

**Audyt techniczny dla  
kompleksowego remontu  
oświetlenia drogowego na terenie  
Gminy Miejskiej Zgorzelec**

### **Zamawiający**

Gmina Miejska Zgorzelec  
Ul. Domańskiego 7  
59-900 Zgorzelec  
Nip: 615-17-94-018  
REGON: 230821546



### **Zrealizowany przez**

GRADIS spółka z o.o.  
ul. Jasnogórska 9  
31-358 Kraków  
NIP: 676 247 43 20  
REGON: 123 065 257  
KRS: 0000501651



Audyt sporządzony został zgodnie z metodologią zawartą w przepisach wykonawczych  
do Ustawy z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej.

**Sporządzono: Zgorzelec, 2020**

## Spis treści

SPIS TREŚCI	2
INDEKS TABEL I RYSUNKÓW	4
KARTA WARIANTU REKOMENDOWANEGO	5
ZAKRES ZADANIA OBJĘTEGO PROJEKTEM	6
KARTA INWESTYCJI ZWIĄZANEJ Z ENERGOOSZCZĘDNYM OŚWIETLENIEM ULICZNYM	7
WPROWADZENIE	10
MODERNIZACJA OŚWIETLENIA A CELE STRATEGICZNE	15
<b>EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA</b>	<b>15</b>
<b>CYFRYZACJA I SMART CITY</b>	<b>16</b>
<b>REDUKCJA EMISJI</b>	<b>16</b>
<b>LIGHT POLLUTION – SMOG ŚWIETLNY</b>	<b>17</b>
INFORMACJE WSTĘPNE	19
<b>CEL AUDYTU</b>	<b>19</b>
<b>PODSTAWA OPRACOWANIA AUDYTU</b>	<b>20</b>
<b>ZAKRES AUDYTU</b>	<b>21</b>
<b>ANALIZA STANU AKTUALNEGO OŚWIETLENIA ULICZNEGO</b>	<b>21</b>
PODZIAŁ ZE WZGLĘDU NA TYP OPRAWY	26
APLIKACJA ZEWNĘTRZNA	27
<b>WYZNACZENIE KLAS OŚWIETLENIOWYCH, ZGODNYCH Z NORMĄ PN-EN 13201:2016</b>	<b>28</b>
KRYTERIA DOBORU KLASY OŚWIETLENIOWEJ	29
	2

DROGI KLASY M	30
DROGI KLASY C	31
DROGI KLASY P	32
 DOSTOSOWANIE OŚWIETLENIA WSKAZANEGO DO MODERNIZACJI	 35
 <b>OPRAWY</b>	 <b>35</b>
<b>SŁUPY</b>	<b>36</b>
SŁUPY OZDOBNE/PARKOWE	36
SŁUPY ULICZNE	37
WYSIĘGNIKI	39
<b>PROJEKTY FOTOMETRYCZNE</b>	<b>41</b>
ZAŁOŻENIA	41
<b>SYSTEMY STEROWANIA – PRZEGLĄD</b>	<b>42</b>
SYSTEM OWLET IOT	42
ECHELON SMART SERVER – APANET	46
ECHELON CPA NET (RABBIT)	47
PODSUMOWANIE	52
REKOMENDACJA SYSTEMU STEROWANIA	54
<b>ANALIZA MOCY BIERNEJ</b>	<b>55</b>
ANALIZA WYSTĘPOWANIA MOCY BIERNEJ W SYSTEMACH OŚWIETLENIA LED.	56
 PROJEKTY FOTOMETRYCZNE – STEROWANIE	 58
 ZAŁOŻENIA	 58
PODSUMOWANIE	59
<b>WERYFIKACJA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ POSIADANEGO OŚWIETLENIA</b>	<b>61</b>
STEROWANIE – ANALIZA ZASADNOŚCI	66
<b>ANALIZA ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO DLA WARIANTU III</b>	<b>67</b>
 ZAŁĄCZNIKI	 69

## Indeks tabel i rysunków

RYSUNEK 1 ETAPY PROCESU MODERNIZACJI OŚWIETLENIA	10
RYSUNEK 2 MODERNIZACJA OŚWIETLENIA A CELE STRATEGICZNE	15
RYSUNEK 3 RODZAJE SŁUPÓW	36
RYSUNEK 4 SŁUPY PARKOWE	37
RYSUNEK 5 SŁUPY ULICZNE	38
RYSUNEK 6 RODZAJE WYSIĘGNIKÓW	39
RYSUNEK 7 SZCZEGÓŁOWY PRZEGLĄD WYSIĘGNIKÓW	40
RYSUNEK 8 PRZESUNIECIE POMIĘDZY NAPIĘCIEM A PRĄDEM	55
TABELA 1 PODSTAWA OPRACOWANIA AUDYTU	20
TABELA 2 ZAKRES INWENTARYZACJI	21
TABELA 3 ZESTAWIENIE OPRAW W PODZIALE NA TYP OPRAWY	26
TABELA 4 WYTYCZNE NORMY PN-EN 13201	28
TABELA 5 PARAMETRY OŚWIETLENIA – DROGI KLASY M	30
TABELA 6 PARAMETRY OŚWIETLENIA – DROGI KLASY C	32
TABELA 7 PARAMETRY OŚWIETLENIA – DROGI KLASY P	33
TABELA 8 PODSUMOWANIE ILOŚCI OPRAW PRZYPADAJĄCYCH NA DANĄ KLASĘ OŚWIETLENIOWĄ	34
TABELA 9 MODEL STEROWANIA	59
TABELA 10 ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ	61
TABELA 11 MOC OPRAW PRZED MODERNIZACJĄ	61
TABELA 12 ANALIZA WARIANTÓW POD KĄTEM MOCY	65
TABELA 13 SZACOWANE ROCZNE ZUŻYCIE ENERGII PO WYMIANIE	65

Karta wariantu rekomendowanego			Typ wariantu:	
			dynamiczne sterowanie	
Informacje formalne:				
W wariantcie rekomendowanym do realizacji przewiduje się zastosowanie opraw oświetleniowych spełniających warunki określone w umowie przyłączeniowej oraz w rozporządzeniu Komisji (UE) nr 1194/2012 przy zachowaniu współczynnika mocy PF (Power Factor)/ cos fi >0,927, a także zapisów normy PN-EN 13201.				
Uzasadnienie:				
Inwestycja zakłada wdrożenie systemu IOT zarządzającego i sterującego infrastrukturą oświetleniową na terenie gminy. Z uwagi na kluczowe korzyści wynikające z zastosowania technologii informacyjno – komunikacyjnych (TIK) tj. zwiększenie bezpieczeństwa, ograniczenie smogu świetlnego, maksymalizację efektu ekologicznego oraz redukcję kosztów związanych z bieżącą konserwacją rekomendowane jest wdrożenie <b>wariantu IV tj. LED zoptymalizowany z dynamicznym sterowaniem</b> .				
Podsumowanie wariantu	Rodzaj instalacji	Liczba opraw	LED zoptymalizowany z dynamicznym sterowaniem	
	Sytuacje regularne	1674	55 840 W	
	Zagregowana redukcja wzgl. mocy zastanej		123,66 kW	
	Redukcja wzgl. mocy zastanej		69%	
	Szacowane roczne zużycie energii po wymianie:		231,73 MWh	
Energia elektryczna	Przed modernizacją [MWh]	744,90		
	Po modernizacji [MWh]	231,73		
	Redukcja [MWh]	513,17		
	% redukcji	69%		
Efekt ekologiczny – wskaźniki emisyjności	wskaźnik	[kg/Mwh]	redukcja [ton/rok]	
	CO <sub>2</sub>	765	redukcja CO <sub>2</sub>	392,57
	SO <sub>2</sub>	0,681	redukcja SO <sub>2</sub>	0,35
	NOX	0,631	redukcja NOX	0,32
	TSP / pył całkowity	0,036	redukcja emisji pyłów [ton/rok]	0,02
	CO	0,275	redukcja CO	0,14

## Zakres zadania objętego projektem

Przedsięwzięcie z zakresu efektywności energetycznej dotyczy modernizacji oświetlenia drogowego w Gminie Zgorzelec dla potrzeb planowanej przebudowy infrastruktury składającej się na oświetlenie dróg publicznych w granicach administracyjnych Gminy.

<b>Adres projektu:</b>	rodzaj obiektu:	oświetlenie dróg / miejskie
	ulica/ obszar:	Gmina Miejska Zgorzelec
	kod:	59-900
	miejsowość:	Zgorzelec
	powiat:	zgorzelecki
	województwo:	dolnośląskie

W zakres przedsięwzięcia wchodzi **1674 punkty świetlne** – dla ulic wskazanych przez Zleceniodawcę. Wykaz punktów objętych modernizacją znajduje się w **załączniku nr.1**

<b>Cel ogólny</b>	Przedsięwzięcie będzie obejmowało wymianę opraw i wysięgników w celu zapewnienia zgodności z normą PN-EN 13201 oraz zapewnienia efektywności energetycznej oświetlenia – zastosowane zostaną wysokosprawne energetycznie oprawy LED.
<b>Cel szczegółowy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ zapewnienie komfortu widzenia wszystkim uczestnikom ruchu drogowego</li> <li>✓ zapewnienie prowadzenia optycznego kierowcom pojazdów mechanicznych</li> <li>✓ zwiększenie bezpieczeństwa ruchu kołowego i przechodniów na drogach</li> <li>✓ zapewnienie poczucia bezpieczeństwa mieszkańców</li> <li>✓ obniżenie energochłonności systemu oświetlenia ulicznego</li> <li>✓ uzyskanie wymiernych oszczędności finansowych przez obniżenie mocy zainstalowanej urządzeń oświetleniowych</li> <li>✓ unowocześnienie, podniesienie standardu, zapewnienie niezawodności i jakości funkcjonowania oświetlenia ulic</li> <li>✓ redukcja kosztów związanych z bieżącą konserwacją i serwisem</li> <li>✓ poprawa wizerunku miasta</li> <li>✓ możliwość okolicznościowego sterowania oświetleniem (np. na potrzeby uroczystości lub wydarzeń masowych)</li> <li>✓ racjonalizacja użytkowania energii na potrzeby oświetlenia ulicznego</li> <li>✓ efekty ekologiczne wynikające ze zmniejszenia zużycia energii elektrycznej (redukcja emisji zanieczyszczeń)</li> </ul> <p>ograniczenie efektu „zanieczyszczenia światłem”</p>

Karta inwestycji związanej z energooszczędnym oświetleniem ulicznym	
Informacje formalne:	Projekty oświetleniowe zgodne są z obowiązującym prawem oraz normą PN EN 13201. Audyt sporządzony został zgodnie z metodologią zawartą w przepisach wykonawczych do ustawy z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej.
Plan Gospodarki Niskoemisyjnej	Projekt wynika z Planu Gospodarki Niskoemisyjnej – Uchwała Nr 430/2018 Rady Miasta Zgorzelec w sprawie aktualizacji Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla miasta Zgorzelec na lata 2018-2020 z dnia 25 września 2018r.
Szacowana wartość inwestycji:	3 967 593,76 zł brutto
Liczba punktów świetlnych podlegających modernizacji:	<b>1674 punktów świetlnych</b> Przedsięwzięcie obejmuje <b>wymianę wysięgników i opraw</b> w celu zapewnienia zgodności z normą PN-EN 13201 oraz zapewnienia efektywności energetycznej oświetlenia.
Typ gminy:	miejska
Liczba opraw podlegających modernizacji znajdujących się na terenie miasta:	1674
Liczba opraw podlegających modernizacji znajdujących się na terenie wiejskim:	0
% modernizowanych opraw znajdujących się na terenie miasta	100%
Własność infrastruktury:	Infrastruktura będąca przedmiotem projektu w całości należy do gminy
Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej [MWh/rok]:	513,17
Oszczędność energii elektrycznej [%]:	69%



Szacowany roczny spadek emisji CO <sub>2</sub> [ton/rok]:	392,57
Wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych (TIK)	Inwestycja zakłada wykorzystanie TIK w całości do zarządzania systemem oraz podniesienia efektywności energetycznej systemu rozumianej jako oszczędność energii elektrycznej, przez regulowanie parametrów oświetlenia w zależności od natężenia ruchu przy zachowaniu zgodności z normą.
% ilość długości oświetlonych zgodnie z normą kompletnych dróg	Kompletne oświetlenie dróg i ulic, światłem o wymaganym natężeniu zastosowano na 100 % długości dróg i ulic objętych projektem. Kompletne oświetlenie oznacza, że oprawy oświetleniowe zaprojektowano tak, aby równomiernie oświetlić jezdnie, chodniki i inne elementy drogi lub ulicy przeznaczone dla uczestników ruchu drogowego.
Analiza opcji	<p>Analiza opcji (rozwiązań alternatywnych) – przedstawiono (wraz z uzasadnieniem) inne opcje i stosunek relacji kosztów do rezultatów w wybranej opcji jest optymalny.</p> <p>W ramach audytu przeprowadzono analizę wariantów realizacji inwestycji.</p> <p>Całkowita moc analizowanych opraw dla:  wariantu I wyniosła 78 350 W,  wariantu II (redukcja) 63 277 W,  wariantu III (sterowanie w godz.0:00-4:00) 58 517W [optymalny],  wariantu IV (dynamiczne sterowanie) 55 840 W.</p> <p>Dla przyjętego czasu świecenia równego 4150 godzin/rok, roczne zużycie energii kształtuje się na poziomie:  wariant I – 325,15 MWh,  wariant II – 262,60 MWh,  wariant III – 242,85 MWh[optymalny],  wariant IV – 231,73 MWh.</p> <p>Analiza wskazała jako optymalny wariant IV sterowanie.</p> <p>Ponadto system sterowania pozwala w stosunku do instalacji pozbawionej tego medium na:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zwiększenie bezpieczeństwa (np. możliwość zwiększenia poziomu oświetlenia przy czasowych uroczystościach),</li> <li>■ ograniczenie efektu „zanieczyszczenia światłem”,</li> <li>■ zwiększenie efektu ekologicznego inwestycji,</li> </ul>

- redukcję kosztów związanych z bieżącą konserwacją i serwisem.

