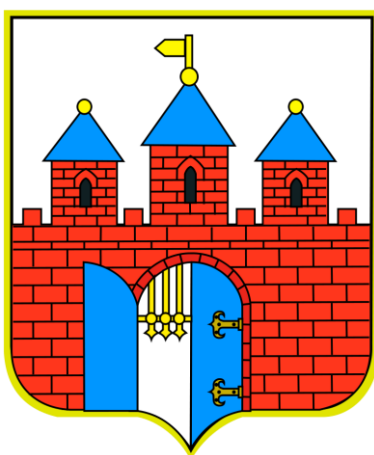




# Audyt

## oświetlenia drogowego na terenie Miasta Bydgoszcz - oprawy miejskie (cały obszar Miasta)



**Zamawiający:**

Miasto Bydgoszcz  
ul. Jezuicka 1  
85-102 Bydgoszcz

**Autorzy opracowania:**

mgr inż. Jacek Majcher  
mgr inż. Dariusz Redziński

Czerwiec 2024

## Spis treści:

1.	Wprowadzenie .....	4
1.1.	Cel niniejszego opracowania .....	4
1.2.	Definicje skrótów użytych w opracowaniu .....	5
1.3.	Możliwe do uzyskania efekty rzeczowe i ekologiczne .....	6
2.	Charakterystyka projektu .....	7
2.1.	Podstawowe informacje .....	7
2.1.1.	Tytuł .....	7
2.1.2.	Lokalizacja projektu .....	7
2.2.	Definicja projektu .....	7
3.	Ocena, jakości oświetlenia dróg i terenów użyteczności publicznej oraz wskazanie kierunków działania w celu dostosowania do obowiązujących norm.....	9
3.1.	Metodologia wykonania inwentaryzacji.....	9
3.2.	Inwentaryzacja- Organizacja Bazy Danych Systemu Oświetleniowego .....	10
3.2.1.	Struktura Bazy danych warstwy Latarnie.....	10
3.2.2.	Skrzynki sterujące oświetleniem.....	10
3.3.	Analiza stanu oświetlenia drogowego Miasta Bydgoszcz .....	11
3.3.1.	Stan systemu oświetlenia drogowego na dzień zakończenia Audytu.....	11
3.3.2.	Wnioski z inwentaryzacji stanu oprav oświetleniowych w Mieście Bydgoszcz. ....	12
3.3.3.	Wnioski z inwentaryzacji szafek oświetleniowych w Mieście Bydgoszcz.....	12
3.3.4.	Analiza - zgodność oświetlenia z Normami.....	12
3.3.5.	Analiza typów i modeli oprav w Mieście Bydgoszcz. ....	13
3.4.	Rekomendacje i wnioski z inwentaryzacji oświetlenia .....	15
3.5.	Przeciwdziałanie zjawisku Light pollution .....	15
4.	Analiza techniczno-technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej.....	17
4.1.	Sprzęt oświetleniowy - źródła światła.....	17
4.1.1.	Półprzewodnikowe źródła światła (SSL - Solid State Lighting).....	17
4.1.2.	Źródła światła typu HPS [Sodowe wysokoprężne].....	18
4.2.	Sprzęt oświetleniowy - Oprawy.....	19
4.3.	Analiza możliwości stosowania oprav równoważnych .....	25
4.4.	Skrzynki sterujące - pomiarowe oświetlenia .....	26
4.5.	Systemy sterowania.....	27
4.5.1.	System APANET GreenLight .....	27
4.5.2.	System Rabbit CPA net .....	33
4.5.3.	System CityTouch Philips.....	36
4.5.4.	System Urban LUG.....	38
4.5.6.	Redukcja mocy .....	42
4.5.7.	Ryzyka związane z układami sterowania .....	43
4.5.8.	Podsumowanie właściwości systemu sterowania i zarządzania oświetleniem .....	43
4.5.9.	Utworzenie Centrum Dyspozytorskiego.....	44
4.5.10.	Koszty wdrożenia systemu sterowania oświetleniem .....	44
5.	Analiza wariantów technicznych zamierzenia inwestycyjnego.....	45
5.1.	Wariant I - LED - porównanie mocy systemów oświetleniowych przed i po modernizacji – cały obszar Miasta.....	45
5.2.	Wariant II - LED - porównanie mocy systemów oświetleniowych przed i po modernizacji – cały obszar Miasta.....	47
6.	Analiza finansowa proponowanych wariantów realizacji przedsięwzięcia pod względem kosztów konserwacji oświetlenia drogowego oraz opłat za energię elektryczną. ....	50
6.1.	Model kosztów utrzymania oświetlenia drogowego .....	50
6.2.	Analiza kosztów eksploatacji systemu przed i po modernizacji .....	51
6.2.1.	Założenia modernizacji.....	51
6.2.2.	Rozliczenie kosztów energii dla 2024 r., przed modernizacją czas eksploatacji 4150 h .....	51
6.2.3.	Symulacja wariantu I: LED .....	51
6.2.4.	Symulacja wariantu II: LED.....	52

6.2.5.	Analiza kosztów mocy Umownej .....	52
6.2.6.	Analiza czasu eksploatacji systemu oświetleniowego.....	52
6.2.7.	Analizy kompensacji mocy biernej.....	52
6.2.8.	Wnioski z analizy kosztów i czasu eksploatacji. ....	53
7.	Porównanie wariantów zamierzenia inwestycyjnego oraz wybór wariantu optymalnego .....	53
7.1.	Analiza finansowa proponowanych wariantów realizacji przedsięwzięcia pod względem nakładów koniecznych do poniesienia na inwestycję.....	53
7.1.1.	Wariant I "LED" Sterowanie indywidualne – szafkowe – cały obszar Miasta.....	53
7.1.2.	Wariant II "LED" sterowanie indywidualne „chmurowe” – cały obszar Miasta .....	53
7.1.3.	Porównanie symulowanych wariantów proponowanych wariantów pod względem technicznym i finansowym.....	55
7.2.	Wybór wariantu optymalnego .....	55
7.2.1.	Definicja wskaźnika efektywności kosztowej CEA .....	55
7.2.2.	Metodologia wyboru wariantu optymalnego. ....	56
7.3.	Wnioski ostateczne .....	57
8.	Analiza oddziaływania na środowisko.....	58
8.1.	Oddziaływanie globalne.....	58
8.2.	Zgodność projektu z prawem ochrony środowiska.....	58
8.3.	Wpływ Na Obszary Natura 2000 .....	58
8.4.	Wyliczenie wskaźnika ekologicznego dla modernizowanego obszaru.....	59
8.5.	Zanieczyszczenie powietrza w trakcie modernizacji.....	59
9.	Analiza instytucjonalna .....	60
9.1.	Wykonalność instytucjonalna projektu .....	60
9.2.	Stosunki umowne .....	65
9.3.	Propozycje metody kontroli efektów inwestycji .....	65
9.3.1.	Określenie zakresu kontroli .....	65

# 1. Wprowadzenie

---

## 1.1. Cel niniejszego opracowania

Celem głównym niniejszego Audytu jest zbadanie możliwości zmodernizowania oświetlenia ulicznego, ubiegając się o dofinansowanie w ramach programów pomocowych RPO, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska lub programów Rządowego Funduszu Inwestycji Lokalnych „Rozświetlamy Polskę”.

Niezależnie od celu priorytetowego, każdy inwestor a szczególnie publiczny, chce mieć wiedzę o już wykonanych inwestycjach, jak również tych planowanych, co do sposobu ich realizacji oraz racjonalności wydatkowanych środków.

W prawidłowo zorganizowanym procesie zarządzania infrastrukturą, w tym przygotowania inwestycji, analiza stanu faktycznego, stanowi istotny element potwierdzający lub kwestionujący dotychczasowe kierunki działań jak również pokazuje, w jakim stanie znajduje się badany obiekt po latach eksploatacji.

Analiza pokazuje też, jak dziś oceniamy poczynione inwestycje oświetleniowe, które były realizowane w innym otoczeniu prawnym i normatywnym. Zbiorczy obiekt oświetleniowy, jakim jest zespół lamp ulicznych wraz z ich sterowaniem, budowany był w przeszłości w zgodności z różnymi normami oświetleniowymi. Od 2004 r., obowiązuje w Polsce europejska norma oświetleniowa, znowelizowana w 2016 r., **PN-EN 13201:2016**.

Audyt ma na celu przebadanie systemu i określenie możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji oraz wskazanie zasadności (lub – braku zasadności) podjęcia inwestycji usprawniającej system odbiorników energii, jak również efektywnego sposobu jej realizacji. Niniejsza Analiza **jest opracowywana właśnie na tym etapie**: nie istnieje jeszcze projekt techniczny, szczegółowy kosztorys ani pełny program funkcjonalno-użytkowy dotyczący całości ewentualnej inwestycji. Istnieje jedynie ogólnie zarysowana potrzeba ograniczenia kosztów eksploatacji oświetlenia drogowego oraz wstępne założenia sformułowane przez Zamawiającego. Ma on pełną świadomość, że może znacząco zmniejszyć zużycie energii poprzez zmniejszenie mocy odbiorników. Tak też realizowane są nowe inwestycje modernizacyjne oświetlenia ulic. Efektem nadmiernego ograniczenia mocy opraw może być jednak, niezamierzona sprzeczność z normą oświetleniową, czyli oświetlenie będzie niebezpieczne dla użytkowników dróg. Ten aspekt będzie również podlegał Analizie, pomimo, że wykracza poza zakres zamówienia.

Autorzy Analizy **przyjęli pewne założenia, dotyczące ewentualnej inwestycji w jeden spójny program funkcjonalno-użytkowy** i następnie rekomendowali je Zamawiającemu. Opracowywanie Analizy na tym etapie pozwala przeprowadzić skomplikowaną inwestycję, w sprawny sposób, w stosunkowo krótkim czasie, przy znacznym ograniczeniu kosztów w porównaniu ze sposobem realizacji inwestycji częściami. Pozwala też znacząco zredukować koszty eksploatacji systemu.

Celem niniejszego opracowania w szczególności jest:

1. Zdiagnozowanie stanu, w jakim znajduje się system oświetleniowy, przebudowywany, rozbudowywany i modernizowany częściowo z zastosowaniem różnych rozwiązań technicznych;
2. Zbadanie możliwości ograniczenia kosztów eksploatacji systemu oświetleniowego;
3. Zbadanie zgodności oświetlenia drogowego z Polską Normą przenoszącą normę europejską PN-EN 13201;
4. Potwierdzenie lub zakwestionowanie społeczno-gospodarczej sensu realizacji projektu według koncepcyjnych założeń Zamawiającego (a więc, odpowiedź na pytanie: czy taki projekt jest sensowny i potrzebny?);
5. Potwierdzenie lub zakwestionowanie instytucjonalnych, prawnych, technologicznych i ekonomicznych założeń koncepcyjnych Zamawiającego (a więc, odpowiedź na pytanie: czy taki projekt jest możliwy do zrealizowania?);
6. Przekazanie Zamawiającemu zaleceń i wskazań, co do:
  - Zoptymalizowania systemu kontroli kosztów utrzymania oświetlenia,
  - Zorganizowania systemu zarządzania infrastrukturą odbiorników energii,
  - Wyboru optymalnego rozwiązania technicznego, podnoszącego znacząco sprawność systemu,
  - Warunków zamawiania projektów technicznych i wykonawstwa,

- Sposobu uwzględnienia, w projekcie technicznym i wykonawstwie, specyficznych wymogów dotyczących sposobów organizowania efektywnego oświetlania dróg.
7. Analizy możliwości sposobów finansowania inwestycji;
  8. Przekazanie Zamawiającemu ewentualnych ostrzeżeń, co do wykrytych w toku analizy potencjalnych przeszkód w realizacji celu, które mogłyby zakłócić lub przerwać proces zmniejszania kosztów eksploatacji urządzeń energetycznych.
  9. Wskazanie możliwości lub jej braku w procesie ubiegania się o środki finansowe.

## 1.2. Definicje skrótów użytych w opracowaniu

1. HPS - High Pressure Sodium – źródło światła sodowe, wysokoprężne. Skrót może być również używane jako typ oprawy, która wyposażona jest w źródło sodowe wysokoprężne.
2. HPM – High Pressure Mercury – źródło rtęciowe wysokoprężne. Skrót może być używany jako typ oprawy wyposażonej w źródło wysokoprężne
3. LED – Light Emmiting Diode – Diody emitujące widzialne promieniowanie. Skrót może być użyty również jako typ oprawy, która wykorzystuje źródła LED do emisji promieniowania widzialnego.
4. PMMA- Poli metakrylan metylu - tzw. szkło organiczne. Cechą jest wysoka przezroczystość [93%], wysoka odporność na promieniowanie UV [nie żółknie] oraz niestety duża kruchość oraz niska odporność na uderzenia [IK 04].
5. PC- poliwęglan - tworzywo o dużej przezroczystości [89-91%], niższej niż PMMA, mniej odporne na promieniowanie UV [ma tendencje do żółknięcia po kilku latach], odporne na uderzenia [IK 10], oraz wysoką temperaturę.
6. PN-EN 12464-2:2014-05, Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz.
7. LM-80-08: IES (Stowarzyszenie Inżynierów Oświetleniowych) zatwierdzone metody do pomiaru retencji/ spadku/ strumienia światła LED źródeł z reprezentatywnymi pomiarami, co 1000 godzin i to przez okres, co najmniej 6 000 godzin. Dotyczy to pomiaru strumienia świetlnego testowanego źródła światła LED, w tym pakietów, tablic tylko modułów LED. Nie dotyczy wytycznych lub zaleceń dotyczących szacunków przewidywania lub ekstrapolacji do strumienia świetlnego poza granicami utrzymywania światłości. Określane jest na podstawie rzeczywistych pomiarów.
8. TM-21-11: Memorandum Techniczne. Dokument ten IES zaleca metodę projekcji świetlnego źródeł światła LED z danych uzyskanych przez procedury zawarte w dokumencie IES LM-80-08 zatwierdzone metody pomiaru strumienia pochodzące ze źródeł światła LED.
9. Raport TNO: 2004-GGI-R027, 'Wyznaczanie współczynnika konserwacji dla EN12464'. Raport sporządzony przez TNO, budowa i konstrukcja badań, na wniosek, ETAP, Philips, Osram i Zumtobel.
10. Tj - Temperatura złącza: Najwyższa temperatura rzeczywista półprzewodników w urządzeniu elektronicznym (Temperatura złącza PN diody LED).
11. T<sub>a</sub> – Temperatura otoczenia oprawy (ang. Ambient temperature)
12. MF – Współczynnik utrzymania, wyrażony równaniem:  $MF = LLMF \times LSF \times LMF$

Przy czym:

- LLMF: (Lamp Lumen Maintenance Factor) Współczynnik cząstkowy utrzymania strumienia źródła światła,
- LSF: Współczynnik trwałości lampy (żywność lampy bez natychmiastowej wymiany),
- LMF: (Luminaire Maintenance Factor) współczynnik cząstkowy utrzymania strumienia oprawy w trakcie eksploatacji,

### 1.3. Możliwe do uzyskania efekty rzeczowe i ekologiczne

**Tabela 1. Podsumowanie**

Kluczowe Parametry Projektu	Przed Modernizacją	Po modernizacji	Różnica	%
Moc zainstalowana [kW]	698,21	183,12	-515,09	-73,8%
Normatywny czas eksploatacji [h/rok], z Rozp. Min. Energi z 5.10.2017	4 150	4 150		
Zużycie energii [MWh/rok]	2 897,57	759,95	-2 137,62	-73,8%
Wskaźnik emisyjności	0,685	0,685		
Emisja CO <sub>2</sub> [ton/rok] - [zużycie energii] x [wskaźnik ekologiczny]	1 984,84	520,56	-1 464,27	-73,8%
Liczba modernizowanych oprav [szt.]	4 265	4 265	0	
Ograniczenie zużycia energii [MWh]	2 137,62			
Ograniczenie emisji CO <sub>2</sub> [Mg/rok]	1 464,27			
Oszczędność energii [toe/rok]	183,803			
Wartość inwestycji [zł]	22 808 568,65			
Koszt energii [zł/rok]	3 725 198	1 171 434	-2 553 764	-68,6%

#### Komentarz do Tabeli efektu ekologicznego:

Zastosowana metodologia liczenia oszczędności w zużyciu energii, w tabeli powyżej, w szczególności oparta jest o:

1. Rzeczywistą a nie nominalną moc odbiorników energii,
2. Algorytmy wyliczeń zużycia energii oraz nominalny, a nie rzeczywisty roczny czas eksploatacji systemu oświetleniowego (4150 h) przyjęto zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Energii w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii z dnia 5 października 2017 r. (Dz. U. 2017 poz. 1912)
3. Nominalną oszczędność energii, opartą o nominalny czas eksploatacji systemu oświetleniowego a nie rzeczywistą oszczędność energii, będącą podstawą wyliczenia oszczędności na zużyciu energii,
4. Prognozę kosztów technicznych eksploatacji.
5. Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej, zostały przyjęte na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2022 rok, wydanych w grudniu 2023 roku. Referencyjny wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla dla odbiorców końcowych energii elektrycznej wynosi 0,685 Mg CO<sub>2</sub>/MWh.
6. Zużycie energii w ciągu roku obliczono jako iloczyn zainstalowanej mocy oprav i normatywnego czasu świecenia.
7. Emisja CO<sub>2</sub> jest wyliczona jako iloczyn rocznego zużycia energii i wskaźnika emisyjności.
8. Wartość inwestycji oraz kwoty oszczędności zostały szczegółowo wyliczone w dalszej części opracowania.

Dane rzeczywiste, w przyszłości mogą, zatem odbiegać od wskazanych powyżej, Wyniki emisyjności, nie mogą być jednak gorsze niż obliczone i umieszczone w tabeli. Cena energii elektrycznej oraz kosztów konserwacji, użyta w kalkulacji wynika z obserwacji rynku energii [obecnie cena, od chwili uwolnienia rynku energii, systematycznie się zmniejsza, z roku na rok]. Faktyczne koszty energii, w przyszłości mogą oczywiście się różnić od przyjętej prognozy, ale zgodnie z Regulaminem, nie podlegają monitorowaniu. Monitorowane są takie czynniki, jak: moc zainstalowana -  $P_{inst}$ , zużycie - MWh, których wynikiem jest poziom emisyjności. Czas eksploatacji jest monitorowany jako iloraz wolumenu energii i mocy zainstalowanej.

## 2. Charakterystyka projektu

---

### 2.1. Podstawowe informacje

#### 2.1.1. Tytuł

Projekt jest opatrzony tytułem:

**Modernizacja oświetlenia ulicznego w Mieście Bydgoszcz.**

#### 2.1.2. Lokalizacja projektu

Projekt będzie realizowany w Mieście Bydgoszcz, woj. kujawsko-pomorskie.

---

### 2.2. Definicja projektu

#### 2.2.1. Tło społeczno-gospodarcze i położenie komunikacyjne Miasta Bydgoszcz.

**Bydgoszcz** – miasto na prawach powiatu w północnej Polsce, siedziba wojewody i jednostek mu podporządkowanych oraz największe miasto województwa kujawsko-pomorskiego. Położone na styku czterech makroregionów Pojezierzy Południowo bałtyckich, nad rzeką Brdą i Kanałem Bydgoskim, od wschodu graniczy z Wisłą, która poprzez Przełom Fordoński zwraca się ku Morzu Bałtyckiemu. Miasto położone jest w pradolinie rzeki Brdy, na wysokości 60 m n.p.m. Ciągnie się od Łąk Nadnoteckich aż po Wisłę, gdzie Brda ma swoje ujście. Od strony południowej i północnej usytuowane są pasma wysoczyzn.

Bydgoszcz znajduje się w północnej części Polski w miejscu, gdzie Wisła wykonuje gwałtowny zwrot na północ. Obszar administracyjny miasta ma kształt wydłużony i rozciąga się wzdłuż Kanału Bydgoskiego w części zachodniej, Brdy w części centralnej, aż do Wisły, która stanowi granicę wschodnią. Z zachodu na wschód: od krańców osiedla Osowa Góra do Wisły poniżej Starego Fordonu miasto ma rozpiętość 22 km.

Bydgoszcz jest jednym z największych miast w Polsce, zajmuje 9. miejsce pod względem liczby ludności (328 370 mieszkańców na 06. 2023 r.)

Bydgoszcz jest podzielona na poniższe osiedla:

Bartodzieje, Bielawy, Błonie Bocianowo – Śródmieście - Stare Miasto, Brdujście, Bydgoszcz Wschód - Sierniezek, Czyżkówko, Flisy, Glinki-Rupienica, Górzyskowo, Jachcice, Kapuściska, Leśne, Łęgnowo, Łęgnowo Wieś, Miedzyń-Prądy, Nowy Fordon, Okole, Osowa Góra, Piaski, Smukała-Oplawiec-Janowo, Stary Fordon, Szwederowo, Tatrzańskie, Terenów Nadwiślańskich, Wilczak-Jary, Wyżyny, Wzgórze Wolności, Zimne Wody-Czersko Polskie.

#### Regulacje prawne, specyficzne dla oświetlenia drogowego

W przypadku planowanej do realizacji wymiany opraw i dowieszenia opraw na istniejących liniach **nie jest wymagane uzyskanie pozwolenia na budowę** ani zadanie **nie podlega zgłoszeniu** oraz **nie wymaga innych zezwoleń**. Wynika to z Ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo Budowlane (Dz. U. Nr 89 poz. 414 z późn. zm. tekst jednolity Dz. U. 2021, poz. 2351), zwanej dalej Ustawą. Roboty budowlane w rozumieniu Ustawy Art. 3 ust. 7 polegające na instalowaniu urządzeń, jakimi są oprawy oświetleniowe wraz z osprzętem elektrycznym (złącza bezpiecznikowe i zaciski przyłączeniowe) oraz mechanicznym (wysięgniki), na obiektach budowlanych, jakimi są istniejące słupy sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia, nie wymagają pozwolenia na Budowę według przepisów Ustawy Art. 29 ust. 4 pkt 3) ppkt a).

W przypadku dobudowy nowych linii **pozwolenie na budowę** lub **zgłoszenie** będzie wymagane.

W zakresie zagadnień specyficznych dla oświetlenia ulicznego za podstawę opracowania niniejszej Analizy służyły następujące akty prawne, rozporządzenia oraz Polskie Normy



### Ustawy:

- Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (tekst jednolity Dz. U. 2022 poz. 1693 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. 2021, poz. 2351 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r.- Prawo zamówień publicznych (t.j. Dz. U. z 2022 poz.1710 z późn. zm.)

### Rozporządzenia:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno - budowlanych dotyczących dróg publicznych (Dz. U. 2022 poz. 1518).
- Zmiana rozporządzenia Ministra Energii w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz obliczania oszczędności energii. (Dz. U. 2022 poz. 956)
- Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r., w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. nr 93/2007, poz.623, z późn. zm.).
- Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r., „w sprawie wykonania dyrektywy 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp kierunkowych, lamp z diodami elektroluminescencyjnymi i powiązanego wyposażenia”

### Normy:

- PN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie Dróg – Część 1
- PN-EN 13201-2-5:2016-03 Oświetlenie Dróg – Część 2-5
- PN-EN 60598-1:2021-07 Oprawy oświetleniowe - Część 1: Wymagania ogólne i badania
- PN-EN 60598-2-3:2006 - Oprawy oświetleniowe - Część 2-3: Wymagania szczegółowe - Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne
- PN-EN 61547:2009 - Sprzęt do ogólnych celów oświetleniowych - Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej
- PN-EN IEC 55015:2019-11- Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne
- PN-EN 62031:2020-08 Moduły LED do ogólnych celów oświetleniowych - Wymagania bezpieczeństwa
- PN-EN 62471:2010 Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych

### 2.2.2. Założenia wariantów ewentualnej modernizacji oświetlenia

Przedmiotem analizy jest stan systemu oświetlenia wybranych ulic Miasta, pod kątem poprawy ich efektywności energetycznej oraz zapewnienie zgodności z Polską Normą, przenoszącą normę europejską: PN-EN 13201:2016

### Ogólne założenia wariantów modernizacji

W trakcie inwentaryzacji zostało zebranych i opisanych **28 883** opraw oświetleniowych leżących na terenie Miasta Bydgoszcz. Ilość wszystkich opraw należących do Miasta to **17 972** szt. Ilość opraw przewidziana do modernizacji i poddana analizie (opraw sodowych należących do Miasta) – **4 265** szt. Warianty, które podlegają analizie, to:

#### 1. Wariant I "LED" - zastosowanie opraw LED z układem redukcji mocy – system sterowania ze sterownikami segmentowymi w szafach

Modernizacja wszystkich lamp sodowych, na ciągach komunikacyjnych Miasta. Bez modernizacji pozostają wybrane oprawy LED.

- a. Modernizacja **4 265 szt.** punktów świetlnych z **17 972** istniejących miejskich punktów świetlnych .
- b. Zastosowanie opraw LED o stopniu szczelności IP 66, obudowie wykonanej z odlewu aluminium, z autonomicznym układem redukcji mocy. Każda oprawa jest indywidualnie sterowana i monitorowana.
- c. Modernizacja i kompensacja mocy biernej dla wszystkich szaf– **141 szt.**
- d. Budowa nowych obwodów oświetleniowych (**3,150 km** linii kablowych) w miejsce w miejsce linii napowietrznych.



## **2. Wariant II "LED" - zastosowanie opraw LED z układem redukcji mocy - system sterowania „chmurowy” z bezpośrednią komunikacją opraw z serwerem**

Modernizacja wybranych lamp sodowych, na ciągach komunikacyjnych Miasta. Bez modernizacji pozostają wybrane oprawy LED.

- a. Modernizacja **4 265 szt.** punktów świetlnych z **17 972** istniejących miejskich punktów świetlnych .
- b. Zastosowanie opraw LED o stopniu szczelności IP 66, obudowie wykonanej z odlewu aluminium, z indywidualnym układem redukcji mocy. Każda oprawa jest indywidualnie sterowana i monitorowana.
- c. Modernizacja i kompensacja mocy biernej dla wszystkich– **141 szt.**
- d. Budowa nowych obwodów oświetleniowych (**3,150 km** linii kablowych) w miejsce linii napowietrznych

## **3. Ocena, jakości oświetlenia dróg i terenów użyteczności publicznej oraz wskazanie kierunków działania w celu dostosowania do obowiązujących norm.**

### **3.1. Metodologia wykonania inwentaryzacji**

Stan aktualny określony został na podstawie analizy danych pozyskanych w wyniku inwentaryzacji z natury metodą geoinformatyczną. Zostało zinwentaryzowanych **28 883** szt. opraw oświetleniowych, za których oświetlenie koszty ponosi Miasto.

