

**AUDYT EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ
OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE
GMINY KAMIENICA POLSKA**

Zlecający: **Gmina Kamienica Polska
ul. Marii Konopnickiej 12
42-260 Kamienica Polska**

Wykonawca: **JASNY PL Sp. z o.o.**
ul. Dehnelów 40, 41-250 Czeladź


Wykonał: mgr inż. Jarosław Filas

marzec 2024

Spis treści

KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ	4
1. Wstęp	5
Podstawa opracowania audytu.....	5
Zakres audytu	6
2. Metodologia wykonanej inwentaryzacji	6
3. Ocena stanu technicznego systemu.....	7
Inwentaryzacja instalacji objętej projektem modernizacji	7
Infrastruktura systemu oświetlenia	8
Oprawy	9
Słupy.....	9
Wysięgniki	10
Zasilanie - Punkty Poboru Energii.....	10
4. Podsumowanie inwentaryzacji (wnioski).....	10
5. Analiza zużycia energii instalacji oświetleniowej (dla stanu istniejącego).....	11
Moc istniejącego systemu	12
Zużycie energii elektrycznej przez system	12
Koszty energii elektrycznej zużywanej przez system	13
Wnioski końcowe analizy stanu istniejącego i propozycje działań	14
6. Wskazanie wariantów modernizacji oświetlenia	14
Wariant 1 – modernizacja na oprawach LED technologia innowacyjna	14
Analiza finansowa wariantu nr 1 modernizacji	16
Wariant 2 modernizacji	17
Analiza finansowa wariantu nr 2 modernizacji	27
Analiza ilości zaoszczędzonej energii finalnej	28
Podsumowanie wariantów modernizacji.....	30
7. Ustalenie zakresu i wariantu modernizacji oświetlenia ulicznego.....	31
8. Wyliczenie efektu oszczędności energii elektrycznej i efektu ekologicznego (dla zakresu modernizacji).....	32
9. Koszt wymiany opraw oświetleniowych	33
10. Analiza oddziaływania na środowisko.....	33
11. Podsumowanie.....	34

Dokumentacja składa się z następujących elementów:

Część 1.

Inwentaryzacja systemu oświetleniowego gminy w systemie geoinformatycznym GIS w zakresie wskazanym przez Zamawiającego

Część 2.

Audyt energetyczny oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Kamienica Polska w zakresie wskazanym przez Zamawiającego w tym:

- inwentaryzacja sieci oświetleniowej
- analiza techniczno–technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej
- analiza ekonomiczno-finansową zawartych umów pod kątem warunków zakupu i rozliczania kosztu energii elektrycznej
- analiza kosztu utrzymania i eksploatacji oświetlenia
- analiza wariantów modernizacji
- analiza oddziaływania na środowisko

Audyt efektywności energetycznej

oświetlenia ulicznego

na terenie Gminy Kamienica Polska

KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ		Data wykonania		
		20.04.2024 r.		
Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej				
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:		Modernizacja oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Kamienica Polska		
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków):		Wymiana opraw oświetlenia ulicznego na energooszczędne oprawy LED		
Dane podmiotu, u którego będzie realizowane/zostało zrealizowane* przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej, lub podmiotu upoważnionego (numer PESEL albo nazwa):		Gmina Kamienica Polska ul. Marii Konopnickiej 12 42-260 Kamienica Polska		
Planowana data rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:**		Data zakończenia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:***		Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii:
II kw. 2024 r.		n/d		5
Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej				
Średnioroczna ilość energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia: **		358 246,34	kWh/rok	30,80 **** toe/rok
Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia: **		895 615,86	kWh/rok	77,01 **** toe/rok
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii finalnej: ***		n/d	kWh/rok	n/d toe/rok
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej: ***		n/d	kWh/rok	n/d toe/rok
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej				
Imię i nazwisko:		Jarosław Filas		
Nr telefonu:		32 700 02 44		
Podpis:				

1. Wstęp

Przedmiotem niniejszego audytu jest:

- inwentaryzacja i analiza stanu istniejącego oświetlenia,
- przedstawienie koncepcji modernizacji oświetlenia ulicznego
- określenie możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji
- wskazanie zasadności (lub braku zasadności) podjęcia inwestycji

Audyt sporządzony został zgodnie z metodyką określoną w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii¹.

W audycie uwzględniono usprawnienia umożliwiające uzyskanie oszczędności energii: zastosowanie bardziej energooszczędnych źródeł światła i opraw oświetleniowych z jednoczesną konieczną poprawą bezpieczeństwa i geometrii ich montażu.

Wykonanie audytu poprzedzono inwentaryzacją „z natury” istniejących opraw i słupów, zidentyfikowano typy i moce poszczególnych opraw.

Podstawa opracowania audytu

1. Umowa pomiędzy:
Gminą Kamienica Polska a firmą JASNY PL Sp. z o.o.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.
3. Norma PN-EN 13201 - Oświetlenie dróg.
4. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne (Dz. U. z 2006 r. Nr 89, poz. 625, z późn. zm.).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenie metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych.
6. Materiały otrzymane od Zamawiającego (w tym: kopie faktur dla PPE)

¹ Dz.U.2017.1912

7. Aktualne stawki za energię i dystrybucję obowiązujące dla oświetlenia pozyskane z aktualnych faktur.

Zakres audytu

Gmina Kamienica Polska znajduje się w powiecie częstochowskim, w województwie śląskim. Siedzibą gminy jest Kamienica Polska. Terenu gminy Kamienica Polska charakteryzują się różnorodnością krajobrazów, obejmujących zarówno obszary rolnicze, jak i lasy. Gmina ta leży na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, co sprawia, że jest atrakcyjna dla turystów lubiących piesze wycieczki oraz wspinaczkę skalną. Administracyjnie gmina Kamienica Polska składa się z 14 sołectw, co sprawia, że każda z miejscowości posiada swoją własną jednostkę pomocniczą, która zajmuje się lokalnymi sprawami społecznymi i administracyjnymi. Główne drogi przechodzące przez Kamienicę Polską: droga krajowa DK91, droga wojewódzka DW791.

Analizie podlega 565 punktów świetlnych (opraw oświetleniowych).

2. Metodologia wykonanej inwentaryzacji

W wyniku przeprowadzonej inwentaryzacji ustalono z Zamawiającym 748 punktów świetlnych przeznaczonych do wymiany na oprawy LED, które są podstawą do przeprowadzenia analizy modernizacji oświetlenia ulicznego Gminy Kamienica Polska.

Z zebranych w terenie materiałów utworzono bazę danych, która zawiera informacje dotyczące infrastruktury oświetleniowej oraz punktów sterowania. Baza danych zawiera m.in.:

1. Parametry infrastruktury oświetleniowej
 - rodzaj, typ, producent opraw;
 - moc oprawy rzeczywista, planowana;
 - numer słupa, jego lokalizacja;
 - rodzaj słupa;
 - rodzaj i typ linii oświetleniowej;
2. Parametry punktów sterowania i transformatorów
 - numer skrzynki SON oraz transformatorów;
 - nr ppe;
 - licznik nr;

Przedstawiona struktura danych jest podstawą do dalszych analiz i do wykonania Audytu Efektywności Energetycznej.

3. Ocena stanu technicznego systemu

Inwentaryzacja instalacji objętej projektem modernizacji

Podstawą danych zawartych w niniejszym rozdziale jest wizja lokalna oraz inwentaryzacja oświetlenia ulicznego wykonana w standardzie GIS (ang. Geographic Information System) i zapisana w systemie odniesień przestrzennych w układzie prostokątnym płaskim PL-2000, układ wysokości Kronsztad (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych Dz. u. z 2012 r. poz 1247) oraz opisana atrybutami. Inwentaryzacja w systemie GIS jest załączona do dokumentacji w wersji elektronicznej. Wykonawca uwzględnił wybór atrybutów istotnych dla przedmiotu zamówienia. Dodatkowo w inwentaryzacji wskazano punkty systemu oświetleniowego niezabudowane oprawami oświetleniowymi (puste słupy w liniach oświetleniowych).

Niezależnie od bazy danych GIS lokalizację punktów oświetleniowych, punktów zapalania, stacji transformatorowych, słupów pustych umieszczono w interaktywnej platformie internetowej dostępnej w domenie: **jasny.pl**, która umożliwia przegląd całego systemu, jak również selektywnie wybranych opcji jak poszczególne PPE, stacje itp. Możliwy jest także podgląd zdjęć poszczególnych obiektów infrastruktury oświetlenia drogowego.

Dostęp do strony jest za pomocą hasła, którym dysponuje Gmina Kamienica Polska.

Dane zawarte w bazie danych wymagają specyficznej obróbki dla uzyskania postaci właściwej dla przedstawienia ich w formie syntetycznej. Równoległe z formą bazy danych wykonano tabele inwentaryzacyjne w arkuszach programu Excel obrazujące wybrane dane pod kątem jednoczesnej kwalifikacji opraw do wymiany oraz grupowania odcinków oświetlenia dla planowania zakresu i harmonogramu robót.

