

AUDYT OŚWIETLENIA

NAZWA PROJEKTU:

INSTALACJA EFEKTYWNEGO ENERGETYCZNIE OŚWIETLENIA NA TERENIE GMINY BIERUŃ
– ETAP III

- ul. Wawelska

ZAMAWIAJĄCY:

URZĄD MIEJSKI W BIERUNIU
RYNEK 14
43-150 BIERUŃ

Opracowanie:



**ENERGIA
DLA MIAST**

ENERGIA DLA MIAST Sp. z o.o.
biuro@energiadlamiast.pl

ul. Katowicka 80
43-190 Mikołów

KRS: 0000793266
NIP: 6351851815
REGON: 383804859

ENERGIA DLA MIAST Sp. z o.o.

ul. Katowicka 80

43-190 Mikołów

tel/fax: 32 326 78 17

e-mail: biuro@energiadlamiast.pl

Zespół autorów:

Kamil Krzoski

Michał Mroskowiak

Spis treści

1.1.	Cel i zakres opracowania	4
1.2.	Podstawy prawne	4
1.3.	Założenia	5
1.4.	Definicje	5
2.	Opis i ocena stanu aktualnego	6
2.1.	Wyniki inwentaryzacji	6
2.1.1.	Oprawy oświetlenia ulicznego	6
2.1.2.	Słupy oświetleniowe	6
2.2.	Końcowe wnioski z inwentaryzacji	8
3.	Analiza rozwiązań technicznych	8
3.1.	Źródła LED	8
3.2.	Słupy i wysięgniki oświetleniowe	11
3.3.	System sterowania oświetleniem	11
3.4.	Warianty modernizacji	14
4.	Analiza wariantowa	14
4.1.	Wariant I	14
4.2.	Wariant II	16
4.3.	Wariant III	19
4.4.	Analiza ekologiczna	21
4.5.	Wybór optymalnego wariantu.	22
ZAŁĄCZNIK I ARKUSZE OBLICZENIOWE		27
ZAŁĄCZNIK II DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA		28

1.1. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest przeanalizowanie możliwości ograniczenia emisji zanieczyszczeń powietrza oraz uzyskania oszczędności energii elektrycznej poprzez przedsięwzięcie poprawiające efektywność energetyczną systemu oświetlenia zewnętrznego.

Zakres opracowania obejmuje oświetlenie uliczne na ulicy Wawelskiej

Łączna ilość punktów oświetleniowych objętych audytem wynosi (5 sztuk).

1.2. Podstawy prawne

- 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;
- Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. - o drogach publicznych (Dz. U. Nr 14, poz. 60, tekst jednolity Dz. U. 2015 r.);
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. 2018, poz. 2010 z 7 czerwca 2018 r.);
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 r. - prawo zamówień publicznych (Dz. U. z 2017r. poz. 1579, 2018) - tekst ujednolicony przez Urząd Zamówień Publicznych;
- Norma PKN-CEN/TR 13201-1 Oświetlenie dróg. Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia;
- Norma PN-EN 13201-2 Oświetlenie dróg. Część 2: Wymagania eksploatacyjne;
- Norma PN-EN 13201-3 Oświetlenie dróg. Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych;
- Norma PN-EN 13201-4 Oświetlenie dróg. Część 4: Metody pomiarów efektywności oświetlenia;
- Norma PN-EN 13201-5 Oświetlenie dróg. Część 5: Wskaźniki pomiaru efektywności energetycznej;

1.3. Założenia

- W obliczeniach wielkości redukcji emisji CO₂ znajduje zastosowanie wskaźnik emisyjności dla krajowej sieci elektroenergetycznej wyliczany przez Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami wynoszący 0,778 Mg CO₂/MWh_{ee}.
- Do obliczeń zużycia energii elektrycznej przyjmowana jest wartość nominalna czasu eksploatacji oświetlenia ulicznego wynosząca 4000 h¹.
- Podatek VAT jest kosztem kwalifikowanym pod warunkiem, że Wnioskodawca nie ma możliwości zwrotu lub odliczenia tego podatku. Ponieważ z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku inwestycji dokonywanych bezpośrednio przez samorządy wszystkie kwoty i ceny w opracowaniu są wartościami brutto, zawierającymi podatek VAT.
- Okres odniesienia inwestycji wynosi 10 lat.

1.4. Definicje

- finansowanie oświetlenia – finansowanie kosztów energii elektrycznej pobranej przez punkty świetlne oraz koszty ich budowy i utrzymania;
- LED - Light Emmiting Diode – Diody emitujące promieniowanie widzialne. W opracowaniu pojęcie wykorzystywane w odniesieniu do opraw oświetleniowych;
- norma oświetleniowa - Norma oświetleniowa PN-EN 13201;
- punkt świetlny - kompletna oprawa oświetleniowa, obejmująca urządzenia służące do rozsyłania, filtrowania lub przekształcania światła wysyłanego przez źródło światła, zawierającą elementy niezbędne do mocowania i ochrony źródła światła oraz do przyłączania go do obwodu zasilającego;
- prosty okres zwrotu (SPBT) – stosunek kosztu wymiany opraw do wartości zaoszczędzonej energii elektrycznej;

¹ Czas działania opraw przyjęto zgodnie z normą PN-EN 13201-5 Wskaźniki efektywności energetycznej.

2. Opis i ocena stanu aktualnego

Analiza stanu aktualnego została przeprowadzona na bazie inwentaryzacji oświetlenia ulicznego Gminy Bieruń z roku 2019. Wyniki inwentaryzacji zostały zweryfikowane w ramach wizji terenowych prowadzonych w dniach 25 - 26 listopada 2019 r..