Tabelaryczne zestawienie punktów światła, z uwzględnieniem parametrów dróg, które zostały zebrane w wyniku pomiarów polowych umieszczone jest formie bazy Danych pliku Excel, który stanowi materiał źródłowy do Audytu. Dane te są kompletne i powinny być aktualizowane w platformie do zarządzania infrastrukturą oświetleniową, która jest również przedmiotem zamówienia. Prawdłowo zorganizowana baza danych oświetlenia drogowego powinna zawierać, co najmniej parametry, jak niżej:

- a) **parametry drogi, ulicy**
  - szerokość
  - rodzaj nawierzchni
  - kategoria drogi
  - kategoria oświetleniowa drogi
- b) **parametry infrastruktury oświetleniowej**
  - typ, moc oprawy oświetleniowej aktualna i projektowana,
  - ilość opraw na słupie
  - odległość słupów od krawędzi drogi
  - wysokość zawieszenia opraw
  - kąt nachylenia wysięgników
  - typ linii oświetleniowej
- c) **parametry punktów sterowania [SO] oraz punkty poboru energii [PPE]**
  - numer ewidencyjny punktu poboru energii [ppe]
  - numer skrzynki SO, lokalizacja (X, Y)
  - ilość obwodów

Szczegółowa propozycja organizacji Bazy Danych o punktach świetlnych oraz punktach poboru energii i sterowania podana została w kolejnym punkcie Audytu. Celem takiej organizacji jest uzyskanie takiej struktury bazy danych, która pozwoli się łatwo analizować i generować Raporty o strukturze, przydatnej w kontrolingu oraz projektowaniu

## 3.2. Inwentaryzacja- Organizacja Bazy Danych Systemu Oświetleniowego

Otrzymane z pomiarów polowych dane o systemie zostały uporządkowane i przeniesione do Bazy Danych w Programie bazodanowym GIS [SIP – System Informacji Przestrzennej]. Autorzy opracowania przyjęli organizację danych zgodnie z wymogami Zamawiającego, tak, aby jak najdokładniej analitycznie opisać system. Przyjęta struktura bazy opisana jest poniżej:

### 3.2.1. Struktura Bazy danych warstwy Latarnie

Organizacja tej warstwy:

Lp.	Atrybut	Parametry atrybutu	Typ zmiennej
1	ID	Numer kolejny	Num
2	Miasto	Nazwa miejscowości	Tekst
3	Ulica	Nazwa ulicy	Tekst
4	Nr_słupa	Kolejny numer słupa	Tekst
5	Liczba_opraw	Liczba opraw na słupie	Num
6	Szerokość	Szerokość drogi	Menu
7	Moc_Nom	Moc nominalna oprawy	Menu
8	Model	Model oprawy: SGS 103, SGS 203, OUS-100...	Menu
9	Typ_opr	Sodowa-S, Rtęciowa-R, LED	Menu
10	Wysokość_pkt	Wysokość słupa	Menu
11	Krawędź	Odległość od krawędzi drogi	Menu
12	Wysięgnik_H	Wysokość wysięgnika	Menu
13	Wysięgnik_L	Długość wysięgnika	Menu
14	Typ_Słupa	Typ słupa: OŻ, WZ-7,	Menu
15	Uwagi	Informacje dodatkowe	Tekst

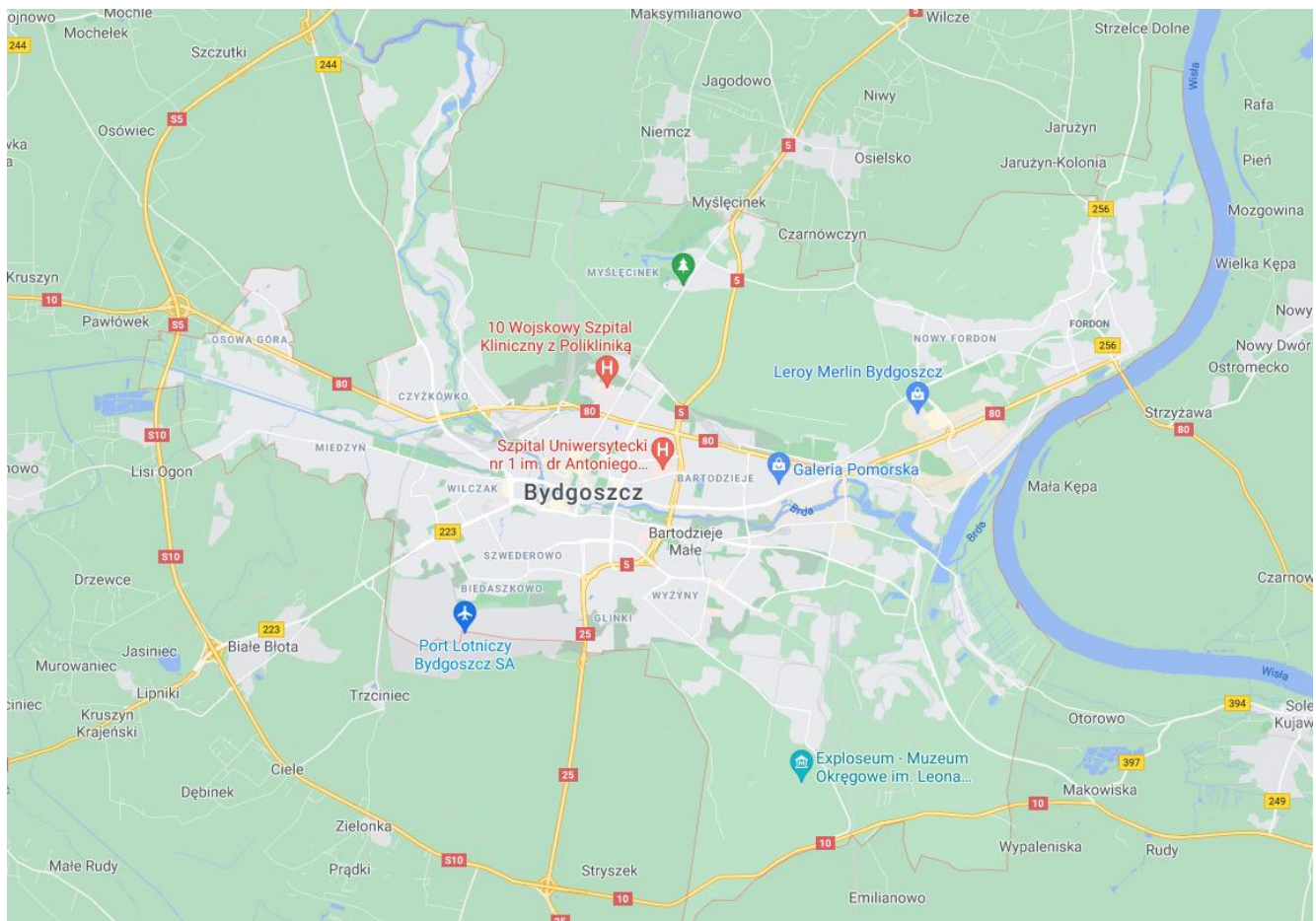
### 3.2.2. Skrzynki sterujące oświetleniem

Baza danych skrzynek sterujących SON, SOK zorganizowana jest jak w tabeli poniżej:

Lp.	Atrybut	Parametry atrybutu	Typ zmiennej
1	ID	Numer kolejny	Num
3	Opis_Obwodu	Przyjazna nazwa obwód wraz lokalizacją	Tekst
4	Ilosc_obwodow	Całkowita liczba obwodów	Num
5	Właściciel	Właściciel punktu sterowania: OSD / Miasto	Tekst
6	Trafo	Numer transformatora, nazwa, lokalizacja	Tekst

### 3.3. Analiza stanu oświetlenia drogowego Miasta Bydgoszcz

Na terenie Miasta zainstalowane są oprawy, których właścicielem jest Miasto Bydgoszcz i ENEA Oświetlenie Sp. z o.o. Przez Miasto przebiegają drogi krajowe, wojewódzkie, powiatowe oraz gminne o dużym natężeniu ruchu. Z tego powodu, dużą część opraw stanowią oprawy sodowe dużej mocy, które są w zróżnicowanym stanie technicznym.



Mapa Miasta Bydgoszcz

źródło: [www.maps.google.com](http://www.maps.google.com)

Niektóre odcinki oświetlenia dróg Miasta zostały w ostatnich kilku latach zmodernizowane i w większości przypadków nie budzą zastrzeżeń pod kątem poprawności instalacji i spełnienia norm. Należy jednak zastanowić się nad wyborem rozwiązań technicznych - najtańsze oprawy po kilku latach eksploatacji mogą być uciążliwe w konserwacji, a rozwiązania niewiele droższe gwarantują poprawność eksploatacji przez wiele lat. Opis proponowanych rozwiązań znajduje się w dalszej części opracowania.

Modernizacja bazująca na oprawach sodowych nie spowoduje szybkiego, skutecznego i efektywnego obniżenia wolumenu energii zużywanej do oświetlenia drogowego. Możliwe jest przeprowadzenie modernizacji w oparciu o technologię LED (opis i koszt znajduje się w dalszej części opracowania) o zmiennym profilu.

#### 3.3.1. Stan systemu oświetlenia drogowego na dzień zakończenia Audytu

- W wyniku przeprowadzonej geoinformatycznej inwentaryzacji, na obszarze planowanej modernizacji w Mieście Bydgoszcz, zidentyfikowano **17 972** punkty świetlne, których właścicielem jest Miasto.
- W 20% są to oprawy wyładowcze, które są w zróżnicowanym stanie technicznym. Niektóre, z powodu ich degradacji technicznej nie zawsze spełniają wymogi obecnej normy oświetleniowej PN-EN 13 201:2016.
- Na badanym obszarze zidentyfikowano **141** skrzynek sterujących oświetleniem.

---

### 3.3.2. Wnioski z inwentaryzacji stanu opraw oświetleniowych w Mieście Bydgoszcz.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń a następnie pomiarów zebrano materiał, który pozwolił na analizę. Parametry niespełniające wymagania normy to parametry ilościowe - poziom luminancji oraz jakościowe - równomierności wzdlużne. Wynika to z tego, iż wiele modułów (odległości między oprawami) jest dość duża - 45 - 55 m. W takich przypadkach trudno jest spełnić wymagania normy, zwłaszcza ilościowe - czyli zapewnić odpowiednią ilość światła emitowanego z opraw. Realizowane to jednak jest oprawami o dość dużej mocy. Dzisiejsze konstrukcje opraw LED te same parametry ilościowe spełniają przy kilkukrotnie niższym poborze energii. Brak spełnienia normatywnych parametrów ilościowych wynika ze sporego wyeksploatowania opraw i nieprzystosowania ich rozsyłów świetlnych do parametrów drogi. Również fakt, iż układy optyczne opraw były projektowane kilkanaście lat temu, w czasie, gdy obowiązywała stara norma oświetleniowa (nieregulująca parametru równomierności wzdlużnej) wpływa na niemożność spełnienia wymogów nawet niskich klas oświetleniowych. Parametry ilościowe oświetlenia można spełnić przy zastosowaniu opraw o wysokiej mocy lub przy małych odstępach między oprawami.

Niemniej ze względu na zmianę technologiczną na rynku oświetlenia drogowego - przejście od technologii wyładowczej (sodowej, metalohalogenkowej) do technologii LED, wymiana oświetlenia w badanym obszarze jest akceptowalna. Modernizacja tego obszaru jest sensowna biorąc również pod uwagę fakt, iż w ciągu 3-5 lat należy spodziewać się obniżenia parametrów technicznych opraw, które dziś są w stanie zadowalającym. Wymiana opraw sodowych jest zalecana również z powodu zachowania homogeniczności oświetlenia - niemieszania opraw LED z sodowymi, co ułatwia sterowanie systemem i usprawnia konserwację opraw.

---

### 3.3.3. Wnioski z inwentaryzacji szafek oświetleniowych w Mieście Bydgoszcz

Układy sterujące znajdujące się na terenie Miasta Bydgoszcz to rozdzielnie oświetleniowe znajdujące się w stacjach trafo lub skrzynki wyniesione poza obszar stacji transformatorowych.

W przypadku modernizacji szafy oświetleniowe należy przebudować zgodnie z wydanymi warunkami modernizacji. Wiąże się to z koniecznością uzyskania warunków technicznych przyłączenia dla każdego obwodu sterująco-pomiarowego.

W Mieście zainstalowane są zegary sterujące ze zintegrowanym zegarem astronomicznym. Można stwierdzić, iż sterowanie oświetleniem w Mieście Bydgoszcz działa w sposób prawidłowy.

---

### 3.3.4. Analiza - zgodność oświetlenia z Normami

Na analizowanym obszarze, oświetlenie uliczne, nie było projektowane zgodnie z wymaganiami normy oświetleniowej PN-EN 13201, ze względu na to, że pochodzi z okresu, znacznie wyprzedzającego wprowadzenie tej normy. Norma PN-EN 13201 składa się z czterech części i zawiera wytyczne w zakresie:

1. Wyboru klasy oświetleniowej
2. Wymagań oświetleniowych
3. Obliczenia parametrów oświetleniowych
4. Metod pomiarów oświetlenia

Norma bardzo precyzyjnie określa wymagania oświetleniowe dla poszczególnych klas drogi i wskazuje na pakiet parametrów oświetleniowych, które muszą być spełnione przy projektowaniu oświetlenia. Parametrami dla klas luminancyjnych (wszędzie tam, gdzie występuje ruch kołowy, zazwyczaj drogi podlegają tym parametrom) są:

- luminancja nawierzchni drogi (jaskrawość drogi) - L
- równomierność luminancji – U0
- równomierność wzdlużna luminancji (rozpatrywana w kierunku ruchu pojazdu) - UI
- wskaźnik olśnienia - TI
- wskaźnik oświetlenia otoczenia – EIR

Spełnienie wszystkich wymagań oświetleniowych nie jest proste i jest praktycznie niemożliwe bez zastosowania profesjonalnych programów wspomagających projektowanie.



W czasach, gdy w Mieście instalowane były oprawy oświetleniowe starego typu, obowiązywała norma oświetleniowa PN/76-E-02032. W porównaniu z dziś obowiązującą, była bardziej liberalna. Dopuszczała większą dowolność w przydzielaniu klas oświetlenia i stosowania wymagań oświetleniowych. Ponadto ilość parametrów do spełnienia była mniejsza. Były to:

- luminancja nawierzchni drogi (jaskrawość drogi) - L
- równomierność luminancji – U0
- wskaźnik ośnienia – TI

Poza tym dopuszczalny wskaźnik ośnienia był wyższy, a w niektórych przypadkach łatwiejszy do uzyskania.

---

### 3.3.5. Analiza typów i modeli opraw w Mieście Bydgoszcz.

Na terenie Miasta spotykamy kilka typów opraw oświetleniowych. Dla obwodów modernizowanych w okresie ostatnich kilku lat stosowane są oprawy zarówno o przeciętnych parametrach użytkowych, jak o wysokich. Przykładowe oprawy pokazane są na zdjęciach poniżej.



*Oprawa OUSc*



*Oprawa typu OUS (Elgo Brilux)*



*Oprawa WSL*



*Oprawa SGS 101*



*Oprawa Andromeda*



*Oprawa Stylowa Art. Metal*



*Oprawa Sintra Schreder*



*Oprawa SL100*



*Oprawa OURW*



*Oprawa Boyen*



*Oprawa Albany*



*Oprawa Clearway*



*Oprawa Unistreet*



*Oprawa Luma*

Poliwęglan stosowany w oprawach oświetleniowych ma niższą przezroczystość w stosunku do szkła lub szkła organicznego - PMMA o ok. 5-10% już na samym początku ich użytkowania. W późniejszym czasie (ok. 3 lat) klosz wykonany z PC wyraźnie na niekorzyść odróżnia się od kloszy wykonanych z PMMA lub szkła. Z tego powodu nie zalecamy, o ile to możliwe, stosowania kloszy z PC.

---

### 3.4. Rekomendacje i wnioski z inwentaryzacji oświetlenia

Przeprowadzona analiza pozwala na określenie rekomendacji dla zarządzającego oświetleniem. W szczególności:

**Rekomendacja 1.** Istnieje potrzeba opracowania kompletnej, jednolitej i spójnej koncepcji projektowej oświetlenia wszystkich ulic Miasta. Podczas realizacji opracowania zgodnie z obowiązującą normą PN-EN 13201:2016 należy określić jaką funkcję pełni każda z ulic, (trasa główna, droga tranzytowa, droga lokalna itp.) i dla każdej z tych ulic należy dobrać odpowiednią klasę oświetleniową. Sposób określenia klas oświetleniowych, a co za tym idzie dobór parametrów fotometrycznych szczegółowo określa norma oświetleniowa PN-EN 13201:2016. Zgodnie z orzeczeniami Zespołów Arbitrów (ZA) przy prezesie UZP a aktualnie Krajowej Izby Odwoławczej (KIO), Prawo zamówień publicznych wymaga, aby projekt i wykonanie instalacji oświetleniowej były zgodne z obowiązującymi normami. Spełnienie normy PN-EN 13201:2016 gwarantuje, że nowo wykonana instalacja oświetleniowa jest bezpieczna dla użytkowników i minimalizuje ryzyko występowania niebezpiecznych sytuacji na oświetlanych drogach.

**Rekomendacja 2.** Dopuszczać do stosowania w Mieście wyłącznie oprawy z obudową aluminiową (IP 66). Przegrzanie diod znacząco skraca ich żywotność. Stąd, jeśli już ma być zastosowana dodatkowa szyba ochraniająca to powinny być stosowane czujniki temperatury w komorze źródeł światła w celu zabezpieczenia LED przed przegrzaniem poprzez zmniejszenie wielkości prądu, gdy wykryte zostanie przekroczenie dopuszczalnej temperatury pracy.

**Rekomendacja 3.** W przypadku wymian, modernizacji, przebudów i dobudów stosować się do ogólnej koncepcji oświetlenia, opracowanej dla całej Miasta.

**Rekomendacja 4.** Zastosować nowoczesne sterowanie oświetleniem.

---

### 3.5. Przeciwdziałanie zjawisku Light pollution

Light pollution to angielska nazwa zjawiska zanieczyszczania środowiska światłem. Występuje wszędzie tam, gdzie oświetlenie zamiast służyć celowi, dla którego zostało zbudowane, oświetla również inne obiekty, a w szczególności niebo. Zaśmiecanie światłem, w obecnym stanie prawnym w Polsce, nie jest szczególnie traktowane w przeciwieństwie do Włoch, Hiszpanii czy Portugalii, gdzie jest niedopuszczalne prawnie. Wykroczeniem. Regulacje Unijne w tym zakresie są opracowywane. Zanieczyszczanie światłem narusza standardy dobrego projektowania oświetlenia. Zjawisko zanieczyszczenia światłem w Mieście Bydgoszcz może wystąpić w szczególności wszędzie tam, gdzie:

- Oprawy uliczne, z odbłyśnikami o dużej asymetrii instalowane są pod kątem, znacznie przekraczającym 15°
- Oprawy starego typu, z odbłyśnikami o stosunkowo niskiej asymetrii takie jak np. OUS, OUSc, OUSd, instalowane są pod kątem większym niż 30°
- Wszędzie tam, gdzie zainstalowane są oprawy typu "Kula" bez układu optycznego kierującego strumień świetlny w dolną półprzestrzeń - dotyczy to parków, skwerów i terenów otwartych.
- Oprawy parkowe typu OCP, winne być wyposażone w specjalne rastry przeciwodblaskowe.

#### Rekomendacja 1

Stosowanie opraw typu "Kula" winno być ograniczane, a już zainstalowane winne być sukcesywnie wymieniane, na niezaśmiecające środowiska światłem.

#### Rekomendacja 2



Ścieżki, alejki lub ciągi pieszce, jeśli nie są oświetlane oprawami ozdobnymi, winne być oświetlane specjalistycznymi oprawami zaprojektowanymi do tego celu, o rozsyle strumienia światła silnie asymetrycznym, wąskim i długim wzdłuż ciągu pieszego.

**Podsumowanie:** Należy rozważyć działania modernizacyjne poprawiające efektywność energetyczną oświetlenia drogowego w Mieście Bydgoszcz. Stare oprawy niespełniające najnowszych norm generują zwiększone zapotrzebowanie na energię, przyczyniają się do zwiększenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery, podnoszą koszt utrzymania oświetlenia i tworzą niepożądane zjawiska np. "zanieczyszczenie światłem". Modernizacja polegająca na wymianie opraw sodowych i rtęciowych na oprawy LED pozwoli w znaczący sposób na obniżenie kosztów eksploatacyjnych, ograniczenie emisji szkodliwych gazów do atmosfery i eliminację niepożądanych zjawisk.

## 4. Analiza techniczno-technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej

Wynikiem analizy dokonanej w punktach od 3.3 do 3.5 jest poszukiwanie, takich rozwiązań technicznych i technologicznych, które zabezpieczyłyby długoterminowy interes inwestora publicznego tak, aby przy umiarkowanych kosztach inwestycyjnych, uzyskać korzyść w postaci wysokiej energooszczędności urządzeń oraz niskich kosztów konserwacji, przy długotrwałym użytkowaniu

### 4.1. Sprzęt oświetleniowy - źródła światła

#### 4.1.1. Półprzewodnikowe źródła światła (SSL - Solid State Lighting)

Technologia LED jest coraz szerzej stosowana w oświetleniu, od niedawna również w oświetleniu zewnętrznym. Na rynku pojawia się coraz więcej produktów będących alternatywą dla klasycznego oświetlenia zewnętrznego opartego do tej pory na źródłach wysokoprężnych. Źródła LED mają wiele zalet. Podstawowe to:

- długa żywotność – nawet ok. 140 000 godzin - (dla utraty strumienia światła 10% zgodnie z parametrem L90B10),
- nie generują promieniowania ultrafioletowego (UV) i podczerwonego (IR),
- biała barwa światła przy dobrym oddawaniu barw. Standardem jest min. CRI 70, gdy dla HPS to 20,
- dobra jakość światła,
- lepsza optymalizacja rozsyłu strumienia świetlnego dzięki zastosowaniu zaawansowanego układu optycznego, co jest największym atutem oświetlenia LED
- możliwość precyzyjnego dopasowania strumienia świetlnego do potrzeb (nie ma typoszeregu mocy)
- wyeliminowany efekt stroboskopowy,
- nie zawierają rtęci, metali ciężkich lub innych szkodliwych dla środowiska substancji,
- natychmiastowy start - osiągnięcie normalnej jasności bezpośrednio po uruchomieniu, bez opóźnienia.

Analizując dane katalogowe widać wyraźnie, iż technologia LED w oświetleniu drogowym jest bardziej ekonomiczna niż klasyczna technologia oparta na źródłach sodowych. Porównując sprawność źródła i oprawy ze źródłem sodowym (dla mocy 70W) oraz oprawy ze źródłem LED (ok. 84W), uzyskujemy:

Źródło LED (w warunkach laboratoryjnych): skuteczność świetlna ponad 160 lm/W,

Źródło sodowe 70W: sprawność świetlna 80 lm/W

Oprawa ze źródłem LED: skuteczność świetlna 140 lm/W

Oprawa ze źródłem sodowym: skuteczność świetlna 75 lm/W

Wady oświetlenia LED:

- duża wrażliwość na przepięcia i impulsy elektromagnetyczne,
- wysoki poziom mocy biernej pojemnościowej, wynikający z zastosowania zasilacza impulsowego,
- wysoki prąd udarowy w chwili załączenia, przekraczający prąd pracy 35 krotnie. Powoduje to konieczność starannego doboru układów zabezpieczających,
- konieczność wykonywania skomplikowanych obliczeń fotometrycznych w celu prawidłowego dobrania mocy przy spełnieniu normy oświetleniowej,
- dość wysoka cena,
- wysoki strumień świetlny można uzyskać tylko przy zastosowaniu dużych radiatorów i zaawansowanych układów zasilających.

Technologia LED jest ciągle udoskonalana i wciąż trwają prace nad wyprodukowaniem źródła LED o wyższej skuteczności. Oświetlenie LED zdecydowanie lepiej wykorzystuje i dystrybuuje wyprodukowany strumień świetlny. Jest to zjawisko "skuteczności oświetlania". Pojęcie to określa, jaka część wyemitowanego strumienia

światlnego jest wykorzystana do oświetlania żądanej powierzchni roboczej (w naszym opracowaniu dróg, chodników i przejść dla pieszych). Tak, więc dzięki układom optycznym i możliwości bardziej precyzyjnego kierowania strumienia światlnego, oprawy LED uzyskują 40-70 % lepsze parametry fotometryczne niż oprawy sodowe przy podobnej mocy i skuteczności świetlnej źródeł.

Dlatego też, posiadając doświadczenie w badaniu nowych instalacji LED potwierdzamy, że oświetlenie drogowe LED dziś jest już jedyną sensowną drogą modernizacji klasycznego oświetlenia sodowego.

