

Program SOWA modernizacji oświetlenia drogowego w gminie

Streszczenie. Stan systemów oświetlenia drogowego w gminach jest bardzo różny. Gminy typowo wiejskie i podmiejskie nie inwestują w najnowsze technologie oświetleniowe. Program SOWA – Energooszczędne oświetlenie uliczne, będący częścią Systemu Zielonych Inwestycji (GIS – Green Investment Scheme) finansowanego przez NFOŚiGW, daje szansę na mądrą modernizację systemów oświetleniowych, poprzez wymianę źródeł światła, osprzętu i opraw oświetleniowych oraz stosowanie systemów zarządzania i redukcji mocy opraw oświetleniowych w oświetleniu drogowym. Przykładowa analiza pokazana będzie na przykładzie Gminy Juchnowiec Kościelny, która jako jedna z pierwszych w Polsce uzyskała wsparcie z programu SOWA

Abstract. Condition of road lighting systems in communes is very different. Typical rural and suburban communes do not invest in new lighting technology. The SOWA Program Energy efficient street lighting, as part of the Green Investment Scheme funded by the NFOŚiGW, gives an opportunity to modernize wisely lighting systems through light sources, accessories and luminaires exchange and uses the management and power reduction of road lighting systems. Sample analysis will be shown on the example of the Juchnowiec Koscielny Commune, which was one of the first in Poland, received support from the SOWA. (**SOWA modernization program of road lighting in commune**).

Słowa kluczowe: oświetlenie drogowe, efektywność energetyczna, LED, zarządzanie

Keywords: road lighting, energy efficiency, LED, management

Wstęp

Obowiązkiem zarządcy drogi, zgodnie z ustawą z 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (t.j. (Dz. U. z 2012 r., poz. 1059 oraz z 2013 r. poz. 984 i poz. 1238) w art. 18 ust. 1 pkt. 2 i 3 stanowi, iż do zadań własnych gminy w zakresie m.in. zaopatrzenia w energię elektryczną należy planowanie i finansowanie oświetlenia ulic, placów i dróg publicznych znajdujących się na terenie gminy, zaś w art. 3 pkt 22 określa finansowanie oświetlenia jako finansowanie kosztów energii elektrycznej pobranej przez punkty świetlne oraz koszty ich budowy i utrzymania [3]. Zdefiniowanie podstawowych pojęć pozwala łatwiej zrozumieć Program priorytetowy NFOŚiGW p.t.: System zielonych inwestycji (GIS – Green Investment Scheme), Część 6) SOWA – Energooszczędne oświetlenie uliczne. Celem tego programu jest ograniczanie emisji dwutlenku węgla poprzez wspieranie realizacji przedsięwzięć poprawiających efektywność energetyczną systemów oświetlenia ulicznego.

"Dofinansowanie może być udzielone na realizację przedsięwzięć polegających na:

1) modernizacji oświetlenia ulicznego (m.in. wymiana: źródeł światła, opraw, zapłonników, kabli zasilających, słupów, montaż nowych punktów świetlnych w ramach modernizowanych ciągów oświetleniowych jeżeli jest to niezbędne do spełnienia normy PN EN 13201),

2) montażu urządzeń do inteligentnego sterowania oświetleniem,

3) montażu sterowalnych układów redukcji mocy oraz stabilizacji napięcia zasilającego." [1]

Założenia programu SOWA

Ocena techniczno-ekologiczna i finansowa wniosków złożonych w ramach konkursu SOWA wymaga, aby jednym z obowiązkowych załączników był audyt oświetleniowy, bez którego nie jest możliwe prowadzenie oceny merytoryczno-technicznej. Audyt oświetleniowy jest zatem wymogiem formalnym. Audyt polega na przeprowadzeniu inwentaryzacji oświetlenia, a następnie przygotowywaniu propozycji modernizacji, najlepiej wariantowej, adekwatnej do zastanej sytuacji, a więc uwzględniającej wymagane parametry oświetleniowe wynikające z normy PN-EN 13201-1:2007 [2]. Audyt oświetleniowy powinien również zawierać informację o zużyciu energii elektrycznej na cele oświetleniowe, w tym na sterowanie i utrzymanie (np. konserwacja, wymiana).