Zebrane dane zostały usystematyzowane w formie tabelarycznych baz danych w formacie *.xls

2.1. Wyniki inwentaryzacji

2.1.1. Oprawy oświetlenia ulicznego

Zgodnie ze sporządzoną inwentaryzacją w skład infrastruktury oświetleniowej podlegającej audytowi wchodzi **5 punktów oświetleniowych**. Strukturę w rozbiciu na poszczególne oprawy i słupy przedstawiono w poniższej tabeli.

TABELA 1 WYNIK INWENTARYZACJI OPRAW

LP	Nazwa ulicy	Ilość słupów	Ilość opraw	70W
1	Wawelska	5	5	5

Wszystkie zinwentaryzowane oprawy posiadają sodowe źródło światła.

2.1.2. Słupy oświetleniowe

Stan słupów oraz wysięgników należy ocenić jako niezadowalający w stopniu uniemożliwiającym przywieszenie nowych opraw typu LED na istniejących konstrukcjach wsporczych bez konieczności ponoszenia dodatkowych wydatków konserwacyjnych.

Słupy we wskazanych lokalizacjach nie spełniają warunków technicznych, aby przeprowadzić na nich wymianę opraw, z uwagi na następujące uwarunkowania:

- Zakończenie słupa o średnicy nie pozwalającej na montaż nowych opraw;
- Uszkodzona struktura tworzywa sztucznego;
- Uszkodzenia drzwiczek rewizyjnych (woda i wilgoć mogą przedostawać się do komory złącza kablowego);

Z uwagi na powyższe konieczna jest zatem we wskazanej lokalizacji wymiana słupów.



RYСУNEK 1 SŁUP OŚWIETLENIOWY PRZY ULICY WAWELSKIEJ

2.2. Końcowe wnioski z inwentaryzacji

W wyniku przeprowadzonej inwentaryzacji oświetlenia sformułowano następujące wnioski.

- Oprawy oświetleniowe z uwagi na stan techniczny i niską efektywność świetlną powinny zostać wymienione na nowsze źródła typu LED;
- Słupy oświetleniowe wymagają pilnych prac remontowych, nie powinny być na nich osadzone nowe oprawy, przed montażem konieczna jest wymiana słupów;
- W przypadku wymian, modernizacji, przebudów i dobudów należy stosować się do ogólnej koncepcji oświetlenia, opracowanej dla całego miasta;
- Audytowane oprawy nie są zarządzane przez inteligentne systemy sterowania, w związku z czym w ramach modernizacji należy przewidzieć zastosowanie inteligentnych systemów sterowania oświetleniem.

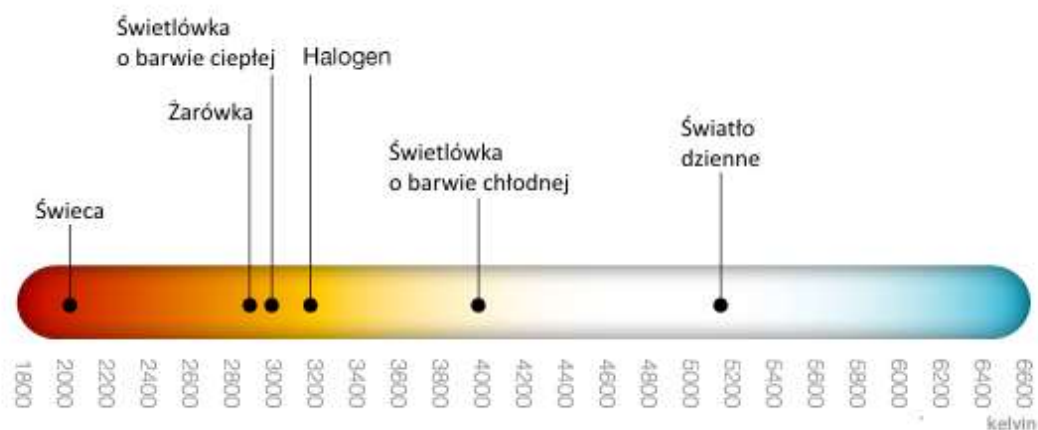
3. Analiza rozwiązań technicznych

3.1. Źródła LED

Lampy LED opierają się o zestaw diod elektroluminescencyjnych charakteryzując się następującymi cechami:

- Wysoka skuteczność świetlna;
- Długa żywotność gwarantowana na poziomie 50 000 h - 100 000 h;
- Dowolność w kształtowaniu strumienia rozsyłu światła;
- Odporność na wibracje i wstrząsy;
- Odporność na cykle włączania i wyłączania;
- Możliwość sterowania natężeniem strumienia świetlnego;
- Niskie koszty eksploatacyjne;
- Wysoki stopień utrzymania strumienia świetlnego w czasie;

Źródła LED charakteryzują się jednakże wyższym kosztem inwestycyjnym względem tradycyjnych, sodowych źródeł światła oraz zimną temperaturę barwową, która może być negatywnie oceniana przez część użytkowników. Negatywny skutek tego elementu można, jednakże minimalizować poprzez określenie w specyfikacji technicznej - cieplejszej temperatury barwowej, która jest możliwa do uzyskania dla opraw nowej generacji. Rozkład temperatury barwowej wskazano na rysunku zamieszczonym poniżej.



RYСУNEK 2 ROZKŁAD TEMPERATURY BARWOWEJ W ODNIESIENIU DO TYPOWYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Dla klasycznych źródeł światła temperatura barwowa wynosi 2000-2500 K – jest to więc światło barwy żółto – pomarańczowej, o bardzo ciepłym odcieniu. Dla źródeł typu LED, lampy metahalogenkowe, temperatura barwowa określona jest w zakresie 3000 – 4500 K, a więc jest to oświetlenie o odcieniu białym – z perspektywy postronnego obserwatora określa się je również jako chłodne.