#### **4.1.2. Źródła światła typu HPS [Sodowe wysokoprężne]**

Lampy te charakteryzują się cechami, które sprawiają, że nadają się one nadal stosowane do oświetlenia drogowego. Wysokoprężne lampy sodowe, w porównaniu z innymi źródłami światła, charakteryzują się:

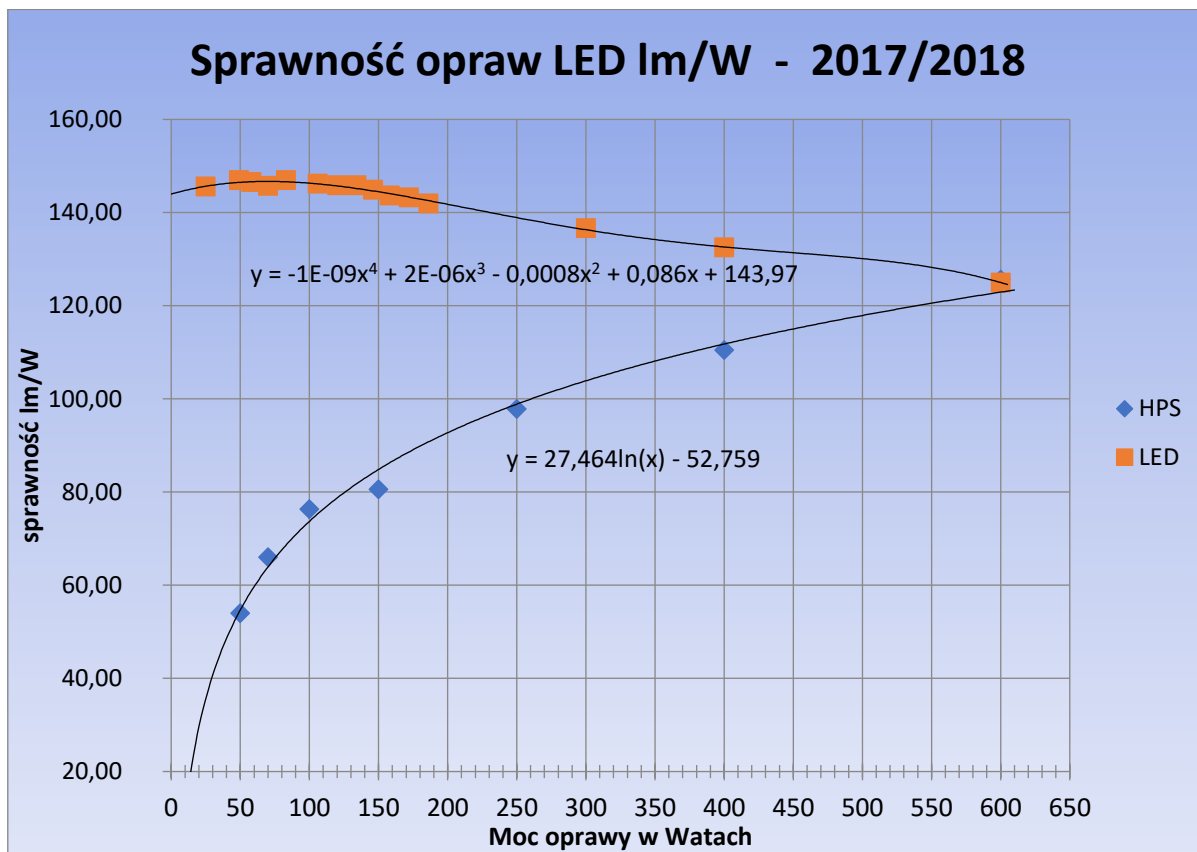
- wysoką skutecznością świetlną – dwukrotnie wyższą niż lampy rtęciowe,
- dużą trwałością,
- praktycznie stałym strumieniem w całym okresie eksploatacji,
- bardzo niską utratą strumienia w całym okresie eksploatacji i wynoszącą maksymalnie do 10% dla 20 tys. godzin,
- odpornością na niskie i wysokie temperatury,
- względną odpornością na przepięcia, przeciążenia, zwarcia.

Ponadto światło lamp sodowych powoduje:

- większą kontrastowość obiektów, a co za tym idzie większą ostrość widzenia,
- niższy poziom odczuwalnego ośnienia

#### **4.1.3. Porównanie sprawności (efficiency) świetlnych źródeł światła LED i HPS**

Ze względu na decydujące znaczenie kryterium energooszczędności w opracowaniu proponuje się oświetlenie całego terenu lampami ze źródłami LED. Są trzy główne czynniki, które dają przewagę nowoczesnym oprawom LED nad klasycznymi oprawami do lamp wyładowczych. Po pierwsze: źródła LED mają o ok. 40-50% wyższą skuteczność świetlną niż lampy sodowe - oznacza to większą ilość światła wyemitowaną z jednostki mocy. Po drugie oprawy LED mają średnio 10% wyższą sprawność niż oprawy sodowe - oznacza to mniejsze straty strumienia światlnego wyemitowanego z oprawy. Trzeci czynnik to wyjaśniona powyżej skuteczność oświetlania, czyli lepsze wykorzystanie strumienia światlnego oprawy i mniejsze rozproszenie światła - daje to około 20-40% dodatkowej przewagi. Sumując powyższe czynniki otrzymujemy 60-70% oszczędności energii przy zachowaniu lepszych parametrów oświetleniowych. Na wykresie poniżej zaprezentowane zostały funkcje pokazujące przewagę opraw LED nad oprawami wyładowczymi.



[Opracowanie własne rok 2018. Źródło: Dane producentów]

Jeszcze kilka lat temu linie sprawności opraw LED i Sódowych przecinały się w okolicy 150W. Oznaczało to, iż dla opraw o małej mocy przewaga technologii LED była bardzo wyraźna, zaś dla opraw o dużej mocy przewagą była tylko sprawność opraw i sprawność oświetlenia. Dziś - jak widać z wykresu - sprawności przecinają się dla mocy powyżej 600W (dla mocy nie stosowanej w oświetleniu ulic). Dla zakresu mocy powszechnie stosowanego w oświetleniu ulicznym (25-150W) przewaga opraw LED jest przytłaczająca. Dla najpowszechniejszej sodowej oprawy 70W odpowiednik LED ma sprawność 250% wyższą, dla oprawy 150W sprawność jest 180% wyższa.

## 4.2. Sprzęt oświetleniowy - Oprawy

Oprócz źródeł światła, o jakości oświetlenia decyduje także w dużym stopniu, jakość zastosowanej oprawy oświetleniowej. Powinna się ona charakteryzować wysokimi parametrami technicznymi, gwarantującymi wysoką szczelność układu optycznego i elektrycznego oraz ograniczać powstawanie oślepienia. Poniżej zestawiono wymagane parametry techniczno-użytkowe, jakim winny się charakteryzować oprawy ze źródłami LED:

- długa żywotność źródeł LED
- stopień ochrony komory zespołu optycznego i zasilacza nie niższy niż IP 66,
- oprawy wykonane w II klasie ochronności przeciwporażeniowej,
- w przypadku stosowania klosza, powinien być wykonany z materiału o wytrzymałości mechanicznej  $IK \geq 0,8$ ,
- energooszczędny układ zasilający, odporny na przepięcia min. 10 kV dla prądu 10 kA oraz niegenerujący harmonicznych do sieci, mierzonych współczynnikiem THD. Najlepiej  $THD < 20\%$
- źródło światła galwanicznie odseparowane od sieci zasilającej,
- obudowa oprawy wykonana z odlewu aluminium,
- oprawy muszą posiadać zabezpieczenie termiczne, przed niekontrolowanym wzrostem temperatury,
- oprawy muszą posiadać certyfikat ENEC, ENEC + oraz ZD4i
- Oprawy muszą spełniać wymagania bezpieczeństwa, zawarte w PN-EN 60598-2-3: 2006, (EN 60598-2-3: 2003) oraz PN-EN 60598-1: 2005 (EN60598-1:2004)

- Wymagana gwarancja minimum 5 lat. W przypadku usterkowości większej niż 10% rocznie Inwestor ma prawo postawić wszystkie zainstalowane oprawy do dyspozycji wykonawcy. [Warunki umowne]
- Utrata strumienia w całym okresie objętym gwarancją, nie większa niż 5%
- Utrata strumienia w dziesięcioletnim okresie eksploatacji, nie większa niż 10%. Parametrem, który odpowiada za trwałość strumienia źródeł światła oprawy to L80B10 dla minimum 100 000 godzin. Parametr ten winien być podawany zgodnie z Raportem IESNA TM 21-11.
- Po 30 minutach od włączenia spadek strumienia światła nie może być wyższy niż 5% nominalnego przewidzianego w obliczeniach fotometrycznych,
- Wskaźnik oddawania barw CRI>70
- Współczynnik mocy PF>0,93 dla minimalnej stosowanej mocy,
- Zakres temperaturowy pracy: Min: -40°C do +25°C
- Układ sterowania: - sterownik pozwalający na bezprzewodowe sterowanie i kontrolę każdej oprawy indywidualnie,
- Oprawy muszą posiadać standaryzowane gniazdo (Zhaga lub NEMA) umożliwiające bez narzędziową instalację sterowników.

Na rynku, dostępnych jest wiele opraw spełniających, wymagania techniczne i użytkowe określone powyżej. W przypadku kompleksowej modernizacji oświetlenia drogowego, można zastosować na przykład oprawy oświetleniowe produkowane przez CREE, Schreder, Philips lub równoważne innych producentów.

#### 4.2.1. Teceo [Schreder]

Oprawy Teceo oferują zoptymalizowaną wydajność fotometryczną przy minimalnych kosztach inwestycyjnych. Jest to narzędzie do poprawy poziomów natężenia oświetlenia w dużych i małych Miastach, przy jednoczesnym oszczędzaniu energii i zredukowanym wpływie opraw na środowisko. Oprawy Teceo występują w dwóch rozmiarach. Teceo 1 może posiadać do 48 źródeł LED, przez co jest idealnie dopasowanym rozwiązaniem do oświetlenia ulic osiedlowych, dróg miejskich, ścieżek rowerowych oraz parkingów, podczas gdy Teceo 2 mogące posiadać do 144 źródeł LED jest idealne oświetlania do dróg głównych i autostrad. Oprawa jest wyposażona w system optyczny drugiej generacji LensoFlex2.



Rodzina Teceo zapewnia wysoką wydajność fotometryczną zoptymalizowaną dla konkretnego zastosowania oraz minimalne zużycie energii. Oprawy Teceo oferują szeroki wybór modułów LED, prądu sterującego oraz opcje ściemniania w celu dalszej maksymalizacji oszczędności energii i zapewnienia najbardziej opłacalnego rozwiązania. Istnieje możliwość zastosowania oprawy TECEO na słupie w wersji z dodatkowym dolnym wysięgnikiem, dzięki czemu ulice, boczne uliczki oraz duże powierzchnie mogą być oświetlone przy zastosowaniu tego samego typu opraw. Wysięgnik montowany do ściany umożliwia oświetlanie wąskich uliczek oraz innych słabo oświetlonych powierzchni.

## Lensoflex 2

Oprawy Teceo są wyposażone w system optyczny drugiej generacji LensoFlex2, bazujący na różnorodności specjalnych soczewek opracowanych przez firmę Schröder. System ten znajduje zastosowanie w przestrzeni miejskiej, gdzie innowacyjne zastosowania są wyznacznikiem jakości. LensoFlex2 działa na zasadzie dodawania krzywych fotometrycznych. Każda dioda jest połączona z konkretną soczewką generując kompletną krzywą fotometryczną oprawy. Strumień oprawy zmienia się w zależności od ilości zastosowanych diod.

## Wydajność i elastyczność

Oprawy Teceo są wyposażone w system optyczny oparty na modułowej ilości LED, dzięki czemu oferują szeroki zakres wyboru strumienia świetlnego. Mogą być również wyposażone w różnorodne zasilacze oraz opcje ściemniania. Dzięki uniwersalnemu uchwytowi montażowemu oprawa Teceo może być zainstalowana pod kątem, co pozwala uzyskać optymalną wydajność fotometryczną. Taka elastyczność zapewnia odpowiednie dopasowanie rozsyłu fotometrycznego do rzeczywistych potrzeb oświetleniowych konkretnej powierzchni.

## Zalety

- Zoptymalizowane zużycie energii oraz kosztów utrzymania,
- Właściwe oświetlenie dzięki LensoFlex, zapewniające wysoką wydajność fotometryczną, komfort i bezpieczeństwo,
- Elastyczny system optyczny o modułowej ilości LED,
- Gniazdo montażowe NEMA lub Zhaga
- FutureProof: szybki demontaż i wymiana optyki lub modułu zasilającego w przypadku awarii,
- Thermix i LEDSafe: utrzymują wysoką wydajność oprawy całym okresie użytkowania,
- Certyfikat ENEC, ENEC+, ZD4i

### 4.2.2. Urbino [LUG]

Oprawa uliczna w nowoczesnej formie na źródła światła LED. Oprawy Urbino oferują zoptymalizowaną wydajność fotometryczną przy minimalnych kosztach inwestycyjnych.



Rodzina Urbino zapewnia wysoką wydajność fotometryczną zoptymalizowaną dla konkretnego zastosowania oraz minimalne zużycie energii. Oprawy Urbino oferują szeroki wybór modułów LED, prądu sterującego oraz opcje ściemniania w celu dalszej maksymalizacji oszczędności energii i zapewnienia najbardziej opłacalnego rozwiązania.

## Dane mechaniczne

- Montaż: na słupie  $\varnothing 60/40$  -  $\varnothing 76$ mm, na wysięgniku  $\varnothing 60/40$  -  $\varnothing 76$ mm -
- Obudowa: aluminium wtryskiwane wysokociśnieniowo
- Powierzchnia boczna eksponowana na wiatr: 0.045 m<sup>2</sup>
- Kolor: szary, grafit
- Klosz: szyba hartowana.

## Dane elektryczne

- Sprawność zasilacza: 90%

- Zasilanie: 220-240V 50/60Hz
- Zawiera źródło światła: tak
- Rodzaj osprzętu: DALI, ED
- Przyłącze elektryczne: przewód max 2-5x2,5 mm<sup>2</sup>,

#### Dane optyczne

- Sposób świecenia: bezpośredni
- Typ optyki: O73 - do dróg ekspresowych, O74 - do dróg gminnych, O75 - do dróg miejskich, O76 - do dróg osiedlowych, O77 - do przejść dla pieszych, ruch lewostronny, O78 - do przejść dla pieszych, ruch prawostronny, O79 - do oświetlenia obszarowego, O80 - do dróg miejskich i gminnych, O81 - do powierzchni mokrych, O82 - do oświetlenia drogowego, O96 - do oświetlenia drogowego, O97 - do oświetlenia drogowego, O93 - do oświetlenia drogowego, O94 - do oświetlenia drogowego, O95 - do oświetlenia drogowego, O62 - do dróg ekspresowych, O63 - do dróg gminnych, O64 - do dróg miejskich, O65 - do dróg osiedlowych, O66 - do przejść dla pieszych, ruch lewostronny, O67 - do przejść dla pieszych, ruch prawostronny, O68 - do oświetlenia obszarowego, O69 - do dróg miejskich i gminnych, O70 - do powierzchni mokrych, O71 - do oświetlenia drogowego, O86 - do oświetlenia drogowego, O87 - do oświetlenia drogowego, O98 - do oświetlenia drogowego, O99 - do oświetlenia drogowego
- ULOR / DLOR: 0% / 100%

#### Dane ogólne

- Żywotność LED (L90): 100 000 h
- Dostępne na zamówienie: DIM 1...10V, LLOC, czujnik zmierzchu, złącze nożowe, zabezpieczenie przepięciowe 10kV, NTC, złącze NEMA, złącze ZHAGA, Temperatura barwowa - 5700K
- Gwarancja: 5 lat
- Zastosowanie: drogi ekspresowe, drogi gminne, drogi miejskie, drogi osiedlowe, przejścia dla pieszych, oświetlenie obszarowe, alejki spacerowe, promenady, ścieżki rowerowe, tereny publiczne, parkingi
- Informacje dodatkowe: Regulacja pochylenia: -15° do +15° (co 5°), CRI/Ra >70
- Certyfikat ENEC, ENEC+, ZD4i

Wypożyczenie dodatkowe: bez narzędziowy dostęp do komory zasilacza przy pomocy klipsów, dodatkowe zabezpieczenie antykorozyjne, oprawa z uchwytem do montażu na słupie ø76mm, oprawa z czujnikiem ruchu - dostępna w standardzie z uchwytem regulowanym ø60mm o zakresie regulacji -110° do +55°/-20° do +145°, uchwyt regulowany ø60mm z zakresem regulacji od -20° do +145°.

#### 4.2.3. Unistreet (Philips)



#### Unistreet

Rodzina opraw Unistreet została zaprojektowana z myślą stworzenia nowej, niezawodnej rodziny opraw ulicznych. Nowa platforma Philips LEDGINE-O łącząca zoptymalizowane układy optyczne i najbardziej wydajne diody LED, pozwala na dostosowanie do różnorodnych zastosowań i pełne wykorzystanie technologii LED. Każda oprawa ma swój własny identyfikator Philips ServiceTag, który po zeskanowaniu za pomocą smartfonu pozwala na dostęp do konfiguracji oprawy, umożliwiając jej łatwą i szybką konserwację przez cały okres



użytkowania oprawy. Te przyszłościowe rozwiązania, zaprojektowane specjalnie z myślą o drogach i ulicach, można podłączyć do systemu CityTouch firmy Philips, dzięki czemu miasta mogą jeszcze łatwiej zastępować swoje oświetlenie trwałym i wydajnym oświetleniem LED.

### Korzyści

- Zoptymalizowane rozwiązanie do zastosowań drogowych i ulicznych, oszczędność do 80% energii w porównaniu z konwencjonalnymi oprawami
- Identyfikacja oprawy oświetleniowej na miejscu dla łatwiejszej i szybszej konserwacji
- Pełny zakres zastosowań dzięki optymalizacji rozsyłu optycznego i platformie LEDGINE-O

### Cechy

- Łatwa identyfikacja opraw dzięki oznakowaniu Philips ServiceTag
- Wysoka skuteczność świetlna sięgająca 147 lm/W
- IP66, IK09
- Ochrona przeciwprzepięciowa 10 kV
- Bogaty wybór 21 układów optycznych
- Certyfikaty ENEC, ENEC+, ZD4i

#### 4.2.4. Oprawy Ozdobne - Valentino [Schreder]

##### Konstrukcja oprawy

Oprawy przeznaczone są do montażu na szczycie słupa Ø60mm lub do montażu na specjalnym wysięgniku słupowym. Oprawa wizualnie przypominająca klasyczną latarnię, konstrukcja bez klosza szklanego lub PMMA.



*Oprawy Valentino*

##### Budowa opraw:

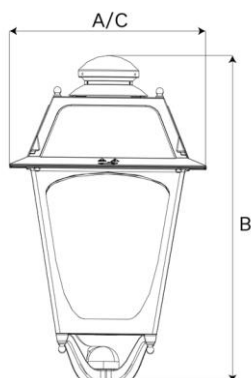
Oprawa VALENTINO GEN2 zbudowana jest z aluminium i szkła nadającego się do recyklingu. Solidne wykonanie, poziom szczelności IP 66 oraz różnorodność fotometryczna powodują, że jest ona wytrzymała, zapewnia wydajność przez cały czas użytkowania i nie wymaga dużych nakładów na konserwację. System modułowy z diodami LED umożliwia demontaż poszczególnych paneli bez potrzeby otwierania komory oprawy. Oprawa wyposażona jest w zabezpieczenie termiczne, który w przypadku zabezpiecza zasilacz oprawy i źródła LED przed uszkodzeniem

##### Kluczowe zalety:

- Klasyczny i ponadczasowy wygląd tworzący atmosferę
- Niskie zużycie energii
- Brak zanieczyszczenia pochodzącego od oświetlenia (ULOR 0%)
- Zaprojektowana do idei Inteligentnego Miasta
- Certyfikat ENEC, ENEC+ oraz Zhaga-D4i
- LensoFlex®4

Maksymalna powierzchnia narażona na wiatr (SCX): 0,19m<sup>2</sup>;

Wymiary A x B x C: 400 x 667 x 400 mm



*Oprawy Valentino - wymiary*

#### **Materiał:**

Obudowa oprawy (korpus, podstawa montażowa, pokrywa, ramiona) wykonana z wysokociśnieniowego stopu aluminium zabezpieczonego poliestrową farbą proszkową. Zawiasy, wkręty i śruby zewnętrzne wykonane ze stali nierdzewnej

#### **Klasa Ochrony**

I lub II klasa ochronności zgodny z normą PN-EN 60529;

#### **Optyka:**

System optyczny zgodny z normą PN-EN 12464-2, zastosowane trzy optyki:

#### **Trwałość diod LED:**

L80 > 80000h [@700mA, Ta 25°C, wg.TM21]

#### **System chłodzenia**

Wysokowydajny system chłodzenia oprawy. Odprowadzenie ciepła za pomocą aluminiowej obudowy pełniącej funkcję radiatora;

#### **Stopień szczelności i odporności na uder:**

Min IP66, IK 09 / 10;

### **4.2.5. Oprawy parkowe – Avenida [LUG]**

#### **Konstrukcja oprawy**

Oprawy przeznaczone są do montażu na szczycie słupa Ø60mm oraz przeznaczona do montażu na specjalnym wysięgniku słupowym. Oprawa wizualnie przypomina klasyczną latarnię, z kloszem lub bez klosza.



*Oprawy Avenida*

### Budowa opraw:

Oprawy parkowe i parkowe ozdobne przeznaczone do zainstalowania powinny posiadać następujące właściwości i parametry:

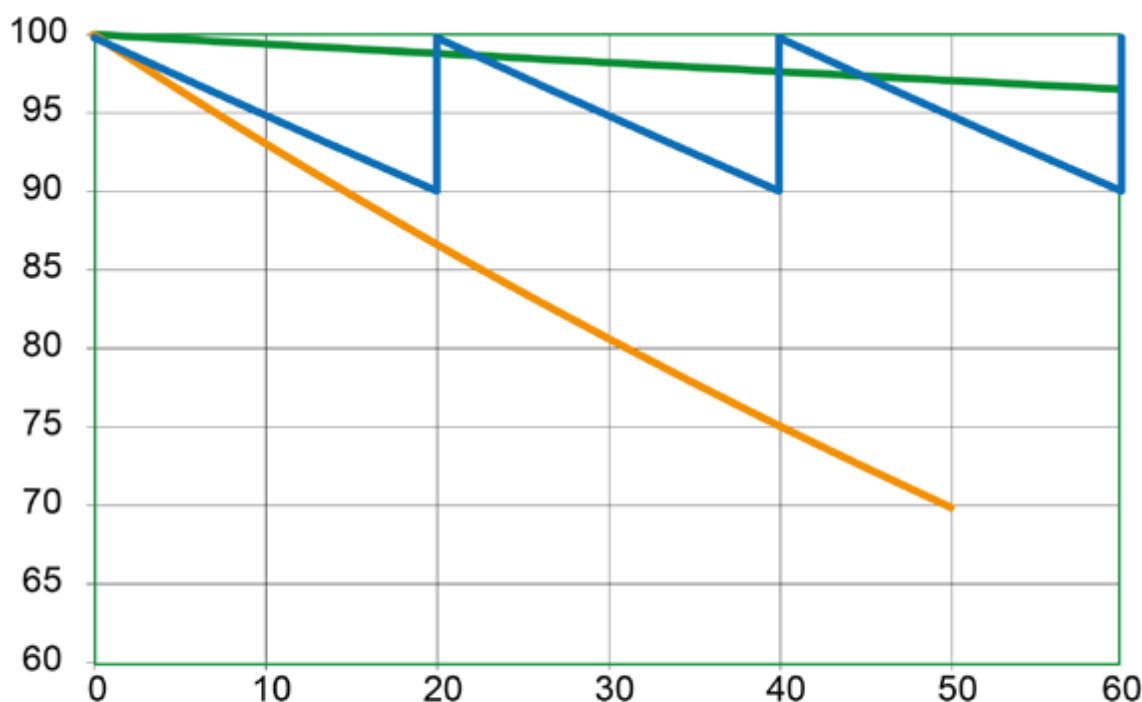
- certyfikat ENEC, ENEC+, ZD4i
- przy ustawieniu  $O^\circ$  w stosunku do podłoża, nie mogą emitować światła w górną półprzestrzeń zgodnie z Rozporządzeniem Komisji Europejskiej nr 245/2009 z dnia 18 marca 2009 (DZ Urzędowy UE z dnia 24.03.2009 r.
- muszą spełniać wymogi bezpieczeństwa fotobiologicznego lamp i systemów lampowych IEC 62471
- skuteczność świetlna opraw, rozumiana jako strumień świetlny emitowany przez oprawę z uwzględnieniem wszelkich występujących strat do całkowitej energii zużywanej przez oprawę, jako system, nie może być gorsza niż 110 lumenów/W,
- muszą spełniać wymogi minimum I klasy ochronności.
- stopień szczelności opraw nie może być mniejszy niż IP 65,
- zakres temperatur pracy minimum od  $-40^\circ$  do  $+45^\circ$ ,
- korpus opraw powinien wykonany z wysokociśnieniowo wtryskiwanego odlewu aluminium stanowiącego jednocześnie radiator oprawy,
- powierzchnia boczna korpusu eksponowana na wiatr nie przekracza  $0,09 \text{ m}^2$ ,
- klosz ze szkła hartowanego, poliwęglanu lub bez klosza — opraw otwarta
  - maksymalna wysokość oprawy  $50\text{cm} +1-5\%$ , CRI (Ra)  $>70$
- montaż opraw nasadowo na słupie o średnicy 50-60 mm,
- temperatura barwowa  $4000\text{K} +1-5\%$  lub  $3000\text{K} +1-5\%$  - do wyboru przez Zamawiającego,
- co najmniej 100 000 h pracy do L80B10 przy  $T_a = 25^\circ \text{C}$ ,
- układ zasilający ma posiadać trwałość nie gorszą niż zasilany z niego panel LED, na poziomie 80 000-100 000 godzin
- układ zasilający ma zabezpieczać źródło światła przed przepięciami o napięciu co najmniej 10kV
- układ zasilający ma mieć możliwość zaprogramowania 5-stopniowej autonomicznej redukcji mocy

### 4.3. Analiza możliwości stosowania opraw równoważnych

Przy rozważaniu stosowania opraw równoważnych należy w pierwszej kolejności sprawdzić parametry techniczne oprawy jak:

- LMF – Luminaire's Maintenance Factor – czyli spadek strumienia światła, którego przyczyną jest oprawa,
- LLMF – Lamp Lumen Maintenance Factor – czyli spadek strumienia światła, którego przyczyną jest źródło światła
- L80B10 dla 100 000 godzin zgodnie z Raportem IESNA TM-21 80 – parametr źródłowy dla LLMF,
- $PF > 0,93$ , czyli współczynnik mocy, przy którym poziom mocy biernej nie przekracza  $\tan \varphi < 0,4$
- Stopień szczelności oprawy [np. IP 66 dla komory lampy oraz wentylowana komora osprzętu]
- Konstrukcję korpusu [wymagany odlew aluminiowy. Niedopuszczone konstrukcje nitowane lub blaszane]
- Stopień odporności klosza oprawy na uderzenia [IK 08 lub większe]

## Utrzymanie strumienia świetlnego opraw [%]



**Czas świecenia [h x 1000]**

- Oprawa LED L70@50000
- Oprawa LED L97@60000
- Oprawa z lampą wyładowczą

Na rysunku powyżej, pokazane jest porównanie LLMF (spadek strumienia źródła światła) dla źródeł wyładowczych oraz LED w przewidywanym czasie eksploatacji. Jak widać czas świecenia oprawy LED z trwałością diod L97@60.000h (linia zielona) w stosunku do oprawy LED z diodami o trwałości L70@50.000h (linia pomarańczowa) jest zdecydowanie dłuższy. Praktyczna użyteczność źródeł światła LED L70@50.000 h to zaledwie 15 000h, czyli tyle co źródła wyładowcze. Podawana w kartach katalogowych oraz materiałach reklamowych żywotność 50.000 h, tak interpretowana, wprowadza w błąd sugerując wielokrotnie większą żywotność źródeł światła LED, niezgodnie ze stanem faktycznym.

W oznaczeniach żywotności źródeł LED parametr L oznacza zakładaną procentową wartość strumienia światła w stosunku do początkowej wartości, zaś parametr B oznacza statystyczny procentowy udział źródeł, dla których spadek strumienia świetlnego może być wyższy niż zakładany. Brak podania parametru B10 czy B50 nie pozwala określić, dla jakiej populacji zakładany spadek strumienia jest spełniony. B10 oznacza, że dla 90% a B50, że zaledwie dla 50%, a to robi ogromną różnicę. Dla oświetlenia drogowego, aby deprecjacja strumienia światła LED była zbliżona do sodowych źródeł wyładowczych, wymagane jest, aby parametr trwałości L80B10 był powyżej 100 000 h.