## Wprowadzenie

Modernizacja oświetlenia ulicznego to sekwencyjny proces, w którym każdy zakończony etap wpływa na kolejny, stąd też każdy z nich powinien zostać zrealizowany z najwyższą starannością.



Rysunek 1 Etapy procesu modernizacji oświetlenia



Pierwszym etapem przygotowującym do audytu jest przeprowadzenie inwentaryzacji majątku. Ma ona na celu wykazanie faktycznej liczby lamp na terenie gminy oraz pozyskanie parametrów niezbędnych do obliczeń fotometrycznych.

Inwentaryzacja powinna zawierać podstawowe informacje na temat jezdni (szerokość i liczba pasów), chodników (szerokość), słupów (wysokość, odległość między słupami, odległość od

krawędzi jezdni) oraz wysięgników (długość, kąt nachylenia). Wszystkie te elementy są kluczowe do właściwego przeprowadzenia obliczeń. Jeśli na tym etapie dostarczone zostaną wadliwe bądź niekompletne dane również obliczenia fotometryczne będą obciążone błędami. Niestaranne i nieprecyzyjne przeprowadzenie inwentaryzacji może skutkować doбором niewłaściwych opraw, które po zamontowaniu nie będą spełniały normy oświetleniowej powodując np. niedoświetlenie jezdni. Finalizację etapu inwentaryzacji stanowi wyznaczenie klas oświetleniowych poszczególnych jezdni zgodnie z wytycznymi w normie PN-EN 13201.



Kolejnym krokiem jest wykonanie obliczeń fotometrycznych dla wszystkich sytuacji oświetleniowych, mające na celu dobór odpowiednich opraw oświetleniowych zgodnie z normą PN-EN 13201. Obliczenia fotometryczne bazują na przeprowadzonej inwentaryzacji i weryfikują, czy dobrane oprawy oświetleniowe spełniają wymagania techniczno-użytkowe. Dobrą praktyką jest przeprowadzanie takich obliczeń dla 3 producentów oraz podsumowanie średniej z wyników. W ten sposób audytor nie preferuje konkretnego producenta a uzyskane wyniki są obiektywne. Podmiot opracowujący obliczenia fotometryczne powinien dostarczyć nie tylko ich rezultaty, ale również pliki LDT, w których zapisane są parametry opraw jakich używano do obliczeń.



Trzeci etap modernizacji to audyt, który zawiera analizę parametrów finansowo-ekologicznych całej inwestycji dla założonych na etapie projektu fotometrycznego rozwiązań technicznych. Audyt pozwala zarządcy infrastruktury – najczęściej gminie – oszacować potencjalny zakres redukcji zużycia energii, a zatem dokonać przybliżenia potencjalnych oszczędności w opłacanych rachunkach. Audyt powinien obejmować opcjonalne warianty wraz ze wskazaniem rekomendowanego – najbardziej korzystnego według audytora. Jeśli gmina podejmie decyzję o zwiększeniu zakresu modernizacji oświetlenia, informacja taka powinna zostać zawarta w audycie wraz z wykazem ulic oraz liczbą lamp podlegających wymianie. Ponadto do opracowania powinny być dołączone obliczenia fotometryczne dla brakujących sytuacji oświetleniowych. Audyt powinien zawierać

uaktualniony bilans mocy i energii oraz odpowiednio zmodyfikowane wyliczenia dotyczące oszczędności energii elektrycznej a także redukcji emisji.

Kolejne etapy procesu inwestycyjnego mogą przebiegać w dwóch modelach.

## FORMUŁA KLASYCZNA



Czwarty etap to przygotowanie specyfikacji technicznej do SIWZ. Parametry wejściowe do przetargu należy zdefiniować w oparciu o dane zawarte w audycie. Specyfikacja powinna być przygotowana z należytą starannością i stosować się do wymogów wynikających z Prawa Zamówień Publicznych.



Etapem pośrednim jest także sporządzenie projektu wykonawczego – dokumentacji technicznej, na podstawie której będzie realizowany etap wykonawczy. Na etapie przygotowań do realizacji inwestycji należy również pamiętać o konieczności uzyskania niezbędnych zgód i pozwoleń. Jeżeli inwestycja będzie realizowana na obszarze objętym ochroną konserwatorską niezbędne jest uzyskanie odpowiedniej zgody bądź opinii. Jeśli chodzi o zgłoszenia lub pozwolenia budowlane, szczególnym przypadkiem będzie tutaj sama wymiana opraw. Na podstawie Ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo Budowlane (Dz. U. Nr 89 poz.414 z późn. zm.) tekst ujednolicony po zmianach z 27 marca 2003 roku, roboty budowlane w rozumieniu Ustawy Art.3 ust.7 polegające na instalowaniu urządzeń, jakimi są oprawy oświetleniowe wraz z osprzętem elektrycznym (złącza bezpiecznikowe i zaciski przyłączeniowe) oraz mechanicznym (wysięgniki), na obiektach budowlanych jakimi są istniejące słupy sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia, nie wymagają Pozwolenia na Budowę według przepisów Ustawy Art. 29 ust. 2 pkt. 15 oraz nie wymagają zgłoszenia właściwemu organowi według przepisów Art. 30 ust. 1 pkt.2. Wszystkie pozostałe przypadki wymagają indywidualnej analizy.



Wykonawca wyłoniony w drodze postępowania przetargowego powinien przedstawić obliczenia fotometryczne opracowane w oparciu o konkretne lampy wybranego producenta, które zostaną zamontowane podczas inwestycji. Obliczenia te muszą spełniać warunki określone w SIWZ. Po zatwierdzeniu obliczeń oraz planu realizacyjnego następuje etap wykonawczy.





Zwieńczeniem procesu modernizacyjnego jest wykonanie audytu powykonawczego, którego celem jest weryfikacja efektów zrealizowanego przedsięwzięcia modernizacyjnego.

## FORMUŁA ZAPROJEKTUJ I WYBUDUJ



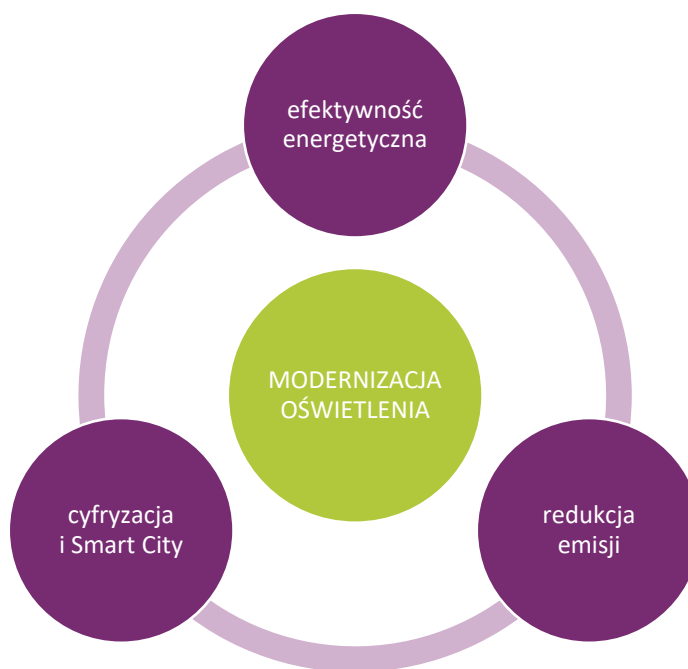
Program funkcjonalno-użytkowy (dalej: PFU) obejmuje opis zadania budowlanego, w którym podaje się przeznaczenie ukończonych robót budowlanych oraz stawiane im wymagania techniczne, ekonomiczne, architektoniczne, materiałowe i funkcjonalne. Zamawiający, sporządzając PFU, powinien dokonać opisu przedmiotu zamówienia zgodnie z obowiązującymi przepisami, mając na względzie przepis art. 29 p.z.p. Oznacza to obowiązek opracowania przez zamawiającego szczegółowych wymagań dla wykonawcy, aby mógł na ich podstawie samodzielnie, biorąc za to odpowiedzialność, zaprojektować i wybudować objęty zamówieniem obiekt budowlany. Zakres audytu został formalnie uregulowany poprzez Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. 2013 r. poz. 1129) a także Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym.

 W formule „zaprojektuj i wybuduj” w wyniku postępowania przetargowego wyłaniany jest generalny wykonawca zamówienia, który sporządza projekt budowlany, uzyskuje pozwolenie na budowę a później realizuje roboty według wykonanego przez siebie projektu.

 Niezmiennie, zwieńczeniem procesu modernizacyjnego jest wykonanie audytu powykonawczego, którego celem jest weryfikacja efektów zrealizowanego przedsięwzięcia modernizacyjnego.

## Modernizacja oświetlenia a cele strategiczne

Modernizacja oświetlenia ulicznego wpisuje się w kluczowe strategiczne trendy wytyczone na poziomie lokalnym, krajowym oraz międzynarodowym. Podsumować je można w trzy kluczowe osie.



*Rysunek 2 Modernizacja oświetlenia a cele strategiczne*

### Efektywność energetyczna



Unijny Green paper „Lighting the future” stanowi podstawę powszechnego stosowania wysokiej jakości technologii SSL (Solid State Lighting – technologia półprzewodnikowa np. LED) w Europie. Nowe rozporządzenie UE dotyczące etykietowania energetycznego lamp elektrycznych i opraw oświetleniowych w sposób jednoznaczny obejmuje lampy i moduły LED. Definiuje dwie nowe klasy energii: A + i A ++ (głównie w diodach LED). Planowane jest stopniowe wycofywanie nieefektywnych lamp. Wreszcie, sformułowane zostały również kryteria Green Public Procurement (GPP) dotyczące



oświetlenia wewnętrznego i ulicznego oraz sygnalizacji drogowej, które dostarczają najnowocześniejszych specyfikacji produktów i usług oświetleniowych o zmniejszonym wpływie na środowisko w całym ich cyklu życia. Kryteria te powinny być uwzględniane przez władze publiczne w państwach członkowskich UE przy zakupie takich towarów.

Unia Europejska postawiła sobie ambitny cel zwiększenia efektywności energetycznej rok do roku. Oświetlenie odpowiada za 50% zużycia energii elektrycznej w miastach. W Europie jest ponad 90 mln tradycyjnych lamp ulicznych, a ponad 75% instalacji ma więcej niż 25 lat. Samorządy lokalne w Unii Europejskiej wydały około 7,6 bilionów EUR na zasilanie publicznych lamp ulicznych w 2015 roku. Rachunki te mogą zostać znacząco obniżone dzięki inwestycjom w energooszczędne inteligentne oświetlenie.

### Cyfryzacja i Smart City



Wśród instytucji wydających środki publiczne wzrasta świadomość, że przejście na oświetlenie LED powinno wiązać się z przejściem na inteligentne oświetlenie.

LED daje korzyści, ale inteligentne oświetlenie otwiera o wiele szersze możliwości jako integralny element stopniowo rozwijających się inteligentnych miast (ang. smart city) – dalsze zmniejszenie kosztów, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz podniesienie jakości życia obywateli.

### Redukcja emisji



Dyrektywa 2008/50/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy (Dz. U. UE L. 152 z 11.06.2008 r., str. 1) wskazuje w art. 15 ust. 1 Krajowe Cele Redukcji Narażenia na pył PM<sub>2,5</sub>, dla poszczególnych krajów, określane na podstawie krajowych wskaźników średniego narażenia. Cele te konieczne są do osiągnięcia w terminie do dnia 1 stycznia 2020 r. Dla Polski Krajowy Cel Redukcji Narażenia, do osiągnięcia do roku 2020, wynosi 18 µg/m<sup>3</sup>, natomiast cel rekomendowany przez Światową Organizację Zdrowia wynosi 10 µg/m<sup>3</sup>.

Miasta europejskie mogą odgrywać ważną rolę w zmniejszaniu śladu węglowego poprzez wdrażanie na dużą skalę wysoce innowacyjnych i przyjaznych dla środowiska rozwiązań oświetleniowych LED.

## Light pollution – smog świetlny



Emisja szkodliwych substancji do powietrza to jeden typ zanieczyszczeń dotyczących światła. Innym jest zanieczyszczenie środowiska światłem (ang. Light pollution) zwane też smogiem świetlnym. Występuje wszędzie tam, gdzie oświetlenie zamiast służyć celowi, dla którego zostało zbudowane, oświetla również inne obiekty, a w szczególności niebo.

Możemy wyróżnić kilka rodzajów zanieczyszczenia światłem

- ✓ **Łuna miejskiego nieba (sztuczny brzask, smog świetlny)** – łuna światła na niebie na terenie zurbanizowanym, która jest sumą sztucznego światła odbitego od powierzchni oświetlanych lub emitowanego wprost w niebo a następnie rozproszonego w atmosferze ziemskiej.
- ✓ **Światło niepożądane (zabłąkane)** – światło padające w nieodpowiednie miejsca, źle ustawione, np. padające w okna mieszkań.
- ✓ **Blask (oślepienie, przewymiarowanie światła)** – nadmierna jasność, powodująca wizualny dyskomfort. Powoduje zaburzenia widzenia, chwilowe oślepienie, sprzyjające wypadkom drogowym, uszkodzenia siatkówki. Zjawisko to nazywane jest również olśnieniem.
- ✓ **Zakłócenia świetlne (symfonia świateł)** – nagromadzenie źródeł światła, zwykle znajdujące się w nadmiernie oświetlonych obszarach miast, charakteryzujące się dużą jasnością. Wpływa też na zmęczenie, stres, odczucie niepokoju, bezsenność. Prowadzi do ogólnego osłabienia pracy układu odpornościowego, zaburzenie naszego cyklu dobowego co skutkuje podniesionym poziomem glukozy we krwi, wyższym ciśnieniem, osłabieniem procesu nocnej regeneracji organizmu a tym samym silnie wpływa na zwiększoną zapadalność ludzi na choroby cywilizacyjne.