Porównanie tych dwóch głównych technologii pokazuje w rzeczywistości fotografia zamieszczona poniżej



RYСУNEK 3 FOTOGRAFIA PRZEDSTAWIAJĄCA OŚWIETLENIE ŹRÓDŁEM SODOWYM (LEWA STRONA, MOC 75 W) I OŚWIETLENIEM TYPU LED (PRAWA STRONA, MOC 30W),

ŹRÓDŁO: [HTTP://WWW.KP-LIGHTING.COM/PL/CONTENT/MAIN_PICTURES/SODAVSLED.JPG](http://www.kp-lighting.com/pl/content/main_pictures/sodavsled.jpg)

W ramach modernizacji rekomenduje się zastosowanie opraw o następujących parametrach:

Parametry techniczne:

- Budowa oprawy – jednokomorowa
- Materiał korpusu – Odlew aluminium
- Materiał klosza zewnętrznego – Poliwęglan
- Oprawa z wewnętrznym dyfuzorem ograniczającym olśnienie
- Stopień odporności klosza na uderzenia mechaniczne – IK09
- Szczelność komory optycznej i elektrycznej – IP66
- Montaż na słupie o średnicy $\varnothing 60\text{mm}$
- Znamionowe napięcie pracy – 230V/50Hz
- Moc maksymalna uwzględniające wszystkie straty – 40W
- Ochrona przed przepięciami – 10kV
- Źródło światła – 24 źródeł LED
- Minimalny strumień świetlny źródeł – 4500lm
- Zakres temperatury barwowej źródeł światła – 2800K – 3200K
- Oprawa wyposażona w sterownik lokalny umożliwiający współpracę z bezprzewodowym systemem sterowania i zarządzania oświetleniem
- Korpus oprawy wyposażony w obudowę chroniącą antenę sterownika lokalnego
- Praca sterownika w sieci bezprzewodowej zgodnie ze standardem ZigBee (IEEE 802.15.4)
- Sterownik z wbudowanym przełącznikiem umożliwiającym fizyczne wyłączenie oprawy
- Możliwość sterowania statecznikiem za pomocą sygnału analogowego (1-10V) lub cyfrowego (DALI); zmiana sposobu sterowania poprzez zdalną zmianę oprogramowania
- Sterownik powinien posiadać bezpotencjałowe wejście na sygnał z czujnika ruchu oraz możliwość przesyłania informacji o wykrytym ruchu do innych opraw
- Sterownik powinien posiadać możliwość pracy jako fotokomórka (po domontowaniu światłowodu)
- Sterownik powinien posiadać możliwość dokonywania pomiaru prądu, napięcia, mocy, współczynnika mocy, temperatury, czasu pracy źródła światła
- Możliwość wymiany anteny w przypadku jej uszkodzenia
- Utrzymanie strumienia świetlnego w czasie: 90% po 100 000h (zgodnie z IES LM-80 - TM-21)
- Klasa ochronności elektrycznej: II
- Oprawa posiada deklarację zgodności WE i certyfikat akredytowanego ośrodka badawczego potwierdzający deklarowane zgodności, np. ENEC

- Wartości wskaźnika udziału światła wysyłanego ku górze (ULOR) zgodne z Rozporządzeniem WE nr 245/2009
- Zgodność z wymogami Rozporządzenia Komisji (EU) nr 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r.
- Zgodność z aktualnie obowiązującymi wersjami norm PN-EN 60598-1 oraz PN-EN 60598-2-3

3.2. Słupy i wysięgniki oświetleniowe

Wysokość słupa w przedmiotowej lokalizacji powinna wynosić 3,5 m.

Ze względu na własności antykorozyjne – długi czas użytkowania w dowolnych warunkach pogodowych oraz małą masę słupa w ramach projektu przewidziano zastosowanie słupów aluminiowych, zapewniających wysoką estetykę w pełnym okresie eksploatacyjnym konstrukcji.

Słup i wysięgnik powinien być zabezpieczony technologią anodowania, minimalna wartość w mikronach anody od 20 do 25 mikronów. Powłoka anodowa powinna być integralnie związana z podłożem, dzięki czemu nie ma możliwości jej złuszczenia, odpryskiwania czy rozwarstwiania.

Słup winien posiadać deklarację zgodności WE sygnowaną znakiem CE wystawioną przez producenta. Do wyposażenia dołączona ma być tabliczka bezpiecznikowa oraz ocynkowany komplet elementów łącznych słupa (nakrętki, podkładki, osłony na nakrętki z tworzywa sztucznego zgodnego z kolorem słupa, kluczyk imbusowy).

Charakterystyka ilościowa wymiany słupów:

- ul. Wawelska – słup aluminiowy, 5 szt;

3.3. System sterowania oświetleniem

Smart Street Lighting to określenie idei inteligentnego racjonalizowania zużycia energii elektrycznej na oświetlenie ulic. Systemy typu smart w zależności od zaawansowania technologicznego charakteryzują się różnymi funkcjami. Najprostsze aspirujące do tej grupy są systemy oparte na czasowym ograniczaniu mocy oświetlenia w późnych godzinach nocnych. W przypadku takich systemów nie można mówić jednak o inteligentnym sterowaniu a jedynie odczytywaniu teoretycznych potrzebnych poziomów oświetlenia z tabeli kalendarza. Tego typu systemy konkurują z posiadającymi zdecydowanie więcej funkcji i dające zdecydowanie większe możliwości oszczędzania energii, systemy sterowników inteligentnych, komunikujących się

między sobą i systemem nadrzędnym, poprzez sieć zasilania, umożliwiając tym samym sterowanie nie tyle pełnymi ciągami oświetleniowymi, ile indywidualnymi oprawami.