Efektem audytu oświetleniowego Gminy, w zakresie oświetlenia zewnętrznego, może być szereg informacji takich jak [4]:

a) informacja o istniejącym sprzęcie oświetleniowym, jego stanie technicznym i lokalizacji,

b) określenie mocy umownej (zamówionej) w stosunku do rzeczywiście zainstalowanej,

c) wiedza o kosztach eksploatacyjnych całej instalacji i poszczególnych jej obwodów,

d) informacja o spełnieniu wymagań oświetleniowych, zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym zakresie,

e) wiedza o możliwościach sterowania poszczególnymi obwodami instalacji oświetleniowej (redukcja mocy, pory włączeń i wyłączeń),

f) prognoza i kontrola zużycia energii na cele oświetlenia zewnętrznego i drogowego

g) topologia instalacji oświetleniowej i panowanie nad jej modyfikacjami,

h) planowanie rozbudowy, remontów i procesu konserwacji instalacji oświetleniowej

i) obecny stan wiedzy o nowoczesnym sprzęcie oświetleniowym i systemach regulacji oraz sterowania

j) wariantowość rozwiązania w zależności od stanu instalacji elektrycznej, jej lokalizacji i potrzeb użytkowników drogi i terenów zewnętrznych,

k) możliwość sprawowania logicznej kontroli nad rozproszoną instalacją oświetleniową w Gminie.

Zgodnie z Regulaminem programu SOWA, do pozytywnej oceny merytorycznej projektu należy spełnić między innymi następujące punkty:

a) zastosować nowe urządzenia,

b) wybrany wariant realizacji – działania musi wynikać z audytu oświetleniowego oraz musi być podane uzasadnienie dla przyjętego rozwiązania,

c) należy zapewnić wykonalność techniczną (w tym: poprawny dobór technologii zapewniający trwałość rzeczową inwestycji, realistyczny harmonogram wdrażania rozwiązania),

d) należy wykazać efekt ekologiczny (w tym: wiarygodność założeń i danych, efekt ekologiczny możliwy do osiągnięcia i możliwy do utrzymania w ciągu 5 lat po zakończeniu przedsięwzięcia),

e) przeprowadzić analizę kosztów (w tym: nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne

oszacowane w oparciu o wiarygodne dane i racjonalne założenia).

Miarą selekcji rozwiązania oświetleniowego jest efektywność kosztowa opisywana wskaźnikiem DGC, czyli dynamicznym kosztem jednostkowym równym cenie, która pozwala na uzyskanie zdyskontowanych przychodów, równych zdyskontowanym kosztom. Innymi słowy wskaźnik DGC pokazuje, jaki jest techniczny koszt uzyskania jednostki efektu ekologicznego. Koszt ten jest wyrażony w złotych na jednostkę efektu ekologicznego. Im niższa jest wartość wskaźnika, tym przedsięwzięcie jest bardziej efektywne. Metodyka obliczania wskaźnika DGC określona jest w załączniku nr 2 do programu SOWA i wylicza się go z zależności [1]:

$$(1) \quad DGC = p_{EE} = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{KI_t - \Delta KE_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{EE_t}{(1+i)^t}}$$

gdzie: KI_t – kwalifikowane koszty inwestycyjne poniesione w danym roku – t ; ΔKE_t – różnica kosztów eksploatacyjnych ponoszonych przed modernizacją i poniesionych w danym roku – t (koszty eksploatacyjne przed modernizacją dotyczą roku poprzedzającego rozpoczęcie prac modernizacyjnych przynoszących oszczędności); i – stopa dyskontowa (w postaci ułamka dziesiętnego); t – rok, przyjmuje wartości od 0 do n , gdzie 0 jest rokiem, w którym ponoszone są pierwsze koszty, natomiast n jest ostatnim rokiem działania instalacji; EE_t – miara efektu ekologicznego w jednostkach fizycznych uzyskiwanego w poszczególnych latach (w tym przypadku jest on sprowadzony do redukcji CO_2); p_{EE} – cena za jednostkę fizyczną efektu ekologicznego (EE – efekt ekologiczny powinien zostać sprowadzony do redukcji emisji dwutlenku węgla).