### 4.4. Skrzynki sterujące - pomiarowe oświetlenia

Proponujemy stosowanie szaf sterowniczych SO [Kablowe]. Obudowy szaf, wykonane powinny być z żywicy poliestrowych wzmocnianych włóknem szklanym.

Z wieloletnich doświadczeń producentów obudów na świecie wiadomo, że żywica poliestrowa SMC wzmocniona włóknem szklanym najbardziej nadaje się pod względem technicznym i cenowym do produkcji obudów do użytku zewnętrznego.

Żywica poliestrowa SMC wzmocniona włóknem szklanym jest odporna na warunki atmosferyczne, uszkodzenia mechaniczne i odporna na promienie UV. Jest trudno palna i dzięki swoim mechanicznym i elektrycznym właściwościom stwarza stabilną i w pełni izolowaną konstrukcję.

Materiał ten jest odporny na działanie środowiska naturalnego, środków biologicznych, chemicznych zawartych w gruncie (mocz, kał, nawozy sztuczne, sól, benzyna, olej napędowy, kwas solny 10%, kwas siarkowy 10%, kwas mrówkowy 10%, kwas octowy, alkohol, etery, woda morska i inne).

Podajemy cechy żywicy poliestrowej SMC wzmocnionej włóknem szklanym wykorzystywanej do produkcji prasowania obudów EBG.

Cech obudów innych firm nie podajemy, jednak są one podobne i mają potwierdzenie, że wyrób spełnia wymagania dotyczące obudów do rozdzielni w normach EN60439-1 1994; PN-IEC 439-1+AC: 1994 lub PN-92/E-08106

Cechy fizyczne	
Trwałość temperaturowa	II a
Trwałość na zdeformowanie	200° C
Trwałość na topnienie	2a
Trwałość na zapalenie	K1 F1
Trwałość na wchłanianie wody	60mg/4d
Cechy elektryczne	
Rezystancja powierzchniowa	$1 \cdot 10^{11}$
Rezystancja skośna	$1 \cdot 10^{14}$
Wytrzymałość udarowa	300 KV/cm
Odporność na prądy pełzające	CTI 600
Cechy mechaniczne	
Wytrzymałość na zgięcie	130-140 N/mm <sup>2</sup>
Wytrzymałość uderzeniowa	58 KJ/m <sup>2</sup>
Wytrzymałość ciśnieniowa	220-250 N/mm <sup>2</sup>
Wytrzymałość na ciągnięcie	53 N/mm <sup>2</sup>

## 4.5. Systemy sterowania

Obecnie w mieście oprawy są sterowane za pomocą kilku systemów. Oprawy modernizowane w ramach programu SOWA w większości sterowane są przez szafy z systemem APANET. W mieście występuje też sterowanie oprawami za pomocą szaf oświetleniowych wyposażonych w sterowniki CPAnet firmy Rabbit oraz szaf z zegarami astronomicznymi. Oprócz systemów Rabbit i Apanet, w opracowaniu, jako alternatywne opisane zostały systemy Philips CityTouch (umożliwiający sterowanie oprawami bez konieczności instalacji sterowników w szafach) oraz system Urban firmy LUG (system bezprzewodowy 'mesh' z kontrolerami w szafkach).

### 4.5.1. System APANET GreenLight

#### Opis systemu sterowania oświetleniem

System sterowania oświetleniem jest systemem otwartym, opartym na standardzie ISO/IEC 14908, a otwartość systemu potwierdzona jest certyfikatem niezależnej organizacji LonMark International.

Główny sterownik (SC) wysyła informację poprzez kable zasilające o redukcji mocy do opraw, które zasilane są poprzez moduły sterownicze zlokalizowane we wnękach słupowych, umożliwiające pełną kontrolę pracy oprawy.

System umożliwia:

- płynną regulację mocy każdej lampy osobno jak i w grupach w zakresie co najmniej 50-100% mocy, poprzez interfejs 1-10V lub DALI,
- sterowanie oświetleniem na żądanie z poziomu strony internetowej,

- tworzenie nowych lub zmianę istniejących stref oświetlenia (grup opraw sterowanych identycznie) bez konieczności inwestycji w infrastrukturę oświetleniową,
- niezależne sterowanie każdej strefy,
- detekcję i raportowanie awarii każdego źródła światła i szafy,
- pomiar zużycia energii elektrycznej poszczególnych opraw w zdefiniowanych przedziałach czasowych,
- realizację automatycznych algorytmów sterowania z nastawieniem na oszczędności zużycia energii elektrycznej,
- pracę ze sterownikami opraw co najmniej trzech niezależnych producentów,
- podpięcie do istniejącej sieci zasilania oświetlenia innych urządzeń elektrycznych, które będą permanentnie zasilane napięciem 230 V bez względu na sterowanie oświetleniem,
- archiwizację zdarzeń, alarmów, awarii (np. załączenie/wyłączenie oświetlenia, zmiana trybu pracy) oraz generuje okresowo zdefiniowane raporty z umożliwieniem eksportu danych do pliku csv.

### Sterownik segmentowy

Sterownik segmentowy umieszczony w szafce zasilającej, umożliwia współpracę z co najmniej 160 sterownikami opraw oraz za pomocą protokołu TCP/IP i poprzez Ethernet łączy się z siecią Internet przy użyciu modemu GSM, WiFi, światłowodu lub innej technologii. Pozwala na zdalną konfigurację z wykorzystaniem interfejsu www (przeglądarki www) i za pomocą Oprogramowania Nadrzędnego z wykorzystaniem standardowych protokołów (XML, HTTP). Sterownik segmentowy komunikuje się z Oprogramowaniem Nadrzędnym za pomocą standardowych i otwartych (z powszechnie dostępną specyfikacją) protokołów, takich jak: XML, HTTPS, SMTP, wymiana plików CSV lub FTP.



### Połączenie przez Internet

Administrator sieci oświetleniowej ma zdalny dostęp poprzez Internet do konfiguracji ustawień parametrów sterowania oświetleniem oraz do odczytu alarmów oraz podstawowych parametrów sieci (moc, prąd, napięcie).

Połączenie internetowe realizowane jest za pomocą karty SIM. Wymagania karty SIM:

- karta do przesyłu danych umożliwiająca połączenie z Internetem,
- zewnętrzny (publiczny) numer IP,
- statyczny numer IP,
- zalecany miesięczny transfer min. 100MB.

### Sterownik oprawy

- wbudowany przekaźnik umożliwiający fizyczne wyłączenie zasilania oprawy,
- sterowanie oprawą za pomocą sygnału analogowego (1-10V) lub cyfrowego (DALI), w zależności od zastosowanego osprzętu sterowanych opraw,
- możliwość zdalnej zmiany oprogramowania,
- dodatkowe wejście dwustanowe,

- pomiar prądu, napięcia, mocy, współczynnika mocy i czasu pracy źródła światła,
- maksymalny dystans pomiędzy kolejnymi węzłami sieci co najmniej 400 m.



## Opis kompletu urządzeń sterujących szafy oświetleniowej

### a) Sterownik segmentowy iLON SmartServer koncentrator (SC - segment controller)

- zastępuje zegar astronomiczny - załącza i wyłącza stycznik oświetlenia,
- komunikuje się ze sterownikami opraw (poszczególnymi lampami) przez sieć zasilającą i zarządza nimi,
- realizuje algorytmy sterowania obniżające zużycie energii przez oświetlenie i udostępnia dane eksploatacyjne elementów sieci (stan lamp, zużycie energii, czasy pracy itp.),
- umożliwia grupowanie lamp i tworzenie wirtualnych sieci oświetleniowych w celu np. odrębnego sterowania różnych stref itp.,
- dzięki wbudowanemu serwerowi Web 2.0, dostępny jest z poziomu dowolnej przeglądarki internetowej, działającej na dowolnym sprzęcie (PC, tablet, smartfon),
- współpracuje z detektorami pętli indukcyjnych, stacjami meteo i innymi czujnikami dla efektywnej i zgodnej z przepisami redukcji mocy oświetlenia,
- współpracuje z analizatorem sieci (Modbus-RTU) oraz modułami wejść dwustanowych (Modbus-RTU) w celu monitorowania szafki oświetleniowej.

### b) Modem/router 3G

- zapewnia komunikację bezprzewodową 3G urządzeń szafy oświetleniowej systemem nadrzędnym (CMS),
- umożliwia zdalne sterowanie stycznikiem oświetlenia przez SMS,
- pozwala na restartowanie elementów szafy oświetleniowej przez SMS,
- umożliwia bezpośrednie podłączenie dwóch urządzeń przez sieć Ethernet,
- wyposażony jest w odbiornik GPS.

### d) Analizator sieci CVM-MINI z przekładnikiem prądowym 3f MC3-125

- realizuje jednoczesny pomiar wielkości elektrycznych dla 3 faz zasilania,
- mierzy moc pozorną, bierną i czynną oraz wylicza współczynnik mocy,
- zlicza zużycie energii na poziomie całej szafy oświetleniowej,
- komunikuje się z kontrolerem segmentowym za pomocą protokołu MODBUS-RTU.

### e) Moduł wejść cyfrowych ADAM 4051

- wyposażony w 16 wejść cyfrowych, rozszerza możliwości monitorowania poszczególnych obwodów oświetlenia przez sterownik segmentowy,
- wejścia monitorują działanie stycznika przez kontrolę załączenia faz zasilania osobno, w każdym z obwodów sieci oświetleniowej,
- komunikuje się z kontrolerem segmentowym za pomocą protokołu MODBUS-RTU.

### g) Sprzęgacz międzyfazowy PPC10



- zapewnia jednoczesną komunikację Power Line kontrolera segmentowego, ze sterownikami lamp zasilanymi poszczególnymi fazami.

#### h) Zasilacz 24VDC

- zasilą router oraz moduły wejść ADAM4051

### Sterowanie oświetleniem

#### a) załączanie stycznika:

- automatyczne (przełącznik trybu w pozycji „A”) - realizowane przez sterownik iLON SmartServer o zegar astronomiczny. Zdalnie konfigurowane mogą być parametry: progi natężenia oświetlenia i poprawki czasu załączenia o zmierzchu i wyłączenia o świcie. Załączenie realizowane jest poprzez styki przekaźnika w sterowniku na zaciskach „5” i „6” oraz wizualizowane kontrolką „Output 1”,
- ręcznie (przełącznik trybu w pozycji „R” lub przełącznik trybu w pozycji „A” i załączenie stycznika za pomocą platformy informatycznej),
- wyłączanie stycznika (przełącznik trybu w pozycji „0”)

#### b) załączanie opraw przez sterowniki opraw zlokalizowane we wnękach słupowych

- po podaniu zasilania na obwód oświetleniowy, sterowniki opraw GLC złączają zasilanie opraw iysterowują oprawy na 100%

#### c) redukcja mocy opraw w trybie automatycznym

- na podstawie harmonogramu dobowego, tygodniowego, miesięcznego, rocznego (możliwe wyjątki typu dni świąteczne itp.),
- wspólnie dla całej szafy bądź osobno w dowolnie definiowanych grupach opraw, np. oddzielnie dla każdego kierunku ruchu bądź oddzielnie dla ciągów głównych i łącznic itp.

#### d) sterowanie załączaniem i mocą opraw w trybie ręcznym

- za pomocą platformy informatycznej do zarządzania oświetleniem możliwe jest zadanie redukcji mocy opraw dla całej szafy, wcześniej zdefiniowanych grup bądź pojedynczych opraw lub teżysterowanie opraw w grupach i pojedynczo na 100%

### Streetlight.Vision CMS Centralny System Zarządzania

**System Streetlight.Vision** jest otwartą platformą do kontroli i monitorowania zewnętrznych sieci oświetleniowych (drogi, ulice, tunele, ciągi piesze) za pomocą komunikacji z użyciem istniejących przewodów zasilających (PLC) lub bezprzewodowej.

Ze Streetlight.Vision, zarządcy miast i dróg mogą zaoszczędzić około 30% energii i usprawnić zarządzanie utrzymaniem i konserwacją urządzeń. Dzięki takim funkcjom jak: automatyczne gromadzenie danych, inwentaryzacja sprzętu, łatwa konfiguracja i uruchamianie, analiza i identyfikacja awarii szafek i latarni (opraw), centralne zarządzanie alarmami, zarządzanie harmonogramami, dynamiczne sterowanie oświetleniem, kontrola w czasie rzeczywistym, odzwierciedlenie infrastruktury na mapach oraz dzięki pełnej analityce - raportom eksploatacyjnym, Streetlight.Vision jest jedną z najbardziej kompleksowych i adaptowalnych platform CMS na rynku światowym.

#### Otwarta platforma dla wielu rozwiązań

Platforma umożliwia sterowanie za pomocą poleceń (włącz/wyłącz i płynne ściemnianie) oraz monitorowanie różnego rodzaju osprzętu w obrębie jednego serwera i interfejsu użytkownika.

Streetlight.Vision CMS pozwala na zarządzanie ponad 40 rodzajami urządzeń od ponad 30 dostawców, wykorzystujących komunikację PLC i bezprzewodową: szafki oświetlenia ulicznego, sterowniki lamp, inteligentne liczniki, czujniki zanieczyszczeń, monitoring miejski, mierniki natężenia ruchu, stacje ładowania pojazdów elektrycznych i inne.

Streetlight.Vision CMS bazuje na urządzeniach otwartych, co pozwala SLV łatwo wspierać nowe protokoły i sprzęt. W przeciwieństwie do oprogramowania tworzonego przez producentów urządzeń, platforma Streetlight.Vision CMS jest niezależna, zgodna z systemami komunikacji PLC i bezprzewodowej, dlatego też

stosowana jest przez największe firmy związane oświetleniowe, które stosują filozofię SLV – promowanie rozwiązań otwartych dostarczanych przez wielu dostawców.

### **W chmurze lub na serwerze**

Oprogramowanie Streetlight.Vision CMS może być zainstalowane na własnym serwerze lub dostępne w chmurze Streetlight.Vision Cloud.

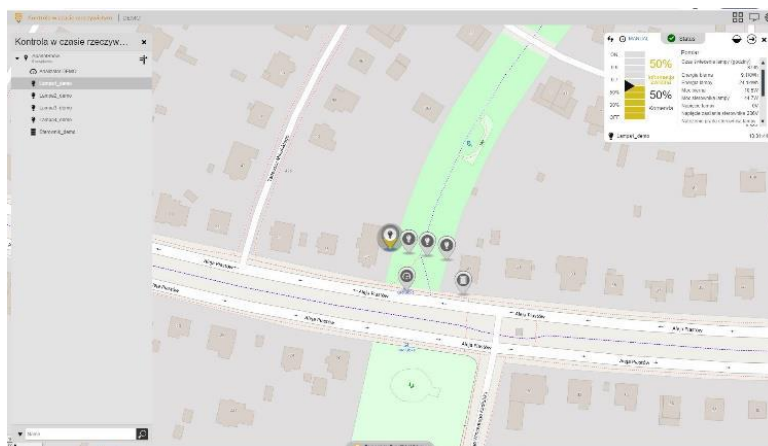
#### **Zalety:**

- wsparcie 12 technologii sterowania i ponad 50 rodzajów sprzętu: AEG PS (Zigbee), Citenergy (PLC), Citybox (PLC wysoka przepustowość), LonWorks (PLC, 22 dostawców), Lux Monitor (RF IPv6), Paradox Engineering (RF 6LoW-PAN IPv6), Philips Starsense RF, SilverSpring (RF IPv6), Telematics Wireless (RF IPv6) i wiele innych,
- ponad 70 dostępnych za pomocą interfejsu usług internetowych do współpracy z narzędziami serwisowymi, oprogramowaniem do zarządzania i utrzymania infrastruktury, systemem GIS i do tworzenia własnych aplikacji i interfejsu dla użytkowników końcowych,
- otwarty interfejs Streetlight.Vision XML dla współpracy SLV CMS z dowolnym systemem sterowania/monitorowania,
- dostępna również jako komponent rozwiązań OEM.

### **GLÓWNE FUNKCJE**

#### **Sterowanie, monitoring**

- Wbudowana aplikacja Web pozwala na dostęp, konfigurację, uruchomienie, pracę od harmonogramów, rejestrowanie alarmów i parametrów.
- sterowanie szafką i punktami świetlnymi w czasie rzeczywistym, polecenia (włącz/wyłącz, płynne ściemnianie) i monitoring,
- tworzenie harmonogramów i programowanie poleceń grupowego włączania, wyłączania i ściemniania,
- interfejs użytkownika dostępny z poziomu przeglądarki www dla komputerów PC i MAC
- aplikacje na iPhone/iPad dostępne w Apple AppStore
- aplikacje na smartfony HTML5 (iOS, Android, Windows 8)
- łatwe i przyjazne użytkownikowi konfigurowanie programów i harmonogramów dynamicznego sterowania (włączanie, wyłączanie, ściemnianie) dla szaf i grup lamp.

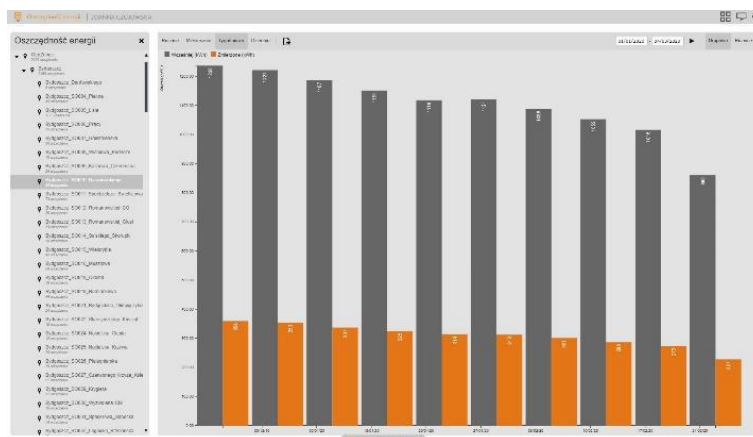


#### **Automatyczne zbieranie danych**

- synchroniczne lub asynchroniczne zbieranie danych z tysięcy sterowników i innych urządzeń,
- automatyczne gromadzenie danych na temat konserwacji.

#### **Konserwacja i raporty energetyczne**

- raporty uszkodzeń i analiza problemów,
- wiele dynamicznych parametrów zbieranych dla każdego punktu świetlnego, w tym poziomu światła, mocy, napięcia, prądu, współczynnika mocy, czasu pracy lampy, energii, braku światła, uszkodzenia statecznika, niskiego współczynnika mocy, wysokiego/niskiego napięcia itp.,
- eksport historycznych danych i raportów.



## Konfiguracja i uruchomienie systemu

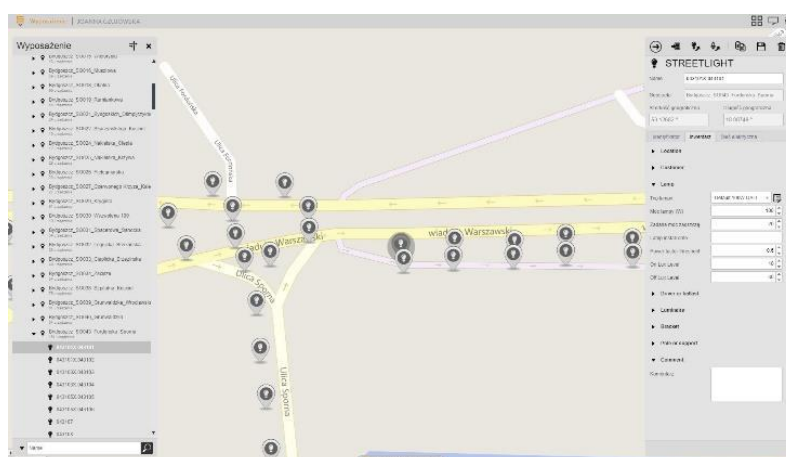
- uruchomienie sterownika lampy,
- uruchomienie sterownika segmentowego (szafy),
- zdalna aktualizacja oprogramowania sterowników lamp.

## Menedżer centralnego alarmu

- proste i złożone alarmy: uszkodzenie lampy, uszkodzenie grupy lamp, alarmy na podstawie danych i inteligentnego licznika, nadzór szafy sterowniczej itp.

## Zarządzanie dostępem użytkowników i bezpieczeństwo

- obsługa dostępu użytkowników i profilami użytkowników pozwala zarządzać jednocześnie wieloma miastami na jednym serwerze,
- wielojęzyczność: możliwość dostosowania wyglądu i języka do swoich potrzeb



## Zarządzanie infrastrukturą

- inwentaryzacja sprzętu z możliwością dodania dowolnego parametru sprzętu,
- eksport/import inwentarza, raportów, danych itp.,
- wizualizacja online na mapach: Bing, Nokia, Google, ESRI itp.,

- dynamiczny i przyjazny dla użytkownika interfejs graficzny, który ujednolica zarządzanie różnego rodzaju sprzętem.

## MINIMALNE WYMAGANIA DLA SERWERA

Oprogramowanie Streetlight.Vision może być zainstalowane na serwerze bądź oferowane jako usługa SaaS w chmurze.

Minimalne wymagania dla serwera:

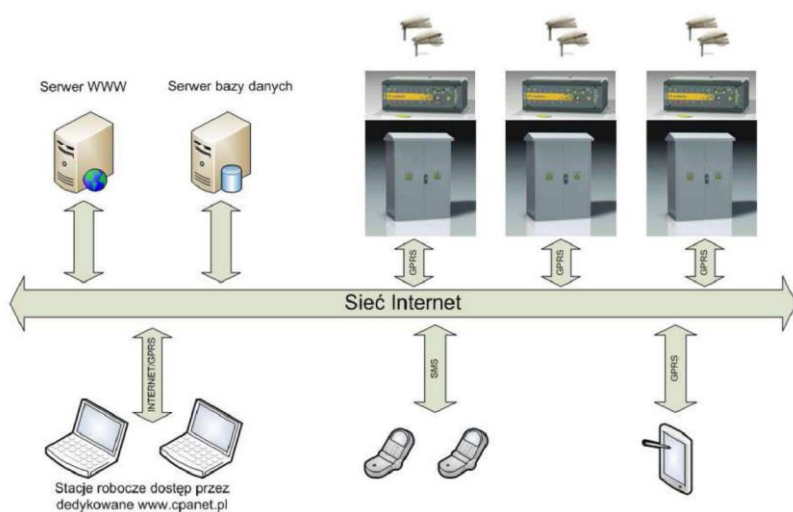
- Pamięć: 8GB lub więcej
- Dysk 320GB (lub więcej), preferowany dysk SSD
- Sieć Ethernet 100Mbps
- System operacyjny: Windows Server 2008
- Baza danych: MySQL
- Kopia zapasowa i przywracanie

Standardowy system tworzenia kopii zapasowych bazy danych lub serwera lustrzanego.

### 4.5.2. System Rabbit CPA net

Sterowanie oświetleniem za pomocą urządzeń CPA net lub odbywa się za pomocą zdalnego monitorowania i zarządzania oświetleniem przez stronę WWW lub aplikację desktopową, w czasie rzeczywistym, z pozycji komputera lub urządzenia mobilnego. Posiada wbudowany odbiornik GPS, dzięki czemu urządzenie oblicza optymalne czasy wschodu i zachodu słońca w zależności od położenia geograficznego. Dodatkowo z GPS pobierany jest dokładny czas, co eliminuje konieczność okresowej korekty zegara w urządzeniu. Po zamontowaniu urządzenia w szafie sterowniczej następuje automatyczna lokalizacja sterownika na mapie strony WWW.

Schemat poniżej przedstawia zasadę działania systemu typu CPA net:



Cechy SYSTEMU, w tym szczegółowy zakres monitoringu i sterowania.

Sterowniki:

- instalacja sterowników typu „Plug & Play”,
- wbudowany modem GPRS,
- zdalna wymiana oprogramowania i ustawień po GPRS,
- podłączenie komputera serwisowego za pomocą łącza RS485, RS232 lub USB,
- obsługiwane systemy operacyjne WINDOWS XP, VISTA, WINDOWS 7,
- komunikacja po GPRS i SMS,

- wbudowany odbiornik GPS pozwalający na określenie położenia geograficznego sterownika na elektronicznym planie gminy (z możliwością zdefiniowania stałego położenia) oraz uwzględnienie tej informacji przy załączaniu i wyłączaniu oświetlenia,
- synchronizacja czasu sterownika z zegarem czasu dostawcy usługi GPS,
- automatyczne wyliczenie strefy czasowej oraz automatyczna zmiana czasu zima/lato,
- odrębne poprawki w schematach sterowania dla lata i zimy
- minimum 5 wejść dwustanowych np. do kontroli stanu czujnika otwarcia szafki oświetleniowej, stanu przełącznika sterowania oświetleniem A-O-R, detekcji stanu załączenia stycznika,
- minimum 5 wejść umożliwiających załączenie poszczególnych obwodów w szafce,
- załączanie i wyłączanie oświetlenia zgodnie z tabelą wschodów i zachodów słońca,
- analiza parametrów sieci: pomiar napięcia i prądu oraz  $\cos \varphi$  dla poszczególnych faz oraz mocy, czynnej, biernej i pozornej i zużytej energii,
- rejestracja pomierzonych wartości napięcia, prądu,  $\cos \varphi$ , mocy, zużytej energii dla poszczególnych faz co 15 minut przez okres minimum 365 dni,
- zapamiętywanie zmian stanu wejść dwustanowych (stan, data i godzina zmiany stanu),
- raportowanie w ciągu kilku minut przez sterowniki alarmów do serwera Web oraz na predefiniowane numery telefonów komórkowych (minimum 5 numerów) sytuacji alarmowych: zanik napięcia zasilania na poszczególnych fazach, wzrost/obniżenie mocy, ponad zadane parametry- 3 fazy, alarm wejść sterujących (np. otwarcie drzwi szafek, zmiana położenia stanu przełącznika A-O-R, detekcja stanu załączenia stycznika), alarm wyjść,
- definiowanie danych do identyfikacji sterownika w SYSTEMIE takich jak: nazwa sterownika, numer szafki oświetleniowej, numer sterownika, adres IP sterownika, nr telefonu, nazwa ulicy, nazwa dzielnicy, nazwa miasta (gminy), opis,
- możliwość przypisania do sterownika plików związanych z szafką oświetleniową, np. schemat zasilania, schemat oświetlenia, schemat powiązań kaskadowych, pomiar geodezyjny powykonawczy (pliki w dowolnym formacie),
- zarządzanie systemem realizowane przez stronę Web w dowolnym czasie, z dowolnego miejsca on-line (PC, PDA, iPhone), obsługa VPN Klient,
- zarządzanie pojedynczymi sterownikami i predefiniowanymi grupami (grupy dowolnie predefiniowane według uznania Zamawiającego),
- raportowanie przez sterowniki alarmów do serwera Web oraz na predefiniowane numery telefonów komórkowych - minimum 5 numerów i minimum 10 smsów ze sterownika w ciągu miesiąca w ramach usługi,
- realizacja połączenia szyfrowanego HTTPS,
- autoryzacja użytkowników (login, hasło, IP) oraz parametryzacja uprawnień,
- możliwość dostępu do obsługi sterownika z trzech poziomów: użytkownik, obserwator, administrator,

Możliwość pracy sterownika w trybach:

- tryb astronomiczny - dedykowany do sterowania oświetleniem z przełącznikiem zmierzchowym - funkcja nadrzędna,
- tryb serwisowy - włączenie lub wyłączenie w danej chwili,
- tryb kaskadowy - funkcja kaskady,
- tryb dobowy - dedykowany do sterowania dowolnym procesem,

- tryb bezprzewodowego przekazywania sygnału pomiędzy sterownikami: realizacja funkcji bezprzewodowej kaskady,
- możliwość przywrócenia ustawień dla danego sterownika lub też dla grupy sterowników,
- definiowanie sterownika przez użytkownika typu master i slave.