Według wyników badań opublikowanych przez zespół Christophera Kyba z GFZ German Research Centre for Geosciences zanieczyszczenie światłem wpływa negatywnie na 30% kręgowców i 60% bezkręgowców na Ziemi. Już teraz 83% ludzi na świecie nie widzi w nocy gwiazd. W Europie i w USA już 99%. Przekłada się to na zaburzony cykl melatoninowy w organizmie człowieka.

Amerykańska Akademia Medyczna ogłosiła, że smog świetlny wpływa na rozwój cukrzycy, depresji a także rozwój chorób nowotworowych. Według badań naukowców z Harvardu współczynnik zachorowania na raka piersi wśród kobiet mieszkających w pobliżu mocno oświetlonych miejsc jest znacznie wyższe.

Jest to ogromny problem, co raz mocniej sygnalizowany przez naukowców z całego świata. Niestety w ciągu ostatnich lat natężenie oświetlenia wzrosło! Świadczy to, że sama zamiana lamp sodowych na ledowe nie rozwiąże problemu. Zbyt mocne lampy, które oświetlają zbyt dużą przestrzeń, świecące na fasady budynków to zmora ulic na całym świecie. Aby efektywnie walczyć ze Smogiem Świetlnym trzeba przy projektowaniu ulic brać pod uwagę wszystkie parametry otoczenia i oświetlać tylko te elementy które są niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa. **W walce ze smogiem świetlnym pomóc może tylko połączenie nowej technologii ledowej z dokładnymi projektami fotometrycznymi i dynamicznym sterowaniem.**

## Informacje wstępne

### Cel audytu

Celem głównym niniejszego Audytu jest zbadanie możliwości zmodernizowania oświetlenia drogowego w Gminie Miejskiej Zgorzelec dla potrzeb wymiany opraw oświetlenia ulicznego z sodowych na energooszczędne typu LED.



Niezależnie od celu priorytetowego, każdy inwestor, a szczególnie publiczny, chce mieć wiedzę zarówno o inwestycjach, tak wykonanych jak i planowanych, jak również, o sposobie ich realizacji oraz racjonalności wydawanych środków.

W prawidłowo zorganizowanym procesie zarządzania infrastrukturą, w tym przygotowania inwestycji, analiza stanu faktycznego stanowi istotny punkt wyjścia, potwierdzający lub kwestionujący dotychczasowe kierunki działań, a także wskazujący, w jakim stanie znajduje się badana infrastruktura, po latach eksploatacji.

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



Audyt oświetleniowy ma na celu przebadanie infrastruktury i określenie możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji oraz wskazanie zasadności (lub wykazanie jej braku) podjęcia inwestycji optymalizujących system oświetleniowy, jak również efektywnego sposobu ich realizacji.

## Podstawa opracowania audytu

Umowa nr. WIŚM.272.61.2020 pomiędzy Gminą Miejską Zgorzelec, a Gradis Sp. z o.o.

Norma PN-EN 13201 - 2, 3, 4 - Oświetlenie dróg

Ustawa z dnia 20 maja 2016r. o efektywności energetycznej (Dz. U. z 2020 r. poz.264 t.j.)

Aktualne opracowania Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami

Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz.U.2017.1912 z dnia 2017.10.13)

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym (Dz.U. z 2004 nr 130, poz.1389)

Materiały otrzymane od Zamawiającego

*Tabela 1 Podstawa opracowania audytu*

## Zakres audytu

Analizie podlega **1674 punktów świetlnych** – dla ulic wskazanych przez Zleceniodawcę.

Wykaz punktów objętych modernizacją znajduje się w **załączniku nr.1**

## Analiza stanu aktualnego oświetlenia ulicznego

Stan aktualny określony został na podstawie analizy danych pozyskanych z map satelitarnych oraz w wyniku inwentaryzacji terenowej.

Inwentaryzacja obejmuje poniższą listę ulic w Gminie Miejskiej Zgorzelec:

*Tabela 2 Zakres inwentaryzacji*

NAZWA ULICY	ILOŚĆ OPRAW PRZED MODERNIZACJĄ
3 Maja	13
Aleja Lipowa	5
Andersa	27
Armii Krajowej	13
Barbary	3
Bema	9
Boczna	8
Bohaterów II Armii Wojska Polskiego	70
Bora-Komorowskiego	3
Broniewskiego	16
Bulwar	45
Chełmońskiego	19
Chmielna	7
Chopina	11
Cienista	17
Ciołkowskiego	13
Cmentarna	16
Daszyńskiego	97
Domańskiego	10

NAZWA ULICY	IŁOŚĆ OPRAW PRZED MODERNIZACJĄ
Duszy	5
Energetyków	10
Fiołkowa	3
Francuska	34
Garaże	12
Górnicza	14
Górnowiejska	15
Graniczna	4
Gwarków	4
Henrykowska	10
Idzikowskiego	25
Iwaszkiewicza	30
Jasminowa	11
Karłowicza	35
Kochanowskiego	6
Konwaliowa	5
Kossaka	3
Kozaka	17
Lubańska	101
Łużycka	88
Makowa	8
Maratońska	17
Matejki	3
Moniuszki	9
Morcinka	9
Nadbrzeżna	6
Nowomiejska	13
Obwodnica	45
Okólna	18
Okulickiego	18
Osiedle (Batorego)	7
Osiedle (Boh. II Armii WP PT)	7
Osiedle (Iwaszkiewicza)	11
Osiedle (Karłowicza 27)	11
Osiedle (Karłowicza dz. nr 7)	2
Osiedle (Lubańska)	12
Osiedle (Pogodna Dz. 21/7)	2
Osiedle (Wyspiańskiego)	8
Park Nadnyski	1

NAZWA ULICY	IŁOŚĆ OPRAW PRZED MODERNIZACJĄ
Partyzantów	5
Perłowa	12
Piłsudskiego	8
Plac Kasztanowy	8
Podwale	9
Pogodna	15
Powstańców Śląskich	13
Reymonta	23
Rolna	1
Roweckiego	4
Różana	4
Rubinowa	20
Rzeczki Dolne	12
Rzeczki Górne	49
Scultetusa	9
Sikorskiego	8
Słoneczna	15
Słowiańska	24
Sportowa	9
Srebrzysta	4
Staszica	10
Struga	7
Sybiraków	7
Szafirowa	6
Szajnowicza	3
Szarych Szeregów	22
Szmaragdowa	19
Szymanowskiego	8
Śniadeckiego	4
Św. Konstantyna	8
Traugutta	1
Tulipanowa	6
Turowska	8
Tuwima	22
Warszawska	102
Waszczuka	6
Wesoła	9
Wolności	10
Wrocławska	44



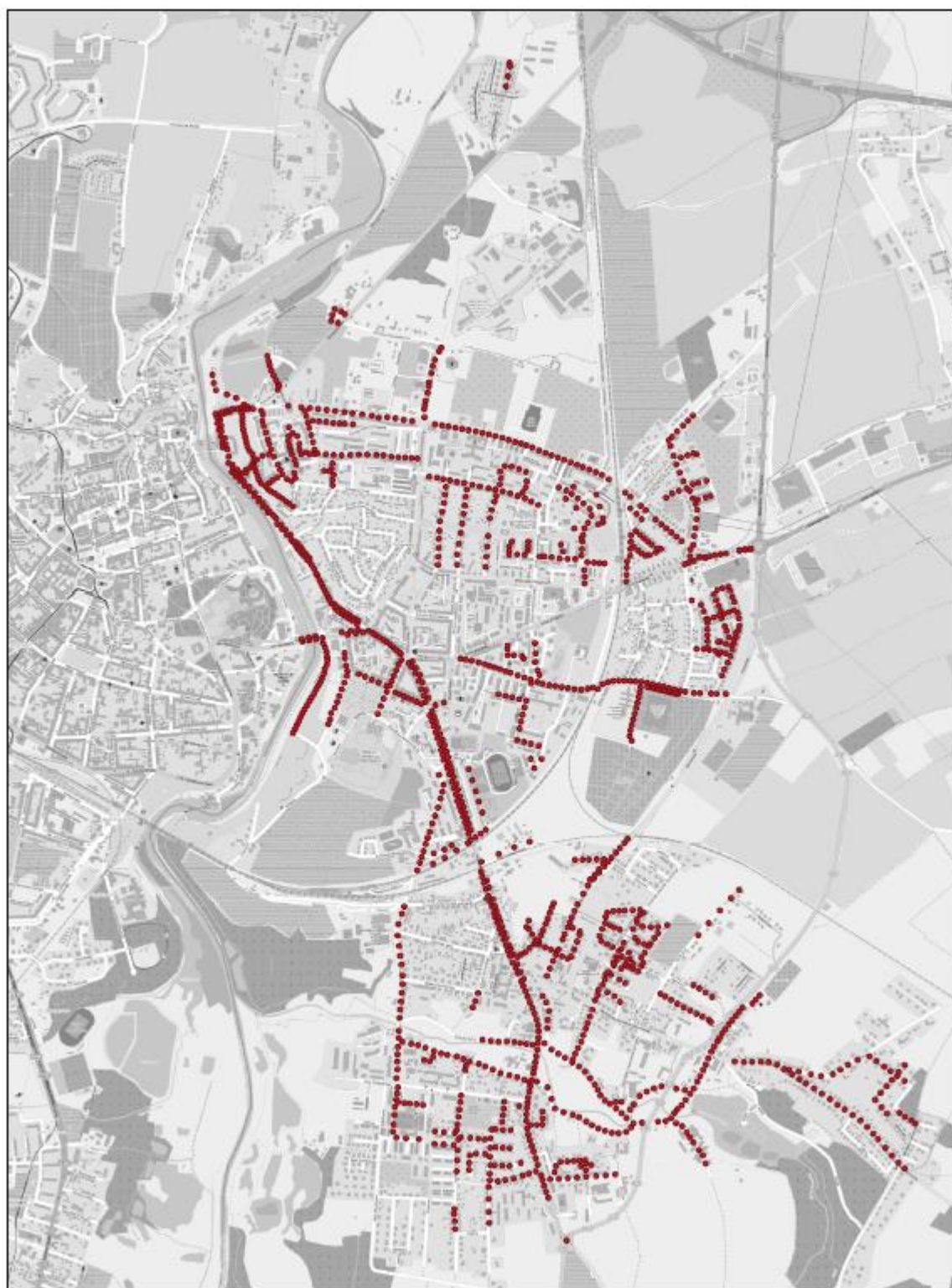
NAZWA ULICY	IŁOŚĆ OPRAW PRZED MODERNIZACJĄ
Wrzosowa	10
Wysockiego	2
Wyspiańskiego	37
Zamiejsko-Lubańska	14
Zapiecek	8
Zielna	8
<b>SUMA</b>	<b>1674</b>

Ogółem audytowi podlega **1674 opraw sodowych**, które wymagają wymiany. W dużej części zastosowane są oprawy z wysokoprężnymi sodowymi źródłami światła, które są w dużym stopniu wyeksploatowane. Stan opraw jest zróżnicowany i wiąże się głównie z czasem eksploatacji. Oprawy starsze posiadają w bardzo dużym stopniu zabrudzenia kloszy. Szacuje się, że strata strumienia światła w tych oprawach może przekroczyć 50% stanu początkowego.

Na analizowanym obszarze, oświetlenie uliczne, nie było projektowane zgodnie z wymaganiami normy oświetleniowej PN-EN 13201, ze względu na to, że pochodzi z okresu, znacznie wyprzedzającego wprowadzenie tej normy.

Przedsięwzięcie będzie obejmowało wymianę wysięgników i opraw w celu zapewnienia zgodności z normą PN-EN 13201 oraz zapewnienia efektywności energetycznej oświetlenia – zastosowane zostaną wysokosprawne energetycznie oprawy LED.

Poniższa mapa przedstawia zakres planowanej modernizacji oświetlenia ulicznego:



**Miasto Zgorzelec**  
Audyt oświetlenia drogowego

Oświetlenie  
• Lampy istniejące

0 280 560 840 m



### Podział ze względu na typ oprawy

Na terenie Gminy Miejskiej Zgorzelec wyróżniamy 3 typy opraw oświetleniowych:

**Oprawy drogowe** - Oświetlenie drogowe jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na bezpieczeństwo ruchu i bezpieczeństwo publiczne na obszarach zurbanizowanych. Wiele badań wskazuje na to, że właściwe oświetlenie drogowe zmniejsza liczbę wypadków w porze nocnej o 30-45 %.

**Oprawy parkowe** - Oświetlenie parkowe jest wykorzystywane nie tylko na terenie parków, ale także różnego rodzaju skwerów, placów, podjazdów, ciągów komunikacyjnych, wejść do budynków oraz dzielnic mieszkaniowych. Jest ono projektowane w ten sposób, by komponować się z architekturą otoczenia, stanowiąc funkcjonalne i estetyczne rozwiązanie dostarczające światło w porze nocnej.