Funkcje zaawansowanego, inteligentnego systemu sterowania oświetleniem ulic, placów i parków:

- sterowanie poszczególnymi latarniami ulicznymi; ręczne lub automatyczne załączanie lub wyłączanie lamp oraz funkcje ograniczania ich mocy, możliwa jest automatyczna modyfikacja oczekiwanego poziomu oświetlenia w zależności od warunków na drodze (zwiększony ruch, zmniejszona widoczność czy przypadki szczególne jak nocne imprezy sportowe); w niektórych przypadkach system, zachowując swą funkcjonalność, nie może ściemniać oświetlenia
- grupowanie lamp w zależności od potrzeb i ustalanie różnych algorytmów sterowania dla różnych grup lamp; gdy z tej samej instalacji zasilane jest oświetlenie drogi osiedlowej i drogi o większym nasileniu ruchu dla obu przypadków są ustalane inne programy oszczędzania, aby drogi były oświetlone zgodnie z normami,
- zliczanie zużycia energii elektrycznej poszczególnych lamp i grup lamp czy też dodatkowych urządzeń zasilanych z tej samej instalacji np. oświetlenie świąteczne; dzięki temu ułatwione jest rozliczanie podmiotów odpowiedzialnych za oświetlenie w poszczególnych częściach większej instalacji; Np. w przypadku gdy za część oświetlenia odpowiada wspólnota mieszkańców a za część zarząd dróg, bez problemu można odczytać i rozliczyć bieżące zużycie energii elektrycznej każdej części systemu oświetleniowego
- detekcja prawidłowego działania latarni,
- detekcja nieuprawnionego otwarcia obudowy lampy z powiadamianiem odpowiednich służb.

Inteligencja systemów sterowania oświetleniem polega na dostosowywaniu poziomów natężenia oświetlenia do aktualnych potrzeb użytkowników i wymogów ustanowionych przez obowiązujące normy. Aktualne regulacje prawne dopuszczają ograniczenie poziomów oświetlenia w przypadku zmniejszenia natężenia ruchu na danym odcinku drogi. Możliwe również jest dostosowanie mocy lamp ulicznych do zmiennych warunków pogodowych. W tym celu montowane są czujniki natężenia ruchu oraz czujniki pogodowe. Inteligentny system zbiera informacje z czujników i w zależności od aktualnej sytuacji automatycznie dobiera algorytm sterowania oświetleniem.

Zgodnie z powyższym zarządzanie zmodernizowaną infrastrukturą może odbywać się bądź w ramach poszczególnych, indywidualnych opraw poprzez sterowniki wbudowane w oprawę lub

zainstalowane w słupach bądź w ramach obwodów poprzez sterownik segmentowy zamontowany w szafie oświetleniowej zasilającej daną linię oświetleniową.

Niezależnie od wybranego systemu sterowniki komunikować się muszą z siecią umożliwiającą zarządzania monitorowaną infrastrukturą z perspektywy przeglądarki internetowej.

Parametry techniczne systemu sterowania oświetleniem przewidzianego do zastosowania w planowanym zakresie modernizacji są następujące:

System sterowania opiera się na sterowaniu indywidualnym poszczególnymi oprawami.

Sterowanie oświetleniem odbywać się będzie za pomocą systemu zdalnego dostępnego przez stronę WWW lub aplikację desktopową, w czasie rzeczywistym, z pozycji komputera lub urządzenia mobilnego.

Parametry techniczne sterownika:

- Sterownik lokalny zamontowany wewnątrz oprawy bądź wnęki słupowe (dopuszczalne jest wyprowadzenie anteny komunikacyjnej na zewnątrz oprawy) komunikujący się falami radiowymi ze stacją macierzystą;
- Sterowanie poprzez sygnał radiowy bądź sieć GSM;
- Wykorzystanie algorytmu CLO – utrzymanie stałego strumienia świetlnego w czasie z uwzględnieniem współczynnika utrzymania;
- W przypadku awarii sieci bezprzewodowej bądź zerwania połączenia sterownik przełącza się automatycznie w tryb pracy zgodnej z zegarem astronomicznym;
- Zakres warunków pracy: -40 + 80 st. C.
- Pobór mocy w trybie czuwania <0,7 W
- Pobór mocy w trybie działania <1,0 W
- Zgodność z IEC 60929 (sterownik 1-10V)
- Zgodność z IEC 62386 (sterownik DALI)
- Szczelność: IP20

Parametry funkcjonalne systemu:

- Dokonywanie pomiarów parametrów pracy oprawy w zakresie: napięcia, prądu, współczynnika mocy, czasu działania, zużytej energii z dokładnością do 1%;
- Możliwość programowania min. 3 progów redukcji mocy;
- Możliwość zmiany min. 3 poziomów redukcji mocy dla zdefiniowanych czasów;
- Sterowanie bez dodatkowych przewodów zasilających;
- Programowanie wszystkich opraw jednocześnie bądź każdej indywidualnie;

- Zarządzanie systemem ze strony Web (w dowolnym czasie, z dowolnego miejsca i urządzenia);
- Autoryzacja użytkowników (login, hasło) oraz parametryzacja uprawnień, nieograniczona liczba użytkowników do zarządzania kontem;
- Natychmiastowe raportowanie i analizowanie sytuacji alarmowych;

3.4. Warianty modernizacji

Mając na uwadze dostępne rozwiązania techniczne oraz oczekiwania sformułowane przez Zamawiającego, analizie poddano następujące warianty inwestycyjne:

1. Wariant I – wymiana opraw „jeden do jeden” na oprawy sodowe oraz wymianą wytypowanych słupów oświetleniowych;
2. Wariant II – wymiana opraw „jeden do jeden” na oprawy typu LED, wymianą wytypowanych słupów oświetleniowych wraz z indywidualnym systemem sterowania;
3. Wariant III – wymiana opraw „jeden do jeden” na oprawy typu LED wraz z indywidualnym systemem sterowaniem i modernizacją i montażem szaf oświetleniowych oraz wymianą wytypowanych słupów;

4. Analiza wariantowa

4.1. Wariant I

Zakres prac przewidzianych do przeprowadzenia w ramach modernizacji

- Wymiana istniejących opraw oświetleniowych na nowe oprawy sodowe
- Wymiana słupów oświetleniowych

Przybliżony przedmiar materiałowy przedstawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.

