dla obiektów podlegających geoinwentaryzacji podaje się lokalizacje zapisane w systemie odniesień przestrzennych w układzie prostokątnych płaskich, strefa Polska 1992/19, WGS 1984 (zalecane PL-2000), system wysokości MSL (średni poziom morza), model obowiązującej quasi-geoidy PL-geoid-2011, zgodnie z rozporządzeniem [13].

(18) Baza danych zawierająca informacje o instalacji oświetleniowej powinna obejmować warstwy wektorowe (minimum: latarnie, szafy sterujące i linie kablowe) opisane atrybutami według wymagań zarządcy infrastruktury. Listy atrybutów warstw wektorowych zaleca się przyjmować zgodnie z rozdziałem 8 w WR-D-72-2.

9.5. Zarządzanie systemem oświetlenia

(1) Zarządzanie oświetleniem dróg polega na:

- a) planowaniu,
- b) sterowaniu oświetleniem,
- c) monitorowaniu stanu pracy, zdarzeń i awarii,
- d) raportowaniu.

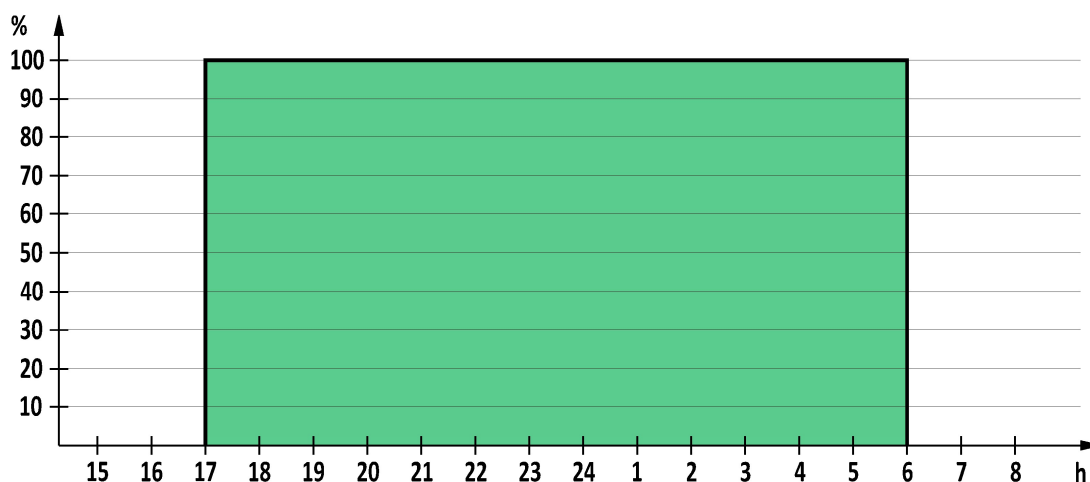
(2) Właściwe zarządzanie instalacją oświetleniową ma na celu zapewnienie utrzymania przyjętych w fazie projektu parametrów oświetleniowych instalacji w całym jej okresie funkcjonowania.

(3) Zarządca instalacji oświetleniowej powinien nią aktywnie i świadomie zarządzać. Oznacza to, że powinien posiadać wiedzę w zakresie liczby, lokalizacji oraz stanu technicznego urządzeń