Koszty kwalifikowane KI związane są z takimi elementami struktury finansowej jak [1]:

- prace przygotowawcze (w tym koncepcje techniczne, audyty, raport o oddziaływaniu na środowisko, projekty budowlane i wykonawcze);
- koszt nabycia lub koszt wytworzenia nowych środków trwałych (sprzętu oświetleniowego i innego);
- koszt montażu i uruchomienia środków trwałych;
- koszt nabycia materiałów lub robót budowlanych;
- nabycie wartości niematerialnych i prawnych dotyczących zarządzania oświetleniem, np. oprogramowanie komputerowe, licencje;
- koszty utylizacji zdemontowanych elementów oświetlenia (np. ręciowych źródeł światła);
- koszt nadzoru.

Do kosztów eksploatacyjnych KE należy zaliczyć koszty poniesione na energię elektryczną (za energię zużytą, opłaty stałe, za moc zamówioną, inne opłaty) oraz koszty związane z utrzymaniem inwestycji (koszty usług serwisowych, konserwacji, ubezpieczenia i innych).

Dla energii elektrycznej pochodzącej z polskiej sieci elektroenergetycznej, wskaźnik emisji obliczany dla danego roku rozliczeniowego NFOŚiGW i podawany do stosowania w danym roku rozliczeniowym, podawany jest w Mg (tona) CO_2/MWh i wynosi $0,89 \text{ MgCO}_2/MWh$. Należy więc efekt ekologiczny EE odnieść do zaoszczędzonej energii elektrycznej, czyli redukcji CO_2 wynikającej z modernizacji systemu oświetleniowego. W ten sposób można również wyliczyć procent redukcji CO_2 będący wynikiem realizacji energooszczędnego systemu oświetleniowego.

Przykład inwestycji w gminie Juchnowiec Kościelny

Zgodnie z postanowieniami regulaminu programu priorytetowego SOWA przystąpiono do opracowania audytu oświetleniowego, który powinien zawierać pełną informację

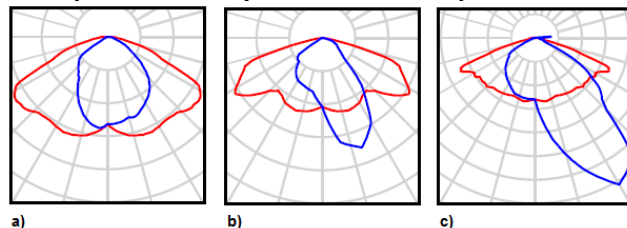
i inwentaryzację o posiadanych zasobach urządzeń oświetleniowych, ich lokalizacji, stanie (rys. 1) i własności.

Obszar realizacji inwestycji obejmował 172 km^2 , co stanowi 0,8% powierzchni województwa podlaskiego i 5,8% powierzchni powiatu białostockiego. Na terenie gminy zainstalowanych jest 99 szafek oświetleniowych i 1668 opraw oświetleniowych (stan na 30 września 2014r.), z czego 1008 to oprawy ze źródłami ręciowymi, a 660 ze źródłami sodowymi [5]. System oświetleniowy nie wykorzystuje redukcji mocy a jedynie wyłączniki zmierzchowe i zegary astronomiczne.

W trakcie oględzin systemu oświetleniowego stwierdzono istnienie 25 typów opraw oświetleniowych o różnych mocach, co nie pozwala na unifikację procesu konserwacji i podnosi koszty utrzymania oraz obniża niezawodność systemu oświetleniowego. Całkowita moc zainstalowanych opraw oświetleniowych wynosi $334,15 \text{ kW}$, a całkowite roczne zużycie energii na oświetlenie uliczne wynosi $1\,344\,019,60 \text{ kWh}$, co pozwala uśrednić jeden punkt świetlny do poziomu mocy ok. 200 W [5].