Infrastruktura systemu oświetlenia

Na terenie Gminy Kamienica Polska, oświetlenie drogowe objęte niniejszym audytem, zrealizowane jest na wspólnych konstrukcjach z liniami przesyłu energii elektrycznej nN i liniami kablowymi oświetlenia wydzielonego.

Dominują oprawy z wyładowczymi sodowymi źródłami światła. W zakresie mocy opraw zidentyfikowano najbardziej rozpowszechnionej moce opraw sodowych ze źródłami światła 70W, 100W i 250W. Najliczniej reprezentowane są oprawy typu SRP221 i SGS102, jak również produkcji krajowej typu OUSc. Większość słupów występujących w sieci wspólnej to słupy typu ŻN oraz EPV. Usytuowanie słupów przesyłowych nN determinuje możliwości realizacji oświetlenia drogi. Niesprzyającą okolicznością w realizacji oświetlenia ulic i dróg są najczęściej znaczne i niepowtarzalne odległości słupów od jezdni. Na drogach o dużym skupieniu zabudowań słupy przesyłowe nN, na których zamontowane są oprawy znajdują się blisko krawędzi jezdni i odległości między słupami są niewielkie, co umożliwia uzyskanie dość dobrych efektów oświetleniowych dróg. Wysokość zawieszenia opraw najczęściej ok. 7,5 do 8 m.

Funkcjonujące, niezmodernizowane w systemie oprawy, mają często za sobą wiele lat eksploatacji. Praktyka wykazuje, że konserwacja oświetlenia na terenie niemal całego kraju, polegała „na świeceniu źródła światła” i wszystkie ewentualne zabiegi konserwatora ograniczały się do wymiany źródła światła i bezpiecznika.

W systemie pracuje istotna ilość opraw o niewłaściwie dobranej mocy do poszczególnych odcinków ulic. Są to sytuacje, w których właściwy dobór mocy w procesie wymiany będzie generował największe oszczędności w zużyciu energii elektrycznej i jej kosztach.

Układ dróg pozwala na odczytanie najistotniejszych elementów dla ruchu motorowego. Główne, stanowiące drogę wojewódzką wymagają zastosowania znacznie wyższej klasy oświetleniowej od pozostałych, które mają znaczenie przelotowe i zbiorcze w lokalnym ruchu motorowym. Drogi najniższych wymagań to drogi dojazdowe do posesji zlokalizowanych wzdłuż nich, o niewielkich prędkościach poruszania się pojazdów zgodnie z wymogami kodeksu drogowego oraz w wyniku stanu nawierzchni tych dróg (niekiedy nieutwardzonych). Niewielka część ulic posiada wybudowane jedno lub dwustronnie chodniki przeznaczone dla pieszych.

W zakresie materiałów pomocnych w wykonaniu niniejszego opracowania posłużono się informacjami uzyskanymi z Urzędu Gminy. Zakup energii elektrycznej jednostka samorządu terytorialnego realizuje w wyniku przeprowadzonego postępowania przetargowego. Cena energii czynnej jest w ten sposób minimalizowana, jak również rozliczanie usług jej dystrybucji odbywa się w najbardziej odpowiedni sposób.

Oprawy

W ramach realizacji zadania została wykonana inwentaryzacja z natury opraw oświetleniowych, identyfikacja ich typów i mocy, parametrów konstrukcji wsporczych, geometrii zawieszenia opraw i podstawowych wymiarów ulic i usytuowania słupów, na których instalowane są oprawy.

System oświetleniowy objęty audytem zawiera 565 oprawy oświetleniowe.

Tabela zamieszczona niżej zawiera zestawienie opraw oświetleniowych według mocy nominalnej wytypowanych do wymiany:

Tabela nr 1.

Oprawa moc	Liczba
70	56
100	255
150	254
Suma końcowa	565

Słupy

Dominującym rozwiązaniem konstrukcji nośnych dla oświetlenia ulicznego są słupy sieci elektrycznej niskiego napięcia służące przede wszystkim dostawie energii elektrycznej do punktów odbioru abonenckiego. Na słupach są podwieszone dodatkowe przewody oświetleniowe wykonane jako linie przewodem AL nieizolowanym lub jako izolowane przewodem typu AsXSn. Oświetlenie w tym przypadku pracuje w tzw. sieci skojarzonej. Uprawnienie tej nazwy jest szczególnie uzasadnione w przypadku funkcjonowania jednego przewodu oświetleniowego gdzie system zasilania opraw korzysta z przewodu zerowego wspólnego dla linii abonenckich.

Przewód izolowany AsXsN instalowany jest głównie jako dwużyłowy co sprawia, że zasilanie opraw jest niezależne od linii abonenckich, licząc od punktu przyłączenia i pomiaru energii elektrycznej.

W sieci skojarzonej funkcjonują słupy betonowe typu ŻN skonfigurowane w zależności od funkcji jaką spełniają oraz słupy betonowe wirowane EPV. Rodzaje słupów są opisane w bazie danych.

Wysięgniki

Z uwagi na właściwy montaż opraw na odpowiednich wysokościach wysięgniki pozostają bez zmian.

Zasilanie - Punkty Poboru Energii

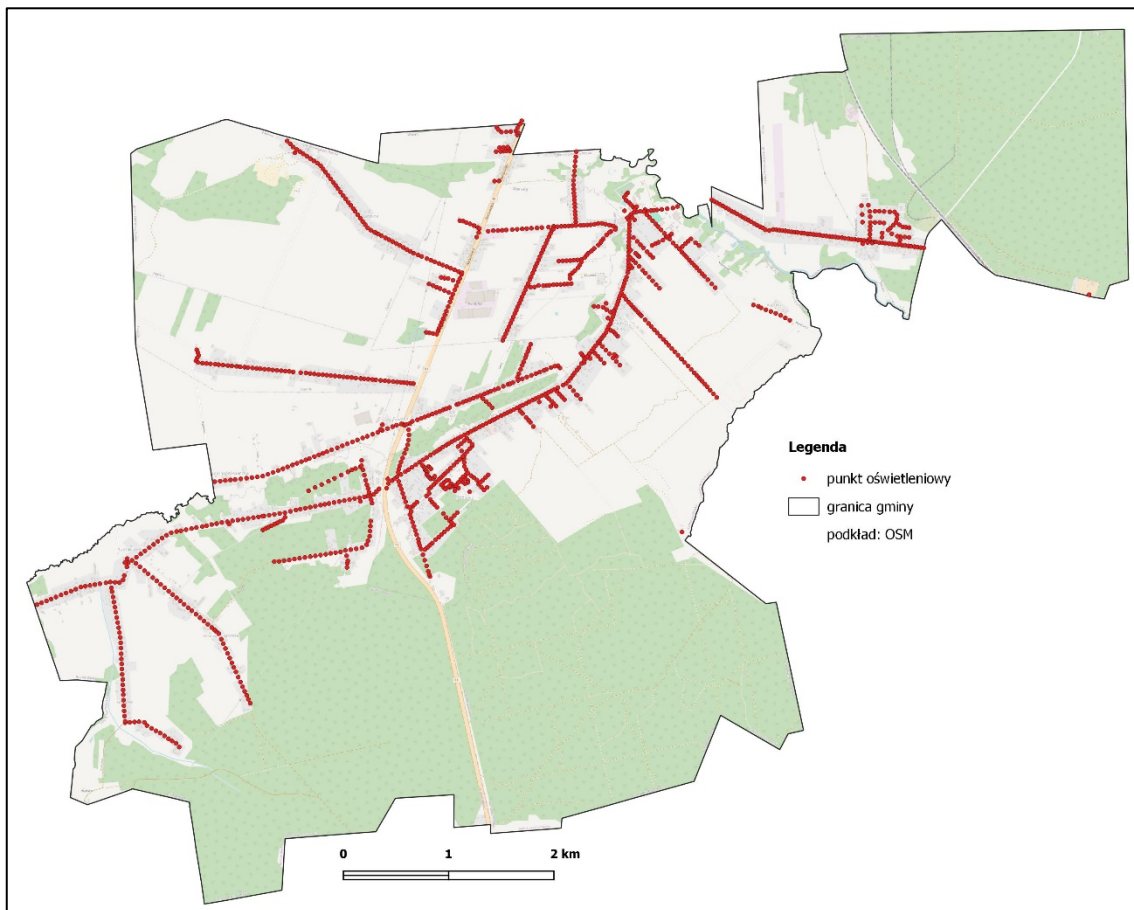
System sterowania załączaniem oświetlenia na terenie gminy opiera się na sterowaniu procesem załączania i wyłączania oświetlenia za pomocą zegarów astronomicznych. Zegary te posiadają wpisane do pamięci czasy zachodów i wschodów słońca dla każdego dnia roku. System ten gwarantuje możliwość niemal równoczesnego zapalania i wyłączania oświetlenia dla niezależnych od siebie obwodów oraz umożliwia stosowanie korekt czasu załączania, zaplanowanie i dyscyplinowanie kosztów energii elektrycznej.

Analiza faktur nie wykazała alarmujących danych takich jak nieoptymalna taryfa dla dystrybucji.