**Oprawy ozdobne** – oświetlenie ozdobne jest wykorzystywane w reprezentacyjnych częściach miasta.

*Tabela 3 Zestawienie opraw w podziale na typ oprawy*

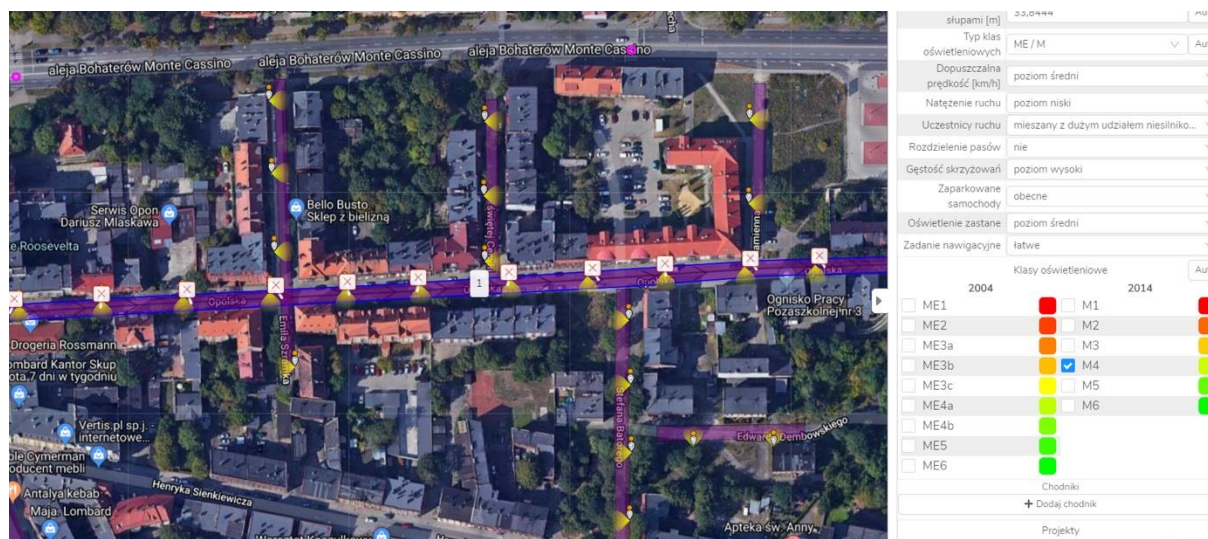
Typ oprawy	Ilość opraw
Drogowe	1122
Parkowe	51
Ozdobne	501

## Aplikacja zewnętrzna

Do inwentaryzacji została użyta aplikacja GRADIS Inventory, która jest dostępna w sieci pod poniższym adresem:

<b>Adres</b>	<a href="https://zgorzelec.gradis.pl">https://zgorzelec.gradis.pl</a>
<b>Login</b>	zgorzelec
<b>Hasło:</b>	<<zostało przesłane osobnym kanałem>>

Aplikacja pozwala na przeglądanie danych na temat punktów świetlnych – ich lokalizacji oraz typów.



The screenshot displays the GRADIS Inventory application interface. On the left, a satellite map shows a residential area in Zgorzelec with street names like 'aleja Bohaterów Monte Cassino' and 'Opolska'. Yellow markers indicate the locations of street lighting points. On the right, a configuration panel allows users to set various parameters for the lighting points. The panel includes a table for selecting the lighting class (Typ klas oświetleniowych) and a table for selecting the lighting class (Klasy oświetleniowe) for the year 2014.

Typ klas oświetleniowych	Wartość
Dopuszczalna prędkość [km/h]	poziom średni
Natężenie ruchu	poziom niski
Uczestnicy ruchu	mieszany z dużym udziałem niesilnik...
Rozdzielenie pasów	nie
Gęstość skrzyżowań	poziom wysoki
Zaparkowane samochody	obecne
Oświetlenie zastane	poziom średni
Zadanie nawigacyjne	łatwe

Klasy oświetleniowe	2014
ME1	<input type="checkbox"/> M1
ME2	<input type="checkbox"/> M2
ME3a	<input type="checkbox"/> M3
ME3b	<input checked="" type="checkbox"/> M4
ME3c	<input type="checkbox"/> M5
ME4a	<input type="checkbox"/> M6
ME4b	<input type="checkbox"/>
ME5	<input type="checkbox"/>
ME6	<input type="checkbox"/>

Powyżej zamieszczono zrzut ekranu z aplikacji.

## Wyznaczenie klas oświetleniowych, zgodnych z normą PN-EN 13201:2016



Zapewnienie prawidłowego oświetlenia dróg i ulic to stworzenie najlepszych warunków obserwacji, przy zapewnieniu maksymalnej rozpoznawalności przeszkód na drodze jak i komfortu podróży.



Mówiąc o komforcie podróży należy zaznaczyć, że nie chodzi tylko o osoby poruszające się pojazdami mechanicznymi, ale również o pieszych, rowerzystów i wolno poruszające się pojazdy. W związku z tym klasy oświetleniowe dla poszczególnych segmentów zostały dobrane zgodnie z europejską normą oświetleniową PN-EN 13201:2016 z uwzględnieniem stref kolizyjnych, w szczególności szkół, przedszkoli, przejść dla pieszych, skrzyżowań.



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

<b>Wytyczne normy</b>  <b>PN-EN 13201</b>	Wybór klasy oświetleniowej
	Wymagania oświetleniowe
	Obliczenia parametrów oświetleniowych
	Metody pomiaru oświetlenia

Tabela 4 Wytyczne normy PN-EN 13201

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

- ✓ luminancja nawierzchni drogi (jaskrawość drogi) - L
- ✓ równomierność luminancji – U<sub>o</sub>
- ✓ równomierność wzdłużna luminancji (rozpatrywana w kierunku ruchu pojazdu) - U<sub>l</sub>

- ✓ wskaźnik olśnienia -  $f_{TI}$
- ✓ wskaźnik oświetlenia otoczenia –  $R_{EI}$

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

### Kryteria doboru klasy oświetleniowej

Zgodnie ze standardem europejskim wymagania dotyczące oświetlenia można określać w zależności od specyfiki dróg. Do określenia klas oświetlenia, dla których opisano jakościowe i ilościowe wymagania, wykorzystuje się różne parametry, takie jak geometria obszaru ruchu, rodzaj ruchu i wpływ otoczenia.

PD CEN/TR 13201-1:2014 stosuje procedurę selekcji dla określania klas oświetlenia: od M1 do M6, od C0 do C6 i od P1 do P6.

Kryteria wyboru każdej podklasy (określonej przez ich liczbę) opierają się na geometrii drogi, jej przepustowości i jej otoczeniu. Skuteczne kryteria (na podstawie PD CEN/TR 13201-1:2014) obejmują:

- ✓ Projektowanie prędkości lub ograniczeń prędkości
- ✓ Prędkość jazdy (dla klasy oświetlenia P)
- ✓ Wielkość ruchu
- ✓ Skład ruchu
- ✓ Oddzielenie jezdni
- ✓ Zagęszczenie węzła
- ✓ Parkowanie pojazdów
- ✓ Jasność otoczenia
- ✓ Rozpoznawanie twarzy (dla klasy oświetlenia P)
- ✓ Oznakowanie

Pewne parametry (w szczególności wielkość ruchu, natężenie ruchu i jasność otoczenia) mogą zmieniać się w zależności od sezonu lub w różnych godzinach nocnych, dlatego niektóre odcinki drogi mogą być przesuwane do innej klasy.



## Drogi klasy M

Drogi dostosowane do potrzeb kierowców pojazdów mechanicznych poruszających się głównie po autostradach, trasach szybkiego ruchu dopuszczających od średniej do wysokiej prędkości ruchu. Aby spełnić kryteria normy, należy zachować ostrożność w celu zachowania:

- ✓ minimalnej średniej luminancji powierzchni drogi,
- ✓ minimalnej jednolitości luminancji powierzchni drogi (z oddzielnymi wartościami minimalnymi podanymi dla warunków suchych i mokrych),
- ✓ minimalnej jednorodności luminancji wzdłuż centra dróg,
- ✓ maksymalnego poziomu odblasku.

Należy także dopilnować, aby natężenie oświetlenia poza jezdnią nie spadało zbyt szybko.

Tabela 5 Parametry oświetlenia – drogi klasy M

Parametr	Opcje	Opis <sup>1</sup>		Współczynniki wagowe $V_w$ <sup>1</sup>
<b>Prędkość maksymalna lub ograniczenie prędkości</b>	Bardzo wysoka	$v \geq 100$ km/h		2
	Wysoka	$70 < v < 100$ km/h		1
	Średnia	$40 < v \leq 70$ km/h		-1
	Niska	$v \leq 40$ km/h		-2
<b>Natężenie ruchu</b>		Autostrady, drogi wielopasmowe	Drogi dwupasmowe	
	Wysokie	$> 65\%$ maksymalnej przepustowości	$> 45\%$ of maksymalnej przepustowości	1
	Średnie	$35\% - 65\%$ maksymalnej przepustowości	$15\% - 45\%$ maksymalnej przepustowości	0
	Niskie	$< 35\%$ maksymalnej przepustowości	$< 15\%$ maksymalnej przepustowości	-1
<b>Struktura pojazdów w ruchu drogowym</b>	Mieszana z wysoką proporcją niezmotoryzowanych			2
	Mieszana			1
	Wyłącznie pojazdy zmotoryzowane			0
<b>Rozdzielenie jezdni</b>	Nie			1
	Tak			0

Parametr	Opcje	Opis <sup>1</sup>	Współczynniki wagowe $V_w$ <sup>1</sup>	Parametr
<b>Zagęszczenie skrzyżowań</b>		Skrzyżowania/km	Węzły, odległość między mostami, km	
	Wysokie	> 3	< 3	1
	Średnie	≤ 3	≥ 3	0
<b>Zaparkowane pojazdy</b>	Występują			1
	Nie występują			0
<b>Jasność otoczenia</b>	Wysoka	witryny sklepowe, wyświetlane reklamy, boiska, stacje kolejowe, powierzchnie magazynowe		1
	Średnia	typowa sytuacja		0
	Niska			-1
<b>Wyzwania nawigacyjne</b>	Bardzo trudne			2
	Trudne			1
	Łatwe			0

<sup>1</sup> W kolumnie wskazane zostały przykładowe wartości. Można prowadzić odpowiednie korekty czy współczynniki wagowe

## Drogi klasy C

Dostosowane do potrzeb kierowców pojazdów mechanicznych na obszarach konfliktowych, takich jak ulice w obszarach handlowych, jednopoziomowe skrzyżowania o większym stopniu złożoności, ronda, itp. Te klasy odnoszą się również do pieszych i cyklistów. O ile systemy oświetleniowe dróg klasy C muszą nadal spełniać minimalną jednolitość luminancji nawierzchni, to większość innych kryteriów przyjętych dla dróg klasy M nie ma zastosowania lub jest niewykonalna (na przykład wiele obszarów konfliktu nie ma wyraźnego pasa do jezdni przystosowanej do wykonania obliczeń, jak szybko spada natężenie oświetlenia poza drogą). Zamiast tego, muszą utrzymywać średnie poziome oświetlenie w terenie. Chociaż drogi klasy C – w odróżnieniu od dróg klasy M – nie mają obowiązkowych kryteriów minimalizowania oślnienia, w załączniku C do normy PN-EN 13201-2 przedstawiono kryteria informacyjne dla tej klasy.



Tabela 6 Parametry oświetlenia – drogi klasy C

Parametr	Opcje	Opis <sup>1</sup>	Współczynniki wagowe $V_w$ <sup>1</sup>
<b>Prędkość maksymalna lub ograniczenie prędkości</b>	Bardzo wysoka	$v \geq 100$ km/h	3
	Wysoka	$70 < v < 100$ km/h	2
	Średnia	$40 < v \leq 70$ km/h	0
	Niska	$v \leq 40$ km/h	-1
<b>Natężenie ruchu</b>	Wysokie		1
	Średnie		0
	Niskie		-1
<b>Struktura pojazdów w ruchu drogowym</b>	Mieszana z wysoką proporcją niezmotoryzowanych		2
	Mieszana		1
	Wyłącznie pojazdy zmotoryzowane		0
<b>Rozdzielenie jezdni</b>	Nie		1
	Tak		0
<b>Zaparkowane pojazdy</b>	Występują		1
	Nie występują		0
<b>Jasność otoczenia</b>	Wysoka	witryny sklepowe, wyświetlane reklamy, boiska, stacje kolejowe, powierzchnie magazynowe	1
	Średnia	typowa sytuacja	0
	Niska		-1
<b>Wyzwania nawigacyjne</b>	Bardzo trudne		2
	Trudne		1
	Łatwe		0

<sup>1</sup> W kolumnie wskazane zostały przykładowe wartości. Można prowadzić odpowiednie korekty czy współczynniki wagowe

## Drogi klasy P

Kryteria dla dróg klasy P obejmują minimalną średnią natężenia oświetlenia na terenie drogi oraz jej utrzymanie. Jeśli ważne jest rozpoznanie twarzy, należy zastosować dodatkowe kryteria dla oświetlenia w płaszczyźnie pionowej (w punkcie) i minimalne kryteria dla oświetlenia w płaszczyźnie półcylicyrycznej (na płaszczyźnie nad drogą).