Rys. 1. Stan opraw oświetleniowych przeznaczonych do modernizacji na terenie Gminy Juchnowiec Kościelny



Rys. 2. Krzywe światłości opraw: a) obecnie stosowane oprawy sodowe o mocy 250W, b) proponowane oprawy sodowe o mocy 70W, c) proponowane oprawy sodowe o mocy 100W

Podczas inwentaryzacji oświetlenia w Gminie Juchnowiec Kościelny przeprowadzono obliczenia parametrów oświetleniowych za pomocą programu Dialux, dla wybranych typów opraw oświetleniowych (rys. 2), przy określonej geometrii punktów świetlnych. Nie udało się odnaleźć parametrów fotometrycznych opraw przedstawionych na rysunku 1 ale znakomita większość odcinków modernizowanych wyposażona była w oprawy ze źródłami sodowymi o mocy 250W (rys. 2a). Ze względu na to, że modernizacja dotyczyła dróg gminnych i powiatowych, parametry tych dróg oraz rodzaj użytkowników zdeterminował przeprowadzenie wyboru grupy sytuacji oświetleniowych. Należy zaznaczyć, że na

modernizowanym obszarze wyszczególniono dwa główne typy klas oświetleniowych: ME6 i S4, które wynikały z wyboru grup sytuacji oświetleniowych B1 i D3 [7].

W klasie oświetleniowej ME6, należy uzyskać średnią luminancję jezdni przy suchej nawierzchni $L \geq 0,3 \text{ cd/m}^2$, równomierność ogólną U_o min. 0,35, zaś równomierność wzdlużna powinna wynosić $U_l \geq 0,4$. Należy również założyć, że gęstość mocy zainstalowanej w oprawach oświetleniowych dla klasy ME6 powinna się zawierać, w zależności od poziomu efektywności energetycznej, w zakresie od 0,06 do $0,36 \text{ W/m}^2$ [8]. Olsnienie przeszkadzające powinno być nie większe niż 15% ($TI\% \leq 15\%$), a współczynnik oświetlenia poboczy $SR \geq 0,5$. Klasa oświetleniowa S4 zdeterminowała następujące parametry: średnie poziome natężenie oświetlenia nie mniejsze niż 5lx, minimalne natężenie oświetlenia na powierzchni obliczeniowej nie mniejsze niż 1lx. W trakcie obliczeń fotometrycznych obszarów zinwentaryzowanych uwzględniono obecny stan opraw oświetleniowych, co pozwoliło na wprowadzenie średniego współczynnika utrzymania dla odcinków z oprawami rtęciowymi na poziomie $u = 0,5$, zaś w przypadku dróg oświetlanych oprawami sodowymi współczynnik utrzymania średnio nie był mniejszy niż 0,74.

Obliczenia, związane z obecną sytuacją oświetleniową pokazały, że parametry fotometryczne, wynikające z realizacji wybranych klas oświetleniowych przy użyciu zainstalowanych opraw sodowych o mocy 250W nie zostały osiągnięte i przedstawiały się następująco:

a) stan obecny drogi w klasie oświetleniowej ME6: $L = 0,14 \text{ cd/m}^2$; $U_o = 0,26$; $U_l = 0,21$; $TI\% = 6$, $SR = 0,88$;

b) stan obecny drogi w klasie oświetleniowej S4: $E = 3,84 \text{ lx}$; $E_{min} = 0,18 \text{ lx}$;

Audyt oświetleniowy zawierał również propozycje modernizacji systemu oświetleniowego, który opierał się na 3 wariantach [5, 6]:

I. wymiana opraw oświetleniowych ze źródłami rtęciowymi i części opraw ze źródłami sodowymi na oprawy ze źródłami sodowymi; wymiana wysięgników i osprzętu w 504 punktach (całkowita moc zainstalowana opraw wynosi 253,5kW),

II. wymiana opraw oświetleniowych ze źródłami rtęciowymi i części opraw ze źródłami sodowymi na oprawy ze źródłami sodowymi i LED, wymiana wysięgników i osprzętu w 525 punktach (całkowita moc zainstalowana opraw wynosi 197,2kW);

III. wymiana opraw oświetleniowych ze źródłami rtęciowymi i części opraw ze źródłami sodowymi na oprawy ze źródłami sodowymi i LED, wymiana wysięgników i osprzętu w 575 punktach (całkowita moc zainstalowana opraw wynosi 189,1kW).