Wymagania techniczne sterowników:

- praca w temperaturze otoczenia:  $-30^{\circ}/+80^{\circ}$ ,
- awaryjne zasilanie sterownika z wbudowanego akumulatora, który umożliwia pracę minimum 5 godzin od czasu zaniku zasilania,
- zewnętrzna antena GSM, GPRS (ze względu na możliwość zainstalowania systemu
- w obudowie metalowej),
- wskaźnik LED na panelu czołowym podający informacje: stan (wejścia, wyjścia), GSM, GPRS, GPS, zasięg sieci, stan akumulatora, status pracy,
- certyfikat CE,
- udokumentowana zgodność sterownika z normami na kompatybilność elektromagnetyczną wg norm EMC PN-EN 55011: 2007, kl. A, gr. 1, PN –EN 61000-6-2:

### **APC - LED - mikroprocesorowy przekaźnik czasowy przeznaczony do sterowania mocą pojedynczej oprawy LED oświetlenia ulicznego**

Unikalną cechą układu jest zdolność określenia bieżącej godziny na podstawie historii włączeń i wyłączeń. Godzina rozpoczęcia pełnej lub częściowej redukcji mocy i czas jej trwania są ustawiane z rozdzielczością 30 min. Przełączenie w oprawach zasilanych z jednej linii odbywa się jednocześnie z sekundową dokładnością.



APC - LED jest przeznaczony do sterowania zasilaczami LED z wbudowanym układem redukcji natężenia (stosuje się interfejs 1~10Vdc, zmianę wypełnienia sygnału PWM lub rezystancję).

APC - LED umożliwia czasową redukcję strumienia świetlnego w oprawach LED różnego typu. Układ ma fabrycznie zaprogramowane dwa przedziały czasowe, w których redukowane jest natężenie strumienia świetlnego na dwóch różnych poziomach. Użytkownik może przeprogramować układ tak, że zmieni zarówno zakres obu przedziałów czasowych, jak i poziom redukcji. Programowanie polega na zastosowaniu odpowiedniej sekwencji włączeń i wyłączeń zasilania.

#### **Właściwości APC - LED**

- brak przewodu sterującego
- brak zegara i wewnętrznej baterii

- możliwość zmiany nastaw we wszystkich oprawach jednocześnie
- sygnalizacja stanu pracy do celów serwisowych
- możliwość programowania przełącznika za pomocą APC - LED prog lub sterownika CPAnet
- urządzenie bezobsługowe i proste w montażu

### Parametry techniczne APC - LED

- napięcie zasilające: 230 V +5/-15%, 50Hz
- wymiar sterownika (wys./średnica): 95 x Ø 35 mm
- ilość wyjść: 1 przełączne
- pobór mocy 0,5 W
- temperatura pracy: od -30°C do +80 °C
- stopień ochrony: IP20

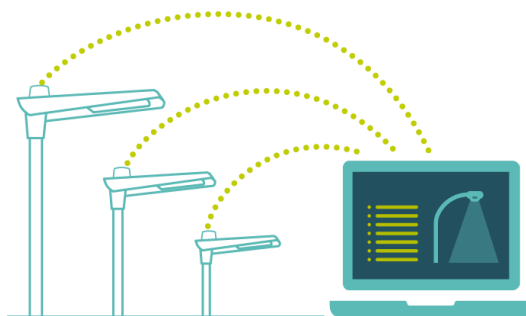
### 4.5.3. System CityTouch Philips

System ma zapewnić w pełni konfigurowalne zarządzanie oprawami oświetleniowymi, zarówno pojedynczo jak i grupowo.



#### Indywidualny system zarządzania i monitoringu oświetlenia drogowego

System składa się z warstwy informatycznej oraz warstwy sprzętowej.



#### Warstwa informatyczna

Platforma informatyczna – aplikacja internetowa zlokalizowana w chmurze internetowej, służąca do zarządzania oświetleniem - kompleksowe rozwiązanie wspomagające służby utrzymania oświetlenia w codziennych pracach konserwacyjnych, wspomagające te prace w zakresie detekcji uszkodzeń jak i przygotowania logistycznego do ich usunięcia. Rozwiązanie pozwala na zarządzanie zużyciem energią, optymalne dopasowanie ilości światła do danego miejsca, pory nocy oraz warunków atmosferycznych.

Platforma informatyczna ma realizować następujące funkcjonalności:

- Graficzną prezentację pracy poszczególnych elementów systemu na mapie przestrzennej zgodnie z ich współrzędnymi geograficznymi pozyskanymi bezpośrednio ze sterowników w oprawach.
- Tworzenie struktury sterowania opartej na strukturze drzewa



- Grupowanie punktów świetlnych
- Automatyczne dostosowanie się wyświetlanego obszaru mapy do wyboru miejsca w nawigacji.
- Zmianę języka interfejsu, z dostępnym językiem Polskim
- Wysyłanie informacji mailem o zmianach zachodzących w systemie na wskazane adresy e-mail użytkowników

### **Zarządzanie alarmami**

- Bieżący podgląd występujących w systemie nieprawidłowości i alarmów.
- Zgłaszanie alarmów związanych z uszkodzeniem elementów oprawy oświetleniowej w okresie do 60 minut od ich powstania,
- Zgłaszanie problemów związanych z komunikacją z oprawą w okresie 24 godzin od ich powstania,
- Przeglądanie alarmów aktywnych, nieaktywnych, aktywnych w ostatnich 3 miesiącach.
- Wyszukiwanie alarmów po:
  - Nazwie elementu i/lub komponentu
  - Typie komponentu systemu
  - Modelu komponentu systemu
  - Kategorii awarii
  - Dacie wystąpienia problemu
  - Opisie błędu
- Eksport tworzonych raportów do plików formatu Excel.

### **Kontrola zużycia energii**

- Kontrolę zużycia energii przez pojedyncze punkty świetlne, grupy punktów świetlnych jak i przez całą instalację.
- Prezentację graficzną i liczbową energii zużytej w okresie 1 miesiąca, 3 miesięcy, 1 roku, 5 lat.
- Graficzne i liczbowe porównanie zużycia energii w kilku punktów świetlnych lub kilku obszarów w tym samym czasie.
- Graficzne i liczbowe porównanie zużycia energii w pojedynczego punktu świetlnego, grupy punktów świetlnych w dwóch różnych okresach np. w tym samym miesiącu różnych lat.
- Eksport tworzonych raportów do plików formatu Excel.

### **Regulacja strumienia świetlnego**

- Przypisania każdemu punktowi świetlnemu, grupie punktów świetlnych, czy obszarowi indywidualnego kalendarza pracy.
- Definiowanie kalendarzy pracy opartych na dniach charakterystycznych.
- Swobodne definiowanie dni charakterystycznych np. dzień roboczy, dzień wolny od pracy, piątek, Sylwester czy Nowy Rok.
- Przypisanie każdemu dniowi charakterystycznemu indywidualnego schematu oświetleniowego uwzględniającego:
  - Redukcję strumienia świetlnego w udostępnianym przez punkt świetlny zakresie.
  - Czasu występowania redukcji
  - Opóźnienie/przyspieszenie załączenia systemu o określony czas względem tabeli wschodów i zachodów słońca dla lokalizacji instalacji.
- Współpracę z zewnętrznymi czujnikami pogody i ruchu/ pobieranie danych o ruchu i stanie pogody z zewnętrznych baz danych.
- Ręczną załączenie/wyłączenie oraz regulację strumienia świetlnego pojedynczych punktów świetlnych oraz grup tych punktów.

### **Kontrolowanie automatycznych akcji poszczególnych elementów jak i całego systemu**

- Tworzenie raportów o automatycznych działaniach systemu takich jak np.:
  - Synchronizacja danych z serwerem
  - Aktualizacja oprogramowania w sterownikach
  - Realizacja komend ręcznego sterowania

- Tworzenie raportów o działaniach poszczególnych elementów systemów takich jak:
  - Uruchomienie
  - Zmiana oprogramowania wewnętrznego we współpracujących sterownikach
  - Aktualny status pracy systemu
- Eksportowanie do pliku Excel gotowych raportów.

#### **Kontrola kanałów komunikacji poszczególnych elementów systemu**

- Przedstawienie graficzne struktury komunikacji z każdym elementem sieci
- Komunikacja z każdym z elementów systemu
- Pobieranie danych o pracy każdego elementu systemu na żądanie
- Zmianę konfiguracji – nazwy, lokalizacji itp. poszczególnych elementów sieci.

#### **Bezpieczeństwo transmisji danych i utrzymanie systemu**

- Wszystkie interakcje użytkowników z platformą są zabezpieczone za pomocą 128-bitowego szyfrowania SSL
- Posiada system dwuczynnikowej autentykacji (2FA) zapobiegający przypadkowemu lub celowemu użyciu konta użytkownika, minimalizującemu ryzyko włamań na konta przez hakerów
- Jest regularnie testowana pod względem bezpieczeństwa, a pod względem bezpieczeństwa przed włamaniem przez strony trzecie w szczególności, przez autoryzowanego zewnętrznego audytora.
- Jest utrzymywana i wspierana przez dostawcę w okresie, co najmniej 10 lat od jego wdrożenia
- Oprogramowanie platformy będzie na bieżąco (w okresach nie dłuższych jak 1 miesiąc) aktualizowane przez dostawcę
- Gromadzone na platformie dane będą własnością inwestora, a jej dostawca zapewni ich przechowywanie od ich powstania do rezygnacji z jej korzystania przez inwestora.
- Gromadzone dane będą regularnie zachowywane w kopiach zapasowych w celu ich odtworzenia w przypadku awarii serwera głównego platformy

#### **Warstwa sprzętowa**

Warstwa sprzętowa powinna składać się z indywidualnych sterowników w każdej z opraw realizujących następujące funkcje:

- Oprawy oświetleniowe wyposażone w sterowniki pozwalające na bezpośrednią, dwustronną komunikację z platformą informatyczną służącą do zarządzania oświetleniem poprzez sieć GSM każdej oprawy z osobna. Zastosowany w każdej oprawie sterownik pozwala na:
  - Załączanie i wyłączanie oprawy
  - Ustawienie poziomu i czasu redukcji strumienia świetlnego
  - Monitorowanie parametrów elektrycznych oprawy
  - Wykrywanie i raportowanie uszkodzeń oprawy
  - Określenie pozycji geograficznej oprawy
  - Pomiar energii zużywanej przez oprawę

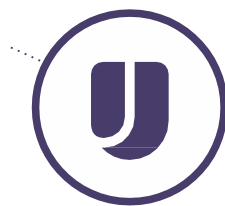
*Koszty komunikacji GSM są wliczone w koszty korzystania z platformy informatycznej i są opłacone z góry w ramach zakupionych elementów warstwy sprzętowej systemu w okresie gwarancji (trwałości inwestycji).*

#### **4.5.4. System Urban LUG**

Urban jest system zarządzania zainstalowanym na serwerach w chmurze internetowej obsługiwanym za pomocą przeglądarki internetowej.

Zadaniem systemu jest zarządzanie pracą całego środowiska BIOTcloud, komunikacja i zbieranie danych z kontrolerów, ich przetwarzanie, analizowanie oraz podejmowanie akcji na podstawie zaimplementowanych algorytmów. System zarządzania odpowiedzialny jest także za aktualizację oprogramowania oraz konfigurację urządzeń zainstalowanych w terenie.

# URBAN

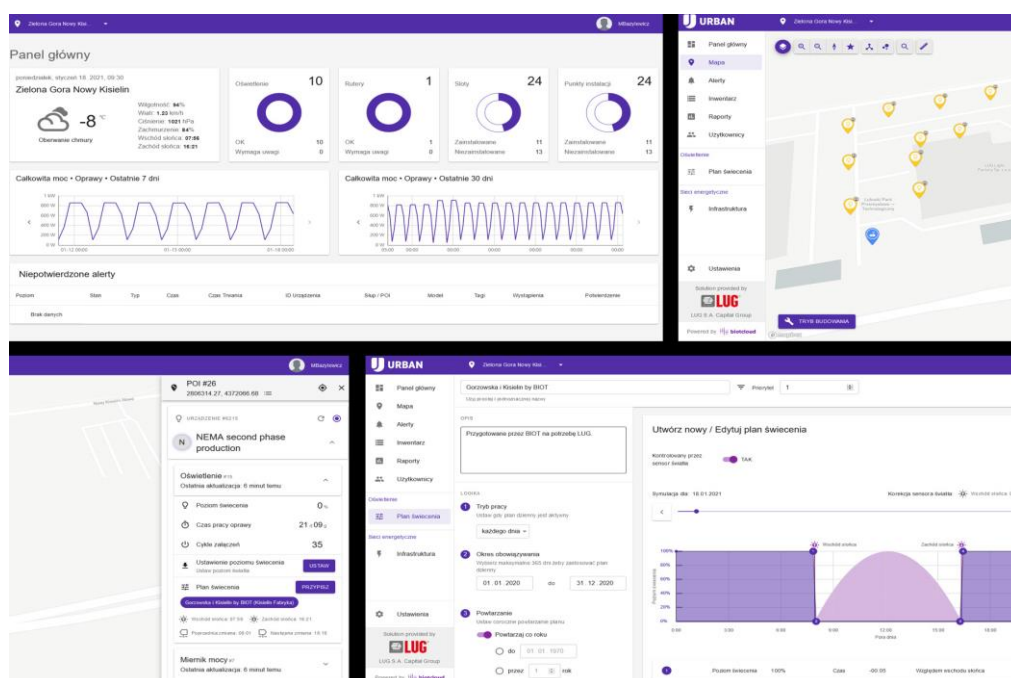


Zarządzanie systemem oświetlenia odbywa się za pomocą aplikacji chmurowej. Do działania aplikacji desktopowej potrzebny jest stały dostęp do Internetu oraz komputer stacjonarny lub laptop o specyfikacji:

- Procesor Intel® i5 @ 1,6 Hz lub nowszy
- Pamięć RAM 8GB lub więcej
- Karta graficzna Intel® UHD 620 lub nowsza
- Windows 10
- Przeglądarka Firefox lub Chrome

Do działania aplikacji mobilnej potrzebny jest stały dostęp do Internetu oraz smartfon lub tablet pod kontrolą systemów operacyjnych:

- iOS: wersje 9.0 i nowsze
- Android: wersje 7.x i nowsze



## Podstawowe cechy systemu

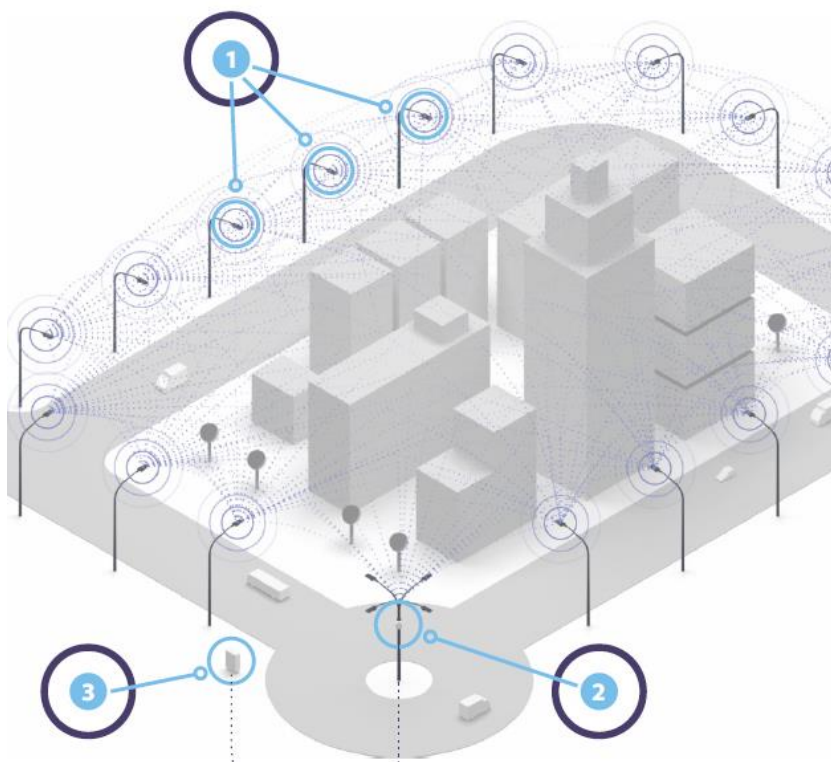
- Dwustopniowe uwierzytelnianie użytkownika.
- Możliwość konfiguracji ustawień użytkownika.
- Funkcja administratora ze strony klienta z uprawnieniami do zarządzania pozostałymi użytkownikami z jego strony (tworzenie, modyfikowanie i usuwanie kont, przypisywanie ról i uprawnień dla użytkowników).

- Dashboard z prezentacją najważniejszych informacji dla użytkownika.
- Prezentacja mapy wraz z planem ulic, budynków, schematem sieci oświetleniowej, naniesionymi w postaci ikon obiektami ilustrującymi graficznie punkty instalacji na mapie.

### Opcje zarządzania i funkcjonalności systemu

- Ewidencjonowanie punktów świetlnych,
- Utrzymanie bazy infrastrukturalnej,
- Tworzenie planów świecenia,
- Precyzyjne lokowanie na mapie,
- Tworzenie, kasowanie i edycję punktów instalacji.
- Raportowanie konsumpcji energii,
- Raportowanie stanu technicznego i statusu oprav,
- Zdalne zarządzanie: ściemnianie bądź włączanie / wyłączanie oprav,
- Automatyczne powiadomienia systemowe,
- Zgłaszanie zdarzeń i alarmów przez SMS oraz e-mail,
- Modyfikowanie istniejących planów świecenia,
- Tworzenie i zarządzanie grupami oprav

### Topologia Systemu



System Smart City Urban, zaprojektowany i stworzony w celu monitorowania i zarządzania oświetleniem infrastrukturalnym oraz przyłączonymi do niego sensorami w sieci o topologii MESH. Kontrolery zainstalowane w oprawach komunikują się ze sobą drogą radiową, w standardzie Thread, operując na paśmie częstotliwości 2,4 GHz, tworząc siatkę połączeń tzw. mesh.

Użytkownik komunikuje się z urządzeniami w systemie za pośrednictwem aplikacji URBAN. Informacja jest przekazywana do bramki (HUBIoT) przez GSM lub LAN a następnie do urządzeń końcowych (kontrolery) drogą radiową Thread 2,4 GHz.

Główne zalety zastosowania sieci w topologii MESH:

- Automatyczna rekonfiguracja sieci w przypadku zakłóceń i uszkodzeń poszczególnych urządzeń
- Niskie opóźnienia dzięki połączeniu typu urządzenie - urządzenie, umożliwiające korzystanie z zaawansowanych scenariuszy (np. światło nadążne)
- Brak potrzeby montowania dużej ilości kart SIM
- Stosunkowo wysoka przepustowość sieci
- Wysoki poziom bezpieczeństwa

## Elementy systemu



### iBLOC

1. Kontroler oświetlenia, pozwalający na sterowanie zasilaczami typu DALI, 1...10 V, jak i komunikację z innymi podzespołami oprawy oświetleniowej.



### HUBIoT-1

2. Urządzenie przeznaczone do montażu na słupie, pełniące rolę mostu łączącego system zarządzania zainstalowany w chmurze internetowej z kontrolerami i sensorami.



### HUBIoT-2

3. Urządzenie przystosowane do montażu w skrzynce elektrycznej na szynie DIN TS-35, pełni rolę mostu łączącego system zarządzania zainstalowany w chmurze internetowej z kontrolerami i sensorami.

## 4.5.5. Analiza rozwiązań układów sterowania

Przykładowe propozycje umieszczone w analizie, pokazują w istocie trendy panujące w sterowaniu oświetleniem ulicznym.

Opisywane powyżej systemy, pomimo podobnego efektu działania - kontroli i monitoringu parametrów oświetleniowych dość wyraźnie się od siebie różnią. Do analizy zostały wybrane takie rozwiązania, aby pokazać i uwypuklić cechy systemów, które mogą mieć znaczący wpływ na funkcjonalność i koszty ich utrzymania.

System sterowania **APANET** jest otwartym systemem komunikującym się po sieci zasilającej POWERLINE, wykorzystującym technologię firmy Echelon. Certyfikat LONMark potwierdza możliwość pracy ze wszystkimi sterownikami posiadającymi interfejs DALI lub 1-10V. Stabilna Komunikacja Powerline jest dużą zaletą systemu APANET. System składa się z kontrolerów segmentowych montowanych w każdej szafie oświetleniowej oraz sterowników GLC instalowanych najczęściej we wnękach słupowych. Sterownik segmentowy steruje i zbiera informacje o parametrach opraw, wbudowany analizator sieci zbiera informacje na temat parametrów sieci zasilającej obwodów oświetleniowych.

Zarządzanie systemem oświetleniowym odbywa się przy pomocy aplikacji Street Light Vision. Program może być zainstalowany na serwerze dostawcy usługi bądź na serwerach Zamawiającego. W przypadku instalacji na serwerze producenta należy liczyć się z dodatkowymi kosztami za utrzymanie serwera. W przypadku instalacji na serwerze Zamawiającego należy wykupić aplikację do zarządzania oświetleniem. Producent deklaruje możliwość przejścia z aplikacji chmurowej web na serwerową w dowolnym czasie.

Podobny system do APANET to system CPAnet firmy **RABBIT**, lecz bez możliwości indywidualnego sterowania oprawami. W szafach oświetleniowych znajdują się sterowniki segmentowe CPAnet z analizatorami i sieci i modemem z kartami SIM do przesyłania danych. Zaletą systemu jest bardzo dokładna analiza wszystkich zdarzeń w obrębie sieci zasilającej, ciągły monitoring parametrów zasilania opraw i skuteczny system powiadamiania o awariach i innych niespodziewanych wydarzeniach w sieci. System CPA net współpracuje ze sterownikami APC instalowanymi w oprawach i umożliwiającymi stopniową, skokową redukcję poziomu natężenia oświetlenia. Nie uzyskamy możliwości sterowania każdą oprawą indywidualnie i nie uzyskamy informacji na temat konkretnej oprawy. Mamy tylko ogólne informacje na temat całego obwodu oświetleniowego i na podstawie analizy zapisów parametrów sieci możemy metodą dedukcji stwierdzać nieprawidłowości w pracy systemu. Aplikacja chmurowa zainstalowana na serwerze producenta jest darmowa, jedyną opłatą jest koszt transmisji danych (ok. 15 -20 PLN miesięcznie od sterownika segmentowego)

System sterowania **CityTouch Philips** jest otwartym systemem komunikującym się po sieci GSM. Nie są wymagane żadne koncentratory czy sterowniki segmentowe. Każda oprawa wyposażona jest w kartę e-SIM, dzięki której oprawa komunikuje się bezpośrednio z serwerem centralnym. Zarządzanie systemem oświetleniowym odbywa się przy pomocy aplikacji chmurowej, gdzie po dwukrotnym uwierzytelnieniu i zalogowaniu się uzyskujemy dostęp do informacji o każdej oprawie, każda oprawa indywidualnie może być sterowana w zakresie zmiany strumienia świetlnego i monitoringu stanu parametrów elektrycznych i oświetleniowych. Najczęściej koszty komunikacji GSM są wliczone w koszty korzystania z platformy informatycznej i są opłacone z góry w ramach zakupionych elementów warstwy sprzętowej systemu.

System sterowania **Urban LUG** jest systemem bezprzewodowym pracującym w sieci mesh. Kontrolery zainstalowane w oprawach komunikują się między sobą drogą radiową w paśmie o częstotliwości 2,4 GHz. Użytkownik komunikuje się z urządzeniami w systemie za pośrednictwem aplikacji URBAN. Informacja jest przekazywana do bramki (HUBIoT) przez GSM lub LAN a następnie do urządzeń końcowych (kontrolery) drogą radiową. System ten, w porównaniu z CityTouch, zdecydowanie obniża koszty transmisji danych – system komunikuje się z szafami, nie bezpośrednio z oprawami.

Do dalszych analiz kosztowych zostały wybrane systemy z możliwością indywidualnego sterowania oprawami.

#### 4.5.6. Redukcja mocy

Norma PN-EN 13201 pozwala na możliwość oszczędności energii w wyniku ściemniania oświetlenia w tej części nocy, w której ruch jest skrajnie niewielki – pod warunkiem spełniania przed i po ściemnieniu wymagań normy dla właściwych klas oświetleniowych. Pozwala na obniżenie parametrów oświetleniowych o jedną klasę oświetleniową (np. z ME3 do ME4) w sytuacji, gdy zmniejsza się natężenie ruchu na ulicach Miasta. Z naszych obserwacji wykonanych w trakcie pomiarów parametrów świetlnych, wynika, że znaczące zmniejszenie



natężenia ruchu pozwalające na obniżenie parametrów świetlnych rozpoczyna się na większości ulic po godzinie 21.00 i trwa do godz. 6.00. Z tego względu w okresie między godz. 22 a 6 możemy zredukować strumień opraw oświetleniowych do 40-50%. Spowoduje to obniżenie parametrów oświetleniowych o jedną klasę w dół, co dopuszcza Polska Norma PN-EN 13201.