TABELA 2 PRZYBLIŻONY PRZEDMIAR - WARIANT I

LP	Materiał	Ilość	Jednostka
1	Oprawy oświetleniowe sodowe 60 W	5	sztuk
2	Tabliczka bezpiecznikowa ze złączem IZK	5	sztuk
3	Słupy oświetleniowe aluminiowe	5	sztuki
4	Wysięgnik jednoramienny aluminiowy	0	sztuk
5	Fundament prefabrykowany	5	sztuk

W tabeli poniżej wskazano wykaz mocy opraw po modernizacji.

TABELA 3 WYKAZ MODERNIZOWANYCH OPRAW - WARIANT I

Wariant I		Dobre moce opraw w modernizacji					
		Oprawy LED				Oprawy sodowe	
LP	Nazwa ulicy	25W	40W	50W	70W	60W	100W
1	ul. Wawelska	0	0	0	0	5	0
	SUMA	0	0	0	0	5	0

Łączny szacowany koszt inwestycji wynosi 26 410,00 zł, z czego koszt wymiany opraw wynosi 3 910,00 zł. Szczegółowe zestawienie i strukturę kosztów zaprezentowano w tabeli zamieszczonej poniżej.

TABELA 4 ŁĄCZE KOSZTY INWESTYCYJNE - WARIANT I

Wariant I		
Koszt wymiany opraw z wyłączeniem kosztów dodatkowych		
Koszt wymiany opraw	3 910,00 zł	14,80%
Koszty dodatkowe		
Koszt wymiany słupów wraz z wysięgnikami i modernizacją linii przyłączeniowej	22 500,00 zł	85,20%
Koszt modernizacji szaf oświetleniowych	- zł	0,00%
SUMA	26 410,00 zł	

Rezultatem realizacji inwestycji w wariantcie I jest redukcja zużycia energii o 14,29% oraz roczne oszczędności wynoszące 104,77 zł. Prosty okres zwrotu inwestycji (SPBT) wynosi 252,08 lat.

Podsumowanie wyników modernizacji wskazano w tabeli.

TABELA 5 REZULTATY MODERNIZACJI - WARIANT I

Rezultaty modernizacji łącznie - wariant I	
Stan przed modernizacją	
Zużycie energii [MWh]	1,40
Moc opraw łączna [kW]	0,35
Emisja CO2 [MgCO2]	1,13
Koszty energii [zł]	733,39
Stan po modernizacji	
Zużycie energii [MWh]	1,20
Moc opraw łączna [kW]	0,30
Emisja CO2 [MgCO2]	0,97
Koszty energii [zł]	628,62
Efekt modernizacji	
Łączny koszt inwestycji (zł)	26 410,00
Ograniczenie zużycia energii [MWh]	0,20
Ograniczenie emisji CO2 [MgCO2]	0,16
Redukcja zużycia [%]	14,29%
Redukcja emisji [%]	14,29%
Roczne oszczędności z tyt. energii el. [zł]	104,77
Prosty okres zwrotu (SPBT)	252,08
Koszt inwestycyjny/MWh oszczędności	132 050,00

Szczegółowe obliczenia dotyczące kosztów inwestycyjnych oraz rezultatów modernizacji znajdują się w arkuszach obliczeniowych stanowiących załącznik I do opracowania.

4.2. Wariant II

Zakres prac przewidzianych do przeprowadzenia w ramach modernizacji:

- Wymiana istniejących opraw oświetleniowych na nowe oprawy LED z indywidualnym systemem sterowania;
- Wymiana słupów oświetleniowych;

Przybliżony przedmiar materiałowy przedstawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.

TABELA 6 PRZYBLIŻONY PRZEDMIAR - WARIANT II

LP	Materiał	Ilość	Jednostka
1	Oprawy oświetleniowe LED 25 W	5	sztuk
2	Tabliczka bezpiecznikowa ze złączem IZK	5	sztuk
3	Słupy oświetleniowe aluminiowe	5	sztuki
4	Wysięgniki rurowe aluminiowe	0	sztuk
5	Fundament prefabrykowany	5	sztuk
6	Indywidualny system sterowania	5	sztuk

W tabeli poniżej wskazano wykaz mocy opraw po modernizacji.

TABELA 7 WYKAZ MODERNIZOWANYCH OPRAW I SŁUPÓW – WARIANT II

Wariant II		Dobrene moce opraw w modernizacji					
		Oprawy LED				Oprawy sodowe	
LP	Nazwa ulicy	25W	40W	50W	70W	60W	100W
1	ul. Wawelska	5	0	0	0	0	0
	SUMA	5	0	0	0	0	0

Łączny szacowany koszt inwestycji wynosi 37 675,00 zł, z czego koszt wymiany opraw wynosi 13 425,00 zł. Szczegółowe zestawienie i strukturę kosztów zaprezentowano w tabeli zamieszczonej poniżej.