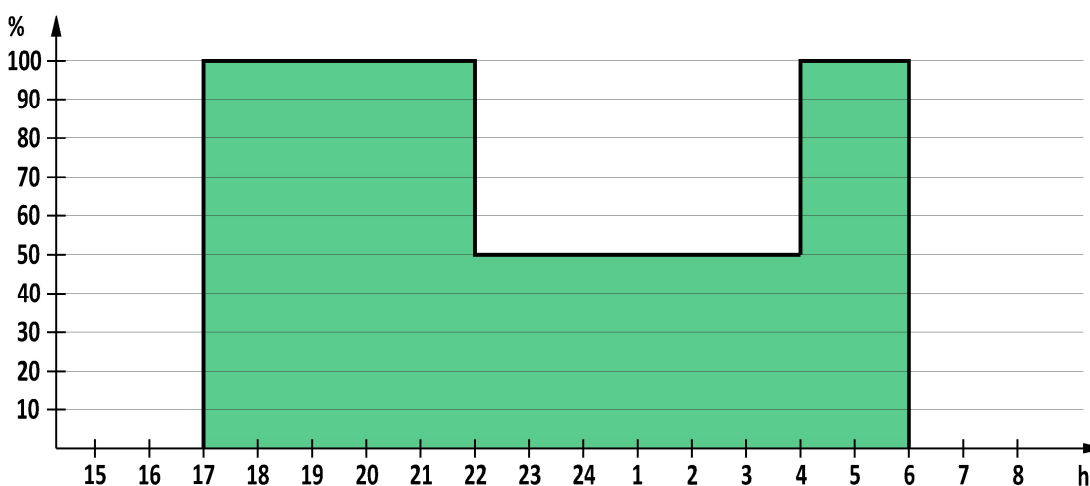
- oświetleniowych. Zarządca powinien także przewidywać spodziewaną degradację urządzeń do oświetlania, aby przeprowadzać planowe remonty i modernizacje.
- (4) Zalecane jest powołanie lokalnego koordynatora oświetlenia drogowego w jednostce zarządzającej urządzeniami do oświetlania. Koordynator powinien mieć wykształcenie i kwalifikacje odpowiednie do prowadzonych czynności.
- (5) Prowadzi się bieżącą inwentaryzację nowych i modernizowanych instalacji oświetlenia drogowego w systemach bazodanowych GIS.
- (6) Prowadzi się systematyczne zabiegi konserwacyjne szaf oświetleniowych, instalacji elektrycznej, słupów i opraw oświetleniowych, w założonych interwałach czasowych przewidzianych w instrukcji eksploatacji, polegających m. in. na czyszczeniu kloszy, wymianie uszkodzonych źródeł światła (lub uszkodzonych paneli LED) i korekcie ustawienia opraw i wyświetników, sprawdzeniu kompletności elementów słupa (drzwiczki, śruby montażowe), sprawdzeniu systemów zapewniających kategorie pochłaniania energii, sprawdzeniu powłok malarskich i antykorozyjnych, sprawdzaniu szaf oświetleniowych. Konieczne jest systematyczne monitorowanie sytuacji oświetleniowej, tj. stanu opraw oświetleniowych, źródeł światła i występowania przeszkód dla światła.
- (7) Instalacje oświetleniowe stosowane w strefie E1 konserwuje się nie rzadziej niż jeden raz w roku.
- (8) Ze względu na sposób zarządzania wyróżnia się następujące rodzaje systemów sterowania oświetleniem:
- manualne pojedynczych obwodów (stosowane, gdy zawiedzie sterowanie innego rodzaju lub podczas prac konserwacyjnych i pomiarowych),
 - autonomiczne (lub programowalne) pojedynczej oprawy,
 - lokalne, fragmentu lub całej drogi,
 - obszarowe, z wykorzystaniem sterowników (np. zegarów astronomicznych),
 - scentralizowanie (np. obszarowe z możliwą wielostopniową redukcją poziomu oświetlenia),
 - dynamiczne (np. komputerowo zarządzane oświetlenie całej miejscowości).
- (9) Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu danego rozwiązania technicznego do zarządzania i sterowania instalacją oświetlenia drogowego, przeprowadza się analizę potrzeb, korzyści oraz kosztów i na tej podstawie dokonuje się wyboru docelowego rozwiązania.
- (10) Zaleca się stosowanie układów kontrolno-pomiarowych i sterujących obniżających koszty utrzymania instalacji oświetlenia drogowego.
- (11) Zaleca się stosowanie systemów zintegrowanego zarządzania oświetleniem w oparciu o GIS, które pozwalają na:
- zdalne zarządzanie oświetleniem (rozruch, sterowanie i monitorowanie parametrów pracy każdego punktu świetlnego lub poszczególnych obwodów),
 - możliwość indywidualnej lub grupowej regulacji poziomu oświetlenia,
 - pozyskiwanie informacji o awariach poszczególnych elementów systemu oświetleniowego,
 - planowanie z wyprzedzeniem prac konserwacyjnych,
 - dokumentowanie procesów operacyjnych, gromadzenie danych archiwalnych,
 - generowanie raportów i zestawień statystycznych,
 - optymalizację obszarową i dostosowanie do indywidualnych potrzeb oświetleniowych (np. wydarzenia w mieście),
 - zarządzanie oświetleniem za pomocą urządzeń mobilnych,
 - wizualizację informacji o stanie instalacji i parametrach technicznych w środowisku GIS (w przypadku gromadzenia niezbędnych danych).
- (12) Poziom redukcji strumienia świetlnego opraw oświetleniowych (mocy opraw oświetleniowych) musi odpowiadać projektowanym poziomom wymagań oświetleniowych (klas oświetleniowych) realizowanych na jezdni.
- (13) Podstawowym obliczeniowym trybem pracy instalacji oświetlenia drogowego, w celu wykazania jej redukcji, jest praca z pełnym strumieniem świetlnym opraw (mocą opraw) 100% (rys. 9.5.1), odpowiadającym przyjętej klasie oświetleniowej.