#### 4.5.7. Ryzyka związane z układami sterowania

Skomplikowane kontrolery sterujące narażone są na przebiecia, harmoniczne oraz niekorzystne warunki atmosferyczne. W przypadku zastosowania układów prototypowych, producentów bez doświadczenia, może spowodować, więcej szkód niż pożytku z zastosowania takich urządzeń. Częste awarie sterowania, załączanie się systemu w dzień i niezałączanie w nocy, destrukcja kontrolerów na skutek przebiec w sieci to są najczęstsze sytuacje awaryjne spotykane w przypadku zaawansowanego sterowania. Stąd bardzo istotne jest takie dobranie tych urządzeń oraz opisanie kryteriów równoważności, aby nie spotkać się z taką niemiłą niespodzianką. Do czasu wykonania inwestycji pozostaje na tyle dużo czasu, że na skutek postępu technologicznego, urządzenia dostępne na rynku będą na tyle dopracowane, że awaryjność ich będzie mniejsza niż dzieje się to obecnie.

#### 4.5.8. Podsumowanie właściwości systemu sterowania i zarządzania oświetleniem

System sterowania i redukcji mocy opraw oświetleniowych powinien spełniać następujące kryteria:

1. Jest systemem otwartym, dopuszczającym stosowanie opraw różnych producentów
2. Komunikacja musi odbywać się w paśmie otwartym, dostępnym dla wielu operatorów. Obecność w pobliżu innych systemów wykorzystujących komunikację radiową nie może mieć wpływu na skuteczność transmisji danych na potrzeby systemu sterowania oświetleniem.
3. Wymagana jest pełna dwukierunkowość transmisji punktów zbiorczych lub serwera z oprawami.
4. Oprawa po utracie komunikacji z centralnym serwerem pracuje w ostatnim realizowanym profilu sterowania. Po uzyskaniu ponownego połączenia oprawa powraca do stanu przed utratą połączenia, jest w pełni sterowalna i nie wymaga ponownego zaprogramowania.
5. Elementy systemu muszą komunikować się z centralnym serwerem za pomocą komunikacji GSM.
6. Interfejs oprogramowania systemu - musi komunikować się z użytkownikiem w języku polskim. Dostęp do interfejsu musi być dostępny z komputera, smartfonu, tabletu lub innego urządzenia wyposażonego w dostęp do Internetu oraz przeglądarkę internetową. Dostęp do oprogramowania musi być zabezpieczony podwójnym logowaniem i hasłem (2FA). Uwierzytelnienie powinno się odbywać w dwóch etapach: wpisania poprawnego identyfikatora użytkownika i hasła, a następnie podanie kodu, do którego dostęp posiada tylko właściwy posiadacz konta w serwisie z odpowiednio przydzielonymi uprawnieniami.
7. Wszystkie elementy systemu muszą mieć stopień szczelności równy lub wyższy od IP65, temperaturę pracy z minimalnego zakresu od -20C do 50C, wszystkie elementy systemu muszą być odporne na promieniowanie UV.
8. System musi zapewniać zdalny nadzór (monitorowanie, konfiguracja) przez sieć internetową z poziomu przeglądarki internetowej – bez konieczności instalowania dodatkowego oprogramowania.
9. Sterowniki opraw muszą być zabezpieczone przeciw przebieciami do 10kV.
10. System musi się komunikować z różnymi systemami zasilaczy stosowanych w oprawach LED ze ściemnianiem, minimalne wymagania to sterowanie sygnałem 0-10V lub DALI, zakres sterowania od 0% do 100% strumienia świetlnego.
11. System musi mierzyć następujące parametry:
  - elektryczne: moc czynna, prąd, współczynnik mocy
  - parametry zasilania: bieżące napięcie, średnie napięcie, zaniki napięcia
  - czasu: czas załączenia opraw, czas świecenia
  - opraw: utraty łączności, temperatury oprawy,
12. System musi być wyposażony w następujące możliwości sterowania:
  - włączanie i wyłączanie opraw na podstawie: czasu, kalendarza, poziomu natężenia oświetlenia dziennego,

- załączanie i wyłączanie oraz redukcja mocy dla grup opraw oświetleniowych,
- możliwość zdalnej zmiany konfiguracji w dowolnym momencie,
- generowanie raportów zużycia energii, raportów błędów i innych raportów z mierzonych parametrów przez system sterowania,
- tworzenie kont użytkowników z różnorodnymi poziomami dostępu z możliwością zmiany w dowolnym momencie.

13. System musi zapewniać zdalną aktualizację oprogramowania.

System musi rejestrować dane z opraw z całej historii pracy systemu.

#### 4.5.9. Utworzenie Centrum Dyspozytorskiego

Centrum dyspozytorskie powinno być zlokalizowane w budynku Urzędu Miasta lub w innym miejscu wskazanym przez Zamawiającego. Dostęp do systemu sterowania odbywa się poprzez zalogowanie się do serwisu, korzystając z loginu i hasła utworzonego podczas konfiguracji systemu zarządzania oświetleniem.

Zestawy komputerowe do obsługi systemu sterowania muszą posiadać zainstalowany system operacyjny określony i wymagany przez producenta dostarczonego systemu sterowania.

Komputer stacjonarny musi być przystosowany do pracy ciągłej z zasilaniem gwarantowanym (np. UPS), musi posiadać możliwość prowadzenia automatycznego backupu (np. mirroring)

Komputer musi być podłączony do sieci komputerowej z dostępem do Internetu ze stałym zewnętrznym adresem IP. Sieć, do której podłączony jest komputer musi umożliwiać utworzenie szyfrowanego połączenia tunelowego VPN, IPSec.

#### 4.5.10. Koszty wdrożenia systemu sterowania oświetleniem

Decydując się na zastosowanie systemów sterowania Miasto musi być przygotowane na dodatkowe koszty związane z obsługą systemu. Są to koszty związane z:

- wyposażeniem opraw w sterowniki do monitorowania stanu opraw,
- sterowniki segmentowe (koncentratory w szafach sterujących lub w oddzielnych szafach)
- koszty transmisji danych (transmisja GPRS - karty SIM M2M w sterownikach segmentowych lub zegarach)
- koszt utrzymania danych na serwerze zewnętrznym
- koszt wyposażenia Centrum Dyspozytorskiego

Porównując opisane powyżej systemy sterowania można oszacować koszty transmisji danych i kosztów utrzymania danych na serwerze w okresie 15 lat.

##### Koszt inwestycji oraz roczne koszty eksploatacyjne systemu Apanet

L.p.	Typ	Ilość szt.	Cena netto	Wartość netto PLN
1	Sterownik oprawy	4 265	450,00	1 919 250,00
2	Szafa oświetleniowa	141	35 000,00	4 935 000,00
3	Opłata za serwer na platformie informatycznej 6 PLN x ilość opraw (15 lat)	4 265	6,00	25 590,00
4	Opłaty - transmisja danych w okresie 15 lat	141	2 250,00	317 250,00
			<b>Razem</b>	<b>7 197 090,00</b>

##### Koszt inwestycji oraz roczne koszty eksploatacyjne systemu CityTouch

L.p.	Typ	Ilość szt.	Cena netto	Wartość netto PLN
1	Sterownik oprawy	4 265	400,00	1 706 000,00
2	Szafa oświetleniowa	141	8 000,00	1 128 000,00
3	Opłaty - transmisja danych z usługą serwerową - ryczałt (15 lat)	4 265	1 800,00	7 677 000,00
			<b>Razem</b>	<b>10 511 000,00</b>

### Koszt inwestycji oraz roczne koszty eksploatacyjne systemu Urban

L.p.	Typ	Ilość szt.	Cena netto	Wartość netto PLN
1	Sterownik oprawy	4 265	300,00	1 279 500,00
2	Szafa oświetleniowa	141	11 500,00	1 621 500,00
3	Opłaty - transmisja danych z usługą serwerową - ryczałt (15 lat)	4 265	420,00	1 791 300,00
			<b>Razem</b>	<b>4 692 300,00</b>

Różnica łącznie w nakładach inwestycyjnych i kosztach transmisji i utrzymania danych w okresie 15 lat to 2 504 790 PLN na korzyść systemu chmurowego Urban. System CityTouch Philips nie wymaga instalacji sterowników segmentowych w szafach.

## 5. Analiza wariantów technicznych zamierzenia inwestycyjnego

Wybrane, najkorzystniejsze w uznaniu audytora rozwiązania z rodziny przedstawianych rozwiązań w rozdziale 4, stanowią podstawę konstruowania wariantów modernizacji oraz ich dalszej analizy. Stanowią również podstawę do przygotowania PFU modernizacji. Warianty, które w szczególności podlegają analizie, to:

1. Wariant I "LED" - w oparciu o technologię źródeł światła LED dla wszystkich opraw sodowych w badanym obszarze, modernizacja szaf oświetleniowych, monitoring i sterowanie opraw - indywidualne każdą oprawą, system sterowania szafkowy.
2. Wariant II "LED" - w oparciu o technologię źródeł światła LED dla wszystkich opraw sodowych w badanym obszarze, modernizacja szaf oświetleniowych, monitoring i sterowanie opraw - indywidualne każdą oprawą, system sterowania.

### Opis poszczególnych wariantów

**Wariant I** - Modernizacja wszystkich opraw sodowych (oprócz opraw LED), instalacja opraw LED z indywidualnym systemem sterowania i redukcji mocy. Instalacja kontrolerów segmentowych do monitoringu, zabezpieczeń przeciwprzepięciowych i układów kompensacji mocy biernej w punktach sterowania.

**Wariant II** - Modernizacja wszystkich opraw sodowych (oprócz opraw LED), instalacja opraw LED z indywidualnym systemem sterowania i redukcji mocy. System sterowania z transmisją bezpośrednio z opraw do serwera. Instalacja układów kompensacji mocy biernej w punktach sterowania.

### 5.1. Wariant I - LED - porównanie mocy systemów oświetleniowych przed i po modernizacji – cały obszar Miasta

#### Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie

- Wymiana wyśięgników, zabezpieczeń oraz **4 265 szt.** opraw LED.
- Wymianie podlega **4 265** szt. opraw Miasta Bydgoszcz.
- Modernizacja **141 szt.** układów sterowania
- Informacja i sterowanie oprawami - indywidualnie dla każdej oprawy, system szafkowy ze sterownikami segmentowymi.
- Średni poziom redukcji mocy w godzinach nocnych - **30%**.

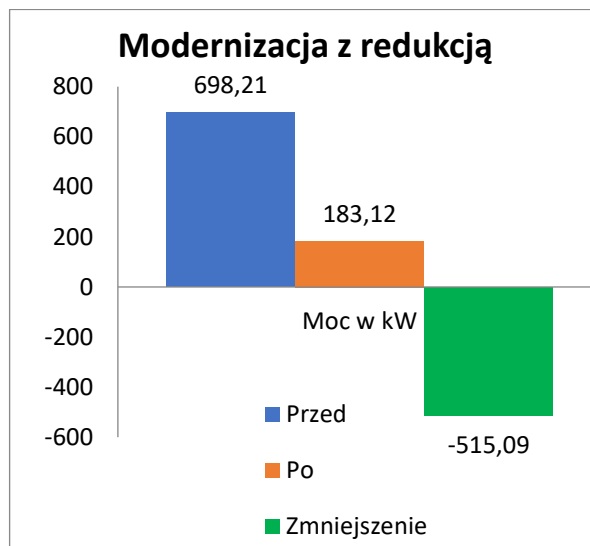
Tabela 2. Struktura oprav przed i po modernizacji

Lp	Oprawa	Przed modernizacją			Po modernizacji wariant I LED		
		ilość	Moc jedn. [W]	Moc razem [kW]	ilość	Moc jedn. [W]	Moc razem [kW]
1	Sodowa 70W	789	83	65,49	0	83	0,00
2	Sodowa 100W	436	115	50,14	0	115	0,00
3	Sodowa 150W	2376	176	418,18	0	176	0,00
4	Sodowa 250W	503	285	143,36	0	285	0,00
5	Rtęciowa 110W	29	125	3,63	0	125	0,00
6	Rtęciowa 125W	76	137	10,41	0	137	0,00
7	Rtęciowa 250W	15	265	3,98	0	265	0,00
8	Żarowa 60W	12	60	0,72	0	60	0,00
9	Świetlówkowa 240W	29	80	2,32	0	80	0,00
10	Uliczna LED 25W	0	25	0,00	215	25	5,38
11	Uliczna LED 34W	0	34	0,00	252	34	8,57
12	Uliczna LED 42W	0	42	0,00	210	42	8,82
13	Uliczna LED 50W	0	50	0,00	503	50	25,15
14	Uliczna LED 60W	0	60	0,00	194	60	11,64
15	Uliczna LED 65W	0	65	0,00	37	65	2,41
16	Uliczna LED 85W	0	85	0,00	1197	85	101,75
17	Uliczna LED 112W	0	112	0,00	70	112	7,84
18	Parkowa LED 28W	0	28	0,00	286	28	8,01
19	Ozdobna LED 28W	0	28	0,00	86	28	2,41
20	Ozdobna LED 40W	0	40	0,00	147	40	5,88
21	Ozdobna ArtM LED 42W	0	42	0,00	146	42	6,13
22	Ozdobna ArtM LED 51W	0	51	0,00	3	51	0,15
23	Ozdobna ArtM LED 75W	0	75	0,00	890	75	66,75
24	Świetlówka LED 25W	0	25	0,00	29	25	0,73
	<b>RAZEM:</b>	<b>4 265</b>		<b>698,21</b>	<b>4 265</b>		<b>261,60</b>

Tabela 3. Porównanie stanu istniejącego i wariantu, I LED

Lp		ilość	Stan istniejący	Wariant I LED	Wariant I LED z redukcją
1	ilość punktów świetlnych	szt.	4 265	4 265	4 265
2	Pobór mocy	kW	698,21	261,60	183,12
3	Redukcja mocy	%		-62,53%	-73,77%

**Moc rzeczywista** (przy uwzględnieniu strat mocy w zasilaczach oprav) po wykonaniu modernizacji na badanym obszarze będzie wynosiła **183,12 kW**. Zmniejszenie mocy zainstalowanej będzie wynosiło ok. **515,09 kW / 73,77%**.



Wykres słupkowy zmniejszenia mocy zainstalowanej w przypadku wykonania modernizacji

## 5.2. Wariant II - LED - porównanie mocy systemów oświetleniowych przed i po modernizacji – cały obszar Miasta

### Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie

- Wymiana wyścięgników, opraw z instalacją zabezpieczeń oraz **4 265 szt.** opraw LED.
- Wymianie podlega **4 265** szt. opraw Miasta Bydgoszcz.
- Informacja i sterowanie oprawami - indywidualnie dla każdej oprawy, system chmurowy.
- Modernizacja **141 szt.** układów sterowania
- Średni poziom redukcji mocy w godzinach nocnych - **30%**.

Tabela 4. Struktura oprav przed i po modernizacji

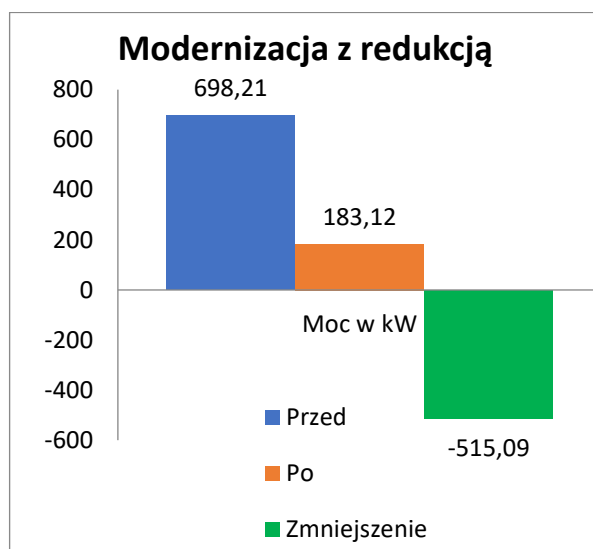
Lp	Oprawa	Przed modernizacją			Po modernizacji wariant II LED		
		ilość	Moc jedn. [W]	Moc razem [kW]	ilość	Moc jedn. [W]	Moc razem [kW]
1	Sodowa 70W	789	83	65,49	0	83	0,00
2	Sodowa 100W	436	115	50,14	0	115	0,00
3	Sodowa 150W	2376	176	418,18	0	176	0,00
4	Sodowa 250W	503	285	143,36	0	285	0,00
5	Rtęciowa 110W	29	125	3,63	0	125	0,00
6	Rtęciowa 125W	76	137	10,41	0	137	0,00
7	Rtęciowa 250W	15	265	3,98	0	265	0,00
8	Żarowa 60W	12	60	0,72	0	60	0,00
9	Świetlówkowa 240W	29	80	2,32	0	80	0,00
10	Uliczna LED 25W	0	25	0,00	215	25	5,38
11	Uliczna LED 34W	0	34	0,00	252	34	8,57
12	Uliczna LED 42W	0	42	0,00	210	42	8,82
13	Uliczna LED 50W	0	50	0,00	503	50	25,15
14	Uliczna LED 60W	0	60	0,00	194	60	11,64
15	Uliczna LED 65W	0	65	0,00	37	65	2,41
16	Uliczna LED 85W	0	85	0,00	1197	85	101,75
17	Uliczna LED 112W	0	112	0,00	70	112	7,84
18	Parkowa LED 28W	0	28	0,00	286	28	8,01
19	Ozdobna LED 28W	0	28	0,00	86	28	2,41
20	Ozdobna LED 40W	0	40	0,00	147	40	5,88
21	Ozdobna ArtM LED 42W	0	42	0,00	146	42	6,13
22	Ozdobna ArtM LED 51W	0	51	0,00	3	51	0,15
23	Ozdobna ArtM LED 75W	0	75	0,00	890	75	66,75
24	Świetlówka LED 25W	0	25	0,00	29	25	0,73
	<b>RAZEM:</b>	<b>4 265</b>		<b>698,21</b>	<b>4 265</b>		<b>261,60</b>

Tabela 5. Porównanie stanu istniejącego i wariantu, II LED

Lp		ilość	Stan istniejący	Wariant II LED	Wariant II LED z redukcją
1	ilość punktów świetlnych	szt.	4 265	4 265	4 265
2	Pobór mocy	kW	698,21	261,60	183,12
3	Redukcja mocy	%		-62,53%	-73,77%

**Moc rzeczywista** (przy uwzględnieniu strat mocy w zasilaczach oprav) po wykonaniu modernizacji na badanym obszarze będzie wynosiła **183,12 kW**. Zmniejszenie mocy zainstalowanej będzie wynosiło ok. **515,09 kW / 73,77%**.





Wykres słupkowy zmniejszenia mocy zainstalowanej w przypadku wykonania modernizacji

## 6. Analiza finansowa proponowanych wariantów realizacji przedsięwzięcia pod względem kosztów konserwacji oświetlenia drogowego oraz opłat za energię elektryczną.

### 6.1. Model kosztów utrzymania oświetlenia drogowego

Koszt energii, można wyrazić za pomocą równania regresji, jak poniżej:

$$K_e = \sum_{i=1}^n P_{ui} * (StDys + OP) * 12 + (P_{zi} * t_i) * (En + KOG + Dys) + (A_i * 12)$$

taryfa C11o

Gdzie dla 2024 roku:

$K_e$ - koszt energii w zł

$P_z$ - moc zainstalowana w kW= 698,21 kW (badany obszar) suma mocy obwodów  $P_{zi}$

$P_{ui}$ - moc umowna i-tego obwodu oświetleniowego (rozliczeniowego) w kW

$P_u$  – całkowita moc umowna, wyliczona jako suma  $P_{ui}$ , razem dla badanego obszaru Miasta Bydgoszcz to 1577 kW

$t_i$ – czas świecenia i-tego obwodu -> zależy od czasu astronomicznego zachodu i wschodu-> zakłada się dla Polski ok. 4150 h rocznie.

$En$ - zmienna stawka taryfowa ceny energii czynnej-> koszt zależy od energii-> kWh\*0,79 [2024]

$Dys$ - zmienna stawka sieciowa dystrybucji -> koszt zależy od energii-> = kWh\*0,1437 [2024]

Opłata KOG kogeneracyjna -> koszt zależy od energii-> = kWh\*0,00618 [2024]

$StDys$  – opłata sieciowa stała, zależy od mocy umownej -> Stawka stała dystrybucji =  $P_u * StDys * 12 \Rightarrow 1577 * 11,04 \text{ zł} * 12 \text{ mies. [2024]}$

$OP$  - opłata przejściowa, zależy od mocy umownej -> Stawka stała dystrybucji =  $P_u * StDys * 12 \Rightarrow 1577 * 0,08 \text{ zł} * 12 \text{ mies. [2024]}$

$i$  – ilość obwodów oświetleniowych od 1 do  $n = 141$  C11O

$A$ - Abonament dystrybucyjny od każdej umowy-> koszt zależy od ilości umów-> 3,84 zł netto \* 12 mies. \* ilość Umów.

$P_{zi} * t_i$ - energia w kWh- ilość zależy od mocy rzeczywistej pomnożonej przez czas

Koszt całkowity utrzymania oświetlenia drogowego to:

$$K_c = K_e + K_k + VAT23\%$$

$K_e$ - koszt energii netto w tym akcyza 2% liczona od kWh

$K_k$ - koszt konserwacji netto

Do wyliczenia oszczędności zostały przyjęte moce opraw zidentyfikowane podczas inwentaryzacji i normatywne czasy świecenia (4150 h).

Tabelaryczne zestawienie głównych czynników, mających wpływ na zmniejszenie lub podwyższenie kosztów eksploatacji [energii i konserwacji] systemu oświetleniowego, które będą podlegały analizie, przedstawione jest w tabeli 6, poniżej.

Tabela 6. - Czynniki mające wpływ na obniżenie kosztów energii

Oszczędność energii		
Lp		
1	zmniejszenie mocy zainstalowanej	Tak
2	zmniejszenie mocy umownej	Tak
3	zmiana taryfy rozliczeniowej	Opcjonalnie Tak
4	zmniejszenie kosztów konserwacji	Tak
5	zmniejszenie liczby obwodów oświetleniowych	Tak
6	zastosowanie redukcji mocy	Tak

## 6.2. Analiza kosztów eksploatacji systemu przed i po modernizacji

### 6.2.1. Założenia modernizacji.

1. Moc modernizowanej części systemu oświetleniowego.
2. Taryfa C110 przed i po modernizacji
3. Czas eksploatacji zgodnie z tabelą wschodów i zachodów Słońca.
4. Inteligentne systemy sterowania.
5. Konserwacja przez podmiot dokonujący modernizacji (w okresie gwarancji)

### 6.2.2. Rozliczenie kosztów energii dla 2024 r., przed modernizacją czas eksploatacji 4150 h

1. Stan przed modernizacją, analizowany dla obszaru modernizowanego,
2. Taryfa C110 dla 141 obwodów rozliczeniowych,
3. Ceny 2024
4. Dostawca energii z przetargu, usługi dystrybucji ENEA Operator Sp. z o.o.,
5. Moc zainstalowana 698,21 kW,
6. Moc Umowna 1557 kW, czas eksploatacji 4150 h/rocznie.

Tabela 7. - Rozliczenie kosztów – przed modernizacją

Moc [kW]	Taryfa	Czas [h]	Energia [kWh]	Energia	Zmienna sieciowa	Jakościowa Dyst.	Oplata kogener.	Sieciowa stała	Oplata przejściowa	Abonament	Netto	Brutto
698,2	C110	4150	2 897 571,50	0,7900	0,1437	0,0314	0,00618	206 271,4	1494,72	6497,28	3 028 616,61	3 725 198,43
1 557,0	umowna		2 897 571,50					11,04	0,08	3,84		
Rzeczywisty czas eksploatacji		4 150	2 897 571,50	Średnioważona ceny MWh 1 285,62778							3 028 616,61	3 725 198,43

### 6.2.3. Symulacja wariantu I: LED

1. Stan przed modernizacją, analizowany dla obszaru modernizowanego,
2. Taryfa C110 dla 141 obwodów rozliczeniowych,
3. Ceny 2024
4. Dostawca energii z przetargu, usługi dystrybucji ENEA Operator Sp. z o.o.,
5. Moc zainstalowana statycznie 261,60 kW, po redukcji mocy 183,12 kW,
6. Moc Umowna 1557 kW, czas eksploatacji nominalny 4150 h/rocznie.

Tabela 8. - Rozliczenie kosztów – wariant I

Moc [kW]	Taryfa	Czas [h]	Energia [kWh]	Energia	Zmienna sieciowa	Jakościowa Dyst.	Oplata kogener.	Sieciowa stała	Oplata przejściowa	Abonament	Netto	Brutto
183,1	C110	4150	759 948,00	0,7900	0,1437	0,0314	0,00618	206 271,4	1494,72	6497,28	952 385,65	1 171 434,35
1 557,0	umowna		759 948,00					11,04	0,08	3,84		
Rzeczywisty czas eksploatacji		4 150	759 948,00	Średnioważona ceny MWh 1 541,46646							952 385,65	1 171 434,35

#### 6.2.4. Symulacja wariantu II: LED

1. Stan przed modernizacją, analizowany dla obszaru modernizowanego,
2. Taryfa **C11o** dla **141** obwodów rozliczeniowych,
3. Ceny **2024**
4. Dostawca energii z przetargu, usługi dystrybucji **ENEA Operator Sp. z o.o.**,
5. **Moc zainstalowana statycznie 261,60 kW, po redukcji mocy 183,12 kW,**
6. **Moc Umowna 1557 kW, czas eksploatacji nominalny 4150 h/rocznie.**

**Tabela 9. Rozliczenie kosztów – wariant II**

Moc [kW]	Taryfa	Czas [h]	Energia [kWh]	Energia	Zmienna sieciowa	Jakościowa Dyst.	Oplata kogener.	Sieciowa stała	Oplata przejściowa	Abonament	Netto	Brutto
183,1	C11o	4150	759 948,00	0,7900	0,1437	0,0314	0,00618	206 271,4	1494,72	6497,28	952 385,65	1 171 434,35
1 557,0	umowna		759 948,00					11,04	0,08	3,84		
Rzeczywisty czas eksploatacji		4 150	759 948,00	Srednioważona ceny MWh 1 541,46646							952 385,65	1 171 434,35

#### 6.2.5. Analiza kosztów mocy Umownej

Obecnie suma mocy umownej dla badanego zakresu, według zestawienia PPE to **1557 kW**. Zakładamy znormalizowany czas eksploatacji na poziomie **4150 h** rocznie oraz około **262 kW** zainstalowanej mocy po modernizacji dla wariantu I lub II. Ponieważ potrzebny jest zapas mocy (wynikający z potrzeby czasowych przepięć obwodów oraz w celu dobrania odpowiednich wartości zabezpieczeń) dla potrzeb obliczenia nowej mocy umownej powinno się dodać około 40-50% wartości (wynika to z definicji mocy umownej: *"moc odpowiadająca największemu przewidywanemu 15-minutowemu obciążeniu czynnemu"* i z charakterystyki rozruchu lamp LED, gdzie prąd rozruchowy może być w krótkim czasie nawet 35 razy wyższy niż prąd znamionowy obwodów). W związku z tym oraz dodając zapas mocy dla rozbudowy systemu, wartość całkowitą mocy umownej można wyszacować na około **800 kW**.