4. Podsumowanie inwentaryzacji (wnioski)

Stan większości opraw oświetleniowych jest zadowalający, jednak istniejące wysięgniki oraz pochodzące w mniejszej skali z dobudów mają kąty nachylenia, które nie pozwalają na poprawne oświetlenie jezdni, a wręcz tworzą sytuację zagrożenia na drodze. Mamy tu na myśli instalowane pod kątem 30 a nawet 45 stopni oprawy, które mogą być źródłem olśnienia. Oprawy instalowane na takich wysięgnikach obowiązkowo muszą mieć uchwyt mocowania z funkcją regulacji nachylenia oprawy w dużym zakresie.

W zakresie rozpoznania mocy opraw mogą w niewielu przypadkach wystąpić niezgodności ze stanem faktycznym z uwagi na brak widoczności źródła światła – brudne, matowe klosze opraw. Inną przyczyną może być wkręcanie źródeł światła innych od właściwych dla danego typu oprawy. Zauważono praktykę stosowania w oprawach sodowych źródeł w balonach mlecznych, co nie przesądza o typie źródła – mogą to być źródła rtęciowe, sodowe lub metalohalogenkowe jak również lampy z mieszaniną Peninga tzw. sodowe zamienniki rtęciówek.



Ryc. Lokalizacja modernizowanych obszarów.

Na podstawie powyższej analizy, należy rozważyć wymianę opraw sodowych na oprawy typu LED.

5. Analiza zużycia energii instalacji oświetleniowej (dla stanu istniejącego)

Podstawa:

- dane uzyskane z Urzędu Gminy
- inwentaryzacja w terenie

Zakres:

- wyliczenie mocy istniejącego systemu
- wyliczenie energochłonności opraw
- zużycie energii przez system
- koszty energii elektrycznej

Moc istniejącego systemu

Do określenia mocy systemu oświetlenia przyjęto poniższe moce jednostkowe dla poszczególnych typów lamp:

Tabela 2. Moce jednostkowe dla poszczególnych opraw

	<i>Rodzaj źródła</i>	<i>Moc źródła światła</i>	<i>Straty dławika</i>	<i>Moc znamionowa oprawy *</i>	<i>Ilość opraw</i>	<i>Moc całkowita suma</i>
		<i>[kW]</i>	<i>[kW]</i>	<i>[kW]</i>	<i>[szt.]</i>	<i>[kW]</i>
<i>Oprawy do wymiany</i>	<i>R125</i>	<i>0,125</i>	<i>0,012</i>	<i>0,137</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>R250</i>	<i>0,25</i>	<i>0,015</i>	<i>0,265</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>S70</i>	<i>0,07</i>	<i>0,013</i>	<i>0,083</i>	<i>56</i>	<i>4,648</i>
	<i>S100</i>	<i>0,1</i>	<i>0,016</i>	<i>0,116</i>	<i>255</i>	<i>29,58</i>
	<i>S150</i>	<i>0,15</i>	<i>0,018</i>	<i>0,168</i>	<i>254</i>	<i>42,672</i>
	<i>S250</i>	<i>0,25</i>	<i>0,02</i>	<i>0,27</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Suma</i>					<i>565</i>	<i>76,9</i>

*Zgodnie z Rozporządzeniem § 2. 1. Podpunkt c - ... z uwzględnieniem danych znamionowych lub katalogowych oraz czynników wpływających na zużycie energii

Tabela 3. Wyliczona moc systemu oświetleniowego – zakres objęty audytem

Teren Gminy Kamienica Polska	MOC ZAINSTALOWANA
	STAN ISTNIEJĄCY
	kW
	76,9

Średnia energochłonność opraw

$$109\,718 \text{ [W]} (\text{suma moc opraw}) / 565 \text{ [szt.]} (\text{ilość opraw}) = \mathbf{136 \text{ W/pkt.}}$$

Moc systemu oświetleniowego uwzględnia rzeczywistą moc zainstalowanych źródeł światła. Biorąc pod uwagę, że analizą objęte są ulice z terenów częściowo mniej uczęszczanych, gdzie wymagania są niższe (klasy oświetleniowe ME4 i ME5) należy uznać wartość za umiarkowaną.

Zużycie energii elektrycznej przez system

Tabela 4. Wyliczone roczne zużycie energii elektrycznej istniejącego systemu oświetlenia

Stan dla zakresu objętego audytem			Zużycie energii elektrycznej w kWh	
			1 rok	5 lat
moc opraw	76,900	kW	319 135,00	1 595 675,00

Szacowane roczne zużycie energii elektrycznej to 319 135,00 kWh tj. ok. 319,135 MWh

Do obliczenia rocznego zużycia energii elektrycznej przyjęto czas świecenia systemu na poziomie 4150 godzin w skali roku.

Różnica zużycia energii elektrycznej wyliczonej i faktycznie zarejestrowanej przez liczniki energii elektrycznej (odzwierciedlone na fakturach) może wynikać z błędnej pracy zegarów astronomicznych, innych ustawień lub uszkodzeń. Stąd ich niewłaściwa praca powoduje zawyżenie lub zaniżenie czasu pracy oświetlenia i zużycie faktyczne jest wtedy różne od wyliczonego teoretycznie.

Koszty energii elektrycznej zużywanej przez system

Oszacowanie kosztów energii elektrycznej zużywanej przez oświetlenie drogowe według danych finansowych zaczerpniętych z faktur I kw. br. Poniższe składniki cenowe energii elektrycznej są aktualne na miesiąc kwiecień 2024 roku dla oficjalnej taryfy w zakresie dystrybucji energii oraz stawki za energię czynną pochodzące z postępowania przetargowego na zakup energii elektrycznej.

Tabela 5. Wyliczenie kosztu energii elektrycznej dla istniejącego systemu oświetlenia

ilość ppe	27
zużycie dzienne [kWh]	108 505,90
zużycie nocna [kWh]	210 629,10
moc zamówiona [kW]	95

zakup energii elektrycznej	stawka zł/kWh		zużycie	koszt netto	VAT	koszt brutto
dzienna	0,7653 zł		108 505,90	83 039,57 zł	19 099,10 zł	102 138,67 zł
nocna	0,7653 zł		210 629,10	161 194,45 zł	37 074,72 zł	198 269,17 zł
suma				244 234,02 zł	56 173,82 zł	300 407,84 zł

dystrybucja energii elektrycznej	zł/kWh			koszt netto	VAT	koszt brutto
opłata abonamentowa	4,56000 zł		27	1 477,44 zł	339,81 zł	1 817,25 zł
opłata sieciowa	5,10000 zł		95	5 814,00 zł	1 337,22 zł	7 151,22 zł
opłata mocowa	2,66000 zł		27	861,84 zł	198,22 zł	1 060,06 zł
sieciowa dzienna	0,22020 zł		108 505,90	23 893,00 zł	5 495,39 zł	29 388,39 zł
sieciowa nocna	0,22020 zł		210 629,10	46 380,53 zł	10 667,52 zł	57 048,05 zł
opłata jakościowa	0,03140 zł		319 135,00	10 020,84 zł	2 304,79 zł	12 325,63 zł
opłata kogeneracyjna	0,00618 zł		319 135,00	1 972,25 zł	453,62 zł	2 425,87 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł		95	91,20 zł	20,98 zł	112,18 zł
suma				89 033,66 zł	20 477,74 zł	109 511,40 zł
suma kosztów						409 919,24 zł

Wnioski końcowe analizy stanu istniejącego i propozycje działań

- oprawy oświetleniowe istniejące w systemie kwalifikują się do wymiany z uwagi na energochłonność, ich szkodliwość wieloaspektową dla środowiska (pobór energii, niebezpieczne materiały do utylizacji). Potrzeba wymiany opraw jest uzasadniona pojawieniem się wydajniejszych energetycznie rozwiązań na bazie opraw LED.
- zastosowanie opraw LED o standardach typowych i utrzymujących poziom stały parametrów z użyciem prostej konserwacji (IP66, IK08, Tb= 3000°K, klosz szyba płaska, rozsył uliczny, regulacja nachylenia oprawy -15/+5 itp.)
- poprawa jakości oświetlenia wymaga przede wszystkim zabudowy opraw na wolnych słupach w ciągach oświetleniowych (gwarancja równomierności oświetlenia)

Nie istnieje potrzeba:

- zmiany trybu zakupu energii elektrycznej i zmiany taryfy
- stosowanie stabilizacji napięcia jest nieuzasadnione w sytuacji zastosowania opraw LED posiadających własną stabilizację dla szerokiego zakresu napięć zasilających

6. Wskazanie wariantów modernizacji oświetlenia

Wariant 1 – modernizacja na oprawach LED technologia innowacyjna

Wariant 1 modernizacji przewiduje wymianę opraw oświetleniowych ulicznych na oprawy LED.

Ponieważ nowoczesne oprawy LED posiadają precyzyjne rozsyły światła, niemal całkowity strumień światła kierowany jest na powierzchnie oświetlaną i to z bardzo małymi stratami. Ta cecha opraw LED umożliwia uzyskanie szerszych rozsyłów i wyższych poziomów parametrów oświetleniowych od opraw z lampami wyładowcowymi.

Jednocześnie wymagane poziomy oświetlenia można uzyskać z mniejszej mocy opraw.