Tabela 1. Warianty modernizacji oświetlenia drogowego w Gminie Juchnowiec Kościelny

Wariant	Ilość opraw sodowych [szt]	Ilość opraw LED [szt]	Zużycie energii po modernizacji [kWh/rok]	Ograniczenie zużycia energii [%]	Redukcja CO ₂ [Mg/rok]	DGC [Zt/Mg CO ₂]
I	1210	0	1020240	24,12	288,69	474,16
II	1326	204	794017	40,95	490,04	211,89
III	1028	542	761503,2	43,37	518,97	263,78

Po przeprowadzeniu analizy finansowej, środowiskowej i wyznaczeniu wskaźnika DGC uznano, że optymalnym rozwiązaniem będzie wariant drugi. W tabeli 1 przedsta-

wiono zestawienie porównawcze wariantów związanych z modernizacją oświetlenia w Gminie Juchnowiec Kościelny. Do wyliczenia zużycia energii elektrycznej na cele oświetlenia drogowego przyjęto czas działania instalacji 4024 godziny rocznie.

Kryterium podstawowym realizacji w programie SOWA jest uzyskanie w procedurze wyboru najkorzystniejszego wskaźnika DGC. Z gruntownej analizy zaproponowanych wariantów, gdzie decydującym czynnikiem był aspekt finansowy i możliwości budżetu gminy, wybrano wariant II, jako najkorzystniejszy. Wariant ten pozwala na relatywnie duże oszczędności, przy jednoczesnej redukcji CO₂.

Analiza wariantów i wybór rozwiązania II daje przesłanki, pozwalające na wybór najkorzystniejszej pod względem efektywności energetycznej technologii oświetleniowej. Rozwiązania bazujące na konwencjonalnych źródłach światła, takich jak sodowe lub metalohalogenkowe, mają swoje ograniczenie w precyzyjnej dystrybucji strumienia świetlnego i ograniczonym typoszeregu mocy. W sytuacji, gdy moc źródeł sodowych może wynosić 50W, 70W, 100W itd., kłopotliwe staje się zrealizowanie np. klasy oświetleniowej S4, z założonym współczynnikiem utrzymania, za pomocą opraw z takimi źródłami. Występuje zwykle przewymiarowanie instalacji (uzyskuje się średnie poziome natężenia oświetlenia przekraczające wymagania o 50%), którego można uniknąć dobierając precyzyjnie moc oprawy. W sytuacji, gdy dokonuje się modernizacji oświetlenia drogowego wyłącznie poprzez zmianę opraw oświetleniowych, bez modyfikacji geometrii systemu oświetleniowego (np. zmiana rozmieszczenia słupów i wysięgników), utrudnione jest profilowanie strumienia świetlnego, padającego na powierzchnię oświetlaną i precyzyjne uzyskanie założonych parametrów fotometrycznych. Obecne technologie oświetleniowe dają możliwość bardzo dokładnego kierowania światła i regulacji strumienia świetlnego, głównie poprzez użycie źródeł LED, których moc można teoretycznie regulować z rozdzielczością co 0,25W (diody MidPower) przy dużej skuteczności świetlnej całej oprawy (rzędu od 70 do 110lm/W). W rozpatrywanych wariantach przeprowadzono analizę zapotrzebowania na tzw. "nową technologię". Przyjęto koncepcję użytkową: "światło białe LED" powinno być stosowane na przestrzeniach prestiżowych oraz wszędzie tam, gdzie powinno być możliwe monitorowanie i sterowanie. Dodatkowo uwzględniono aspekt bezpieczeństwa w ruchu na drogach, szczególnie tam, gdzie ruch ten jest mieszany i występuje dużo miejsc kolizyjnych i skrzyżowań oraz zwarta zabudowa jednorodzinna (wsie podmiejskie) - drogi gminne w klasie oświetleniowej S4. Dodatkowym elementem rozważań związanych z wyborem technologii źródeł światła był aspekt społeczny, który polegał na przyzwyczajeniu się mieszkańców do oświetlenia sodowego na drogach powiatowych, łączących miejscowości. Zastosowano więc głównie w klasach oświetlenia ME6 oprawy sodowe, a w zwartej zabudowie oprawy LED (tabela 2).