Tabela 7 Parametry oświetlenia – drogi klasy P

Parametr	Opcje	Opis <sup>1</sup>	Współczynniki wagowe $V_w$ <sup>1</sup>
<b>Prędkość jazdy</b>	Niska	$v \leq 40$ km/h	1
	Bardzo niska	Bardzo niska, prędkość pieszego	0
<b>Intensywność użytkowania</b>	Wysoka		1
	Średnia		0
	Niska		-1
<b>Struktura pojazdów w ruchu drogowym</b>	Piesi, rowerzyści i pojazdy zmotoryzowane		2
	Piesi i pojazdy zmotoryzowane		1
	Piesi i rowerzyści		1
	Wyłącznie piesi		0
	Wyłącznie rowerzyści		0
<b>Zaparkowane pojazdy</b>	Występują		1
	Nie występują		0
<b>Jasność otoczenia</b>	Wysoka	witryny sklepowe, wyświetlane reklamy, boiska, stacje kolejowe, powierzchnie magazynowe	1
	Średnia	typowa sytuacja	0
	Niska		-1
<b>Rozpoznawanie rysów twarzy</b>	Wymagane		Dodatkowe wymogi <sup>2</sup>
	Niewymagane		Brak dodatkowych wymogów

<sup>1</sup> W kolumnie wskazane zostały przykładowe wartości. Można prowadzić odpowiednie korekty czy współczynniki wagowe.

<sup>2</sup> Dokładne wytyczne dotyczące zastosowania rozpoznawania rysów twarzy są definiowane na poziomie krajowym.

*Tabela 8 Podsumowanie ilości opraw przypadających na daną klasę oświetleniową*

Klasa	Ilość
<b>M3</b>	359
<b>M4</b>	155
<b>M5</b>	450
<b>M6</b>	126
<b>P4</b>	584

## Dostosowanie oświetlenia wskazanego do modernizacji

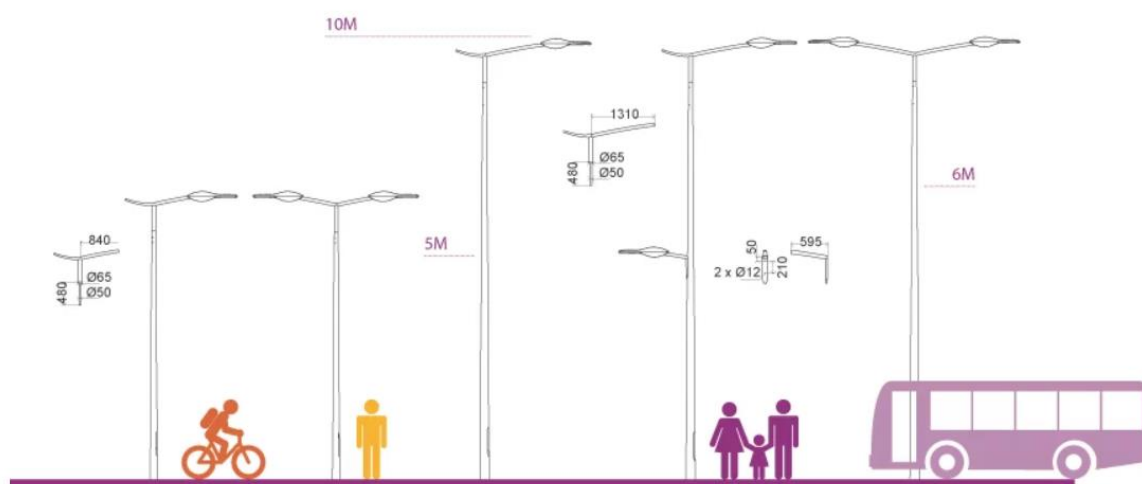
### Oprawy

Technologia LED jest coraz szerzej stosowana w oświetleniu zewnętrznym ze względu na właściwości istotnie poprawiające komfort i bezpieczeństwo, a na rynku pojawia się coraz więcej produktów LED, będących alternatywą dla klasycznego oświetlenia zewnętrznego, opartego do tej pory na źródłach wyładowczych. Podstawowymi zaletami opraw LED są:

- ✓ długa żywotność – ok. 50 000 godzin - (dla utraty strumienia światła 30%),
- ✓ nie generują promieniowania ultrafioletowego (UV) i podczerwonego (IR),
- ✓ biała barwa światła,
- ✓ dobra jakość światła,
- ✓ lepsza optymalizacja rozsyłu strumienia świetlnego,
- ✓ możliwość precyzyjnego dopasowania strumienia świetlnego do potrzeb (nie ma typoszeregu mocy),
- ✓ wyeliminowany efekt stroboskopowy,
- ✓ nie zawierają rtęci, metali ciężkich lub innych szkodliwych dla środowiska substancji,
- ✓ natychmiastowy start - osiągnięcie normalnej jasności bezpośrednio po uruchomieniu, bez opóźnienia szybki ponowny zapłon źródła światła.

## Słupy

Na rynku dostępna jest szeroka gama słupów przeznaczonych do montażu oświetlenia ulicznego, parkowego i ozdobnego.



Rysunek 3 Rodzaje słupów

## Słupy ozdobne/parkowe

Najbardziej podstawowy wariant tego rodzaju oświetlenia to słupy parkowe okrągłe. Tego rodzaju wyposażenie można spotkać np. na nowych osiedlach mieszkaniowych, w obrębie terenów zielonych, na reprezentacyjnych fragmentach posesji wokół zakładów pracy czy nawet w prywatnych ogrodach.

Większość słupów parkowych montowana jest na podstawie spawanej (fundament prefabrykowany, kotwy stalowe). W przypadku niektórych modeli możliwe jest wkopanie do ziemi. Wysokość to zazwyczaj od 3 do 6 metrów, średnica wynosi od kilkudziesięciu mm (szczyt słupa) do 100-150 mm (podstawa).

Słupy parkowe są wykonane zazwyczaj z aluminium lub stali. Dotyczy to np. serii CS firmy Kromiss-Bis. Te modele wyprodukowano z blachy stalowej o grubości 3 lub 4 mm. Aluminium

wykorzystywane jest z kolei w słupach parkowych firmy Rosa. Ta sama marka dostarcza także słupy z tworzywa sztucznego (tańszy wariant).

Na rynku można znaleźć również słupy parkowe ośmiokątne (np. seria OSL firmy Kromiss-Bis). Je też wykonano z blachy stalowej o grubości 3 lub 4 mm.



*Rysunek 4 Słupy parkowe*

## Słupy uliczne

Osobną kategorią słupów oświetleniowych są modele uliczne. Jak sama nazwa wskazuje, są one wykorzystywane głównie do oświetlania ulic. Tu także możemy znaleźć warianty okrągłe oraz ośmiokątne. Słupy uliczne osiągają nawet 12 metrów wysokości i są wykonywane ze stali lub aluminium.

W słupach stalowych ponownie specjalizuje się firma Kromiss-Bis ze swoimi seriami CS (okrągłe) oraz OSL i OSH (ośmiokątne). Na aluminium stawia np. Rosa. Słupy mają kilkadziesiąt mm średnicy górnej i nawet 180 mm średnicy dolnej (duże słupy dwuelementowe z wysięgnikami spawanymi lub łukowymi firmy Rosa).

Kolejną ciekawą propozycją są słupy uliczno-chodnikowe. Mają one po dwa wysięgniki przeciwstawne. Kierunkowy reflektor umieszczony jest na pełnej wysokości, drugi – zwykle kulisty klosz – sporo niżej. Przykładowe modele to Mieszko i Lech firmy Senko. Do tego dochodzi 3. wariant – promenadowy (oba wysięgniki mają kuliste klosze).



*Rysunek 5 Słupy uliczne*

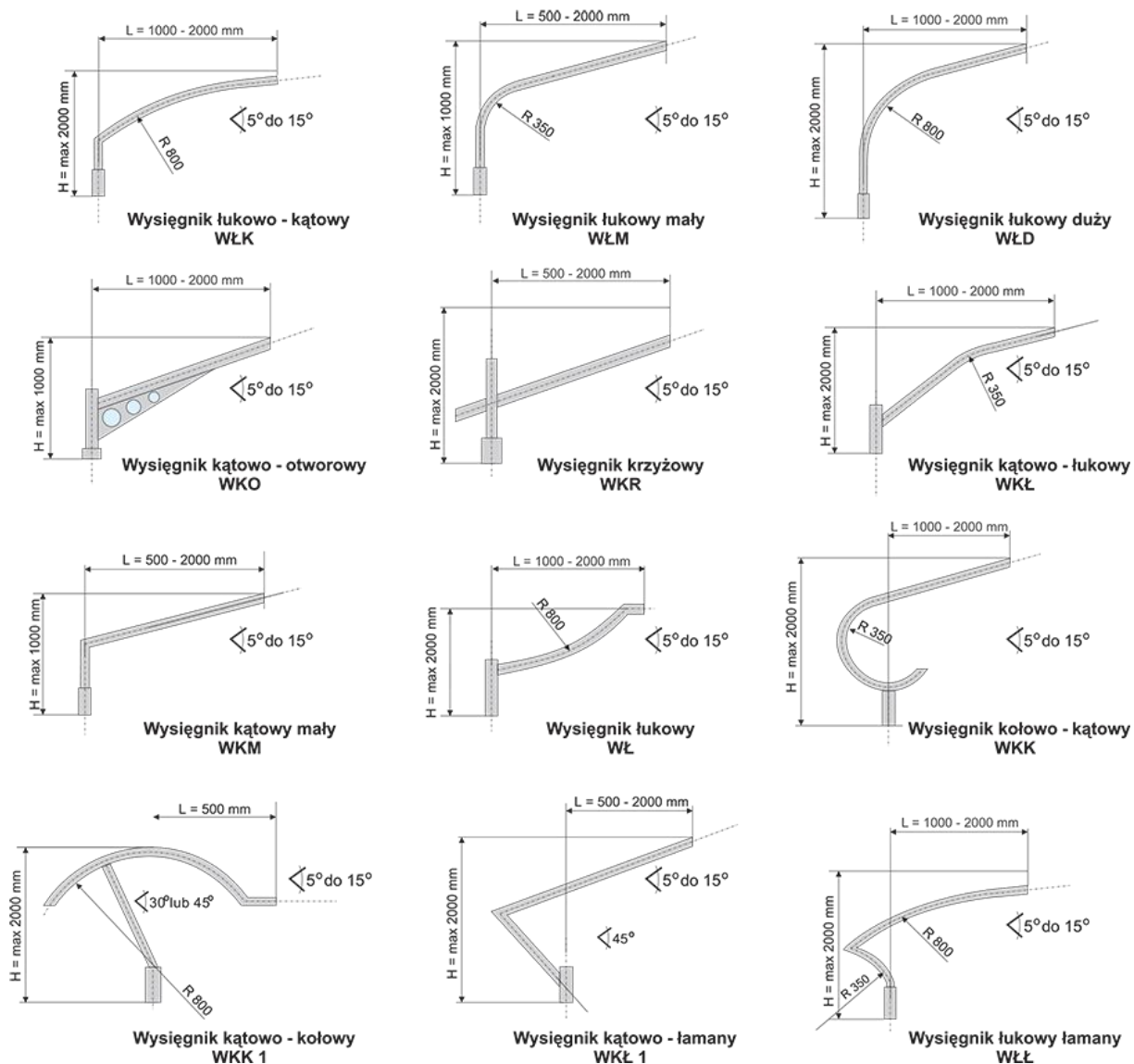
## Wysięgniki

Wysięgniki do słupów oświetleniowych wykonane są jako jedno lub wieloramienne o dowolnym kącie i rozstawie ramion. Średnica końcówki wysięgnika do mocowania oprawy oświetleniowej wynosi 48 lub 60 mm. Możliwe są dwie wersje zabezpieczenia antykorozyjnego: ocynkowanie ogniowe, ocynkowanie ogniowe i lakierowanie proszkowe.



*Rysunek 6 Rodzaje wysięgników*





Rysunek 7 Szczegółowy przegląd wysięgników

## Projekty fotometryczne

### Założenia

Dla wykonanej inwentaryzacji zostały wykonane projekty fotometryczne.

Projekty zostały podzielone na następujące kategorie

- Sytuacje regularne oparte na oprawach drogowych
- Sytuacje regularne oparte na oprawach parkowych
- Sytuacje regularne oparte na oprawach ozdobnych

Projekty fotometryczne zostały wyznaczone za pomocą optymalizatora, przy następujących parametrach:

#### Dla opraw drogowych

- ✓ **Kąt nachylenia oprawy:** 0 – 30 stopni, skok co 5 stopni
- ✓ **Długość wysięgnika:** 0 – 1,5 metrów, skok co 0.5 metra
- ✓ **LFR:** 0 – 0.99 skok co 0.01

#### Dla opraw parkowych przyjęto następujące założenia:

- ✓ **Kąt nachylenia oprawy:** nie dotyczy
- ✓ **Długość wysięgnika:** nie dotyczy
- ✓ **LFR:** 0 - 0.99 skok co 0.01

#### Dla opraw ozdobnych przyjęto następujące założenia:

- ✓ **Kąt nachylenia oprawy:** nie dotyczy
- ✓ **Długość wysięgnika:** nie dotyczy
- ✓ **LFR:** 0 - 0.99 skok co 0.01

Obliczenia fotometryczne stanowią **Załącznik nr 2**

## Systemy sterowania – przegląd

Poniżej umieszczona przeglądn systemów sterowania dostępnych na rynku.

### System OWLET IoT

System OWLET firmy Schreder pozwala uniknąć przewymiarowania instalacji oświetleniowej i nadmiernego zużycia energii elektrycznej, dzięki wykorzystaniu takich funkcjonalności jak:

- ✓ Stały strumień świetlny w czasie (CLO),
- ✓ Moc wirtualna,
- ✓ Dynamiczna redukcja strumienia świetlnego w czasie.

Rozbudowane możliwości raportowania pozwalają na monitorowanie instalacji oświetleniowej i planowanie prac serwisowych. Dostarczane informacje pozwalają na optymalizację procesów zarządzania oświetleniem przez cały okres jego użytkowania. Ograniczenie prac utrzymaniowych skutkuje znacznymi oszczędnościami.