Celem potwierdzenia uzyskania wymaganych poziomów parametrów wykonano obliczenia w programie Relux, gdzie dobrano charakterystyki rozsyłu opraw i dobrano moce opraw. Ważną cechą i niewątpliwie krytyczną – bezwzględnie wymaganą, zaproponowanych opraw, jest posiadanie przez oprawy uchwyty montażowego pozwalającego na zamontowanie oprawy pod wyliczonym kątem do płaszczyzny jezdni.

W wersji 1 obliczenia potwierdziły uzyskanie wartości parametrów oświetleniowych na poziomach zgodnych z normą. Natomiast w kilku lokalizacjach wymagane jest uzupełnienie oświetlenia na wybranych stanowiskach słupowych w celu uzyskania parametrów oświetleniowych zgodnych z normą.

Rekomendowana barwa światła emitowana przez oprawy: biała neutralna, temperatura barwowa 3000K, wskaźnik oddawania barw $R_a > 70$.

Wariant 1 modernizacji przewiduje wymianę opraw oświetleniowych ulicznych na oprawy LED.

Uzyskane dodatkowe efekty jakościowe w postaci:

- zwiększenia równomierności oświetlenia
- zmniejszenia niedoświetlenia stref ciemnych w przypadku instalacji opraw na co drugim słupie
- zmniejszenia zagrożenia użytkowników zjawiskiem olśnienia (Zmniejszona wartość T_i)
- zwiększenie bezpieczeństwa serwisowania opraw poprzez zwiększenie odległości od przewodów sieci niskiego napięcia
- zmniejszenie awaryjności i kosztów usuwania niesprawności z uwagi na wymianę dodatkowego osprzętu (przewody, gniazda bezpiecznikowe)

Przewidywany zakres prac:

1. wymiana opraw oświetleniowych na oprawy LED
2. wymiana przewodów wysięgnikowych, gniazd bezpiecznikowych, itp.
3. dowieszenie opraw LED w miejscach nie doświetlonych w komplecie z nowymi wysięgnikami, przewodami wysięgnikowymi, gniazdami bezpiecznikowymi

Efekty ekologiczne wynikające z realizacji wariantu 1 modernizacji:

- a) zmniejszenie zużycia energii elektrycznej
- b) zmniejszenie emisji zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wynikających ze zmniejszenia zużycia energii
- c) zmniejszenie wprowadzanych szkodliwych substancji związane z eliminacją źródeł światła zawierających rtęć, ołów itd.

Tabela 6. Skrócona tabela projektowanych oprav oświetleniowych, zawiera oprawy do wymiany i oprawy do dowieszenia w celu spełnienia normy oświetleniowej

Oprawa Projektowana moc [W]	Ilość	Moc suma [kW]
115,4	40	4 616
77,6	26	2 018
59,7	44	2 627
59,7	28	1 672
46,1	17	784
72,8	42	3 058
72,8	55	4 004
31,1	30	933
38,1	18	686
59,7	238	14 209
47,5	2	95
31,1	25	778
SUMA	565	35 477

Analiza finansowa wariantu nr 1 modernizacji

Tabela 7. Wyliczenie kosztu energii elektrycznej po modernizacji systemu oświetlenia

ilość ppe	27
zużycie dzienne [kWh]	44 169,11
zużycie nocna [kWh]	103 061,27
moc zamówiona [kW]	95

Koszt utrzymania systemu po modernizacji

zakup energii elektrycznej	stawka zł/kWh	zużycie	koszt netto	VAT	koszt brutto
dzienna	0,7653 zł	44 169,11	33 802,62 zł	7 774,60 zł	41 577,23 zł
nocna	0,7653 zł	103 061,27	78 872,79 zł	18 140,74 zł	97 013,53 zł
suma			112 675,41 zł	25 915,34 zł	138 590,75 zł

dystrybucja energii elektrycznej	zł/kWh		koszt netto	VAT	koszt brutto
opłata abonamentowa	4,56000 zł	27	1 477,44 zł	339,81 zł	1 817,25 zł
opłata sieciowa	5,10000 zł	95	5 814,00 zł	1 337,22 zł	7 151,22 zł
opłata mocowa	2,66000 zł	27	861,84 zł	198,22 zł	1 060,06 zł
sieciowa dzienna	0,22020 zł	44 169,11	9 726,04 zł	2 236,99 zł	11 963,03 zł
sieciowa nocna	0,22020 zł	103 061,27	22 694,09 zł	5 219,64 zł	27 913,73 zł
opłata jakościowa	0,03140 zł	147 230,38	4 623,03 zł	1 063,30 zł	5 686,33 zł
opłata kogeneracyjna	0,00618 zł	147 230,38	909,88 zł	209,27 zł	1 119,16 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł	95	91,20 zł	20,98 zł	112,18 zł
suma			46 197,53 zł	10 625,43 zł	56 822,96 zł

suma kosztów	195 413,71 zł
--------------	---------------

Jak wynika z wielkości przedstawionych w tabelach, oszczędności pojawią się zarówno w kosztach dystrybucji energii jak i jej zakupu.

Tabela efektu ekologicznego dla wariantu 1.

Moc zainstalowana obecnie	76,900	kW
Zużywana energia obecnie	319 135,00	kWh/rok
Obecna emisji CO2	225,95	Mg / rok
Moc po wymianie opraw	35,48	kW
Oszczędność- zmniejszenie mocy	53,9%	
Średnia energochłonność docelowa opraw	62,79	W/oprawę
Zużycie energii po wykonaniu inwestycji oprawy z redukcją mocy	147 230,38	kWh/rok
Emisji CO2 po wykonaniu inwestycji	104,24	Mg / rok
Całkowita oszczędność energii	171 904,62	kWh
	53,9%	
Redukcja emisji CO2	121,71	Mg / rok
Ilość opraw do wymiany/montażu	565	sztuk

Wariant 2 modernizacji

Kolejnym wariantem modernizacji oświetlenia jest wymiana opraw i jednoczesnym „modelowaniu – kalibrowaniu” opraw według niezbędnego strumienia światła dla uzyskania wymagań na minimalnym wymaganym poziomie. Rozwiązania takie możliwe są przy poniesieniu dodatkowych nakładów - rozbudowie systemu sterowania poprzez zakup systemu informatycznego bezprzewodowej automatyki sterującej oświetleniem ulicznym (TIK) oraz programowanie układów zasilających opraw oświetleniowych LED dodatkowym harmonogramem zmniejszania pobory mocy w godzinach późnonocnych.

System sterowania i monitoringu

Aktualnie, audytowany zakres oświetlenia, opiera się na sterowaniu procesem załączania i wyłączania oświetlenia za pomocą zegarów astronomicznych. Zegary astronomiczne posiadają wpisane do pamięci czasy zachodów i wschodów słońca dla każdego dnia roku. System ten umożliwia zapalania i wyłączania oświetlenia dla niezależnych od siebie obwodów oraz umożliwia stosowanie korekt czasu załączania. System ten funkcjonuje bez regulacji strumienia świetlnego opraw.

Celem stosowania zaawansowanego systemu zarządzania oświetleniem jest pełna kontrola i monitoring zainstalowanych opraw oświetleniowych. Cechy systemów zarządzania wymieniono poniżej.

Definicje

Serwer - urządzenie komputerowe wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem udostępniające usługi dla innych urządzeń elektronicznych i komputerów

Sterownik - urządzenie elektroniczne sterujące działaniem innego urządzenia

Zasilacz LED - urządzenie przetwarzające energię elektryczną prądu zmiennego na energię elektryczną prądu stałego w celu zasilania i sterowania oprawą oświetleniową wyposażoną w panel LED. Zasilacz LED posiada wbudowane oprogramowanie umożliwiające pomiar (czas świecenia, zużycie energii, dane diagnostyczne) i zmianę parametrów oprawy LED

Wymagania

Sterowanie każdej oprawy z osobna:

precyzyjne i automatyczne określenie lokalizacji sterowanej oprawy poprzez wbudowany w sterownik lokalizator GPS

dowolna regulacja strumienia świetlnego i uzyskiwanie danych diagnostycznych

regulacja czasów załączania i wyłączania

utrzymanie stałego strumienia światła w czasie całej eksploatacji

Monitoring:

wykrywanie usterek każdej oprawy

kontrola działania oprawy

pomiary zużycia energii, czasu pracy oprawy i układu zasilającego

Wyróżniamy trzy istotne obszary systemów zarządzania oświetleniem:

1. Oprogramowanie zarządzające odpowiedzialne za rejestrowanie, przetwarzanie, wysyłanie i prezentację danych dla każdej oprawy z osobna dla całego systemu oświetleniowego
2. komunikacja pomiędzy oprogramowaniem zarządzającym a sterownikami
3. Sterowniki zainstalowane na zewnątrz oprawy za pomocą złączy zgodnych ze standardem ZD4i oraz z ICE 62386

Oprogramowanie zarządzające

Aplikacja komputerowa 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 energii, optymalne dopasowanie ilości światła do danego miejsca, pory nocy.