(14) Wymaga się dostosowania chwili uruchomienia instalacji oświetlenia drogowego do zmiany czasu z letniego na zimowy i z zimowego na letni.

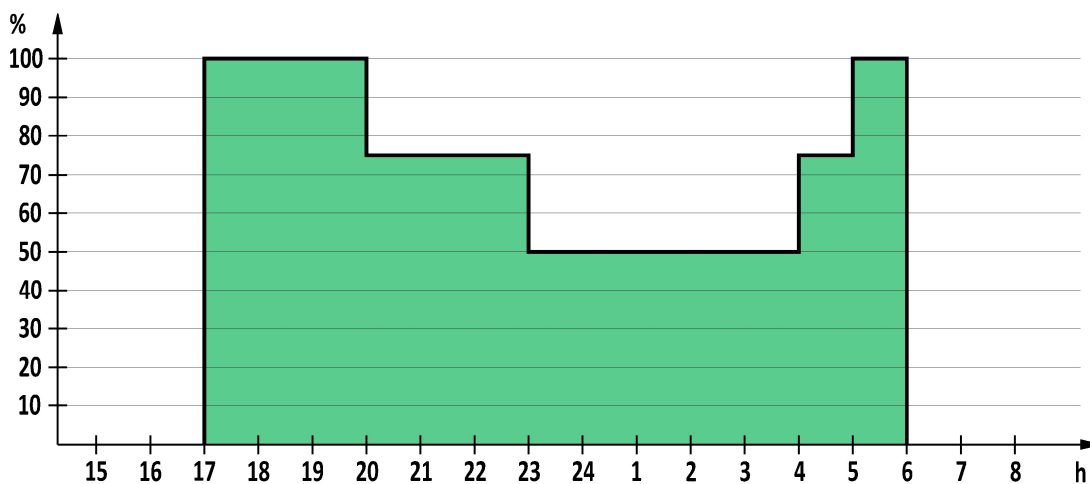
(15) Zaleca się stosowanie profili czasowych pracy instalacji, dostosowanych do warunków ruchu drogowego (przykładowe, teoretyczne profile przedstawiają rys. 9.5.2 i 9.5.3).



Rys. 9.5.1. Przykładowy stałoczasowy profil pracy instalacji oświetlenia drogowego – jeden poziomy strumienia świetlnego (mocy) 100% przez cały czas pracy instalacji