Oświetlanie przestrzeni publicznych, podczas gdy nie są one użytkowane, generuje niepotrzebne koszty zużycia energii elektrycznej. Profile redukcji oraz możliwość podniesienia strumienia świetlnego „na żądanie”, pozwalają dostosować oświetlenie do zmiennych w czasie, rzeczywistych potrzeb, wynikających ze specyfiki oświetlanego miejsca. Możliwe jest zastosowanie czujników ruchu, które mogą sterować pojedynczą oprawą, grupą opraw lub całą siecią. Każda oprawa może być indywidualnie skonfigurowana poprzez zadeklarowanie m.in. minimalnego i maksymalnego strumienia, czasów opóźnienia oraz czasów załączenia i wyłączenia.

Przyjazny użytkownikowi interfejs systemu pozwala zoptymalizować koszty i procesy serwisowania instalacji oświetleniowej. Poprzez monitorowanie każdej oprawy, system Owlet zapobiega usterkom, przez wykrywanie problemów (uszkodzone źródło, temperatura urządzenia, przekroczenie mocy). Jeśli problemy narastają, system przechodzi w stan pracy znamionowej, dla zapewnienia oświetlenia.

System sterowania oświetleniem zapewnia realizację poniższych funkcji:

- ✓ zdalny nadzór (monitorowanie, konfiguracja) przez sieć internetową z poziomu przeglądarki internetowej – bez konieczności instalowania dodatkowego oprogramowania. Dostęp do interfejsu użytkownika jest możliwy z dowolnego urządzenia wyposażonego w dostęp do Internetu i przeglądarkę internetową,
- ✓ graficzny interfejs w postaci strony internetowej wraz z mapą, na której za pomocą ikon reprezentowane są wszystkie punkty należące do systemu,
- ✓ redukcja mocy pojedynczych opraw oświetleniowych, grup opraw lub wszystkich opraw,
- ✓ załączanie i wyłączanie pojedynczej oprawy,
- ✓ możliwość podłączenia do dowolnej oprawy czujnika (np. ruchu), który będzie sterował pracą pojedynczej oprawy lub grupy opraw (niezależnie od ich fizycznego połączenia),
- ✓ możliwość zdalnej zmiany konfiguracji w dowolnym momencie,
- ✓ automatyczna redukcja mocy zgodnie z zaprogramowanymi krzywymi redukcji,
- ✓ redukcję ręczną poziomu oświetlenia pojedynczej oprawy, grupy opraw, całej instalacji,
- ✓ zaprogramowanie oddzielnych krzywych redukcji dla dni pracujących (pon-pt) oraz weekendów (sb-nd),
- ✓ zaprogramowanie wyjątków np. dni świątecznych, podczas których oświetlenie powinno mieć inną charakterystykę,
- ✓ zmiana poziomu redukcji mocy poprzez zdalne przeprogramowanie w dowolnym momencie,
- ✓ pomiar prądu, napięcia, mocy, współczynnika mocy, czasu pracy źródła światła dla pojedynczego punktu świetlnego,
- ✓ dostęp do historycznych parametrów pracy systemu,
- ✓ pomiar czasu pracy sterowników,
- ✓ pomiar czasu pracy źródeł światła,
- ✓ ułatwienie planowania grupowej wymiany źródeł światła,

- ✓ uwzględnienie zaprojektowanego współczynnika utrzymania – utrzymanie stałego strumienia świetlnego w czasie,
- ✓ możliwość zaprogramowania wirtualnej mocy oprawy (w zakresie charakterystyki pracy źródła),
- ✓ sygnalizowanie uszkodzonego źródła światła lub statecznika, zaniku napięcia zasilającego, błędów komunikacji, przekroczonego poziomu mocy lub temperatury,
- ✓ generowanie raportów zużycia energii oraz raportów błędów,
- ✓ dodawanie nowych punktów świetlnych bez konieczności przebudowy istniejącej instalacji (np. prowadzenia dodatkowych przewodów, łączenia obwodów itp.),
- ✓ wprowadzanie położenia punktów albo poprzez podanie współrzędnych geograficznych albo poprzez wskazanie miejsca montażu na mapie,
- ✓ tworzenie kont użytkowników z różnorodnymi poziomami dostępu z możliwością zmiany w dowolnym momencie.

System sterowania oświetleniem składa się z jednostki centralnej oraz sterowników lokalnych, montowanych w oprawie, sterujących statecznikiem elektronicznym. Uszkodzenie pojedynczego punktu świetlnego nie może mieć wpływu na pracę reszty systemu. System opiera się na komunikacji bezprzewodowej w paśmie ISM 2,4 GHz zgodnej z międzynarodowym standardem ZigBee (IEEE 802.15.4). Poszczególne elementy systemu tworzą sieć typu MESH. Sieć ta cechuje się autodiagnostyką – automatycznie wybiera optymalne ścieżki połączeń i sam przekierowuje się w przypadku awarii któregoś z elementów.

System sterowania oświetleniem jest w stanie pracować zarówno w trybie autonomicznym (załączać oświetlenie wieczorem i wyłączać nad ranem – pod warunkiem podanego napięcia zasilającego oprawy) jak i również w obecności zewnętrznych urządzeń sterujących np. zegarów astronomicznych.

Jednostka centralna systemu:

- ✓ jest urządzeniem jednomodułowym, co ułatwia jego montaż, serwisowanie i wymianę,
- ✓ jest zasilana napięciem 230V przez cały czas pracy (24 godziny na dobę),

- ✓ ma możliwość montażu zarówno w szafie oświetleniowej jak i poza nią – IP66, umożliwia połączenie z siecią internetową poprzez sieć Ethernet lub sieć GPRS,
- ✓ umożliwia montaż dwóch kart SIM, w celu zapewnienia poprawnej pracy w przypadku awarii karty,
- ✓ jest synchronizowana z serwerem czasu rzeczywistego,
- ✓ zarządza grupą do 150 sterowników lokalnych za pośrednictwem sieci bezprzewodowej 2,4 GHz pracującej zgodnie ze standardem ZigBee IEEE 802.15.4,
- ✓ rejestruje dane otrzymane ze sterowników lokalnych oraz je archiwizować,
- ✓ posiada wbudowany zegar astronomiczny,
- ✓ sygnalizuje za pomocą diod: zasilanie, połączenie z siecią ZigBee, połączenie z siecią GPRS, siłę sygnału GPRS, przesyłanie pakietów danych,
- ✓ umożliwia połączenie z komputerem za pomocą kabla RJ45,
- ✓ posiada min. 2 wejścia dwustanowe do podłączenia urządzeń zewnętrznych,
- ✓ umożliwia zdalną aktualizację oprogramowania i zmianę parametrów pracy własnej (przez dedykowaną stronę internetową i/lub połączenie Telnet).

Sterowniki lokalne charakteryzują się poniższymi parametrami:

- ✓ działają w sieci bezprzewodowej zgodnie ze standardem ZigBee (IEEE 802.15.4),
- ✓ posiadają wbudowany przekaźnik umożliwiający fizyczne wyłączenie zasilania oprawy,
- ✓ mają możliwość sterowania statecznikiem za pomocą sygnału analogowego (1-10V) lub cyfrowego (DALI). Zmiana sposobu sterowania poprzez zdalną zmianę oprogramowania,
- ✓ posiadają bezpotencjałowe wejście na sygnał z czujnika, który może sterować również innymi oprawami,
- ✓ mają możliwość pracy jako fotokomórka (po domontowaniu światłowodu),
- ✓ dokonują pomiarów prądu, napięcia, mocy, współczynnika mocy, temperatury, czasu pracy źródła światła,
- ✓ mają możliwość wymiany anteny w przypadku jej uszkodzenia,
- ✓ muszą być zainstalowane w odległości max. 100m od innego sterownika.

## Echelon Smart Server – Apanet

GreenLight Serwer pozwala zarządzać siecią sterowników serii GLC100 sterującymi poszczególnymi źródłami światła (oświetlenie uliczne, parkowe etc.) Komunikacja ze sterownikami odbywa się za pomocą sieci zasilającej (komunikacja PowerLine) w standardzie LonWorks.

Serwer systemu GreenLight pełni kluczową funkcję w systemie. W oparciu o sprzęt firmy Echelon i dedykowane oprogramowanie firmy APANET Green System GreenLight Serwer pozwala m.in. na:

- ✓ realizację algorytmów sterowania pozwalających na obniżenie kosztów eksploatacji oświetlania zewnętrznego (zarówno bezpośrednich kosztów energii, jak i wydatków na obsługę i naprawy);
- ✓ akwizycję i udostępnianie danych pomiarowych i eksploatacyjnych elementów sieci (zużycia energii, czasu pracy, awarii itp.);
- ✓ zaawansowane zarządzanie elementami sieci w tym systemy kierowania strumieniami danych (routing) radykalnie zwiększając zasięg sieci (do 4km w typowej sieci energetycznej);
- ✓ grupowanie źródeł światła i tworzenie wirtualnych instalacji oświetleniowych (dedykowanych poszczególnym odbiorcom – możliwość współużytkowania jednej instalacji przez kilka podmiotów) z możliwością niezależnego rozliczania zużytej energii elektrycznej.

Unijne ustawodawstwo dotyczące oświetlania zewnętrznego daje szereg możliwości oszczędności energii elektrycznej poprzez sterowanie intensywnością oświetlenia w zależności od aktualnej sytuacji (warunków pogodowych, ruchu ulicznego, pory dnia itp.). GreenLight Serwer pozwala na implementację aktualnych unormowań, jak i na łatwą adaptację do przyszłych rozwiązań. Istotną zaletą stosowania opisywanego rozwiązania jest jego skalowalność – w małych i średnich instalacjach GreenLight Serwer pełni funkcję centralnego kontrolera sieci (samodzielnie lub w zespole kilku innych serwerów). W systemach dużych rzędu kilku tysięcy lamp może dodatkowo odgrywać rolę bramy (gateway) do systemów

sterowania globalnego (systemy zarządzania miejskiego itp.). Umożliwia to szereg protokołów komunikacyjnych zaimplementowanych w urządzeniu.

#### Zalety:

- ✓ Elastyczność – możliwość precyzyjnego dopasowania oprogramowania do potrzeb użytkownika.
- ✓ Łatwość obsługi – serwer Web 2.0 – dostęp za pomocą przeglądarki www z dowolnego miejsca, na dowolnym sprzęcie (PC, tablet, smartfon).
- ✓ Bezpieczeństwo – obsługa HTTPS/SSL.
- ✓ Sterowanie, akwizycja danych i alarmowanie – obsługa FTP i e-mail.
- ✓ Praca samodzielna i/lub w dużych systemach.
- ✓ Obsługa wielu protokołów – łatwość integracji z innymi systemami: ISO/IEC 14908-1, ISO/IEC 14908-4 IP-852, Modbus, M-Bus, SOAP/XML
- ✓ Komunikacja poprzez sieć Ethernet, modem analogowy lub GSM/GPRS/3G

#### Echelon CPA net (Rabbit)

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

Cechy SYSTEMU, w tym szczegółowy zakres monitoringu i sterowania.

#### Sterowniki:

- ✓ instalacja sterowników typu „Plug & Play”,



- ✓ wbudowany modem GPRS,
- ✓ zdalna wymiana oprogramowania i ustawień po GPRS,
- ✓ podłączenie komputera serwisowego za pomocą łącza RS485, RS232 lub USB,
- ✓ obsługiwane systemy operacyjne WINDOWS XP, VISTA, WINDOWS 7,
- ✓ komunikacja po GPRS i SMS,
- ✓ wbudowany odbiornik GPS pozwalający na określenie położenia geograficznego sterownika na elektronicznym planie Miasta (z możliwością zdefiniowania stałego położenia) oraz uwzględnienie tej informacji przy załączaniu i wyłączaniu oświetlenia,
- ✓ synchronizacja czasu sterownika z zegarem czasu dostawcy usługi GPS,
- ✓ automatyczne wyliczenie strefy czasowej oraz automatyczna zmiana czasu zima/lato,
- ✓ odrębne poprawki w schematach sterowania dla lata i zimy
- ✓ minimum 5 wejść dwustanowych np. do kontroli stanu czujnika otwarcia szafki oświetleniowej, stanu przełącznika sterowania oświetleniem A-O-R, detekcji stanu załączenia stycznika,
- ✓ minimum 5 wejść umożliwiających załączenie poszczególnych obwodów w szafce,
- ✓ załączanie i wyłączanie oświetlenia zgodnie z tabelą wschodów i zachodów słońca,
- ✓ analiza parametrów sieci: pomiar napięcia i prądu oraz  $\cos \phi$  dla poszczególnych faz oraz mocy, czynnej, biernej i pozornej i zużytej energii,
- ✓ rejestracja pomierzonych wartości napięcia, prądu,  $\cos \phi$ , mocy, zużytej energii dla poszczególnych faz co 15 minut przez okres minimum 365 dni,
- ✓ zapamiętywanie zmian stanu wejść dwustanowych (stan, data i godzina zmiany stanu),
- ✓ raportowanie w ciągu kilku minut przez sterowniki alarmów do serwera Web oraz na predefiniowane numery telefonów komórkowych (minimum 5 numerów) sytuacji alarmowych: zanik napięcia zasilania na poszczególnych fazach, wzrost/obniżenie mocy, ponad zadane parametry- 3 fazy, alarm wejść sterujących (np. otwarcie drzwi szafek, zmiana położenia stanu przełącznika A-O-R, detekcja stanu załączenia stycznika), alarm wyjść,
- ✓ definiowanie danych do identyfikacji sterownika w SYSTEMIE takich jak: nazwa sterownika, numer szafki oświetleniowej, numer sterownika, adres IP sterownika, nr telefonu, nazwa ulicy, nazwa dzielnicy, nazwa miasta, opis,

- ✓ możliwość przypisania do sterownika plików związanych z szafką oświetleniową, np. schemat zasilania, schemat oświetlenia, schemat powiązań kaskadowych, pomiar geodezyjny powykonawczy (pliki w dowolnym formacie),
- ✓ zarządzanie systemem realizowane przez stronę Web w dowolnym czasie, z dowolnego miejsca on-line (PC, PDA, iPhone), obsługa VPN Klient,
- ✓ zarządzanie pojedynczymi sterownikami i predefiniowanymi grupami (grupy dowolnie predefiniowane według uznania Zamawiającego),
- ✓ raportowanie przez sterowniki alarmów do serwera Web oraz na predefiniowane numery telefonów komórkowych - minimum 5 numerów i minimum 10 smsów ze sterownika w ciągu miesiąca w ramach usługi,
- ✓ realizacja połączenia szyfrowanego HTTPS,
- ✓ autoryzacja użytkowników (login, hasło, IP) oraz parametryzacja uprawnień,
- ✓ możliwość dostępu do obsługi sterownika z trzech poziomów: użytkownik, obserwator, administrator,

Możliwość pracy sterownika w trybach:

- ✓ tryb astronomiczny - dedykowany do sterownia oświetleniem z przełącznikiem zmierzchowym - funkcja nadrzędna,
- ✓ tryb serwisowy - włączenie lub wyłączenie w danej chwili,
- ✓ tryb kaskadowy - funkcja kaskady,
- ✓ tryb dobowy - dedykowany do sterowania dowolnym procesem,
- ✓ tryb bezprzewodowego przekazywania sygnału pomiędzy sterownikami: realizacja funkcji bezprzewodowej kaskady,
- ✓ możliwość przywrócenia ustawień dla danego sterownika lub też dla grupy sterowników,
- ✓ definiowanie sterownika przez użytkownika typu master i slave.