Aplikacja komputerowa jest dostępna z komputera wyposażonego w dostęp do Internetu i przeglądarkę internetową oraz realizuje następujące funkcjonalności:

A. Ogólne

Graficzną prezentację pracy poszczególnych elementów systemu na mapie przestrzennej zgodnie z ich współrzędnymi geograficznymi pozyskanymi bezpośrednio ze sterowników w oprawach z wykorzystaniem lokalizatora GPS

Tworzenie grup punktów świetlnych równocześnie dla przypisania ich do lokalizacji – ulice jak i dla funkcji np. oświetlenie skrzyżowań, przejść dla pieszych itp.

Zmianę języka interfejsu, z dostępnym językiem Polskim

B. Zarządzanie alarmami

Bieżący podgląd występujących w systemie nieprawidłowości i alarmów

Zgłaszanie alarmów związanych z uszkodzeniem elementów oprawy oświetleniowej

Zgłaszanie problemów związanych z komunikacją z oprawą

Wyszukiwanie alarmów po:

- Nazwie elementu
- Typie alarmu
- Dacie wystąpienia alarmu
- Opisie błędu

C. Zarządzanie elementami systemu

Importowanie danych opisujących majątek oświetleniowy z plików ogólnie używanych programów komputerowych np. z pliku Excel

Możliwość zmiany parametru opisującego majątek oświetleniowy pojedynczego punktu oświetleniowego lub jednocześnie całej grupy punktów np. zachowanie informacji o przeglądzie wykonanym jednego dnia na pojedynczej ulicy

Wyszukiwanie w bazie poszczególnych elementów

Tworzenie indywidualnych zapytań o elementy majątku oświetleniowego

Możliwość kontroli realizacji czasów załączenia i wyłączenia oraz zmiany natężenia oświetlenia, graficzna prezentacja danych.

D. 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

E. Regulacja strumienia świetlnego

Przypisania każdemu punktowi świetlnemu, grupie punktów świetlnych, czy obszarowi indywidualnego kalendarza pracy

Przypisanie dla każdego 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

Ręczną regulację strumienia świetlnego pojedynczych punktów świetlnych oraz grup tych punktów

F. 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

G. Bezpieczeństwo transmisji danych i utrzymanie systemu

Wszystkie interakcje użytkowników z aplikacją komputerową i sterownikami są zabezpieczone za pomocą 128-bitowego szyfrowania SSL

Dwuczynnikowa autentykacji (2FA) zapobiegający przypadkowemu lub celowemu użyciu konta użytkownika przez niepowołane osoby

System będzie utrzymywany i wspierany przez dostawcę w okresie, co najmniej 10 lat od jego wdrożenia

Oprogramowanie platformy będzie na bieżąco aktualizowane przez dostawcę

Gromadzone dane będą regularnie zachowywane w kopiach zapasowych w celu ich odtworzenia w przypadku awarii serwera głównego platformy

Warstwa sprzętowa

Warstwa sprzętowa składa się z indywidualnych sterowników zainstalowanych na zewnątrz oprawy za pomocą standaryzowanego złącza ZD4i o następujących cechach:

A. Realizowane funkcje

Regulacja strumienia świetlnego oprawy LED

Praca całkowicie autonomiczna – załączanie i wyłączanie oświetlenia w oparciu o zintegrowaną ze sterownikiem fotokomórkę lub autonomiczny zegar astronomiczny

Przechowywanie i realizacja programu

Zbieranie, przechowywanie i przesyłanie parametrów pracy oprawy.

B. Komunikacja

Sterownik łączy się automatycznie z aplikacją komputerową

Do komunikacji z aplikacją komputerową sterownik wykorzystuje komunikację radiową

Z układem zasilającym oprawy sterownik komunikuje się za pośrednictwem sygnału DALI2 (Dynamiczny Adresowalny Interfejs Oświetleniowy) zgodnie ze standardem IEC 62386

C. Lokalizacja

Sterownik jest wyposażony w lokalizator GPS umożliwiający automatyczne pozycjonowanie oprawy w przestrzeni.

Sterownik jest synchronizowany z zewnętrznego źródła czasu

D. Kontrola parametrów

Sterownik odczytuje następujące parametry:

Czas świecenia od zabudowy oprawy

Ilość zużytej energii elektrycznej przez oprawę

Dane diagnostyczne oprawy

System sterowania i monitorowania przewodowego

Innym rozwiązaniem jest sterowanie i monitorowanie przewodowe. Funkcjonalność sterowania jest podobna do opisanej powyżej. Różnica polega na zastąpieniu komunikacji radiowej, komunikacją realizowaną przez linie zasilające. System składa się z kontrolera segmentowego instalowanego w dotychczasowym punkcie sterowania (złącza pomiarowo-kontrolnym), z którym realizowana jest łączność z poziomu przeglądarki internetowej za pomocą sieci telefonii komórkowej. Ze sterownikiem współpracuje moduł, interfejs przekształcający sygnały sterujące, umożliwiający wysyłanie tych sygnałów po liniach zasilających. W oprawach lub w słupach montowane są sterowniki, kontrolery odbierające

sygnały wysyłane po liniach zasilających i sterujące pracą opraw (do współpracy z układami zasilaczy opraw w standardzie DALI).

Wymagana jest ingerencja w sieć zasilającą, co przekłada się na zatrudnienie osób o specjalistycznej wiedzy technicznej. Wymagane jest instalowanie urządzeń pośredniczących w komunikacji, które są dodatkowym elementem narażonym na awarie i uszkodzenia, co przekłada się na dodatkowe koszty utrzymania systemu w przyszłości.

Przesyłanie sygnału sterującego po linii zasilającej wymaga pewności połączenia. W sieci przesyłającej sygnał sterujący nie mogą występować uszkodzenia i pola zakłócające. W audytowanym obszarze występują w dużej mierze sieci mocno wyeksploatowane, które nie mogą być zastosowane do sterowania przewodowego modernizowanym oświetleniem.

Wnioski

Łączność pomiędzy aplikacją komputerową a urządzeniami sterującymi powinna być realizowana radiowo. Urządzenia sterujące oprawą muszą być wyposażone w interfejs do sterowania parametrami oprawy LED w standardzie DALI2.

Urządzenia sterujące muszą posiadać zaimplementowane w układach elektronicznych moduły radiowe oraz odbiorniki GPS pozwalające na automatyczną lokalizację w terenie opraw LED.

Wszystkie funkcje sterowania i monitorowania opraw muszą być dostępne w aplikacji komputerowej. Lokalizacja opraw musi być prezentowana automatycznie na mapie aplikacji, po ich zainstalowaniu i załączeniu zasilania. W przypadku zaniku sygnałów komunikacji z oprawami, urządzenia sterujące muszą zapamiętać ostatnie nastawy sterowania. **System nie może wymagać ingerencji w sieć zasilania i dostępu do złączy pomiarowo-kontrolnych zasilania oświetlenia ulicznego.**

Szczegółowe wymagania dotyczące Bezprzewodowej Automatyki Sterującej Oświetleniem

Bezprzewodowa Automatyka Sterująca Oświetleniem musi składać się z trzech warstw (obszarów), które muszą komunikować się dwukierunkowo za pomocą bezpiecznego i szyfrowanego protokołu (min. 128-bitowego) połączenia:

1. warstwa uniwersalnych urządzeń sterujących (sterowników bezprzewodowych) montowanych bezpośrednio **na zewnątrz od dołu korpusu oprawy typu LED** oświetlenia ulicznego za pośrednictwem standaryzowanego złącza Zhaga ZD4i komunikująca się radiowo z wykorzystaniem istniejących sieci telefonii komórkowej, wymagana komunikacja urządzeń

sterujących z każdym dostępnym operatorem sieci komórkowej i w zależności od dostępności w danym terenie automatyczne przełączanie komunikacji pomiędzy operatorami sieci (instalowane w miejscach kolizyjnych, skrzyżowaniach, rondach) i pasma radiowego zgodnego z normą EN 300 220 (instalowane w pozostałych lokalizacjach),

2. warstwa radiowa, zapewniająca bezpośrednią dwukierunkową komunikację pomiędzy urządzeniami sterującymi a serwerem z oprogramowaniem zarządzającym, działająca z wykorzystaniem istniejącej sieci telefonii komórkowej i pasma radiowego zgodnego z normą EN 300 220 (nie dopuszcza się montowania dodatkowych urządzeń pośredniczących typu router, gateway, itp.),

3. warstwa serwera z oprogramowaniem zarządzającym odpowiedzialnym za rejestrowanie, przetwarzanie, wysyłanie i prezentację danych dla każdej oprawy z osobna dla całego systemu oświetleniowego (wymagane jest jedno oprogramowanie obsługujące urządzenia sterujące każdej warstwy radiowej: istniejącej sieci telefonii komórkowej i pasma radiowego zgodnego z normą EN 300 220).

Bezprzewodowa Automatyka Sterująca Oświetleniem musi być tzw. „otwarta”, czyli umożliwiać współpracę z różnymi typami i modelami opraw (wyposażonych w wyjście zewnętrzne złącze typu Zhaga (zgodne Book 18/ZD4i), umożliwiające dostęp do interfejsu zgodnego z IEC 62386.

Bezprzewodowa Automatyka Sterująca Oświetleniem musi działać w trybie częściowego zasilania w ciągu doby, zasilanie udostępniane przez złącze oświetleniowe tylko w okresie nocnym, od zachodu do wschodu słońca.