TABELA 8 ŁĄCZE KOSZTY INWESTYCYJNE – WARIANT II

Wariant II		
Koszt wymiany opraw z wyłączeniem kosztów dodatkowych		
Koszt wymiany opraw	13 425,00 zł	35,63%
Koszty dodatkowe		
Koszt wymiany słupów wraz z wysięgnikami i modernizacją linii przyłączeniowej	22 500,00 zł	59,72%
Koszt indywidualnych modułów sterujących	1 750,00 zł	4,64%
SUMA	37 675,00 zł	

Rezultatem realizacji inwestycji w wariantcie II jest redukcja zużycia energii o 71,43% oraz roczne oszczędności wynoszące 523,85 zł. Prosty okres zwrotu inwestycji (SPBT) wynosi 71,92 lat.

Podsumowanie wyników modernizacji wskazano w tabeli.

TABELA 9 REZULTATY MODERNIZACJI – WARIANT II

Rezultaty modernizacji łącznie - wariant II	
Stan przed modernizacją	
Zużycie energii [MWh]	1,40
Moc opraw łączna [kW]	0,35
Emisja CO2 [MgCO2]	1,13
Koszty energii [zł]	733,39
Stan po modernizacji	
Zużycie energii [MWh]	0,40
Moc opraw łączna [kW]	0,13
Emisja CO2 [MgCO2]	0,32
Koszty energii [zł]	209,54
Efekt modernizacji	
Łączny koszt inwestycji (zł)	37 675,00
Ograniczenie zużycia energii [MWh]	1,00
Ograniczenie emisji CO2 [MgCO2]	0,81
Redukcja zużycia [%]	71,43%
Redukcja emisji [%]	71,43%
Roczne oszczędności z tyt. energii el. [zł]	523,85
Prosty okres zwrotu (SPBT)	71,92
Koszt inwestycyjny/MWh oszczędności	37 675,00

Szczegółowe obliczenia dotyczące kosztów inwestycyjnych oraz rezultatów modernizacji znajdują się w arkuszach obliczeniowych stanowiących załącznik I do opracowania.

4.3. Wariant III

Zakres prac przewidzianych do przeprowadzenia w ramach modernizacji:

- Wymiana istniejących opraw oświetleniowych;
- Wymiana słupów oświetleniowych;
- Montaż w oprawach oświetleniowych systemu sterowania oświetleniem ulicznym, zarządzanych sterownikami obwodowymi montowanymi w zmodernizowanych szafach oświetlenia ulicznego;

Przybliżony przedmiar materiałowy przedstawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.

TABELA 10 PRZYBLIŻONY PRZEDMIAR - WARIANT III

LP	Materiał	Ilość	Jednostka
1	Oprawy oświetleniowe LED 25 W	5	sztuk
2	Tabliczka bezpiecznikowa ze złączem IZK	5	sztuk
3	Słupy oświetleniowe aluminiowe	5	sztuk
4	Wysięgnik jednoramienny aluminiowy	0	sztuk
5	Fundament prefabrykowany	5	sztuk
6	Indywidualny system sterowania	5	sztuki
7	Szafa oświetleniowa	1	sztuka

W tabeli poniżej wskazano wykaz mocy opraw po modernizacji.

TABELA 11 WYKAZ MODERNIZOWANYCH OPRAW I SŁUPÓW – WARIANT III

Wariant III		Dobre moce opraw w modernizacji					
		Oprawy LED				Oprawy sodowe	
LP	Nazwa ulicy	25W	40W	50W	70W	60W	100W
1	ul. Świerczyńska	5	0	0	0	0	0
	SUMA	5	0	0	0	0	0

Łączny szacowany koszt inwestycji wynosi 59 175,00 zł, z czego koszt wymiany opraw wynosi 13 425,00 zł. Szczegółowe zestawienie i strukturę kosztów zaprezentowano w tabeli zamieszczonej poniżej.

TABELA 12 ŁĄCZE KOSZTY INWESTYCYJNE - WARIANT III

Wariant III		
Koszt wymiany opraw z wyłączeniem kosztów dodatkowych		
Koszt wymiany opraw	13 425,00 zł	22,69%
Koszty dodatkowe		
Koszt wymiany słupów wraz z wyciągnikami i modernizacją linii przyłączeniowej	22 500,00 zł	38,02%
Koszt modernizacji szaf oświetleniowych - system sterowania	21 500,00 zł	36,33%
Koszt montażu indywidualnych modułów sterowania oświetleniem	1 750,00 zł	2,96%
SUMA	59 175,00 zł	

Rezultatem realizacji inwestycji w wariantcie III jest redukcja zużycia energii o 71,43% oraz roczne oszczędności wynoszące 523,85 zł. Prosty okres zwrotu inwestycji (SPBT) wynosi 112,96 lat.

Podsumowanie wyników modernizacji wskazano w tabeli.

TABELA 13 REZULTATY MODERNIZACJI - WARIANT III

Rezultaty modernizacji łącznie - wariant III	
Stan przed modernizacją	
Zużycie energii [MWh]	1,40
Moc opraw łączna [kW]	0,35
Emisja CO2 [MgCO2]	1,13
Koszty energii [zł]	733,39
Stan po modernizacji	
Zużycie energii [MWh]	0,40
Moc opraw łączna [kW]	0,13
Emisja CO2 [MgCO2]	0,32
Koszty energii [zł]	209,54
Efekt modernizacji	
Łączny koszt inwestycji (zł)	59 175,00
Ograniczenie zużycia energii [MWh]	1,00
Ograniczenie emisji CO2 [MgCO2]	0,81
Redukcja zużycia [%]	71,43%
Redukcja emisji [%]	71,43%
Roczne oszczędności z tyt. energii el. [zł]	523,85
Prosty okres zwrotu (SPBT)	112,96
Koszt inwestycyjny/MWh oszczędności	59 175,00

Szczegółowe obliczenia dotyczące kosztów inwestycyjnych oraz rezultatów modernizacji znajdują się w arkuszach obliczeniowych stanowiących załącznik I do opracowania.

