

Audyt Efektywności Energetycznej

Oświetlenia ulicznego i drogowego na terenie

Gminy Radomyśl Wielki



Wykonanie:

ELEKTRO – PROJEKT, Szymon SZMICH, Rybnik

Zlecniodawca:

Gmina Radomyśl Wielki

Spis treści

1. Wstęp	4
2. Podstawa opracowania audytu	6
3. Inwentaryzacja oświetlenia drogowego i ulicznego	7
3.1. Obszar i zakres inwentaryzacji	7
4. Ocena i opis stanu obecnego instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego	34
4.1. Stan systemu oświetleniowego na moment przeprowadzania audytu	35
4.2. Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne	35
4.3. Słupy oświetlenia drogowego i ulicznego	37
4.4. Wnioski z inwentaryzacji instalacji oświetleniowej	38
5. Analizy szczegółowe stanu aktualnego	39
5.1. Analiza typów oraz rodzaju opraw oświetleniowych	39
5.2. Analiza słupów oświetleniowych	39
5.3. Analiza wysięgników słupowych	40
5.4. Analiza funkcjonowania układów sterowania oświetleniem drogowym i ulicznym	40
5.5. Ocena stanu szaf sterowania oświetleniem drogowym i ulicznym	41
6. Szczegółowa analiza wyników wykonanych obliczeń fotometrycznych metodą komputerową	45
7. Analiza techniczno-technologiczna	52
7.1. Oprawy oświetlenia drogowego i ulicznego	53
7.2. Systemy sterowania i utrzymania infrastruktury w procesie konserwacji	72
8. Warianty modernizacji oświetlenia drogowego i ulicznego	74
8.1. Charakterystyka proponowanych wariantów oświetlenia	74
8.2. Pierwszy wariant modernizacji oświetlenia (podstawowy)	75
8.3. Drugi wariant modernizacji oświetlenia (rozszerzony)	78
8.4. Trzeci wariant modernizacji oświetlenia (pełny)	82
9. Uzasadnienie rekomendacji wariantu drugiego	85
10. Model analityczny kosztów utrzymania oświetlenia drogowego i ulicznego dla rekomendowanego wariantu modernizacji	90
10.1. Analiza obecnych kosztów związanych z zakupem oraz dystrybucją energii elektrycznej na cele oświetleniowe	90

10.2. Analiza kosztów utrzymania oświetlenia drogowego i ulicznego po modernizacji	93
11. Analiza konserwacji systemu oświetleniowego po modernizacji	96
12. Analiza czasu eksploatacji systemu oświetleniowego	98
13. Analiza środowiskowa i oddziaływania na środowisko	99
14. Podsumowanie	101

1.Wstęp

Przedmiotem niniejszego audytu jest:

- przedstawienie koncepcji modernizacji oświetlenia ulicznego i drogowego na terenie Gminy Radomyśl Wielki,
- określenie możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji oświetlenia drogowego i ulicznego,
- wskazanie zasadności podjęcia zadania - modernizacji oświetlenia ulicznego i drogowego na terenie Gminy Radomyśl Wielki.

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

W audycie uwzględniono usprawnienia umożliwiające uzyskanie oszczędności energii: zastosowanie energooszczędnych opraw realizowanych w technologii LED.

Wykonanie audytu poprzedzone zostało wizją lokalną, podczas której wykonano inwentaryzację z natury istniejącej infrastruktury oświetlenia drogowego i ulicznego w obrębie Gminy Radomyśl Wielki.

W optymalnie realizowanym procesie zarządzania siecią oświetleniową wraz z jej infrastrukturą towarzyszącą, w tym planowanej modernizacji oświetlenia, analiza aktualnego stanu faktycznego oświetlenia jest kluczowym elementem, który jest w stanie zdiagnozować prawidłowość lub brak prawidłowego modelu zarządzania infrastrukturą wraz z kierunkami jej rozbudowy.

Inwentaryzacja w warunkach rzeczywistych układów oświetleniowych w sposób jednoznaczny pozwala również na zdiagnozowanie faktycznego stanu oświetlenia po wielu latach eksploatacji oraz przeprowadzanych w międzyczasie odcinkowych rozbudowach oświetlenia ulicznego i drogowego.

Elementem nadrzędnym opracowania jest wypracowanie wynikowej dokumentacji audytorskiej oraz charakterystyka kierunków rozwoju technologicznego i dostosowania oświetlenia do obowiązujących standardów w obecnym otoczeniu prawnym i normatywnym.

Przeprowadzone prace analityczne w konsekwencji są również przymiotnikiem pozwalającym na ocenę poczynionych inwestycji oświetleniowych.