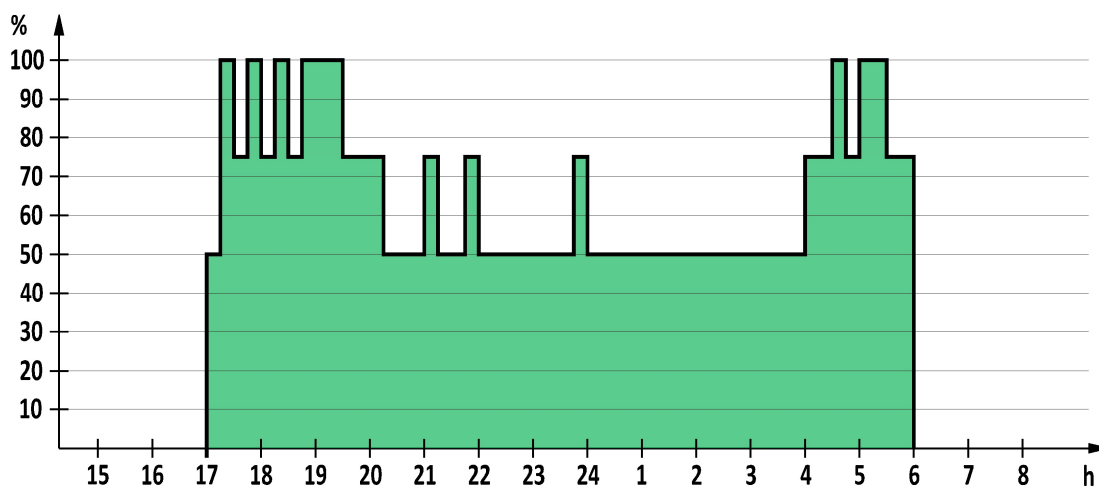


Rys. 9.5.2. Przykładowy stałoczasowy profil pracy instalacji oświetlenia drogowego – dwa poziomy redukcji strumienia świetlnego (mocy) poza godzinami szczytu komunikacyjnego do jednej, niższej klasy oświetleniowej



Rys. 9.5.3. Przykładowy stałoczasowy profil pracy instalacji oświetlenia drogowego – trzy poziomy redukcji strumienia świetlnego (mocy) poza godzinami szczytu komunikacyjnego, stopniowo o dwie klasy oświetleniowe

(16) W celu efektywnego sterowania zaleca się stosowanie detektorów, dostarczających dane o warunkach ruchu, warunkach atmosferycznych, jasności otoczenia lub innych parametrów, pozwalające na dynamiczną zmianę poziomu oświetlenia (rys. 9.5.4), w nawiązaniu do zaleceń zawartych w [53] i w normie [24].



Rys. 9.5.4. Przykładowy dynamiczny profil pracy instalacji oświetlenia drogowego – trzy poziomy redukcji strumienia świetlnego (mocy) o dwie klasy oświetleniowe, sterowanie dynamiczne, np. na podstawie zmiany natężenia ruchu lub obecności pojazdów

(17) Zaleca się, aby czujniki temperatury powietrza oraz względnej wilgotności powietrza były osłonięte przed bezpośrednim wpływem wiatru i promieniowania słonecznego w klatce meteorologicznej (wentylowanej osłonie radiacyjnej, umożliwiającej zapewnienie dokładności i stabilności pomiaru niezależnie od warunków pogodowych). Osłony radiacyjne wykonuje się z materiału odpornego na działanie promieniowania ultrafioletowego i warunki termiczne.

(18) Zaleca się, aby czujniki rodzaju opadu oraz intensywności opadu nie były instalowane pod lub w otoczeniu gałęzi drzew, linii kablowych oraz innych budowli lub elementów infrastruktury technicznej, mogących stanowić źródło zakłóceń dla wyników pomiarowych.

(19) Zaleca się, aby miejsce instalacji czujników wiatru było wolne od przeszkód naturalnych lub sztucznych, mogących wywierać wpływ na rezultaty pomiarów. Nie instaluje się czujników wiatru w bezpośredniej bliskości gałęzi drzew lub w miejscach osłoniętych przez elementy infrastruktury budowlanej, w tym w szczególności przez ekrany akustyczne.

(20) Zaleca się, aby pod miejscem instalacji czujnika widoczności nie znajdowały się żadne obiekty kubaturowe. Sposób umieszczenia czujnika powinien ograniczać do minimum możliwość poruszania się ludzi lub zwierząt w obszarze roboczym czujnika. Elementy odbiorcze czujnika powinny być instalowane w sposób ograniczający bezpośrednie oświetlenie obiektywu czujnika promieniowaniem słonecznym oraz światłami nadjeżdżających pojazdów.

(21) Układy pomiarowo-rozliczeniowe zużycia energii elektrycznej instaluje się w złączach kablowo-pomiarowych albo montuje się w rozdzielnicach abonenckich stacji transformatorowych.