#### 6.2.6. Analiza czasu eksploatacji systemu oświetleniowego

Analiza zastosowanych w Mieście Bydgoszcz systemów sterowania oświetleniem oraz analiza prognozowanych wolumenów energii pokazuje, że w Mieście nie mamy do czynienia z przekroczeniem normatywnego czasu świecenia systemu oświetleniowego. Z doświadczenia wiemy, że najczęściej przekroczony czas eksploatacji ma miejsce tam, gdzie stosowane są stare elementy sterowania: zegary zmiernicowe i zegary mechaniczne. W Mieście zainstalowane są zegary ze zintegrowanym zegarem astronomicznym. Według obliczeń wynika, iż czas eksploatacji systemu oświetleniowego wynosi ok. 4150 h.

#### 6.2.7. Analizy kompensacji mocy biernej

Dla obwodów oświetleniowych obecnie stosowana jest taryfa C11O. Dla wymienionej taryfy OSD nie przewiduje pomiaru i rozliczania mocy biernej. Jednak sukcesywnie ta praktyka będzie zmieniana i można spodziewać się wymiany liczników na liczniki ze zdalnym odczytem, z możliwością dostępu trzeciej strony tzw. TPA. Wtedy może pojawić się problem braku kompensacji mocy biernej. Aktualne warunki przyłączeniowe PPE nie zawierają również parametrów brzegowych tg φ, dla którego będzie naliczana kara za jego przekroczenie. Brak kompensacji mocy biernej, na skutek starzenia się elementów reaktancyjnych opraw, odpowiedzialnych za zmianę kąta fazowego prądu w stosunku do napięcia, może objawiać się zwiększonym zużyciem energii czynnej, która wydziela się w przewodach przesyłowych. Widoczne jest to jako zwiększone zużycie energii w stosunku do rzeczywistej mocy zainstalowanej systemu. Zjawisko to, po analizie zużycia całkowitego nie zostało zidentyfikowane. Analiza kompensacji mocy biernej nie powinna być analizowana pod kątem oszczędności z tytułu uniknięcia kar umownych, lecz obowiązku dbania, aby nie występowały przekroczenia parametrów mocy biernej określone w warunkach przyłączeniowych, gdyż jest to czysta strata, która nie powinna występować i nie jest ujęta w żadnej z prognoz zużycia energii. Koszt przekroczonej mocy biernej może być bolesnym kosztem dla Zamawiającego, gdyż jest to koszt 3-5 razy większy od ceny mocy czynnej i oszczędności wygenerowane przez obniżenie mocy opraw mogą być skonsumowane przez niekontrolowany wzrost zużycia mocy biernej.

### 6.2.8. Wnioski z analizy kosztów i czasu eksploatacji.

Po analizie kosztów energii, zestawień PPE i biorąc pod uwagę inwentaryzację w terenie można stwierdzić:

1. W przypadku wykonania modernizacji wraz z przebudową systemu sterowania, koszty utrzymania systemu oświetlenia drogowego będą niższe od ponoszonych obecnie.
2. Czas eksploatacji systemu oświetleniowego wynosi około 4000 h rocznie.
3. Koszty energii można obniżyć poprzez obniżenie mocy po modernizacji.
4. Nowoczesne systemy sterowania oświetleniem (z analizatorami sieci w punktach sterowania) pozwolą kontrolować i eliminować niepotrzebne koszty ponoszone przez Miasto.

## 7. Porównanie wariantów zamierzenia inwestycyjnego oraz wybór wariantu optymalnego

### 7.1. Analiza finansowa proponowanych wariantów realizacji przedsięwzięcia pod względem nakładów koniecznych do poniesienia na inwestycję

#### 7.1.1. Wariant I "LED" Sterowanie indywidualne – szafkowe – cały obszar Miasta

Wariant I - LED - polegający na modernizacji wszystkich sodowych opraw oświetleniowych z wyjątkiem opraw LED. System projektowany ma się wyróżniać energooszczędnością przy jednoczesnym spełnieniu europejskiej normy oświetleniowej PN-EN 13201. W tym wariantie zakładamy, że uzyskamy oszczędność w zużyciu energii oraz niskie koszty eksploatacji.

#### Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie

- Wymiana opraw na LED, montaż przewodów, wysięgników i zabezpieczeń.
- Modernizacja układów zasilania, redukcja mocy dla całego systemu oświetleniowego.
- Instalacja systemu sterowania - sterowanie indywidualne opraw
- Montaż szaf oświetleniowych ze sterownikami segmentowymi
- Montaż układów kompensacji mocy biernej

#### Szacunkowa wycena nakładów inwestycyjnych w wariantcie I - cały obszar Miasta

Tabela 10. - Szacunkowe koszty inwestycji – wariant I

L.p.	Zakres robót budowlanych i prac instalacyjnych	Brutto		Nakłady inwestycyjne	
		ilość	k.jedn.	netto	brutto
1	Wymiana opraw oświetleniowych, instalacja systemu sterowania	4265	3 410,12	11 824 527,36	14 544 168,65
2	Budowa 3,15 km linii zasilających, instalacja słupów	1	467 100,00	379 756,10	467 100,00
3	Montaż szaf i układów kompensacji mocy biernej	141	55 300,00	6 339 268,29	7 797 300,00
RAZEM				18 543 551,75	22 808 568,65

Podstawą w tym zakresie były aktualne oferty rynkowe dostawców urządzeń i wykonawców robót budowlanych, oraz parametryczna wycena kosztorysowa podobnych inwestycji w krajach europejskich.

#### 7.1.2. Wariant II "LED" sterowanie indywidualne „chmurowe” – cały obszar Miasta

Wariant II - LED - polegający na modernizacji wszystkich sodowych opraw oświetleniowych z wyjątkiem opraw LED. Sterowanie indywidualne opraw. System projektowany ma się wyróżniać energooszczędnością przy jednoczesnym spełnieniu europejskiej normy oświetleniowej PN-EN 13201. W tym wariantcie zakładamy, że uzyskamy oszczędność w zużyciu energii oraz niskie koszty eksploatacji.

### Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie

- Wymiana opraw na LED, montaż przewodów, wysięgników i zabezpieczeń
- Modernizacja układów zasilania, redukcja mocy dla całego systemu oświetleniowego.
- Instalacja systemu sterowanie - sterowanie indywidualne opraw.
- Montaż układów kompensacji mocy biernej

### Szacunkowa wycena nakładów inwestycyjnych w wariantcie II – cały obszar Miasta

Tabela 11. Szacunkowe koszty inwestycji – wariant II

L.p.	Zakres robót budowlanych i prac instalacyjnych	Brutto		Nakłady inwestycyjne	
		ilość	k.jedn.	netto	brutto
1	Wymiana opraw oświetleniowych, instalacja systemu sterowania	4265	3 348,29	11 610 131,02	14 280 461,15
2	Budowa 3,15 km linii zasilających, instalacja słupów	1	467 100,00	379 756,10	467 100,00
3	Montaż szaf i układów kompensacji mocy biernej	141	22 100,00	2 533 414,63	3 116 100,00
RAZEM				14 523 301,75	17 863 661,15

Podstawą w tym zakresie były aktualne oferty rynkowe dostawców urządzeń i wykonawców robót budowlanych, oraz parametryczna wycena kosztorysowa podobnych inwestycji w krajach europejskich.



### 7.1.3. Porównanie symulowanych wariantów proponowanych wariantów pod względem technicznym i finansowym

Tabela 12. Porównanie Wariantów

Porównanie Wariantów				
Kluczowe Parametry Procesu		Znormalizowany czas 4150 h	Działania Inwestycyjne	
Lp		Realizacja 2017	Wariant I LED	Wariant II LED
1	Moc Umowna [ kW ]	1 557,00	1 557,00	1 557,00
2	Moc zainstalowana [kW]	698,21	183,12	183,12
3	Moc zainstalowana [%]		73,77%	73,77%
4	Czas eksploatacji	4 150	4 150	4 150
5	Ilość oprav podlegających analizie	4 265	4 265	4 265
6	Wolumen energii [kWh]	2 897 571,50	759 948,00	759 948,00
7	OSD	ENEA Operator	ENEA Operator	ENEA Operator
8	Taryfy	C11o	C11o	C11o
9	Koszt energii brutto z VAT	3 725 198,43	1 171 434,35	1 171 434,35
10	Ilość modernizowanych oprav		4 265	4 265
11	Efekt ekologiczny [ton CO2/rok]		1 464,27	1 464,27
12	Ograniczenie emisji [MWh/rok]		2 137,62	2 137,62
13	Ograniczone emisji [toe/rok]		183,803	183,803
14	Oszczędność koszt energii [PLN/rok]		2 553 764,08	2 553 764,08
15	Oszczędność energii [%]		69%	69%
16	Koszt inw. zmniejszenia energii [PLN/1MWh]		10670,06	8356,79
17	Nakłady Inwest. wg. kosztorysu	-	22 808 568,65	17 863 661,15
18	Koszty abonamentu, transmisji i opłat serwerowych -15lat	-	342 840,00	1 791 300,00
19	Razem nakłady z kosztami sterowania	-	23 151 408,65	19 654 961,15
20	Prosty czas spłaty	-	9,07	7,70
21	Poziom dofinansowania	-	40%	40%
22	Czas spłaty z dofinansowaniem	-	5,44	4,62
23	Wskaźnik efektywności kosztowej inwestycji UC	-	8 143,80	6 378,22

#### Wnioski:

1. Dla potrzeb analiz - zgodnych z Rozporządzeniem Ministra Energii w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii z dnia 5 października 2017 r. - do dalszych analiz przyjęto kwotę wynikającą z określonego w rozporządzeniu czasu eksploatacji 4150 godzin – **3 725 198,43** złotych
2. W przypadku podjęcia decyzji o modernizacji, koszt oświetlenia drogowego można zredukować o **69%**.
3. Korzyść na obniżeniu kosztów energii to **2 553 764,08** złotych rocznie.

## 7.2. Wybór wariantu optymalnego

### 7.2.1. Definicja wskaźnika efektywności kosztowej CEA

W celu wyboru wariantu najkorzystniejszego zastosowana została analiza efektywności kosztowej CEA, która służy do porównywania różnych wariantów, które cechują się analogicznym efektem. Pozwala odpowiedzieć na pytanie, jaki jest najniższy koszt realizacji danego celu (np. standardu ekologicznego).

Miara efektywności kosztowej jest stosunek kosztów do efektu ekologicznego. Im niższy będzie koszt w przeliczeniu na jednostkę, tym lepiej. Istnieje wiele metod liczenia wskaźnika efektywności kosztowej.

Najważniejsze z nich to koszt jednostkowy, roczny koszt jednostkowy (*Annualised Capital Cost*) i dynamiczny koszt jednostkowy DGC (*Dynamic Generation Cost*).

Koszt jednostkowy to miara statyczna, która używana była przez większość funduszy ochrony środowiska w Polsce (z wyjątkiem krakowskiego funduszu i EkoFunduszu). Jest to relacja pomiędzy nakładami inwestycyjnymi a efektem ekologicznym uzyskanym w pierwszym roku po zakończeniu inwestycji. Koszt jednostkowy nie bierze pod uwagę kosztów eksploatacyjnych, co jest dużą wadą, bo wysokie koszty inwestycyjne nie muszą pociągać za sobą wysokich kosztów eksploatacyjnych. Nie uwzględnia on też profilu efektu ekologicznego, czyli zmian wielkości emisji w okresie działania instalacji.

$$UC = \frac{I}{EE}$$

gdzie:

UC - koszt jednostkowy,

I - całkowite nakłady inwestycyjne,

EE - efekt ekologiczny uzyskany w pierwszym roku po inwestycji

W tym projekcie właśnie ma zastosowanie wskaźnik kosztu jednostkowego UC.

### 7.2.2. Metodologia wyboru wariantu optymalnego.

Optymalność, rozumiana przez Audytorów, to jest kompromis pomiędzy kosztami inwestycji, a jej wynikami poprawienia efektywności energetycznej. Czym innym jest, wariant optymalny z punktu widzenia inwestora, uwzględniający takie kryteria jak możliwości budżetowe, wizerunek Miasta, kwestie własnościowe i szereg innych parametrów.

Analizując korzyści i koszty związane z obniżeniem mocy opraw zaklasyfikowanych do modernizacji, wnioskujemy, że racjonalnymi i efektywnymi rozwiązaniami są jedynie warianty LED. Ze względu na zupełnie odmienną charakterystykę lamp sodowych i LED, skłaniamy się ku wymianie jak największej części infrastruktury na oprawy LED. Technologia sodowa jest w tej chwili wypierana przez LED, więc zalecamy stosowanie najnowszych technologii oświetleniowych. Dodatkową korzyścią, oprócz kwestii ekonomicznych i oświetleniowych są parametry funkcjonalne - łatwość sterowania i monitorowania opraw.

Elementem poprawiającym rentowność zamierzenia jest instalacja systemu komunikacji danych systemu oświetleniowego do siedziby Zamawiającego. Miasto będzie mieć pełną wiedzę na temat parametrów obwodów oświetleniowych, czyli bieżącą kontrolę nad zużyciem mocy czynnej i biernej, napięcia, prądów. Kontrola zużycia mocy czynnej i biernej jest kluczowym elementem rozliczania projektów dotacyjnych. Zwłaszcza koszt przekroczonej mocy biernej może być dużym kosztem dla Zamawiającego, gdyż koszt przekroczonej mocy jest 3 razy większy od ceny mocy czynnej i oszczędności wygenerowane przez obniżenie mocy opraw mogą być skonsumowane przez niekontrolowany wzrost zużycia mocy biernej.

Najmniej kosztownym, z punktu widzenia inwestora jest wariant II LED, pozwalający na znaczne obniżenie zużycia energii. Układy redukcji mocy w oprawach pozwalają na skuteczne obniżenie zużywanej mocy o dodatkowe 30-40 %. Indywidualne sterowanie oprawami - w wariantcie I – wprawdzie nie przyniesie dodatkowych oszczędności w zużyciu energii, lecz zwiększy elastyczność sterowania i wygeneruje dokładniejsze informacje o systemie oświetleniowym. Z tego powodu zalecamy to rozwiązanie.

Dla zalecanego wariantu modernizacja przyniesie wysokie wskaźniki oszczędności energii i redukcji CO<sub>2</sub>. Dla obszaru miasta - 4265 opraw, zakładając czas eksploatacji systemu oświetleniowego - 4150 godzin rocznie - oszczędności energii wyniosą ponad 69%, zaś redukcja emisji CO<sub>2</sub> 1464,27 ton rocznie.

Kryterium efektywności technologicznej winno być wysoko ocenione ze względu na zastosowanie nowoczesnych opraw LED (o bardzo wysokiej efektywności oświetleniowej i wysokiej trwałości) w połączeniu z układami sterowania i redukcji.

### 7.2.3. Analiza porównawcza kosztów eksploatacyjnych przed i po modernizacji

Koszty konserwacji i energii: porównanie przed i po modernizacji

Umowa z Enea Oświetlenie sp. z o.o. obejmuje zapis, że Miasto będzie dostarczało energię elektryczną do urządzeń własności Enea Oświetlenie. Miasto kupuje energię od dostawców wybranych w postępowaniu na dostawę energii w przetargu nieograniczonym. Taka też wartość została przyjęta do analizy.

Obecnie średnia cena rozliczeniowa za konserwację odniesiona do punktu świetlnego to 23,89 zł brutto/pkt miesięcznie.

Modernizacji wg założeń poddanych będzie 4265 punktów świetlnych. Cena za punkt świetlny w gminach wiejskich to 6,00 zł-10,00 zł brutto/pkt. Zakładamy, że cena dla Miasta nie będzie niższa niż 10,00 zł brutto/pkt. i taką cenę przyjęliśmy dla konserwacji po modernizacji. Należy przy tym zauważyć, że konserwacja to nie tylko wymiana źródeł światła (praktycznie nie ma zastosowania do opraw LED) ale również inne czynności jak: naprawa przerw w liniach zasilających, usuwanie zwarców czy wymiana uszkodzonych odcinków zasilających. Może również obejmować usuwanie szkód w wyniku zdarzeń komunikacyjnych. Dlatego pomimo okresu gwarancyjnego na oprawy należy również planować budżet na konserwację infrastruktury oświetleniowej, w której dokonano wymiany opraw oświetleniowych na nowe.

**Tabela 13. - Porównanie kosztów eksploatacyjnych**

Tytuł	Przed modernizacją		Po modernizacji
Oплата za energię	3 725 198,43	-69%	1 171 434,35
Konserwacja oświetlenia	1 222 690,20		511 800,00
Cena za punkt świetlny miesięcznie	23,89		10,00
<b>RAZEM</b>	<b>4 947 888,63</b>	<b>-66%</b>	<b>1 683 234,35</b>
<b>Liczba opraw</b>	<b>4 265</b>	<b>0%</b>	<b>4 265</b>
<b>Oszczędność</b>			<b>- 3 264 654</b>

#### Wnioski:

1. W przypadku wykonania modernizacji, koszty oświetlenia drogowego będą niższe o ok. **3 264 654 zł** rocznie.
2. Koszt oświetlenia dróg Miasta Bydgoszcz może zostać obniżony o ok. **66%**.
3. Inteligentne kontrolery sterujące systemem oświetleniowym rejestrują faktyczne interwencje konserwatora, prądu, napięcia, cos φ, czas pracy systemu oraz energię. Łatwiej zdalnie diagnozować pracę systemu. Działania konserwatora są monitorowane przez system komputerowy. Można zmienić system rozliczania z konserwatorem z ryczałtowego od punktu świetlnego na kosztorysowy od faktycznie wykonanych czynności plus kwota za gotowość.

### 7.3. Wnioski ostateczne

1. Wskazany w opracowaniu sposób zarządzania kosztami energii przedstawia drogę do obniżania kosztów i zwiększenia efektywności wydawanych publicznych środków finansowych.
2. Zalecanym rozwiązaniem przeprowadzenia modernizacji oświetlenia drogowego na terenie Miasta Bydgoszcz byłoby przede wszystkim wykonanie kompleksowej wymiany opraw HPS na LED, z uwagi na zdecydowaną poprawę parametrów oświetleniowych modernizowanych ciągów oraz możliwe niższe koszty eksploatacji.
3. Wymianie powinien podlegać również system sterowania oświetleniem ulicznym (inteligentny, zdalnie zarządzany).
4. Monitorowanie zużycia energii elektrycznej on-line na poziomie oprawy lub punktu sterowania obwodem oświetleniowym oraz raz na kwartał na podstawie wskazań z liczników energii

## 8. Analiza oddziaływania na środowisko

### 8.1. Oddziaływanie globalne

Projekt ma pozytywne oddziaływanie na klimat w ujęciu globalnym. Poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych o 1464,27 Mg/rok. Inwestycja ma na celu poprawę stanu środowiska (powietrza) co wpłynie pozytywnie na zdrowie mieszkańców obszaru realizacji projektu. Ten typ zanieczyszczeń wpływa także na środowisko globalnie i tak itp. zmiany klimatyczne czy dziura ozonowa są jednym z następstw zanieczyszczania powietrza. Ochrona powietrza stała się szczególnie ważna w ostatnich latach, kiedy to wiele państw stara się znacznie zredukować tego typu zanieczyszczenia, tym samym ograniczając swój udział w ocieplaniu się klimatu. Modernizacja oświetlenia ma na celu oszczędność zużycia energii elektrycznej. W wyniku tych oszczędności zmniejszają się wielkości emisji do atmosfery i ilości popiołów produkowanych przez elektrownie węglowe. Do wyprodukowania 1 MWh energii elektrycznej zużywa się ok. 500 kg węgla. W związku z tym do atmosfery wyemitowane zostają następujące ilości związków chemicznych i pyłów lotnych - na podstawie publikacji KOBIZE "Wskaźniki emisyjności SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla odbiorców końcowych energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2022 rok": CO<sub>2</sub> - 685 kg, CO - 0,261 kg, SO<sub>2</sub> - 0,436 kg, NO<sub>x</sub> - 0,456 kg, pyły lotne - 0,018 kg. Emitowane pyły lotne zawierają nie wymienione wyżej pierwiastki promieniotwórcze oraz ołów, kadm i arsen. Dla celu rozliczenia emisji CO<sub>2</sub> wskaźnik emisji, średnioważony dla całego kraju ma być przyjęty w wysokości 0,685. Prace związane z przystosowaniem istniejących obiektów słupowych będą miały niewielki wpływ na stan zanieczyszczenia powietrza (typowe prace remontowe).

### 8.2. Zgodność projektu z prawem ochrony środowiska

Podstawowym dokumentem regulującym kwestie przeprowadzenia SOOŚ jest ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 2013 r., poz. 1235 z późn. zm.), zwanej dalej ustawą ooś. Zgodnie z zaświadczeniem Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska z dnia 23 marca 2017 roku znak WOO-I.070.41.2017.MK.1 planowane zamierzenie inwestycyjne nie zalicza się do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko wymienione w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 roku w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko.

### 8.3. Wpływ Na Obszary Natura 2000

Natura 2000 to sieć ekologiczna, której podstawowym celem jest zachowanie różnorodności biologicznej krajów Unii Europejskiej poprzez ochronę dzikiej fauny i flory oraz siedlisk przyrodniczych. Podstawę prawną do tworzenia sieci Natura 2000 stanowią dyrektywy Unii Europejskiej:

- > 92/43/EWG o ochronie siedlisk naturalnych oraz dzikiej fauny i flory (tzw. Dyrektywa „Siedliskowa”),
- > 79/409/EWG w sprawie ochrony dzikich ptaków (tzw. Dyrektywa Ptasia).

W celu ochrony gatunków ptaków, które znalazły się w Załączniku I do Dyrektywy Ptasiej wyznaczane są tzw. Obszary Specjalnej Ochrony (OSO). Na podstawie Dyrektywy Siedliskowej tworzone są natomiast Specjalne Obszary Ochrony (SOO), które obejmują tereny ważne z punktu widzenia zachowania lub odtworzenia określonych rodzajów siedlisk przyrodniczych i siedlisk gatunków.

Przedmiotowa inwestycja, zlokalizowana na terenie Miasta Bydgoszcz znajduje się poza bezpośrednim wpływem potencjalnego oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000.

Zgodnie z wytycznymi znak: MIR/H/2014-202/31(1) /10/2015 Ministerstwa Rozwoju Regionalnego w zakresie dokumentowania postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko dla przedsięwzięć współfinansowanych z krajowych lub regionalnych programów operacyjnych z dnia 19.10.2015 r. – jeżeli projekt ma charakter nieinfrastrukturalny wnioskodawca nie ma obowiązku dołączania deklaracji organu odpowiedzialnego za monitorowanie obszarów sieci Natura 2000.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [www. natura2000.gdos.gov.pl](http://www.natura2000.gdos.gov.pl)

## 8.4. Wyliczenie wskaźnika ekologicznego dla modernizowanego obszaru

Modernizacja oświetlenia ma na celu oszczędność zużycia energii elektrycznej. W wyniku tych oszczędności zmniejszają się wielkości emisji do atmosfery i ilości popiołów produkowanych przez elektrownie węglowe. Do wyprodukowania 1 MWh energii elektrycznej zużywa się ok. **500 kg** węgla. W związku z tym do atmosfery wyemitowane zostają następujące ilości związków chemicznych i pyłów lotnych - na podstawie publikacji KOBIZE "Wskaźniki emisyjności SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej w instalacjach spalania na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2022 rok": **CO<sub>2</sub> – 685 kg, CO – 0,261 kg, SO<sub>2</sub> – 0,436 kg, NO<sub>x</sub> – 0,456 kg, pyły lotne – 0,018 kg.** Emitowane pyły lotne zawierają nie wymienione wyżej pierwiastki promieniotwórcze oraz ołów, kadm i arsen. Dla celu rozliczenia emisji **CO<sub>2</sub>** wskaźnik emisji, średnioważony dla całego kraju ma być przyjęty w wysokości **0,685**. W skali roku, do atmosfery zostaną wyemitowane następujące ilości CO<sub>2</sub> wyliczone wg algorytmu:

$$\Delta E * h * 0,685$$

gdzie:

$\Delta E$  - oszczędność mocy zainstalowanej w kW (różnica między mocą przed i po modernizacji dla badanego obszaru)

$h$  - normatywny czas świecenia - 4150h

0,685 - współczynnik emisji CO<sub>2</sub>

**Tabela 14. Efekt ekologiczny**

Efekt ekologiczny - dla odbiorców końcowych energii elektrycznej				
Lp.	Parametr	Jednostki	Wartość	Zmiana
1	Moc przed modernizacją	kW	698,21	73,77%
2	Energia przed modernizacją	MWh	2 897,57	
3	Moc po modernizacji	kW	183,12	-515,09
4	Energia po modernizacji	MWh	759,95	73,77%
5	Czas eksploatacji [rocznie]	h	4150	
6	Energia zaoszczędzona końcowa	MWh	2 137,62	
Lp	Zanieczyszczenia		Zanieczyszczenia [ Mg ]	kg z MWh
1	Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	Mg	1 464,27	685,000
2	Dwutlenek siarki SO <sub>2</sub>	Mg	0,932	0,436
3	Tlenki azotu No <sub>x</sub>	Mg	0,975	0,456
4	Tlenek węgla CO	Mg	0,56	0,261
5	Pyły całkowite	Mg	0,04	0,018
5	Energia	toe		183,803

Koncepcja kompleksowej modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Bydgoszcz zakłada zastąpienie, istniejącego, wyeksploatowanego oświetlenia sodowego na oświetlenie lampami LED o mniejszej mocy i trwałości użytkowej min. 100 000 h. Zatem wymiana i utylizacja źródeł będzie zachodziła trzy razy rzadziej niż obecnie.

## 8.5. Zanieczyszczenie powietrza w trakcie modernizacji

Prace związane z przystosowaniem istniejących obiektów słupowych będą miały niewielki wpływ na stan zanieczyszczenia powietrza (typowe prace budowlane). W trakcie prowadzenia tych prac wystąpi nieznaczna emisja zanieczyszczeń pyłowych spowodowana tymi pracami.