4.4. Analiza ekologiczna

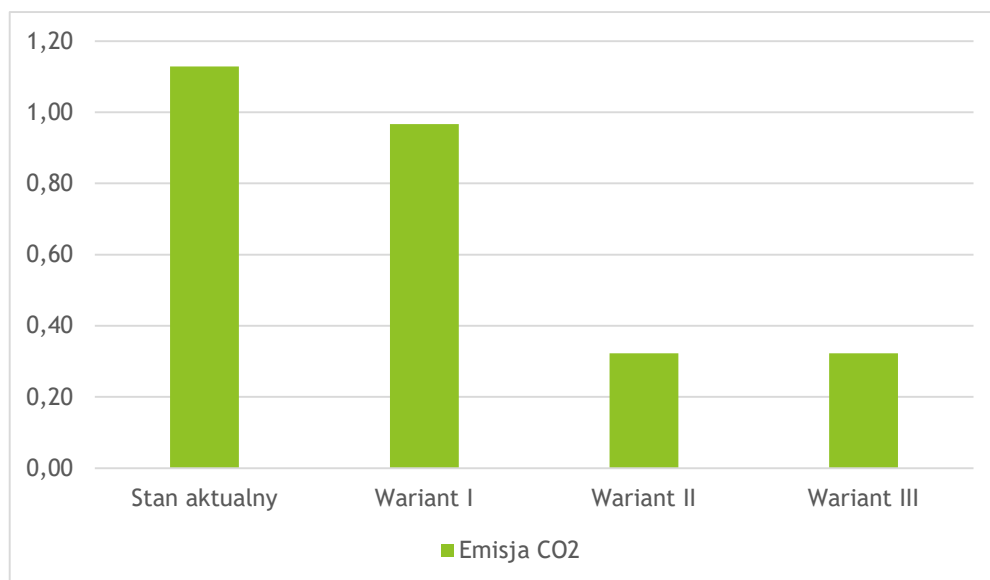
Modernizacja oświetlenia ulicznego, poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną stanowi przedsięwzięcie poprawiające efektywność energetyczną zgodnie z art. 6 ustawy o efektywności energetycznej z dnia 20 maja 2016 roku, przyczyniając się tym samym do poprawy stanu środowiska. Pozytywny efekt ekologiczny przedsięwzięcia wynika ze zmniejszenia emisji dwutlenku węgla powstałego w procesie wytwarzania energii elektrycznej na potrzeby krajowego systemu elektroenergetycznego.

Wielkości redukcji emisji CO₂ obliczono z zastosowaniem wskaźnika emisyjności dla krajowej sieci elektroenergetycznej wyliczanego przez Krajowego Operatora Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), który wynosi 0,778 Mg CO₂/MWh_{ee}.

Zestawienie efektu ekologicznego inwestycji w poszczególnych wariantach wskazuje tabela.

TABELA 14 EFEKT MODERNIZACJI - WARIANTY

Wariant	Zużycie energii	Zmniejszenie zużycia energii	Emisja CO ₂	Zmniejszenie emisji CO ₂	SPBT
Stan aktualny	1,40	-	1,13	-	-
Wariant I	1,20	14,29%	0,97	14,29%	252,08
Wariant II	0,40	71,43%	0,32	71,43%	71,92
Wariant III	0,40	71,43%	0,32	71,43%	112,96



WYKRES 1 EMISJA CO₂ - WARIANTY

W zakresie pozostałych wskaźników emisyjności tj. SO₂, NO_x, CO, pyłów porównanie efektu inwestycji przedstawiono w tabeli.

TABELA 15 EFEKT EKOLOGICZNY - WARIANTY

Wariant	Zużycie energii	CO2 [kg]	SO2 [kg]	Nox [kg]	CO [kg]	Pył zawieszony [kg]
Stan aktualny	1,40	1089,20	1,02	1,04	0,37	0,06
Wariant I	1,20	933,60	0,87	0,89	0,32	0,05
Wariant II	0,40	311,20	0,29	0,30	0,11	0,02
Wariant III	0,40	311,20	0,29	0,30	0,11	0,02
Różnica stan aktualny - wariant rekomendowany	1,00	778,00	0,73	0,74	0,27	0,04

4.5. Wybór optymalnego wariantu.

Podstawą wyboru wariantu optymalnego inwestycji stanowi:

- Okres zwrotu inwestycji;
- Stopień redukcji emisji CO₂;
- Stopień redukcji zużycia energii;

Przyjmując przedstawione parametry porównanie efektów wariantu przedstawia się następująco

TABELA 16 REZULTATY MODERNIZACJI - PORÓWNANIE

Wariant	Zużycie energii	Zmniejszenie zużycia energii	Emisja CO ₂	Zmniejszenie emisji CO ₂	SPBT
Stan aktualny	1,40	-	1,13	-	-
Wariant I	1,20	14,29%	0,97	14,29%	252,08
Wariant II	0,40	71,43%	0,32	71,43%	71,92
Wariant III	0,40	71,43%	0,32	71,43%	112,96

Zgodnie z powyższym rekomenduje się do realizacji wariant II inwestycji wyróżniający się najkrótszym okresem zwrotu inwestycji.