Bezprzewodowa Automatyka Sterująca Oświetleniem musi umożliwiać dowolną zmianę lokalizacji zainstalowanych urządzeń sterujących (sterowników bezprzewodowych) wraz z zachowaniem pełnej funkcjonalności sterowania oświetleniem. Dotyczy to zmiany lokalizacji nawet jednego urządzenia lub urządzenia z oprawą w dowolne miejsce na terenie gminy bez przebudowy sieci komunikacyjnej i jakiegokolwiek dodatkowej konfiguracji. Bezprzewodowa Automatyka Sterująca Oświetleniem musi automatycznie wykrywać zmianę lokalizacji urządzenia sterującego.

Zamawiający wymaga prowadzenia w okresie gwarancji przez Wykonawcę (bez dodatkowego wynagrodzenia) **Centrum dyspozytorskiego** obejmującego obsługę zainstalowanego oświetlenia i wsparcia Zamawiającego poprzez zmianę harmonogramu świecenia opraw na żądanie Zamawiającego (zmniejszenie lub zwiększenie mocy opraw w wskazanych przedziałach czasowych) obejmującą wykonania zmiany ustawień każdej oprawy z osobna, min. raz w roku

oraz raportowanie elektronicznie o stanie instalacji w formie tabelarycznej i w formie map, obejmujący m.in. poziom uzyskanych oszczędności, ilość opraw działających/uszkodzonych, oraz dla każdej oprawy: czas świecenia źródła światła, czas działania układu zasilającego, zużycie energii elektrycznej narastająco i za ostatni okres oraz raport błędów układu zasilającego. Raporty muszą zawierać lokalizacji GPS poszczególnych opraw wraz z podaniem adresu url do nawigacji (wybór adresu url otwiera aplikację do nawigacji i prezentuje trasę dojazdu).

Minimalne wymagania:

1. Komunikacja Bezprzewodowej Automatyki Sterującej Oświetleniem z oprawami musi odbywać się za pośrednictwem uniwersalnych Urządzeń sterujących (sterowników bezprzewodowych) zainstalowanych w standaryzowanych złączach typu Zhaga ZD4i, umieszczonych **na zewnątrz od dołu korpusu** każdej instalowanej oprawy oświetlenia ulicznego/drogowego.

*Zamawiający, w celu zwiększenia trwałość urządzeń automatyki sterującej (min. 10 lat do 20 lat), wymaga Złącza Zhaga-D4i instalowanego tylko od dołu korpusu oprawy LED (**nie dopuszcza się złącza w górnej części korpusu oprawy**). Uzasadnienie: montaż od góry korpusu oprawy urządzeń automatyki sterującej wpływa negatywnie na trwałość urządzeń automatyki sterującej:*

- urządzenia są narażone na bezpośredni kontakt z promieniami słonecznymi (promieniowanie UV) co przekłada się na przyspieszone starzenie się urządzeń i drastycznie zmiany temperatury urządzeń, w szczególności w okresie letnim

- urządzenia są narażone na uszkodzenia mechaniczne w przypadku silnych opadów atmosferycznych śniegu, gradu.

Dodatkowo urządzenia automatyki sterującej muszą być wyposażone w czujnik pomiaru natężenia światła zewnętrznego, które w przypadku montażu na górze korpusu oprawy i opadów śniegu w okresie zimowy, mogą zostać przykryte przez śnieg. Przykrycie czujnika pomiaru natężenia światła zewnętrznego przez śnieg będzie wprowadzać automatykę sterującą w nieprawidłowe działanie, przekazywać nieprawidłowe pomiary natężenia światła zewnętrznego i załączać oprawy poza okresem nocnym.



Fot. Prawidłowy montaż urządzeń sterujących od dołu korpusu oprawy

2. Oprogramowanie Zarządzające musi komunikować się z urządzeniami sterującymi (sterownikami bezprzewodowymi) na oprawie z wykorzystaniem sieci radiowej bez dodatkowych komponentów w zakresie komunikacji takich jak gateway, hub, centraliki zabudowane np. w szafach zasilających i na słupach oświetleniowych.
3. Z uwagi na uproszczenie instalacji i uzyskania niskich kosztów utrzymania, urządzenia pośredniczące w komunikacji nie mogą w żadnym stopniu uczestniczyć w zarządzaniu oświetleniem ulicznym poza przekazywaniem zaszyfrowanych danych pomiędzy serwerem zarządzającym a urządzeniami sterującymi Bezprzewodowej Automatyki Sterującej.
4. Urządzenia sterujące umieszczone na oprawach, nie mogą pośredniczyć w przekazywaniu danych do innych urządzeń sterujących.
5. Bezprzewodowa Automatyka Sterująca Oświetleniem musi umożliwiać wgrywanie, aktualizację i zmianę dobowych schematów redukcji (harmonogramów) strumienia świetlnego i mocy każdej sterowanej oprawy (każdej z osobna, jak również grupy opraw) za pośrednictwem dedykowanej strony internetowej do której dostęp musi być zabezpieczony dwuetapowo poprzez login i hasło oraz dodatkowe zabezpieczenie kod sms lub kod email.
6. Dobowy schemat redukcji (harmonogramów) strumienia świetlnego i mocy sterowanej oprawy obejmuje przykładowe programowanie opraw w następujący sposób: od włączenia zasilania oprawy do godz. 23.00 – 100% mocy oprawy, od godz. 23.00 do godz. 05.00 – 50% mocy oprawy, od godz. 05.00 do wyłączenia zasilania oprawy – 100% mocy oprawy. Schemat redukcji strumienia świetlnego może ulegać zmianie dla wybranych ciągów ulic, czy wybranych pojedynczych zainstalowanych opraw.
7. Każde urządzenie sterujące (sterowniki bezprzewodowe) muszą zapamiętywać i wykonywać zaprogramowane schematy redukcji strumienia świetlnego i mocy i realizować schematy redukcji nawet w przypadku braku komunikacji z Bezprzewodową Automatyką Sterującą Oświetleniem.

8. Urządzenie sterujące (sterownik bezprzewodowy) musi działać autonomicznie, niezależnie od komunikacji z Bezprzewodową Automatyką Sterującą Oświetleniem. Niezależne działanie urządzenia sterującego musi być realizowane poprzez zegar astronomiczny ustalający dokładny czas załączenia i wyłączenia oprawy zgodnie ze wschodem i zachodem słońca, ustalony na podstawie lokalizacji GPS sterownika i parametru konfiguracyjnego korekty czasu wprowadzonej przez użytkownika (min. +/-30 min.) lub poprzez wbudowany w sterowniku czujnik pomiaru natężenia światła zewnętrznego.
9. Brak zasilania oprawy oświetleniowej w energię elektryczną nie może w żaden sposób wpływać negatywnie na pracę urządzenia sterującego i po przywróceniu zasilania urządzenie sterujące musi automatycznie weryfikować i uruchamiać podstawowe funkcje: ustawić odpowiedni schemat redukcji (harmonogram) strumienia świetlnego i mocy oprawy.
10. Bezprzewodowa Automatyka Sterująca Oświetleniem musi prezentować automatycznie poszczególne oprawy oświetleniowe na mapie przestrzennej dedykowanej strony internetowej zgodnie z ich współrzędnymi geograficznymi ustalonymi za pośrednictwem zainstalowanego w każdym sterowniku bezprzewodowym - lokalizatora GPS.
11. Urządzenia sterujące (sterowniki bezprzewodowe) po instalacji muszą automatycznie łączyć się z Bezprzewodową Automatyką Sterującą Oświetleniem i automatycznie ustanawiać komunikację z serwerem, instalacja musi być w pełni automatyczna, bez jakichkolwiek czynności manualnych podczas instalacji.
12. W wysokość (kwocie) oferty Wykonawca musi w kalkulować wszystkie koszty w okresie gwarancji, związane z transmisją i rejestrowaniem danych pomiędzy urządzeniami sterującymi zainstalowanymi na oprawach a oprogramowaniem serwerowym Bezprzewodowej Automatyki Sterującej Oświetleniem.
13. W przypadku montażu dodatkowych urządzeń pośredniczących wykonawca musi ponosić w okresie utrzymania Bezprzewodowej Automatyki Sterującej Oświetleniem wszystkie koszty związane z instalacją, dzierżawą miejsca montażu i zasilaniem w energię elektryczną. Zamawiający dopuszcza montowanie w komplecie z oprawą LED urządzeń automatyki sterującej oświetleniem o mocy elektrycznej poniżej 1 Wata i obudowy urządzeń o wymiarach zewnętrznych -wysokości poniżej 40 mm i wytrzymałości IK09. Określenie wysokości urządzeń sterujących ma na celu utrzymanie odpowiedniej estetyki oraz zmniejszenie sił bocznych działających na złącze oprawy (Zhaga ZD4i) przez wiatr i warunki atmosferyczne, co przekłada się na zmniejszenie ryzyka uszkodzenia oprawy.

14. Wykonawca musi udzielić pisemnej nieograniczonej czasowo (tzw. wieczystej) licencji na uruchomioną Bezprzewodową Automatykę Sterującą Oświetleniem wraz z jego wszystkimi elementami składowymi – brak opłat licencyjnych po okresie gwarancji.