Analiza jakości oświetlenia ma również na celu w oparciu o stan faktyczny na dzień prowadzenia prac geoinformatycznych i wizji lokalnych wskazanie zasadności (lub – brak zasadności) podjęcia dalszych kroków inwestycyjnych (rozbudowy instalacji oświetlenia ulicznego i drogowego). W trakcie opracowania, analizowana koncepcja zgodna jest z strategią rozwoju i normami technicznymi i technologicznymi dzierżawcy infrastruktury oświetleniowej Tauron Dystrybucja S.A.

2. Podstawa opracowania audytu

1. Umowa pomiędzy: Gminą Radomyśl Wielki a firmą ELEKTRO-PROJEKT, Szymon SZMICH z Rybnika.
2. Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 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.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.
4. Norma PN-EN 13201 – 1, 2, 3, 4, 5 - Oświetlenie dróg.
5. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz.U. z 2006 r. Nr 89, poz. 625, z późn. zm.).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych.
7. Materiały otrzymane od Zamawiającego (w tym: mapy rozmieszczenia stacji sterujących oświetleniem drogowym, kopie faktur za dystrybucję energii elektrycznej, itp.).
8. Aktualne stawki za energię i dystrybucję obowiązujące dla oświetlenia Radomyśl Wielki pozyskane z udostępnionych faktur.
9. Aktualne warunki modernizacji oświetlenia wydane przez Tauron Dystrybucja S.A.

3. Inwentaryzacja oświetlenia drogowego i ulicznego

3.1. Obszar i zakres inwentaryzacji

Gmina Radomyśl Wielki położona jest na południowo-zachodnim krańcu powiatu mieleckiego w województwie podkarpackim. Składa się z miasta i dwunastu wsi. Powierzchnia gminy to 159,8 km kw., a miasta 5,02 km kw. W gminie na 31.12.2010 r. zameldowanych było 14071 na 31.12.2018 r. - 14157 osób, a na koniec 2019 r. - 14238 osób, a na koniec 2021 r. - 14181 osób, a na koniec 2022 r. - 14192 osób.

Gmina Radomyśl Wielki graniczy z trzema gminami powiatu mieleckiego: Wadowice Górne, Mielec (obszar wiejski) i gm. Przecław, swoimi granicami styka się też z powiatem dębickim (gminy Czarna i Żyraków) oraz województwem małopolskim (powiat dąbrowski - gmina Radgoszcz).

Gmina położona jest na malowniczym Płaskowyżu Tarnowskim - części Kotliny Sandomierskiej. Kilka najwyższych wzniesień znajduje się między Janowcem i Zdziarcem, a Jastrząbką (w tym Tarnia Góra - 244,8 m.n.p.m.), skąd biorą początek dopływy Brnia (Upust wraz z Dębą), Potoku Zgórskiego (Dąbrówka) i Jamnicy. Pozostały teren charakteryzuje się lekko falistym ukształtowaniem powierzchni.

Na terenie gminy znajdują się także stawy. Ich łączna powierzchnia wynosi 12 ha, z czego 7 ha to zespół pięciu stawów na Potoku Zgórskim w okolicy Zgórska, które należą do Państwowego Gospodarstwa Rybnego w Kolbuszowej.

Lasy są pozostałością Puszczy Sandomierskiej. Zajmują ok. 24% powierzchni gminy i porastają przeważnie jej zachodnią część. W okolicy Janowca i Dulczy Wielkiej znajduje się duży kompleks leśny "Czarny Las". Dominuje bór mieszany, świeży i wilgotny. Na terenach leśnych oraz łąkach i pastwiskach rośnie kilkadziesiąt gatunków krzewów, roślin zielonych, porostów i krzewinek. Można tu spotkać typowe dla tego środowiska dziko żyjące ssaki oraz kilkanaście gatunków ptaków objętych ochroną.

Jednostkami administracyjnymi Gminy Radomyśl Wielki są miejscowości (sołectwa) – **Dąbie, Dąbrówka Wisłocka, Dulcza Mała, Dulcza Wielka, Janowiec, Partynia, Pień, Podborze, Radomyśl Wielki (miasto), Ruda, Zdziarzec, Zgórsko, Żarówka.**

źródło: <https://radomyslwielki.pl/informacje-o-gminie/charakterystyka-geograficzno-gospodarcza-gminy.html>