Wymagania techniczne sterowników:

- ✓ praca w temperaturze otoczenia:  $-30^{\circ}/+80^{\circ}$ ,

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

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

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

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

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

### **Właściwości APC – LED:**

- ✓ brak przewodu sterującego
- ✓ brak zegara i wewnętrznej baterii
- ✓ możliwość zmiany nastaw we wszystkich oprawach jednocześnie
- ✓ sygnalizacja stanu pracy do celów serwisowych
- ✓ możliwość programowania przekaźnika za pomocą APC - LED prog lub sterownika CPAnet
- ✓ urządzenie bezobsługowe i proste w montażu

### **Parametry techniczne APC - LED**

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

### **APC - LED PROG**

Służy do programowania i przeprogramowywania reduktorów mocy APC - LED zainstalowanych w oprawach oświetleniowych. Pozwala na łatwą zmianę nastaw we wszystkich oprawach wyposażonych w układ APC- LED na całym obwodzie jednocześnie. APC - LED może być programowany również poprzez system CPAnet.

## Podsumowanie

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

System OWLET Schredera jest typowym systemem monitorującym, zarządzającym pracą opraw oświetleniowych i zapewniającym komunikację pomiędzy oprawami i sterownikiem segmentowym (szafa zasilająca), w technologii bezprzewodowej (drogą radiową). W systemie tym nie uzyskamy informacji o parametrach sieci zasilającej oprawy, o zdarzeniach w obrębie sieci zasilającej (np. otwarcie szafy) obwody oświetleniowe. System składa się ze sterownika segmentowego SeCO montowanego w szafie oświetleniowej i sterowników LuCo montowanych w oprawach lub we wnękach słupowych. Dane ze sterowników w oprawach przekazują dane bezprzewodowo do sterownika segmentowego, ten zaś przy pomocy wbudowanego modemu z kartą SIM, przesyła informacje do serwera.

Zaletą systemu Schredera jest swoboda organizowania zarządzanych opraw w dowolne grupy (max. do 150 szt.) niezależnie od ich obwodów zasilających. Pozwala to zmniejszyć ilość drogich sterowników segmentowych. Program do zarządzania oprawami jest aplikacją "chmurową" i udostępniany jest bezpłatnie. Dane znajdują się na serwerze producenta, który zapewnia serwis i obsługę. Deklaruje również możliwość instalacji aplikacji na serwerze Zamawiającego.

System sterowania APANET jest otwartym systemem komunikującym się po sieci zasilającej POWERLINE, wykorzystującym technologię firmy Echelon. Certyfikat LONMark potwierdza możliwość pracy ze wszystkimi sterownikami posiadającymi interfejs DALI lub 1-10V. Stabilna Komunikacja Powerline jest dużą zaletą systemu APANET. System składa się z kontrolerów

segmentowych montowanych w każdej szafie oświetleniowej oraz sterowników GLC instalowanych najczęściej we wnękach słupowych. Sterownik segmentowy steruje i zbiera informacje o parametrach opraw, wbudowany analizator sieci zbiera informacje na temat parametrów sieci zasilającej obwodów oświetleniowych.

Zarządzanie systemem oświetleniowym odbywa się przy pomocy aplikacji Street Light Vision. Program może być zainstalowany na serwerze dostawcy usługi bądź na serwerach Zamawiającego. W przypadku instalacji na serwerze producenta należy liczyć się z dodatkowymi kosztami za utrzymanie serwera. Jest to rocznie ok. 5 PLN za oprawę. W przypadku instalacji na serwerze Zamawiającego należy wykupić aplikację do zarządzania oświetleniem, za około 45 000 PLN. Producent deklaruje możliwość przejścia z aplikacji chmurowej web na serwerową w dowolnym czasie.

(<http://www.selc.ie/technology/softwaregui/>)

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

## Rekomendacja systemu sterowania

Zapoznawszy się z potrzebami Gminy do realizacji rekomendowany jest system sterujący IoT (np. opisany powyżej system OWLET). Komunikacja z każdą lampą pozwoli Gminie na szybszą reakcję i oszczędność kosztów.

Dodatkowo system sterowania oświetleniem może być podstawą do tworzenia na obszarze gminy Smart City. System można zintegrować z innymi czujnikami i systemami miejskimi, co ułatwi zarządzanie.

System IoT został ujęty w kosztorysie jako element wyposażenia lampy.

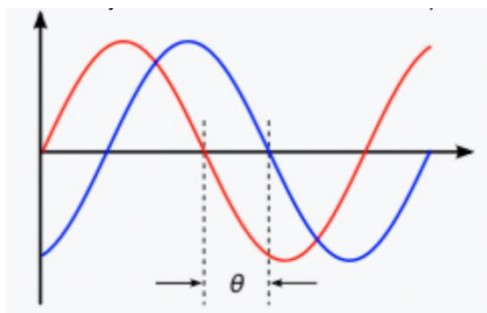
## Analiza mocy biernej

**Moc czynna ( $P$ )** – w układach prądu przemiennego (również prądu zmiennego) część mocy, którą odbiornik pobiera ze źródła i zamienia na pracę lub ciepło.

**Moc pozorna ( $S$ )** – wielkość fizyczna określana dla obwodów prądu przemiennego. Wyraża się ją jako iloczyn wartości skutecznych napięcia( $U$ ) i natężenia( $I$ ) prądu, czyli  $S = UI$ .

**Moc bierna ( $Q$ )** w obwodach prądu zmiennego jest wielkością opisującą pulsowanie energii elektrycznej między elementami obwodu elektrycznego. Ta oscylująca energia nie jest zamieniana na użyteczną pracę lub ciepło, niemniej jest ona konieczna do funkcjonowania maszyn elektrycznych (np. transformatorów, silników). Energia jest pobierana ze źródła w części okresu przebiegu zmiennego, magazynowana przez odbiornik (w postaci energii pola elektrycznego lub magnetycznego) i oddawana do źródła w innej części okresu, co jest związane z zanikiem pola w odbiorniku.  $Q = UI \sin \theta$

Poniższy rysunek wskazuje przesunięcie pomiędzy napięciem (czerwony) a prądem (niebieski).



Rysunek 8 Przesunięcie pomiędzy napięciem a prądem

Powiązanie pomiędzy mocą pozorną, czynną a bierną definiuje równanie:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Pojawiają się też oznaczenia  $\text{tg}(\Theta) = \frac{Q}{P}$  a  $\cos(\Theta) = \frac{P}{S}$ .



Gdy  $Q$  i  $\tan(\Theta)$  jest większe od zera – mówimy o mocy biernej indukcyjnej, a gdy mniejsze od zera o mocy pojemnościowej.

Moc bierna indukcyjna – dopuszczalna jest w zakresie  $0 < \tan(\Theta) < 0,4$  i nie pobierane są, w tym zakresie żadne opłaty

Moc bierna pojemnościowa nie jest dozwolona i pobierane są dodatkowe opłaty taryfowe, o ile liczniki posiadają homologacje poboru mocy pojemnościowej. W związku z tym dokonuje się kompensacji mocy biernej pojemnościowej na moc bierną indukcyjną w bezopładowym przedziale dobierając odpowiednią wartość kompensatora.

### Analiza występowania mocy biernej w systemach oświetlenia LED.

Moc bierna pojemnościowa pojawia się w lampach LED z uwagi na występujące w zasilaczach kondensatory nie równoważone wartościami indukcyjnymi lampy.

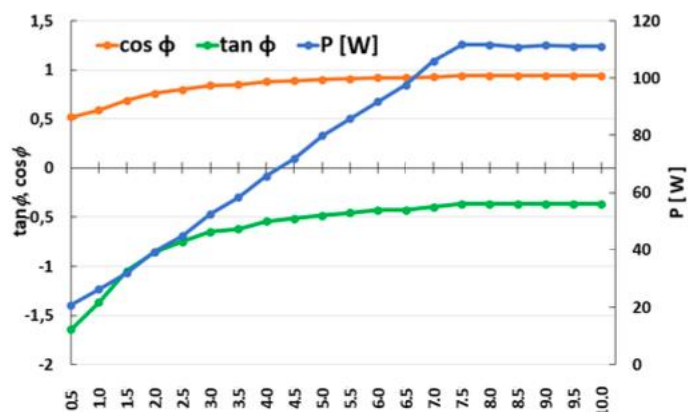
Istnieją lampy LED z nieindukcyjnymi zasilaczami – wtedy problem mocy biernej nie występuje, rozwiązania te nie są jednak powszechne. W lampach najnowszego typu występują zasilacze, które częściowo kompensują moc bierną przy niewielkim stopniu redukcji mocy.

W pozostałych przypadkach bardzo wiele zależy od charakterystyki lamp – w lampach wiodących producentów moc pojemnościowa jest mniej więcej stała dla poziomu ściemnienia od 0 do 60%. Wtedy łatwo jest wykonać prawidłową kompensację.

Przy niezdefiniowanych i wysoce zmiennych charakterystykach lamp – prawidłowa kompensacja może się nie udać.

Dla potrzeb audytu dokonano pomiaru jednej z lamp wykorzystywanych w projektach fotometrycznych, wyniki przedstawia poniższa tabela i wykres.

Ctrl [V]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
$P$ [W]	20,8	26,3	31,9	39,4	44,9	52,5	58,3	65,7	71,8	79,9	85,9	91,8	97,5	105,9	111,7	111,6	110,7	111,4	111,1	111,1
$\cos \varphi$	0,52	0,59	0,69	0,76	0,80	0,84	0,85	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
$\tan \varphi$	-1,64	-1,37	-1,05	-0,86	-0,75	-0,65	-0,62	-0,54	-0,51	-0,48	-0,46	-0,43	-0,43	-0,40	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36



Minimalna wartość mocy biernej pojemnościowej  $Q_{\min} = -41.85 \text{ Var}$ ,

a maksymalna  $Q_{\max} = -33.46 \text{ Var}$ .

Zauważmy,  $\tan(\Theta)$  – drastycznie rośnie dopiero przy dimmingu większym od 60%.

Dla 40 lamp tego samego typu w danym obwodzie szafy rozdzielczej wartość kompensacji powinna wynosić  $34,4 \Omega$ .

Z uwagi na fakt, że do każdego typu lamp należy dokonać pomiarów lub pozyskać jej charakterystykę od producenta ostateczny poziom kompensacji można określić dopiero po rozstrzygnięciu przetargu i dostarczeniu szczegółowych projektów fotometrycznych przez wygrywającego przetarg.

**Dlatego rekomendujemy, wpisać do specyfikacji przedmiotu zamówienia wymóg skompensowania mocy biernej pojemnościowej jako wymogu przetargu.**

## Projekty fotometryczne – sterowanie

### Założenia

Opisywane wyżej systemy sterowania umożliwiają zarówno zdalny odczyt parametrów pracy oprawy, jak również redukcję strumienia światła (ściemnienie) oprawy na żądanie lub zgodnie z przyjętym harmonogramem. Redukcja strumienia światła prowadzi do oszczędności energii elektrycznej. Norma PN-EN 13201 określa taki rodzaj sterowania jako adaptacyjne. Ściemnienie można nastąpić wraz ze zmianą stanu środowiska np. natężenia ruchu pojazdów. Wartość ściemnienia musi być precyzyjnie obliczona, tak aby oświetlenie spełniało cały czas wymagania odpowiednich klas oświetleniowych. Zakładając określoną, bazową klasę oświetleniową (odpowiadającą maksymalnemu strumieniowi pojazdów), z uwagi na spadek natężenia ruchu, możliwe jest obniżenie wymagań oświetleniowych o dwie klasy. Oznacza to, że przed wdrożeniem systemu sterowania należy wykonać odpowiednie obliczenia fotometryczne określające poziomy bazowej M3, oprócz obliczeń fotometrycznych dla niej samej, wymagane są także obliczenia dla klas M4 i M5.