15. W kwocie oferty należy uwzględnić dwa szkolenia dla 2 osób Wskazanych przez Zamawiającego w zakresie obsługi i konfiguracji systemu informatycznego Bezprzewodowej Automatyki Sterującej Oświetleniem. Szkolenie musi się odbyć przed podpisaniem protokołu odbioru końcowego z wykorzystaniem urządzeń zainstalowanych w ramach niniejszego zadania. Przed wykonaniem szkolenia Wykonawca rejestruje w systemie informatycznym zmodernizowane elementy infrastruktury oświetlenia zewnętrznego i opisze je zgodnie z wytycznymi Zamawiającego.

Analiza finansowa wariantu nr 2 modernizacji

Możliwe jest zastosowanie redukcji mocy i strumienia świetlnego w godzinach zmniejszonego ruchu pojazdów motorowych. Przewidziane oprawy posiadają możliwość sterowania systemem zewnętrznym (TIK) lub programowania bezpośredniego w standardzie Dali. Zaleca się, aby system (TIK) i programowanie bezpośrednie obniżało poziomy parametrów o 2 klasy oświetleniowe w godzinach od 20.00 do 5.00 w zależności do warunków drogowych. Poniższa tabela przedstawia średnie wartości obniżenia mocy opraw odpowiadających ilości godzin w roku:

redukcja mocy w oprawie	czas pracy [h]	moc [kW]	zużycie ee [kWh]
0%	739	35,48	26 217,65
30%	1460	24,83	36 257,70
50%	1951	17,74	34 608,01
	4150		97 083,36

Tabela 8. Wyliczenie kosztu energii elektrycznej po modernizacji systemu oświetlenia

ilość ppe	27
zużycie dzienne [kWh]	29 125,01
zużycie nocna [kWh]	67 958,35
moc zamówiona [kW]	95

Koszt utrzymania systemu po modernizacji

zakup energii elektrycznej	stawka zł/kWh		zużycie	koszt netto	VAT	koszt brutto
dzienna	0,7653 zł		29 125,01	22 289,37 zł	5 126,55 zł	27 415,92 zł
nocna	0,7653 zł		67 958,35	52 008,53 zł	11 961,96 zł	63 970,49 zł
suma				74 297,89 zł	17 088,52 zł	91 386,41 zł

dysyrbucja energii elektrycznej	zł/kWh			koszt netto	VAT	koszt brutto
opłata abonamentowa	4,56000 zł		27	1 477,44 zł	339,81 zł	1 817,25 zł
opłata sieciowa	5,10000 zł		95	5 814,00 zł	1 337,22 zł	7 151,22 zł
opłata mocowa	2,66000 zł		27	861,84 zł	198,22 zł	1 060,06 zł
sieciowa dzienna	0,22020 zł		29 125,01	6 413,33 zł	1 475,07 zł	7 888,39 zł
sieciowa nocna	0,22020 zł		67 958,35	14 964,43 zł	3 441,82 zł	18 406,25 zł
opłata jakościowa	0,03140 zł		97 083,36	3 048,42 zł	701,14 zł	3 749,55 zł
opłata kogeneracyjna	0,00618 zł		97 083,36	599,98 zł	137,99 zł	737,97 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł		95	91,20 zł	20,98 zł	112,18 zł
suma				31 793,19 zł	7 312,43 zł	39 105,62 zł

suma kosztów	130 492,03 zł
--------------	---------------

Tabela efektu ekologicznego dla wariantu nr 2

Moc zainstalowana obecnie	76,900	kW
Zużywana energia obecnie	319 135,00	kWh/rok
Obecna emisji CO2	225,95	Mg / rok
Moc po wymianie opraw	35,48	kW
Oszczędność- zmniejszenie mocy	53,9%	
Średnia energochłonność docelowa opraw	62,79	W/oprawę
Zużycie energii po wykonaniu inwestycji oprawy z redukcją mocy	97 083,36	kWh/rok
Emisji CO2 po wykonaniu inwestycji	68,74	Mg / rok
Całkowita oszczędność energii	222 051,64	kWh
	69,6%	
Redukcja emisji CO2	157,21	Mg / rok
Ilość opraw do wymiany	565	sztuk

W wyniku uruchomienia bezprzewodowej automatyki sterującej (TIK) i programowania opraw zmniejszamy zużycie energii elektrycznej i emisję CO₂ o dodatkowe 15,71%, co przekłada się na zwiększenie oszczędności finansowych do **279 427,21 zł brutto** w skali roku.

Analiza ilości zaoszczędzonej energii finalnej

Zgodnie z załącznikiem nr 2 do Rozporządzeniem Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. 2017 poz. 1912) wykonujemy obliczenie ilość zaoszczędzonej energii finalnej wyrażonej w [kWh/rok] wg wzoru:

$$\Delta Q_0 = T_u (M_0 - M_1) / 1000$$

gdzie:

ΔQ_0 - ilość zaoszczędzonej energii finalnej, wyrażonej w [kWh/rok],

T_u - czas użytkowania źródła światła określony na podstawie danych zawartych w tabeli nr 6, wyrażony w [h/rok] ww. Rozporządzenia tj. w przypadku oświetlenia ulicznego – **4 150**;

M_0 - łączna moc znamionowa opraw oświetleniowych lub źródeł światła przed wymianą, wyrażona w [W] – **76 900 [W]**

M_1 - łączna moc znamionowa nowych opraw oświetleniowych lub źródeł światła po wymianie, wyrażona w [W] – **35 477,20 [W]**

$$\Delta Q_0 = 4150 * (76\,900 - 35\,477,20) / 1000 = 147\,230,38 \text{ [kWh/rok]}$$

Zgodnie z rozporządzeniem ilość zaoszczędzonej energii finalnej, wyrażonej w [kWh/rok] wynosi: **147 230,38** i jest to obniżeniem zużycia energii finalnej o 69,6 %.

Wyliczona powyżej ilość energii finalnej nie uwzględnia zastosowania bezprzewodowej automatyki sterującej (TIK) i programowania opraw. Stąd przy założeniu, że system sterowania (TIK) i programowanie bezpośrednie opraw obniża poziom parametrów opraw o 2 klasy oświetleniowe w godzinach od 20.00 do 5.00 w zależności do warunków drogowych to poniższa tabela 11 przedstawia średnie wartości obniżenia mocy opraw odpowiadających ilości godzin w roku:

Tabela 11. Wyliczenie zużycia energii finalnej po wymianie opraw przy zastosowaniu systemu sterowania (TIK) i programowaniu opraw

redukcja mocy w oprawie	czas pracy [h]	moc [kW]	zużycie ee [kWh]
0%	739	35,48	26 217,65
30%	1460	24,83	36 257,70
50%	1951	17,74	34 608,01
	4150		97 083,36

Na podstawie Tabeli 11 zużycie energii finalnej po wymianie opraw wyniesie: 97 083,36 kWh, czyli dodatkowo obniżamy zużycie energii finalnej przed wymianą **do wartości 69,6 %**.

Podsumowanie wariantów modernizacji

Z uwagi na najniższy koszt eksploatacji, eliminację źródeł światła zawierających substancje niebezpieczne, zastosowanie systemu sterowania – wariant nr 2 jest rekomendowanym wariantem modernizacji oświetlenia dla Gminy Kamienica Polska.

Oświetlenie LED jest najbardziej innowacyjną technologią obecnie dominującą w technice świetlnej. Obserwuje się dynamiczny rozwój tej technologii w zastosowaniu do oświetlenia drogowego i ulicznego. Nowa technologia to coraz większy strumień świetlny opraw oraz długa trwałość i co za tym idzie znacznie zmniejszające się koszty eksploatacyjne. Dodatkowo oprawy oświetleniowe typu LED są niewrażliwe na drgania i wstrząsy wywołane ruchem pojazdów. Oprawy te cechuje również bardzo szybki „zapłon”, czyli uzyskanie pełnego strumienia świetlnego natychmiast po włączeniu zasilania oraz brak wrażliwości na częste włączenia i wyłączenia zasilania.

Aktualne uwarunkowania nie pozostawiają w zasadzie innych możliwości jak uzyskanie pożądaných efektów poprzez wymianę opraw istniejących na oprawy LED. Dodatkowo zastosowanie opraw LED wyklucza stosowanie źródeł światła zawierających niebezpieczne substancje takie jak rtęć i ołów. Z tego też powodu komisja europejska wyznacza terminy wykluczania wyrobów mniej efektywnych energetycznie z obrotu handlowego. Lampy rtęciowe jak i sodowe standardowe podlegają wycofaniu z handlu otwartego. Do chwili obecnej wysokoprężne lampy sodowe są najtańszym inwestycyjnie środkiem do skutecznego oświetlenia ulic z wysoką sprawnością przetwarzania energii w światło. Wydajność świetlna (właściwie skuteczność świetlna) jest nieco niższa niż w nowoczesnych źródłach LED. Posiadają jednak wiele ważnych cech niedoskonałości, które decydują o większych kosztach eksploatacji, większych stratach strumienia światła kierowanego na oświetlane powierzchnie, dalekiego od komfortu postrzegania obiektów itp. Nowe oprawy ze źródłami światła LED charakteryzują się mniejszymi stratami w swoim układzie optycznym, precyzyjnym, specjalizowanym do różnorodnych lokalizacji rozsyłem światła, który zapewnia optymalne warunki oświetlenia.