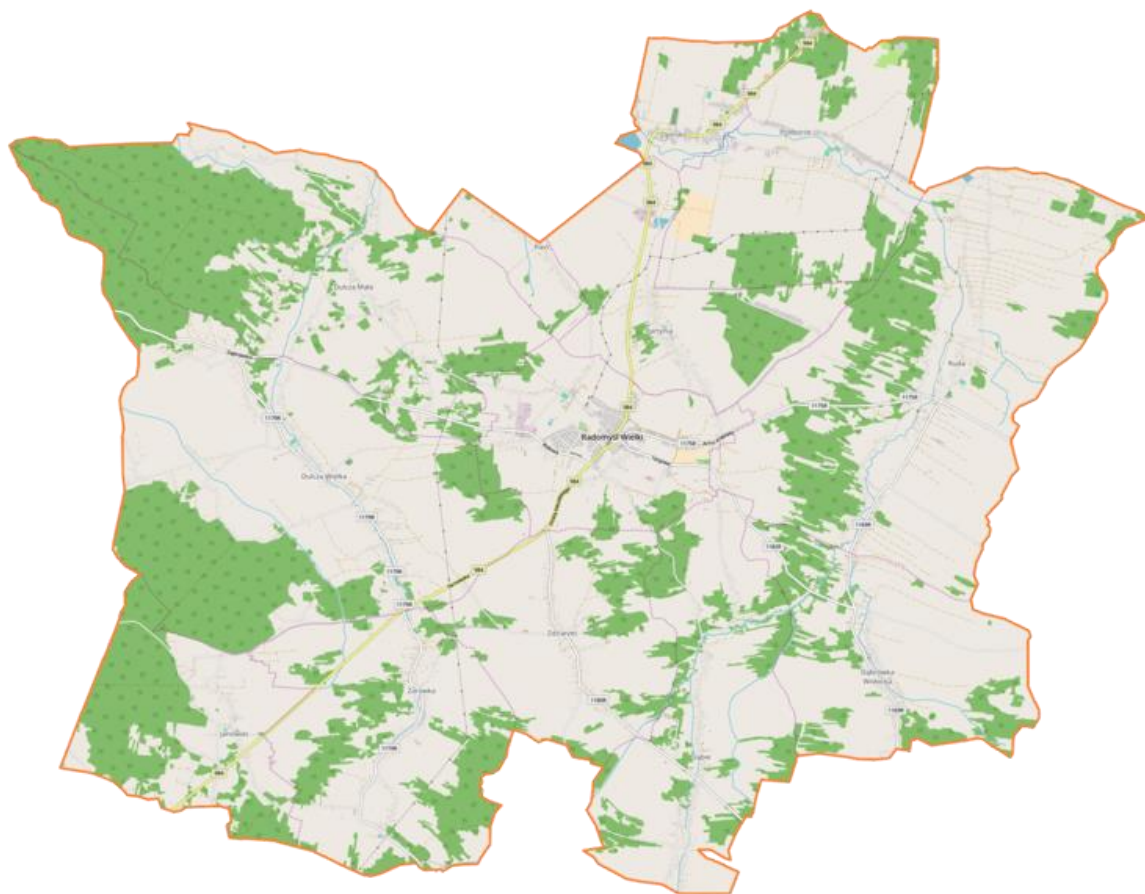
Rys.1. Granice administracyjne Powiatu Mieleckiego – źródło:
https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Plik:Powiat_mielecki_location_map.png

Najstarszą miejscowością gminy Radomyśl Wielki jest Zgórsko, które w 2011 roku obchodziło 900-lecie istnienia. Z rejonem wiąże się wiele legend, a każda miejscowość ma swoją historię, którą dawniej kreśliли jej właściciele i wojny, a teraz tworzą ją mieszkańcy.

Na terenie gminy Radomyśl Wielki przeważa przemysł rolno-spożywczy (zakłady przetwórstwa mięsa wieprzowego i wołowego). Silnie rozwinięte jest rolnictwo w zakresie

hodowli drobiu rzeźnego i niosek, oraz trzody chlewnej. Pod względem ilości zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego, jak i hodowli drobiu gmina Radomyśl Wielki zajmuje 1 miejsce w województwie podkarpackim. Silnie rozwinięty jest handel detaliczny oraz gastronomia. Dynamicznie rozwija się przemysł gumowy, którego reprezentantem jest Firma „Geyer&Hosaja” Sp. z o.o. w Partyni – liczący się na rynku krajowym i zagranicznym producentem mieszanek gumowych i galanterii gumowej w tym dywaników samochodowych. Na terenie gminy rozwija się również przemysł metalowy i transport, w tym w zakresie przewozów międzynarodowych.