Wśród elementów budowlanych, które mają ulec rozbiórce, nie stwierdzono występowania elementów azbestowych. Jednakże, w wypadku stwierdzenia w czasie prac budowlanych występowania jakichkolwiek elementów azbestowych bądź azbestocementowych należy bezwzględnie zachować odpowiedni reżim staranności prowadzenia prac:

- wszelkie prace przy rozbiórce elementów azbestowych i azbestocementowych należy wykonywać w maskach przeciwpyłowych i okularach ochronnych;
- w czasie rozbiórki należy obficie zwilżać demontowane elementy wodą w celu ograniczenia pylenia;
- należy starannie gromadzić wszystkie fragmenty demontowanych elementów azbestowych i następnie przekazać destruktorowi w całości podmiotowi uprawnionemu do utylizacji odpadów niebezpiecznych

Poza możliwością wystąpienia elementów azbestowych, biorąc pod uwagę zakres i czas trwania prac budowlanych należy stwierdzić, że zanieczyszczenie powietrza związane z tymi pracami jak i z eksploatacją urządzeń budowlanych będzie pomijalnie małe. Podczas demontażu opraw ze źródłami światła typu HQL tzw. rtęciowych należy zachować ostrożność, aby nie dopuścić do uwolnienia szkodliwych związków do środowiska. Następnie źródła i oprawy poddać utylizacji w specjalizowanym zakładzie.

## 9. Analiza instytucjonalna

---

### 9.1. Wykonalność instytucjonalna projektu

#### 9.1.1. Status prawny inwestora

Wykonawcą instytucjonalnym projektu (inwestorem) jest **Miasto Bydgoszcz**, jednostka samorządu terytorialnego posiadająca samodzielną osobowość prawną na podstawie ustawy z dnia 8 marca 1990 roku o samorządzie gminnym (tekst jednolity Dz. U. Nr 142 z 2001 roku z późn. zmianami).

Projekt w sposób niebudzący wątpliwości mieści się w kompetencjach samorządu gminnego określonych przywołaną ustawą i należy do zadań własnych Miasta. Realizacja projektu nie jest uzależniona od działań osób ani instytucji trzecich. Brak jest rozpoznawalnych zagrożeń dla realizacji projektu, wynikających z czynników formalno-prawnych, oraz instytucjonalnych zarówno po stronie beneficjenta jak i instytucji zewnętrznych.

#### 9.1.2. Stabilność ekonomiczna i zdolność kredytowa inwestora

Sprawdzono, czy wykonawca instytucjonalny jest w sytuacji stabilnej ekonomicznie i ma zdolność kredytową niezbędną do realizacji projektu.

Od strony formalno-prawnej ogólne warunki zadłużania się samorządów wyglądają następująco:

- łączna kwota długu jednostki na koniec roku budżetowego nie może być większa niż 60% wykonanych dochodów budżetowych w danym roku, (Ustawa o finansach publicznych, art. 114 ust. 1), oraz
- łączna kwota spłat przekraczających na dany rok nie może być większa niż 15% tychże dochodów (Ustawa o finansach publicznych w art. 113 ust. 1).

**Warunki powyższe nie dotyczą jednak kredytów zaciąganych na sfinansowanie kosztów projektu. Ustawa o finansach publicznych w art. 114 ust. 3. wyłącza kredyty zaciągane w związku ze środkami określonymi w umowie z podmiotem dysponującym funduszami strukturalnymi [...] Unii Europejskiej.**

Skala inwestycji w wariantcie maksymalnym może wymagać zaciągnięcia kredytu lub konieczność emisji obligacji komunalnych w przypadku, kiedy inwestycja miałaby być finansowana bez wkładu własnego a spłacana z oszczędności w zużyciu energii elektrycznej do celów oświetlenia dróg i ulic. Nie zamyka to też drogi do ubiegania się o dotację i wtedy finansowe zamknięcie projektu, gdyż dopiero zapłacone faktury są tytułem do otrzymania dotacji z EFRR i muszą być załączone do końcowego wniosku o płatność. Wobec opisanych poniżej ograniczeń w sposobie finansowania inwestycji nałożonych na JST przez ustawę o finansach publicznych, należy rozważyć inne sposoby realizacji inwestycji np. poprzez spółkę komunalną.



W świetle opinii i uchwał Regionalnych Izb Obrachunkowych w zakresie dozwolonych instrumentów finansowania inwestycji nie istnieje legalna możliwość sfinansowania inwestycji w taki sposób, aby być w zgodzie z Ustawą o finansach publicznych i sfinansować inwestycję z pominięciem ustawy w zakresie nie wykazania tego zadłużenia. JST dla niektórych zadań, przez wiele lat finansowały inwestycje modernizacyjne poprzez mechanizm:

- a. "wykupu wierzytelności"
- b. "kredytu kupieckiego" udzielanego przez wykonawcę za dodatkowym wynagrodzeniem za odroczenie płatności w postaci odsetek umownych. Charakter tej umowy miał cechy de facto "leasingu finansowego" bez nadania mu takiej nazwy.

W pierwszym przypadku działo się to przy pozytywnej opinii RIO w Szczecinie z 2004 r. i przychylnym traktowaniu przez NIK jak również tolerowane było przez inne izby. W 2008 r. ta sama izba RIO w Szczecinie wydała opinię negatywną. Izba Małopolska nie wydała podobnej opinii na piśmie, ale stoi na podobnym stanowisku jak Izba w Szczecinie. W ostatnim czasie negatywne opinie o możliwości finansowania inwestycji poprzez założony z góry wykup wierzytelności wydały:

- a. RIO w Opolu – uchwała RIO w formie decyzji administracyjnej 2009 r.
- b. RIO Dolnośląskie - w sprawie budowy drogi przez związek gmin - 2009 r. zaskarżone przez związek do WSA w styczniu 2010 r.
- c. RIO w Kielcach listopad 2009
- d. RIO w Lublinie luty 2010

W sytuacji już utrwalonej negatywnej opinii RIO w zakresie tego sposobu finansowania inwestycji, podjęcie tego typu uchwały przez Radę Miasta z dużym prawdopodobieństwem zostałoby uchylone przez RIO, właściwą dla siedziby JST, a w sytuacji, gdyby uchwała została podjęta z pominięciem RIO, działanie to jako naruszające ustawę o finansach publicznych mogłoby spowodować sankcje dyscyplinarne związane z naruszeniem ustawy. Wykup wierzytelności jako sposób finansowania inwestycji, jest niedopuszczony Ustawą o finansach publicznych przy praktycznie jednoznacznej negatywnej opinii większości Regionalnych Izb obrachunkowych, stąd zdecydowanie nie zalecamy tej metody do sfinansowania tego zadania.

Metoda b) kredytu kupieckiego również nie cieszy się pozytywną opinią RIO. W świetle ustawy z 2004 r. "O terminach płatności w transakcjach handlowych", może spowodować konieczność zapłaty wyższych odsetek ustawowych od przedłużonego terminu płatności wbrew uzgodnionych z wykonawcą niższych odsetek umownych. Wprawdzie ustawa wyłącza ze swojego zakresu regulacji zadania własne Miasta, lecz w orzecznictwie sądowym autor opracowania znalazł wyroki SO, że w przypadku zapłaty za budowę obiektu sportowego JST została zobowiązana przez Sąd do zapłaty całości zobowiązania wraz z odsetkami ustawowymi. Ponadto RIO, podobnie jak w przypadku "wykupu wierzytelności" uznaje, że kredyt kupiecki, jako metoda finansowania inwestycji nie został wskazany przez art. 217 Ustawy o finansach publicznych, jako sposób dozwolony administracyjnie do stosowania przez JST. W związku z tym, jego stosowanie jest naruszeniem ustawy o finansach publicznych, które może spowodować konsekwencje dyscyplinarne.

"Kredyt kupiecki" z umówionym dodatkowo wynagrodzeniem za odroczenie płatności w postaci odsetek umownych jest jak wcześniej napisałem de facto, "leasingiem finansowym". Leasing finansowy nie został wskazany w ustawie o finansach publicznych jako sposób finansowania inwestycji [deficytu budżetowego w związku z podjęciem inwestycji] i jako taki nie może być stosowany przez JST.

Katalog sposobów finansowania w ustawie o finansach publicznych [nr art. po nowelizacji] określony jest enumeratywnie:

**Art. 217.**

1. Różnica między dochodami a wydatkami budżetu jednostki samorządu terytorialnego stanowi odpowiednio nadwyżkę budżetu jednostki samorządu terytorialnego albo deficyt budżetu jednostki samorządu terytorialnego.

2. Deficyt budżetu jednostki samorządu terytorialnego może być sfinansowany przychodami pochodzącymi z:

**1) sprzedaży papierów wartościowych wyemitowanych przez jednostkę samorządu terytorialnego;**

- 2) kredytów;
- 3) pożyczek;
- 4) prywatyzacji majątku jednostki samorządu terytorialnego;
- 5) nadwyżki budżetu jednostki samorządu terytorialnego z lat ubiegłych;
- 6) wolnych środków jako nadwyżki środków pieniężnych na rachunku bieżącym budżetu jednostki samorządu terytorialnego, wynikających z rozliczeń wyemitowanych papierów wartościowych, kredytów i pożyczek z lat ubiegłych.

Wszystkie te sposoby finansowania, zaliczane są do długu publicznego zgodnie z treścią artykułu poniżej:

#### **Art. 72.**

1. Państwowy dług publiczny obejmuje zobowiązania sektora finansów publicznych z następujących tytułów:

- 1) wyemitowanych papierów wartościowych opiewających na wierzytelności pieniężne;
- 2) zaciągniętych kredytów i pożyczek;
- 3) przyjętych depozytów;
- 4) wymagalnych zobowiązań:
  - a) wynikających z odrębnych ustaw oraz prawomocnych orzeczeń sądów lub ostatecznych decyzji administracyjnych,
  - b) uznanych za bezsporne przez właściwą jednostkę sektora finansów publicznych będącą dłużnikiem.

Reasumując, wszystkie dozwolone ustawą sposoby finansowania JST są zaliczane do długu publicznego. Zobowiązania niewymagalne, wierzytelności niewymagalne, kredyt kupiecki niewymagalny oraz leasing finansowy nie są zaliczane do długu publicznego, ale nie są również dozwolone art. 217 Ustawy o finansach publicznych, jako sposoby finansowania deficytu JST, który wynika z podjęcia uchwały o realizacji inwestycji. Ewentualne wątpliwości, co jest zaliczane do długu publicznego ostatecznie rozwiązał Minister Finansów w rozporządzeniu z dnia 23 grudnia 2010 r., w którym de facto uznał, że wszystkie zapisy paragrafu zobowiązania, są długiem publicznym podlegającym wykazaniu w sprawozdaniu o zadłużeniu publicznym JST.

**Na uwagę zasługuje również bardzo istotny fakt, że w związku z ostatnią nowelizacją prawa o finansach publicznych podane wcześniej wskaźniki zadłużenia [15%, 60%] przestają obowiązywać z dniem 31 grudnia 2013 roku. Nowe zaś, będą wyliczane w oparciu o wyniki JST liczone od stycznia 2011 r.**

Ustawa z 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (dalej: nowa ustawa o finansach publicznych) zmienia m.in. zasady obliczania dopuszczalnego wskaźnika zadłużenia samorządów. Zamiast obowiązującego dotychczas wskaźnika ogólnego dla wszystkich samorządów nowe przepisy przewidują wprowadzenie wskaźnika zindywidualizowanego, uzależnionego od sytuacji finansowej danego samorządu (patrz: tabela).

Nowe zasady liczenia zdolności kredytowej samorządów, będą obowiązywały od 1 stycznia 2014 r. (art. 121 ust. 9 ustawy z 27 sierpnia 2009 r. – Przepisy wprowadzające ustawę o finansach publicznych). Po 1 stycznia 2014 r. ostateczny dopuszczalny poziom zadłużenia danego samorządu będzie zależeć wyłącznie od jego sytuacji finansowej, a nie od sztywnego wskaźnika obowiązującego wszystkie jednostki.

Panuje opinia, że "Nowa" ustawa o finansach publicznych umożliwi samorządom zadłużanie się w większym stopniu, niż ma to miejsce obecnie. Podobnie jak w obecnym systemie, decydować będą dochody, bieżące i majątkowe, samorządu. Jednak nie tylko z roku budżetowego. Analizie będą podlegać także poprzednie 3 lata. Oznacza to, że samorządy o wysokich dochodach i dużym majątku będą miały większe możliwości zaciągania długu niż obecnie, a jednostki o niskich dochodach z niewielkim majątkiem – mniejsze.

Porównanie stanu prawnego sprzed i po nowelizacji Ustawy o Fin. Pub.: Pokazuje tabela poniżej.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że we wzorze na średnią arytmetyczną z ostatnich trzech lat, będącą podstawą do obliczenia maksymalnego zadłużenia JST występuje różnica pomiędzy sumą dochodów bieżących i dochodów majątkowych a wydatkami bieżącymi. Dynamizuje to dotąd statyczny wskaźnik limitu maksymalnego zadłużenia i uzależnia go zarówno od dochodów jak wydatków bieżących. Badając przebieg funkcji zadłużenia, w celu zbadania, gdzie znajduje się jej maksimum, dochodzimy do wniosku, że najkorzystniejsze jest dla strategii finansowej JST:

1. Minimalizowanie wydatków bieżących
2. Maksymalizowanie dochodów bieżących

Przy ograniczonej możliwości operowania dochodami ze sprzedaży składników majątku.

Ustawa z dnia 30 czerwca 2005 r. o finansach publicznych	Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych
<p><b>Art. 169.</b></p> <p>1. Łączna kwota przypadających w danym roku budżetowym:</p> <p>1) spłat rat kredytów i pożyczek, o których mowa w art. 82 ust. 1 pkt 2 i 3 wraz z należnymi w danym roku odsetkami od kredytów i pożyczek, o których mowa w art. 82 ust. 1,</p> <p>2) wykupów papierów wartościowych emitowanych przez jednostki samorządu terytorialnego na cele określone w art. 82 ust. 1 pkt 2 i 3 wraz z należnymi odsetkami i dyskontem od papierów wartościowych emitowanych na cele określone w art. 82 ust. 1,</p> <p>3) potencjalnych spłat kwot wynikających z udzielonych przez jednostki samorządu terytorialnego poręczeń oraz gwarancji - nie może przekroczyć 15% planowanych na dany rok budżetowy dochodów jednostki samorządu terytorialnego.</p> <p>2. W przypadku, gdy relacja, o której mowa w art. 15 ust. 1 pkt 1 lit. a, przekroczy 55%, to kwota, o której mowa w ust. 1, nie może przekroczyć 12% planowanych dochodów jednostki samorządu terytorialnego, chyba, że obciążenia te w całości wynikają z zobowiązań zaciągniętych przed datą ogłoszenia tej relacji.</p> <p>3. Ograniczeń określonych w ust. 1 nie stosuje się do:</p> <p>1) emitowanych papierów wartościowych, kredytów i pożyczek zaciągniętych w związku z umową zawartą z podmiotem dysponującym środkami, o których mowa w art. 5 ust. 3;</p> <p>©Kancelaria Sejmu s. 79/79 2007-08-09</p> <p>2) poręczeń i gwarancji udzielonych samorządowym osobom prawnym realizującym zadania jednostki samorządu terytorialnego z wykorzystaniem środków, o których mowa w art. 5 ust. 3.</p> <p><b>Art. 170.</b></p> <p>1. Łączna kwota długu jednostki samorządu terytorialnego na koniec roku budżetowego nie może przekroczyć 60% wykonanych dochodów ogółem tej jednostki w tym roku budżetowym.</p> <p>2. W trakcie roku budżetowego łączna kwota długu jednostki samorządu terytorialnego na koniec kwartału nie może przekraczać 60% planowanych w danym roku budżetowym dochodów tej jednostki.</p>	<p><b>Art. 243.</b></p> <p>1. Organ stanowiący jednostki samorządu terytorialnego nie może uchwalić budżetu, którego realizacja spowoduje, że w roku budżetowym oraz w każdym roku następującym po roku budżetowym relacja łącznej kwoty przypadających w danym roku budżetowym:</p> <p>1) spłat rat kredytów i pożyczek, o których mowa w art. 89 ust. 1 pkt 2-4 oraz art. 90, wraz z należnymi w danym roku odsetkami od kredytów i pożyczek, o których mowa w art. 89 ust. 1 i art. 90,</p> <p>2) wykupów papierów wartościowych emitowanych na cele określone w art. 89 ust. 1 pkt 2-4 oraz art. 90 wraz z należnymi odsetkami i dyskontem od papierów wartościowych emitowanych na cele określone w art. 89 ust. 1 i art. 90,</p> <p>3) potencjalnych spłat kwot wynikających z udzielonych poręczeń oraz gwarancji do planowanych dochodów ogółem budżetu przekroczy średnią arytmetyczną z obliczonych dla ostatnich trzech lat relacji jej dochodów bieżących powiększonych o dochody ze sprzedaży majątku oraz pomniejszonych o wydatki bieżące, do dochodów ogółem budżetu, obliczoną według wzoru:</p> $\frac{(R + O)}{D} \leq \frac{1}{3} * \left( \frac{Db_{n-1} + Sm_{n-1} - Wb_{n-1}}{D_{n-1}} + \frac{Db_{n-2} + Sm_{n-2} - Wb_{n-2}}{D_{n-2}} + \frac{Db_{n-3} + Sm_{n-3} - Wb_{n-3}}{D_{n-3}} \right)$ <p>gdzie poszczególne symbole oznaczają:</p> <p><b>R</b> - planowaną na rok budżetowy łączną kwotę z tytułu spłaty rat kredytów i pożyczek, o których mowa w art. 89 ust. 1 pkt 2-4 oraz art. 90, oraz wykupów papierów wartościowych emitowanych na cele określone w art. 89 ust. 1 pkt 2-4 oraz art. 90,</p> <p><b>O</b> - planowane na rok budżetowy odsetki od kredytów i pożyczek, o których mowa w art. 89 ust. 1 i art. 90, odsetki i dyskonto od papierów wartościowych emitowanych na cele określone w art. 89 ust. 1 i art. 90 oraz spłaty kwot wynikających z udzielonych poręczeń i gwarancji,</p> <p><b>D</b> - dochody ogółem budżetu w danym roku budżetowym,</p> <p><b>Db</b> - dochody bieżące,</p> <p><b>Sm</b> - dochody ze sprzedaży majątku,</p> <p><b>Wb</b> - wydatki bieżące,</p> <p><b>n</b> - rok budżetowy, na który ustalana jest relacja,</p> <p><b>n-1</b> - rok poprzedzający rok budżetowy, na który ustalana jest relacja,</p> <p><b>n-2</b> - rok poprzedzający rok budżetowy o dwa lata,</p> <p><b>n-3</b> - rok poprzedzający rok budżetowy o trzy lata.</p> <p>2. Przy obliczaniu relacji, o których mowa w ust. 1, dla roku poprzedzającego rok budżetowy przyjmuje się planowane wartości wykazane w sprawozdaniu za trzy kwartały z wykonania budżetu jednostki samorządu terytorialnego. Do obliczenia relacji dla poprzednich dwóch lat przyjmuje się wartości wykonane wynikające ze sprawozdań rocznych.</p>

## Stosunki własnościowe

W Mieście występują następujące tytuły do dysponowania systemem oświetleniowym:

- a) **Oprawy oświetleniowe wraz z osprzętem, należące do Miasta zainstalowane są na konstrukcjach wsporczych Miasta.**
- b) **Oprawy należące do Miasta zainstalowane na konstrukcjach wsporczych, stanowiące sieć przesyłową należą do OSD.**
- c) **Oprawy, słupy wolnostojące niebędące częścią sieci dystrybucyjnej i infrastruktura oświetleniowa należą do EOŚ będącego częścią grupy kapitałowej Enea SA. Konstrukcje wsporcze będące częścią sieci dystrybucyjnej są wyłącznie własnością OSD będącego częścią grupy kapitałowej Enea SA.**

W zależności od kombinacji relacji właścicielskich, wymagane są inne dokumenty do wszczęcia inwestycji oraz inne umowy regulujące wzajemnych relacje pomiędzy inwestorem publicznym a lokalnym OSD.

W przypadku:

- a) W tym przypadku, nie ma żadnych przeszkód do swobodnego dysponowania nieruchomością do celów inwestycyjnych
- b) Ruchomości, tj. oprawy wraz z osprzętem zainstalowane są na nieruchomości OSD. W takiej sytuacji wymagane będzie współdziałanie osób prawnych, w celu wykonania inwestycji. Powoduje to konieczność uzyskania zgody OSD na zainstalowanie ruchomości Miasta, na nieruchomości OSD, poprzez otrzymanie tzw. Warunków Technicznych Modernizacji oraz zawarcie umowy o udostępnieniu nieruchomości do wykonania instalacji.
- c) Podobnie jak w punkcie b), wymagane będzie współdziałanie osób prawnych, w celu wykonania inwestycji. Powoduje to konieczność uzyskania zgody OSD na zainstalowanie ruchomości EOŚ na nieruchomości OSD, poprzez otrzymanie tzw. Warunków Technicznych Modernizacji oraz zawarcie umowy o udostępnieniu nieruchomości do wykonania instalacji. Również uregulowanie sposobu zarządzania zdemontowanym majątkiem OSD.

**W analizowanym przypadku mamy do czynienia głównie z przypadkami a), b) i c). Spółka posiada faktury wskazujące bezspornie własność instalacji oraz umowę na dysponowanie nieruchomością do zainstalowania swoich ruchomości na infrastrukturze OSD.**

### 9.1.3. Plan wdrożenia projektu

Nadzór inwestorski dla zadania Inwestor powinien zlecić podmiotowi zewnętrznemu. Nadzory branżowe (zewnętrzne i odpłatne) ze strony podmiotów uzgadniających wykonawstwo robót budowlanych w ramach poszczególnych branż, powinien uzgadniać i koordynować na bieżąco inspektor nadzoru, powołany przez Inwestora. Nadzór nad sprawami finansowymi przedsięwzięcia pełnić będą służby finansowe Samorządu Miasta Bydgoszcz.

### 9.1.4. Przybliżony harmonogram inwestycji

Tabela 15. Przybliżony harmonogram inwestycji

Lata:	2024		2025				2026				2027	
Kwartaly:	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Dokumentacja Projektowa, SWZ, OST, SST, STWiOR												
Przetarg Publiczny												
realizacja inwestycji i odbiór												
rozliczenia												

## 9.2. Stosunki umowne

W umowie z przyszłym eksploatatorem i konserwującym, Umowa będzie zastrzegała dla zlecającego:

- prawo kontroli oraz interwencji, czy system oświetleniowy jest w 100% sprawny technicznie;
- w razie stwierdzenia odstąpienia przez zarządzającego, zleceniobiorcę od umowy w tym zakresie lub niepełnego realizowania umowy – prawo wezwania zleceniobiorcy do natychmiastowej interwencji;
- w wypadku bezskutecznego upływu terminu, o którym mowa w punkcie 2 – prawo wypowiedzenia zlecenia ze skutkiem natychmiastowej bez dodatkowych warunków.

Nadto w umowie dzierżawy winny być uregulowane między innymi następujące kwestie:

- gwarancja ze strony zleceniobiorcy, że technologia konserwacji, stosowana w obiekcie nie spowoduje pogorszenia systemu oświetleniowego;
- kwestię ponoszenia przez zleceniobiorcę koniecznych nakładów odtworzeniowych w ramach czynności konserwacyjnych;

## 9.3. Propozycje metody kontroli efektów inwestycji

### 9.3.1. Określenie zakresu kontroli

Zgodnie z koncepcją modernizacji dofinansowanej przez RPO kontroli powinna podlegać:

1. Infrastruktura oświetleniowa objęta modernizacją,
2. Usterkowość (trwałość i gwarancja),
3. Wynik inwestycji poprawienia efektywności energetycznej (efekt ekologiczny) polegający na kontroli wolumenu energii przeznaczonej do oświetlenia.

Wychodząc naprzeciw wymaganiom, należałoby:

1. Oznakować zmodernizowany majątek.
2. Poddać go geoinwentaryzacji
3. Wdrożyć system kontrolingu

Koncepcja kontrolingu nie była objęta zamówieniem i Miasto powinna wdrożyć tę koncepcję we własnym zakresie, na bazie wdrażanego oprogramowania SIP lub zaopatrzyć się w dedykowaną do tego celu platformę softwarową.

Równanie profilu dla pojedynczego n-tego obwodu rozliczeniowego przedstawia się jak poniżej

$$w_n = p_n * \sum_{i=1}^{365} (t_i)$$

**Gdzie:**

$w_n$  – oznacza wartość energii dla n-tego obwodu rozliczeniowego, opisane inkluzją, gdzie  $n \in \{1; N\}$

$p_n$  – oznacza wartość mocy rzeczywistej n-tego obwodu rozliczeniowego, będącego sumą mocy rzeczywistej opraw zainstalowanych na tym obwodzie  $p_n = \sum_{i=1}^N p_o$ , gdzie  $p_o$  – oznacza moc rzeczywistą oprawy w obwodzie rozliczeniowym

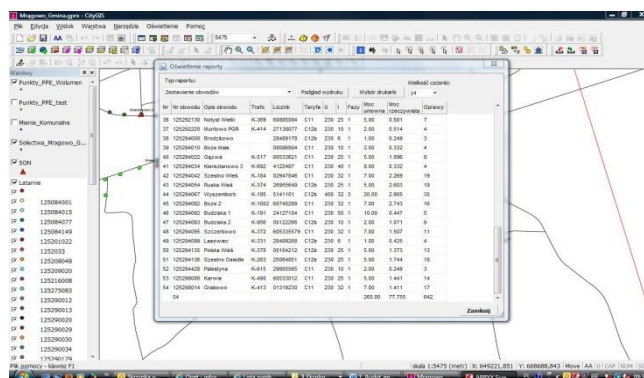
$t_i$  – oznacza czas eksploatacji w dniu rozliczeniowym liczony od zachodu [włączenie] do wschodu [wyłączenie] słońca, rozliczenie w modelu następuje dla każdego dnia. Ponieważ, w niektórych miejscowościach stosuje się opóźnienie czasu na włączenie i wyprzedzenie na wyłączenie, w takiej sytuacji energia zużyta w okresie rozliczeniowym będzie pod wartością wynikającą z wzorca. W sytuacji, kiedy ten czas będzie większy, będzie ponad wzorcem, co będzie informacją wskazującą na konieczność interwencji.

Model powyższy będzie zaszyty w oprogramowaniu bazodanowym. Po wprowadzeniu okresu rozliczeniowego, oprogramowanie automatycznie wyliczy czas rozliczeniowy wzorcowy  $T_{RW} = \sum_{t=1}^{t=30} t_i$  - dla 30 dniowego okresu

Różnica pomiędzy wolumenem wzorcowym w okresie rozliczeniowym a wartością otrzymana od dostawcy energii (w istocie źródłem danych jest OSD) stanowi, o jakości pracy systemu jak również o trafności przyjętych założeń projektowych i wykonawstwie. Odchyłkę tę można opisać wzorem:

Gdzie  $W_{OW}$ - to wartość zużycia energii w okresie rozliczeniowym wykazana przez operatora na fakturze.

Stąd takie czynności kontrolne są jak najbardziej uzasadnione, w dobrze zorganizowanym procesie kontrolingu.



Raport o ppe generowany z systemu SIP

66