Tabela 2. Zbiorcze zestawienie ilości opraw po modernizacji według wariantu II

Moc opraw	SON 70W	SON 100W	SON 150W	SON 250W	LED 57W	LED 83W
Istniejące	254	55	66	0	0	0
Nowe	293	929	104	0	151	53

Podsumowanie

W chwili pisania artykułu (wrzesień 2014r.), prowadzony jest proces projektowania oświetlenia drogowego w całej Gminie Juchnowiec Kościelny, z uwzględnieniem wybranych rozwiązań technicznych, pozwalających spełnić

kryteria efektywności energetycznej. Program "SOWA – Energooszczędne oświetlenie uliczne", będący częścią Systemu Zielonych Inwestycji (GIS – Green Investment Scheme) finansowanego przez NFOŚiGW, pozwala realizować przemyślane inwestycje oświetleniowe. Kryterium selekcji w postaci wskaźnika DGC mówi dosyć precyzyjnie o jakości i efektywności energetycznej systemu, nie odrzucając jednocześnie konwencjonalnych rozwiązań oświetleniowych i nie narzucając wyłącznie stosowania technologii najnowszych. Takie traktowanie inwestycji daje duże szanse powodzenia jej realizacji przez gminy, które nie są zbyt bogate ale mają świadomość i potrzebę mądrego oszczędzania na oświetleniu drogowym. Gmina Juchnowiec Kościelny jest modelowym przykładem pod względem jej wielkości oraz rozmiaru i stanu systemu oświetlenia drogowego. Przykład ten mówi wprost, że oszczędzać może każdy i każdy powinien mądrze inwestować w oszczędzanie. Budowa i modernizacja oświetlenia – korzystna przecież dla gminy – jest także koniecznością wynikającą z przepisów prawa oraz polityki energetycznej Unii Europejskiej przyjętej przez Polskę. Warto podkreślić również aspekt środowiskowy energooszczędności i wpływ na zmniejszenie emisji dwutlenku węgla. Wzorcową rolę sektora publicznego, podnoszona w założeniach polityki efektywności energetycznej, tworzy tu dodatkową płaszczyznę skierowaną na oświetlenie dróg publicznych. Jednostka samorządowa musi mieć pełną świadomość działań w zakresie poprawy energooszczędności i powinna w swoich szeregach zatrudniać specjalistów rozumiejących problem, a nie tylko ludzi do opisywania faktury za energię na cele oświetleniowe. Wspomniana Gmina Juchnowiec Kościelny, dzięki realizacji energooszczędnego oświetlenia,

finansowanego z NFOŚiGW, będzie mogła rocznie zaoszczędzić ponad 45 tys. euro.

Artykuł został zrealizowany w Katedrze Elektroenergetyki, Fotoniki i Techniki Świetlnej Politechniki Białostockiej w ramach pracy statutowej S/WE/4/2013

LITERATURA

- [1] Regulamin konkursu SOWA wraz z załącznikami: <http://www.nfosigw.gov.pl/system-zielonych-inwestycji---gis/konkursy/i-konkurs-sowa/>
- [2] PN-EN 13201-2:2007 Oświetlenie dróg - Część 2: Wymagania oświetleniowe
- [3] Dz.U. z 2012 poz. 1059, Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. "Prawo energetyczne"
- [4] Opracowanie zakresu oraz zasad wykonania audytu energetycznego do programu „Efektywne Wykorzystanie Energii” Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, KAPE, Warszawa 2011
- [5] Dokumentacja projektowa dla zadania pn. Energooszczędne oświetlenie uliczne w Gminie Juchnowiec Kościelny w ramach programu SOWA, BIP Urzędu Gminy Juchnowiec Kościelny
- [6] Pracki P., Ocena efektywności energetycznej oświetlenia drogowego, Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, 89, 8/2013.
- [7] Pracki P., Straty strumienia świetlnego oświetlenia drogowego w praktyce, Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, 88, 8/2012.
- [8] Pracki P., A proposal to classify road lighting energy efficiency, Lighting Research & Technology, ISSN 1477-1535, 43, 3/2011.

Autor: dr hab. inż. Maciej Zajkowski, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45, 15-351 Białystok, e-mail: m.zajkowski@pb.edu.pl