(22) Dla potrzeb oświetlenia drogowego każdego: węzła, odcinka drogi klasy A lub S (w tym również w obrębie miejsca obsługi podróżnych, tzn. odcinków jezdni głównej wraz z pasami włączania i wyłączania), dróg różnych kategorii, dróg klas innych niż A i S w terenie zabudowy oraz potrzeb zasilania odpowiednio pozostałej innej infrastruktury drogowej i związanej z drogą (w tym m. in. obwodu utrzymania drogi, miejsca obsługi podróżnych, stacji pomp itp.), stosuje się oddzielne układy pomiarowo-rozliczeniowe, które muszą wynikać z oddzielnych warunków przyłączenia do sieci elektroenergetycznej dla każdego z zasilanych elementów.

(23) W przypadku przebiegu drogi z oświetleniem drogowym przez kilka gmin, układy pomiarowo-rozliczeniowe zużycia energii elektrycznej przez oświetlenie drogowe zlokalizowane w pasie drogowym (pasach drogowych) zlokalizowanych w różnych gminach, muszą być oddzielne dla każdej z gmin w przypadku drogi krajowej (z wyłączeniem drogi klasy A lub S) przebiegającej w granicach terenu zabudowy i oddzielnie dla dróg o innej kategorii niż krajowa

(wojewódzka, powiatowa, gminna) oraz dodatkowych jezdni obsługujących teren przyległy do drogi klasy A lub S. Tym samym stosuje się oddzielne układy pomiarowo-rozliczeniowe, które muszą wynikać z oddzielnych warunków przyłączenia do sieci elektroenergetycznej, przede wszystkim w sytuacji finansowania przez gminę oświetlenia drogowego znajdującego się na terenie gminy.

9.6. Pomiary kontrolne

(1) Z uwagi na postępującą w czasie degradację infrastruktury drogowej, oprav oświetleniowych oraz źródeł światła, zmiany zagospodarowania przestrzennego w obszarze oświetlanym, brak kontroli nad zewnętrznymi źródłami światła oraz rozwój zieleni, prowadzi się cykliczne pomiary kontrolne warunków oświetleniowych i stanu technicznego instalacji.

(2) Monitorowanie stanu warunków oświetleniowych prowadzi się na wszystkich częściach drogi, a zarządca oświetlenia gromadzi i przetwarza dane w postaci systematycznie aktualizowanej bazy danych.

(3) Zalecana jest przynajmniej comiesięczna kontrola funkcjonowania oświetlenia w porze nocnej w formie objazdów kontrolnych. Na drogach wyższych klas (A, S, GP, G i Z) zaleca się dokonać kontroli częściej, np. raz w tygodniu.

(4) Zakres i częstotliwość obowiązkowych kontroli okresowych wynika z przepisów ustawy [15] i obejmuje:

- a) co najmniej raz w roku kontrolę obejmującą elementy narażone na wpływ niekorzystnych czynników atmosferycznych i działania innych niszczących czynników (np. wandalizmu); kontrola ta może być przeprowadzana w formie oględzin,
- b) co najmniej raz na 5 lat kompleksową kontrolę, obejmującą swoim zakresem wykonanie badań i pomiarów instalacji elektrycznej i oświetleniowej,
- c) kontrolę doraźną po wystąpieniu czynników zewnętrznych oddziałujących na obiekt, związanych z działaniem człowieka lub sił natury – poza wymienionymi w ustawie [15] zalicza się do nich zdarzenie drogowe, którego skutkiem jest uszkodzenie instalacji oświetleniowej.

(5) Kontrolę instalacji oświetlenia wraz z pomiarami kontrolnymi przeprowadza się przed okresem jesienno-zimowym.

(6) Zaleca się, aby przed realizacją kontrolnych pomiarów oświetleniowych dokonać przeglądu i konserwacji instalacji.

(7) Pomiary kontrolne oświetlenia przeprowadza się w siatkach projektowych zgodnych z normami [26] i [27] lub z WR-D-41-4.

(8) Pomiary kontrolne instalacji oświetlenia drogowego w zakresie oświetleniowym i elektrycznym przeprowadza się co najmniej raz na 5 lat (podczas przeglądu okresowego instalacji), w terminach przewidzianych przyjętą instrukcją eksploatacji oraz interwencyjnie w zależności od potrzeb.

(9) Protokół z pomiarów kontrolnych dla określenia stanu technicznego instalacji oświetlenia drogowego sprawdza i podpisuje osoba z uprawnieniami dozoru technicznego sprawującego nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci, zgodnie z rozporządzeniem [9].