Analiza korzyści z zastosowania systemu sterowania przeprowadzona jest z wykorzystaniem modelu matematycznego, bazującego na analizie statystycznej. Poniższa tabela prezentuje rezultaty działania tego modelu. Dla określonych klas bazowych wyznaczony jest procentowo czas na jaki daną klasę można obniżyć o jeden lub dwa poziomy.

Tabela 9 Model sterowania

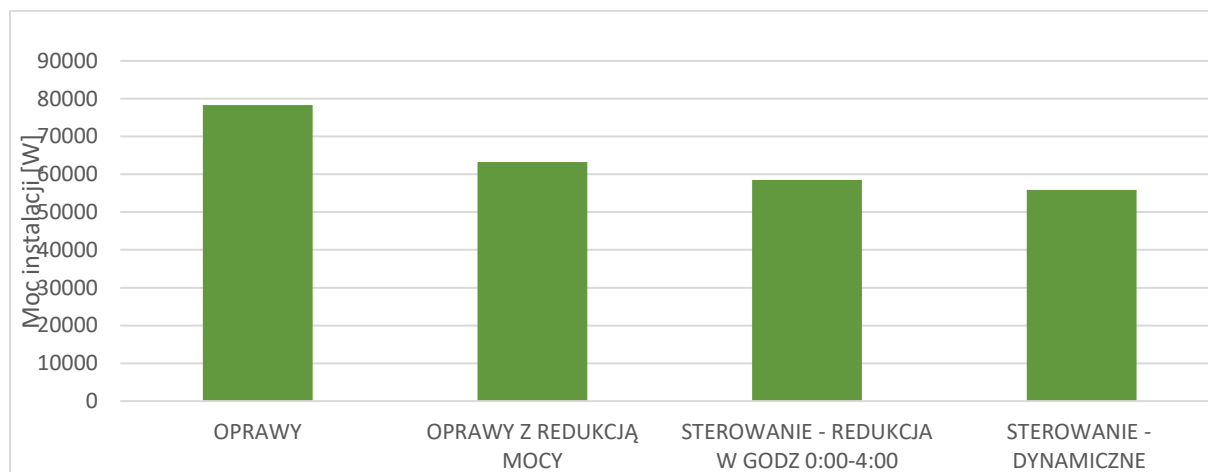
	WAGA STEROWANIE - REDUKCJA W GODZ. 0:00-4:00	WAGA STEROWANIE DYNAMICZNE
GŁÓWNA KLASA OŚWIETLENIOWA	65%	50%
KLASA OŚWIETELNIOWA OBNIŻONA O JEDNEN POZIOM	35%	25%
KLASA OŚWIETELNIOWA OBNIŻONA O DWA POZIOMY	0%	25%

Powyższe zakresy należy traktować szacunkowo jako dodatkowy uzysk względem możliwej redukcji klasy. Należy traktować je jako wartości średnie – w niektórych przypadkach będzie możliwa znaczna redukcja wykraczająca ponad 30%, natomiast w innych nie będzie ona możliwa w ogóle.

## Podsumowanie

Uzysk po zastosowaniu dynamicznego systemu sterowania wynosi 123,66 kW, co daje około 231,73 MWh zużycia rocznego.

W porównaniu do projektu statycznego lub sterowania przy pomocy jednego profilu (redukcja mocy), dzięki zastosowaniu dynamicznego sterowania możliwe jest uzyskanie dodatkowych oszczędności:



Rysunek 10 Porównanie mocy instalacji dla poszczególnych wariantów

Powyższe obliczenia pokazują **szacunkowy** uzysk, który może różnić się od rzeczywistych danych (inne natężenie ruchu, inny rozkład natężenia światła itp.). Jako minimalny uzysk systemu sterowania należy przyjąć uzysk, jaki uzyskamy poprzez redukcję strumienia opraw. Pełne zestawienie zostało dodane do niemniejszego opracowania w formie **załącznika 3**.

## Weryfikacja efektywności energetycznej posiadanego oświetlenia

Celem analizy dokonanej w poprzednich rozdziałach jest poszukiwanie takich rozwiązań technicznych i technologicznych, które zabezpieczyłyby długoterminowy interes inwestora publicznego. Polega on na uzyskaniu korzyści w postaci wysokiej energooszczędności urządzeń oraz niskich kosztów konserwacji, przy długotrwałym użytkowaniu i obciążeniu umiarkowanymi kosztami inwestycyjnymi.

*Tabela 10 Zużycie energii elektrycznej*

<b>Zużycie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia obszaru objętego zakresem przedsięwzięcia [roczny czas świecenia: 4150 godzin]</b>	
<b>Ilość punktów świetlnych</b>	1674
<b>Łączna moc [W]</b>	179 495
<b>Roczne zużycie energii [MWh]</b>	744,90

*Tabela 11 Moc opraw przed modernizacją*

<b>Nazwa ulicy</b>	<b>Sumaryczna moc opraw [W]</b>
3 Maja	910
Aleja Lipowa	350
Andersa	3600
Armii Krajowej	1350
Barbary	450
Bema	1350
Boczna	900
Bohaterów II Armii Wojska Polskiego	8360
Bora-Komorowskiego	450
Broniewskiego	1120
Bulwar	3150
Chełmońskiego	2130
Chmielna	490

Chopina	770
Cienista	1990
Ciołkowskiego	910
Cmentarna	2000
Daszyńskiego	9200
Domańskiego	1500
Duszy	750
Energetyków	700
Fiołkowa	210
Francuska	4800
Garaże	2500
Górnicza	1860
Górnowiejska	1130
Graniczna	140
Gwarków	600
Henrykowska	1500
Idzikowskiego	2900
Iwaszkiewicza	1820
Jasminowa	770
Karłowicza	2450
Kochanowskiego	900
Konwaliowa	350
Kossaka	210
Kozaka	1950
Lubańska	13980
Łużycka	12370
Makowa	560
Maratońska	1400
Matejki	210
Moniuszki	2250
Morcinka	675
Nadbrzeżna	820
Nowomiejska	1150
Obwodnica	7950
Okólna	2700
Okulickiego	1660
Osiedle (Batorego)	490
Osiedle (Boh. II Armii WP PT)	490

Osiedle (Iwaszkiewicza)	770
Osiedle (Karłowicza 27)	780
Osiedle (Karłowicza dz. nr 7)	70
Osiedle (Lubańska)	840
Osiedle (Pogodna Dz. 21/7)	140
Osiedle (Wyspiańskiego)	350
Park Nadnyski	70
Partyzantów	750
Perłowa	840
Piłsudskiego	1900
Plac Kasztanowy	450
Podwale	630
Pogodna	1690
Powstańców Śląskich	1950
Reymonta	3450
Rolna	70
Roweckiego	600
Różana	280
Rubinowa	1400
Rzeczki Dolne	840
Rzeczki Górne	6790
Scultetusa	630
Sikorskiego	560
Słoneczna	1370
Słowiańska	1800
Sportowa	640
Srebrzysta	280
Staszica	1280
Struga	490
Sybiraków	360
Szafirowa	420
Szajnowicza	210
Szarych Szeregów	2910
Szmaragdowa	1190
Szymanowskiego	2000
Śniadeckiego	280
Św. Konstantyna	640
Traugutta	70



Tulipanowa	420
Turowska	280
Tuwima	1540
Warszawska	12350
Waszczuka	420
Wesoła	1350
Wolności	1350
Wrocławska	3080
Wrzosowa	700
Wysockiego	140
Wyspiańskiego	2750
Zamiejsko-Lubańska	980
Zapiecek	560
Zielna	560
<b>SUMA</b>	<b>179495</b>

Poniżej przedstawiono szczegółową analizę. Do obliczeń przyjęto czas eksploatacji – 4 150 godz./rok.

Tabela 12 Analiza wariantów pod kątem mocy

Rodzaj instalacji	Liczba opraw	Typ modernizacji			
		Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV
		Wymiana na źródła LED	Wymiana na źródła LED z redukcją	LED zoptymalizowany ze sterowaniem w godz. 0:00-4:00	LED zoptymalizowany z dynamicznym sterowaniem
sytuacje regularne	1674	78 350 W	63 277 W	58 517 W	58 840 W
Zagregowana redukcja względem mocy zastanej		101,14 kW	116,22 kW	120,98 kW	123,66 kW
Redukcja względem mocy zastanej [%]		56%	65%	67%	69%

Tabela 13 Szacowane roczne zużycie energii po wymianie

	Wymiana na źródła LED	Wymiana na źródła LED z redukcją	LED zoptymalizowany ze sterowaniem w godz. 0:00-4:00	LED zoptymalizowany z dynamicznym sterowaniem
Roczne zużycie energii po modernizacji	325,15 MWh	262,60 MWh	242,85 MWh	231,73 MWh

Całkowita moc analizowanych opraw dla wariantu I wyniosła 78 350 W. Dla wariantu II (redukcja) 63 277 W. Dla wariantu III (sterowanie w godz.0:00-4:00) 58 517 W, a dla wariantu IV (dynamiczne sterowanie) 55 840 W. Przy czasie świecenia równym 4150 godzin/rok, roczne zużycie energii kształtuje się na poziomie 325,15 MWh, 262,60 MWh dla wariantu II, 242,85 MWh dla wariantu III oraz 231,73 MWh dla wariantu IV.

### Sterowanie – analiza zasadności

System Sterowania pozwala w stosunku do instalacji pozbawionej tego medium na:

- ✓ Zwiększenie bezpieczeństwa (np. możliwość zwiększenia poziomu oświetlenia przy czasowych uroczystościach)
- ✓ Ograniczenie efektu „zanieczyszczenia światłem”
- ✓ Zwiększenie efektu ekologicznego inwestycji
- ✓ Redukcja kosztów związanych z bieżącą konserwacją i serwisem



Z względu na powyższe aspekty rekomendujemy wdrożenie systemu sterowania, czyli wariantu IV.

## Analiza oddziaływania na środowisko dla wariantu III

Zgodnie z Rozporządzeniem (Dz.U. 2017 poz. 1912 ws. Szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu) przyjęty czas użytkowania oświetlenia ulicznego to 4150 h/rok.

Zużycie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia objętego zakresem przedsięwzięcia			
przed modernizacją [MWh]	po modernizacji [MWh]	planowana redukcja [MWh]	procent redukcji
744,90	231,74	513,17	69%

Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej wyniesie 513,17 MWh/rok, co oznacza **oszczędność energii elektrycznej na poziomie 69%**.



Przeliczeń dotyczących emisji dokonano na podstawie najnowszych Wskaźników emisyjności dla energii elektrycznej Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (opublikowane i obowiązujące od grudnia 2019 r.). Aktualny wskaźnik emisyjności CO<sub>2</sub> dla odbiorców końcowych energii elektrycznej wynosi 765 kg/MWh.

Wskaźniki emisyjności przed modernizacją			
Wskaźnik emisyjności	wskaźniki KOBIZE [kg/Mwh]	Emisja [ton/rok]	
CO <sub>2</sub>	765	Emisja CO <sub>2</sub>	569,85
SO <sub>2</sub>	0,681	Emisja dwutlenku siarki	0,51
NOX	0,631	Emisja tlenku azotu	0,47
TSP / pył całkowity	0,036	Emisja pyłów ogółem	0,03
CO	0,275	Emisja CO	0,20

Wskaźniki emisyjności po modernizacji			
Wskaźnik emisyjności	wskaźniki KOBIZE [kg/Mwh]	Emisja [ton/rok]	
CO <sub>2</sub>	765	Emisja CO <sub>2</sub>	177,28
SO <sub>2</sub>	0,681	Emisja dwutlenku siarki	0,16
NOX	0,631	Emisja tlenku azotu	0,15
TSP / pył całkowity	0,036	Emisja pyłów ogółem	0,008
CO	0,275	Emisja CO	0,06

Efekt ekologiczny			
Wskaźnik emisyjności	wskaźniki KOBIZE [kg/Mwh]	Ograniczenie emisji [ton/rok]	
CO <sub>2</sub>	765	Zmniejszenie emisji CO <sub>2</sub> [ton/rok]	392,57
SO <sub>2</sub>	0,681	Ograniczenie emisji dwutlenku siarki [ton/rok]	0,35
NO <sub>x</sub>	0,631	Ograniczenie emisji tlenku azotu [ton/rok]	0,32
TSP / pył całkowity	0,036	Ograniczenie emisji pyłów ogółem [ton/rok]	0,02
CO	0,275	Zmniejszenie emisji CO [ton/rok]	0,14

Przy oszczędności energii elektrycznej na poziomie 513,17 MWh/rok, redukcja emisji CO<sub>2</sub> wyniesie 392,57 ton/rok.

## Załączniki

Poniżej znajduje się lista załączników stanowiących uzupełnienie do niniejszego opracowania:

- **Załącznik 1** - katalog zawiera informacje o punktach świetlnych z przeprowadzonej inwentaryzacji wraz z dostawionymi punktami
  - **Plik Wykaz punktów do modernizacji** – zawiera listę wszystkich punktów świetlnych
  - **Plik Zgorzelec mapa modernizacji** – zawiera mapy z przedstawionym zakresem modernizacji
- **Załącznik 2** - katalog zawiera informacje o wstępnie zrealizowanych projektach fotometrycznych
  - **Folder Obliczenia** – wyniki i fotometria dla wszystkich sytuacji oświetleniowych
  - **Folder LDT** - katalog zawiera pliki LDT jakie zostały użyte do obliczeń
- **Załącznik 3** – dynamiczne sterowanie
  - **Folder Sterowanie** – wyniki obliczeń i fotometria dla dynamicznego sterowania
  - **Folder LDT** - katalog zawiera pliki LDT jakie zostały użyte do obliczeń
  - **Zgorzelec\_sterowanie.xlsx** – podsumowanie wyników
- **Załącznik 4** - dokumentacja
  - **Audyt\_opracowanie**
  - **Kosztorys**