W rekomendowanym wariantcie przewidziano:

1. Zastosowanie źródeł światła typu LED:

Parametry techniczne:

- Budowa oprawy – jednokomorowa
- Materiał korpusu – Odlew aluminium
- Materiał klosza zewnętrznego – Poliwęglan
- Oprawa z wewnętrznym dyfuzorem ograniczającym olśnienie
- Stopień odporności klosza na uderzenia mechaniczne – IK09
- Szczelność komory optycznej i elektrycznej – IP66
- Montaż na słupie o średnicy Ø60mm
- Znamionowe napięcie pracy – 230V/50Hz
- Moc maksymalna uwzględniające wszystkie straty – 40W
- Ochrona przed przepięciami – 10kV
- Źródło światła – 24 źródeł LED
- Minimalny strumień świetlny źródeł – 4500lm
- Zakres temperatury barwowej źródeł światła – 2800K – 3200K
- Oprawa wyposażona w sterownik lokalny umożliwiający współpracę z bezprzewodowym systemem sterowania i zarządzania oświetleniem
- Korpus oprawy wyposażony w obudowę chroniącą antenę sterownika lokalnego
- Praca sterownika w sieci bezprzewodowej zgodnie ze standardem ZigBee (IEEE 802.15.4)
- Sterownik z wbudowanym przełącznikiem umożliwiającym fizyczne wyłączenie oprawy
- Możliwość sterowania statecznikiem za pomocą sygnału analogowego (1-10V) lub cyfrowego (DALI); zmiana sposobu sterowania poprzez zdalną zmianę oprogramowania
- Sterownik powinien posiadać bezpotencjałowe wejście na sygnał z czujnika ruchu oraz możliwość przesyłania informacji o wykrytym ruchu do innych opraw
- Sterownik powinien posiadać możliwość pracy jako fotokomórka (po domontowaniu światłowodu)
- Sterownik powinien posiadać możliwość dokonywania pomiaru prądu, napięcia, mocy, współczynnika mocy, temperatury, czasu pracy źródła światła
- Możliwość wymiany anteny w przypadku jej uszkodzenia
- Utrzymanie strumienia świetlnego w czasie: 90% po 100 000h (zgodnie z IES LM-80 - TM-21)
- Klasa ochronności elektrycznej: II

- Oprawa posiada deklarację zgodności WE i certyfikat akredytowanego ośrodka badawczego potwierdzający deklarowane zgodności, np. ENEC
- Wartości wskaźnika udziału światła wysyłanego ku górze (ULOR) zgodne z Rozporządzeniem WE nr 245/2009Zgodność z wymogami Rozporządzenia Komisji (EU) nr 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r.
- Zgodność z aktualnie obowiązującymi wersjami norm PN-EN 60598-1 oraz PN-EN 60598-2-3

2. Wymianę słupów:

Na ul. Wawelskiej istniejące słupy kompozytowe należy wymienić na jednoelementowe słupy aluminiowe anodowane.

Dla wszystkich wskazanych lokalizacji wymianę należy prowadzić w nawiązaniu stylistycznym do istniejącej infrastruktury.

Parametry techniczne słupów:

Wysokość słupa dobierana na podstawie obliczeń, z założenia powinna wynosić 3,5 metra.

Słup powinien być zabezpieczony technologią anodowania, minimalna wartość w mikronach anody od 20 do 25 mikronów. Powłoka anodowa powinna być integralnie związana z podłożem, dzięki czemu nie ma możliwości jej złuszczenia, odpryskiwania czy rozwarstwiania.

Słup winien posiadać deklarację zgodności WE sygnowaną znakiem CE wystawioną przez producenta,

Do wyposażenia dołączona ma być tabliczka bezpiecznikowa oraz ocynkowany komplet elementów złącznych słupa (nakrętki, podkładki, osłony na nakrętki z tworzywa sztucznego zgodnego z kolorem słupa, klucz imbusowy).

Akty prawne i normy spełnione przez wariant rekomendowany do realizacji

Rekomendowany wariant zapewnia spełnienie wymogów normy PN:EN 13201:2016 w zakresie parametrów oświetleniowych oraz normy PN-EN 60598:2015 (Wymogi techniczne dla opraw oświetleniowych)

Przewidziane w ramach wariantu oprawy spełniają wymogi Rozporządzenia Komisji (EU) nr 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r. (zachowanie współczynnika mocy $\cos \phi > 0{,}927$)

Spis Rysunków

Rysunek 1 Słup oświetleniowy przy ulicy Wawelskiej	7
Rysunek 2 rozkład temperatury barwowej w odniesieniu do typowych źródeł światła	9
Rysunek 3 fotografia przedstawiająca oświetlenie źródłem sodowym (lewa strona, moc 75 W) i oświetleniem typu LED (prawa strona, moc 30W), źródło: http://www.kp-lighting.com/pl/content/main_pictures/sodavsled.jpg	9

Spis Tabel

Tabela 1 Wynik inwentaryzacji opraw	6
Tabela 2 Przybliżony przedmiar - Wariant I	14
Tabela 3 Wykaz modernizowanych opraw - Wariant I	15
Tabela 4 Łącznie koszty inwestycyjne - Wariant I	15
Tabela 5 Rezultaty modernizacji - Wariant I	16
Tabela 6 Przybliżony przedmiar - Wariant II	16
Tabela 7 Wykaz modernizowanych opraw i słupów – Wariant II	17
Tabela 8 Łącznie koszty inwestycyjne – Wariant II	17
Tabela 9 Rezultaty modernizacji – Wariant II	18
Tabela 10 Przybliżony przedmiar - Wariant III	19
Tabela 11 Wykaz modernizowanych opraw i słupów – Wariant III	19
Tabela 12 Łącznie koszty inwestycyjne - Wariant III	20
Tabela 13 Rezultaty modernizacji - Wariant III	20
Tabela 14 Efekt modernizacji - warianty	21
Tabela 15 Efekt ekologiczny - warianty	22
Tabela 16 Rezultaty modernizacji - porównanie	22

Spis Wykresów

Wykres 1 Emisja CO ₂ - warianty	21
--	----

Załącznik I Arkusze obliczeniowe

Załącznik II Dokumentacja fotograficzna