Zastosowanie w ich miejsce opraw LED przyczyni się do poprawy kilku elementów:

- poziomu parametrów oświetleniowych i komfortu widzenia,
- jakości barwy światła,
- równomierności i energooszczędności systemu.

Zasadne jest zastosowanie redukcji mocy i strumienia świetlnego w godzinach zmniejszonego ruchu pojazdów motorowych. Przewidziane oprawy posiadają funkcję zintegrowaną w oprawie, funkcję utrzymania stałego strumienia w czasie oraz możliwość sterowania systemem

zewnętrznym w standardzie Dali2. Zaleca się, aby system ściemnienia (TIK i programowania opraw) obniżał poziomy parametrów o 1 lub 2 klasy oświetleniowe w godzinach 21:00 do 5:00. Konsekwencją redukcji mocy może być zmniejszenie współczynnika mocy oprawy powodujące pobór mocy biernej przez system oświetlenia. Przekroczenie tgφ powyżej wartości 0,4 upoważnia dystrybutora energii elektrycznej do naliczania opłat za pobór energii biernej.

Tabela porównawcza wariantów modernizacji:

	Wariant nr 1	Wariant nr 2	
Opis	Wymiana opraw na LED	Wymiana opraw z TIK	jednostka
Moc zainstalowana obecnie	76,900	76,900	kW
Zużywana energia obecnie	319 135,00	319 135,00	kWh/rok
Obecna emisji CO2	225,95	225,95	Mg / rok
Moc po wymianie opraw	35,48	35,48	kW
Oszczędność- zmniejszenie mocy	53,80	53,80	%
Średnia energochłonność docelowa opraw	62,79	62,79	W/oprawę
Zużycie energii po wykonaniu inwestycji	147 230,38	97 083,36	kWh/rok
Emisji CO2 po wykonaniu inwestycji	104,24	68,74	Mg / rok
Całkowita oszczędność energii	171 904,62	222 051,64	kWh
	53,80	69,57	%
Redukcja emisji CO2	121,71	157,21	Mg / rok
Ilość opraw do wymiany/montażu	565	565	sztuk
Koszt brutto realizacji zadania	933 310,47	1 054 690,44	zł
Oszczędność - opłaty za energię elektryczną	214 505,53	279 427,21	zł
Prosty zwrot z inwestycji bez dofinansowania	4,4	3,8	lata

7. Ustalenie zakresu i wariantu modernizacji oświetlenia ulicznego

Dobór mocy opraw poprzedzono szczegółowymi obliczeniami. Dobór mocy został wykonany z marginesem bezpieczeństwa, który jest konieczny przy zastosowaniu np. innych opraw niż uwidocznione w zestawieniach. Obliczenia fotometryczne wykonano na oprawach oświetleniowych o rozsyłach uniwersalnych. Istnieje zdecydowana możliwość zastosowania opraw o bardziej wyrafinowanych rozsyłach światła, które można potraktować jako równoważne a pochodzących od różnych producentów, opraw charakteryzujących się zbliżonymi parametrami rozsyłu światła, wydajnością świetlną źródeł LED, barwy światła, typowymi parametrami odporności na czynniki zewnętrzne (ciała stałe i woda, odporność na udary) oraz właściwościami montażu (regulacja nachylenia opraw).

Wskazane moce opraw przyjęto na poziomie, dla których wymagania spełniają weryfikowane oprawy.

Zestawienie oprav oświetleniowych, mocy, zużycia energii i kosztów energii elektrycznej całego systemu po modernizacji dla wybranego wariantu

Wykonanie zestawień poprzedzono wykonaniem obliczeń, które wskazują dobór parametrów montażu i rodzaju sprzętu oświetleniowego umożliwiającego spełnienie wymagań normy PN-EN13201 Oświetlenie dróg. Dobór mocy oprav zdecydował o poziomie efektywności energetycznej zmodernizowanego systemu. W dalszych wyliczeniach efektywność określono redukcją zużycia energii elektrycznej oraz energochłonnością średnią punktu oświetleniowego.

Średnia energochłonność oprav całego systemu po modernizacji

$$35\,477,20 \text{ [W]} (\text{moc oprav}) / 565 \text{ [szt.]} (\text{ilość oprav}) = \mathbf{62,8 \text{ W/oprawę}}$$

Wykonawca dokumentacji rekomenduje Zamawiającemu wariant 2 modernizacji. Wybór wariantu został dokonany po uwzględnieniu zarówno elementów technicznych jak i ekonomicznych.

Tabela 8. Zużycie energii elektrycznej dla stanu docelowego po modernizacji

Stan po modernizacji			zużycie energii elektrycznej w kWh	
			1 rok	5 lat
moc oprav po moderniacji	35,48	kW	97 083,36	485 416,79

Z uwagi na najwyższy efekt ekonomiczny i ekologiczny inwestycji wariant nr 2 należy uznać za optymalny.

8. Wyliczenie efektu oszczędności energii elektrycznej i efektu ekologicznego (dla zakresu modernizacji)

Przebudowa polega na wymianie przestarzałych lamp sodowych na nowocześniejsze i zarazem oszczędniejsze lampy LED. W wyniku przebudowy zostanie zmniejszony pobór mocy na cele oświetleniowe.

Dzięki zmniejszeniu mocy zainstalowanej zmniejszy się zużycie węgla na jej wyprodukowanie, a co za tym idzie zmniejszą się ilości szkodliwych czynników wydalanych podczas spalania węgla.

Tabela 9. Tabela efektu oszczędności energii elektrycznej i efektu ekologicznego

Moc zainstalowana obecnie	76,900	kW
Zużywana energia obecnie	319 135,00	kWh/rok
Obecna emisji CO2	225,95	Mg / rok
Moc po wymianie opraw	35,48	kW
Oszczędność- zmniejszenie mocy	53,9%	
Średnia energochłonność docelowa opraw	62,79	W/oprawę
Zużycie energii po wykonaniu inwestycji oprawy z redukcją mocy	97 083,36	kWh/rok
Emisji CO2 po wykonaniu inwestycji	68,74	Mg / rok
Całkowita oszczędność energii	222 051,64	kWh
	69,6%	
Redukcja emisji CO2	157,21	Mg / rok
Ilość opraw do wymiany	565	sztuk

9. Koszt wymiany opraw oświetleniowych

Założenia kosztorysowe, charakterystyka obiektu:

Kosztorys inwestorski opracowano na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004r. Dz. U. Nr 130 poz.1389.

1. Charakterystyka obiektu i robót.

Zakres niniejszego opracowania obejmuje remont oświetlenia ulicznego.

Opracowanie obejmuje:

- Demontaż opraw oświetleniowych i montaż w ich miejsce nowych opraw energooszczędnych LED w komplecie z przewodami wysięgnikowymi i zabezpieczeniami
- uruchomienie Bezprzewodowej Automatyki Sterującej Oświetleniem
- Przeprowadzenie badań, prób i pomiarów
- Wykonanie dokumentacji powykonawczej

2. Przedmiar robót został ujęty w kosztorysie inwestorskim w osobnym opracowaniu.

3. Kosztorys inwestorski sporządzony został metodą kalkulacji uproszczonej.

10. Analiza oddziaływania na środowisko

Prace związane z montażem opraw będą miały niewielki wpływ na stan zanieczyszczenia powietrza (typowe prace budowlane). W trakcie prowadzenia prac wystąpi nieznaczna emisja zanieczyszczeń pyłowych.

Oprawy oraz źródła światła zdemontowane ze słupów należy przekazać do utylizacji.

Wymiana opraw na typu LED wiąże się z wycofaniem źródeł światła wyładowczych, które w składzie konstrukcyjnym posiadają (zarówno „rtęciówki” jak i „sodówki”) związki niebezpieczne

takie jak rtęć czy ołów. Wycofanie ich z eksploatacji wpłynie na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska globalnego.

11. Podsumowanie

Zadanie wymiany opraw daje istotne oszczędności w zużyciu energii elektrycznej, co przekłada się na zmniejszenie kosztów jej zakupu oraz zmniejsza emisję zanieczyszczeń wynikających z rezygnacji wytworzenia wielkości energii zaoszczędzonej.

Głębokość efektu oszczędności w zużyciu energii elektrycznej jest duża. Efekt redukcji zużycia energii elektrycznej, redukcji emisji zanieczyszczeń, redukcji kosztów utrzymania oświetlenia można pogłębić stosując dodatkowe redukcje mocy opraw w godzinach nocnych.

Nie uwzględniano w obliczeniach oszczędności dodatkowych, jakie mogą być generowane szczególnie w zakresie kosztu konserwacji systemu. Zależać będą od warunków na jakich będzie realizowana usługa eksploatacyjna – konserwacja. Dla opraw LED w okresie rozliczeniowym inwestycji, za usterki w zakresie wynikającym z realizacji zadania będzie odpowiedzialny wykonawca – wymagany 5 letni okres gwarancji. Pozostają elementy niezależne, od jakości wykonania robót jak np. uszkodzenia będące następstwem niekorzystnych warunków atmosferycznych.