źródło: <https://radomyslawielki.pl/informacje-o-gminie/charakterystyka-geograficzno-gospodarcza-gminy.html>



Rys.2. Granice administracyjne Gminy Radomyśl Wielki – źródło: https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Plik:Radomyśl_Wielki_%28gmina%29_location_map.png

Sieć drogową w Gminie Radomyśl Wielki tworzy:

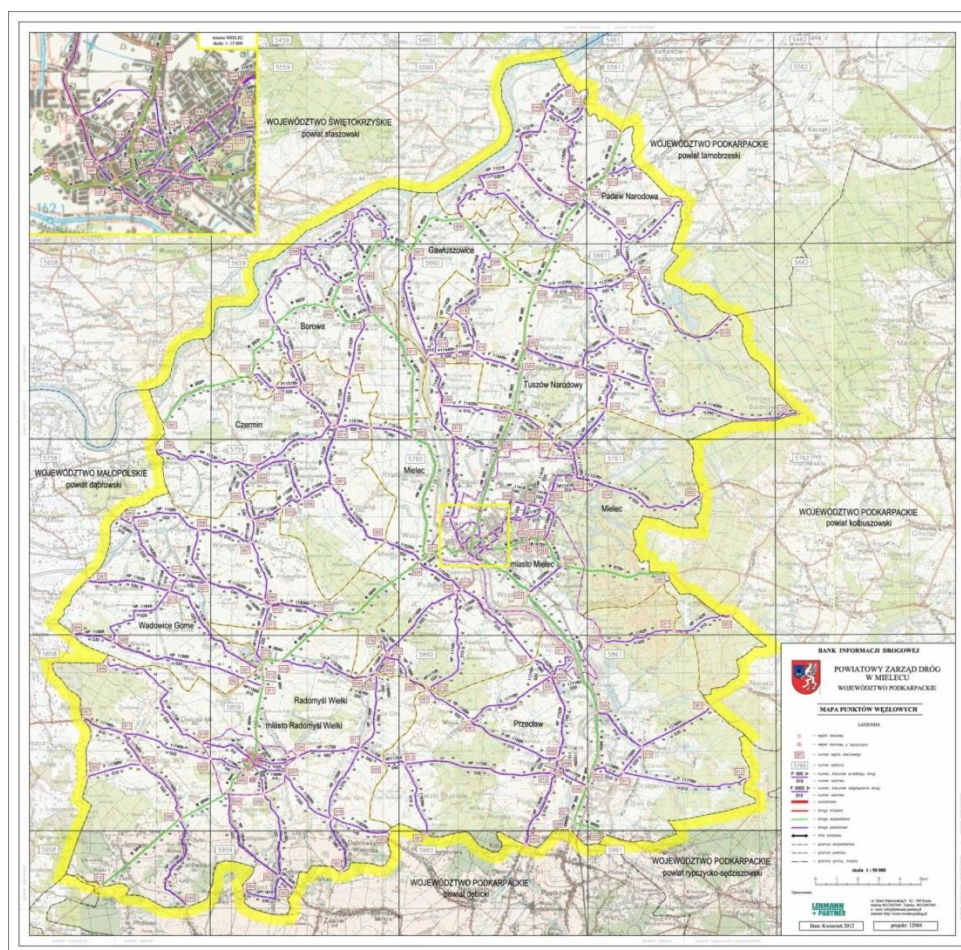
- jedna tranzytowa droga wojewódzka nr 984,
- 20 dróg powiatowych,
- sieć 51 dróg gminnych.

Na obszarze Gminy Radomyśl Wielki na dzień 31 grudnia 2022 roku znajduje się 112,4685 km dróg publicznych z czego 81,43 % posiada nawierzchnię bitumiczną.

Na terenie Gminy Radomyśl Wielki znajduje się jedna droga wojewódzka o nr 984 i jej długość wynosi 17,959 km. W ciągu drogi wojewódzkiej znajdują się 4 ronda tworząc obwodnice dla miasta Radomyśl Wielki.

Łączna długość dróg powiatowych na terenie Gminy Radomyśl Wielki wynosi 80,801 km. Nawierzchnię bitumiczną posiada 95,05 % dróg, natomiast drogi o nawierzchni kamiennej to 4,95 % (4 km). Ponad to przy drogach powiatowych znajdują się chodniki o łącznej długości 33,606 km. Długość chodników przy drogach gminnych publicznych na terenie gminy w ciągu 2022 roku zmieniła się i wynosi łącznie 22,037 km w tym 9,34 km w mieście i 12,697 km na wsiach. W 2022 roku wykonano chodnik w miejscowości Podborze o długości 461 m. Długość ścieżek rowerowych i szlaków w ciągu 2022 roku nie zmieniła się i wynosi 15,57.

źródło: Raport o stanie Gminy Radomyśl Wielki – 2023 r.



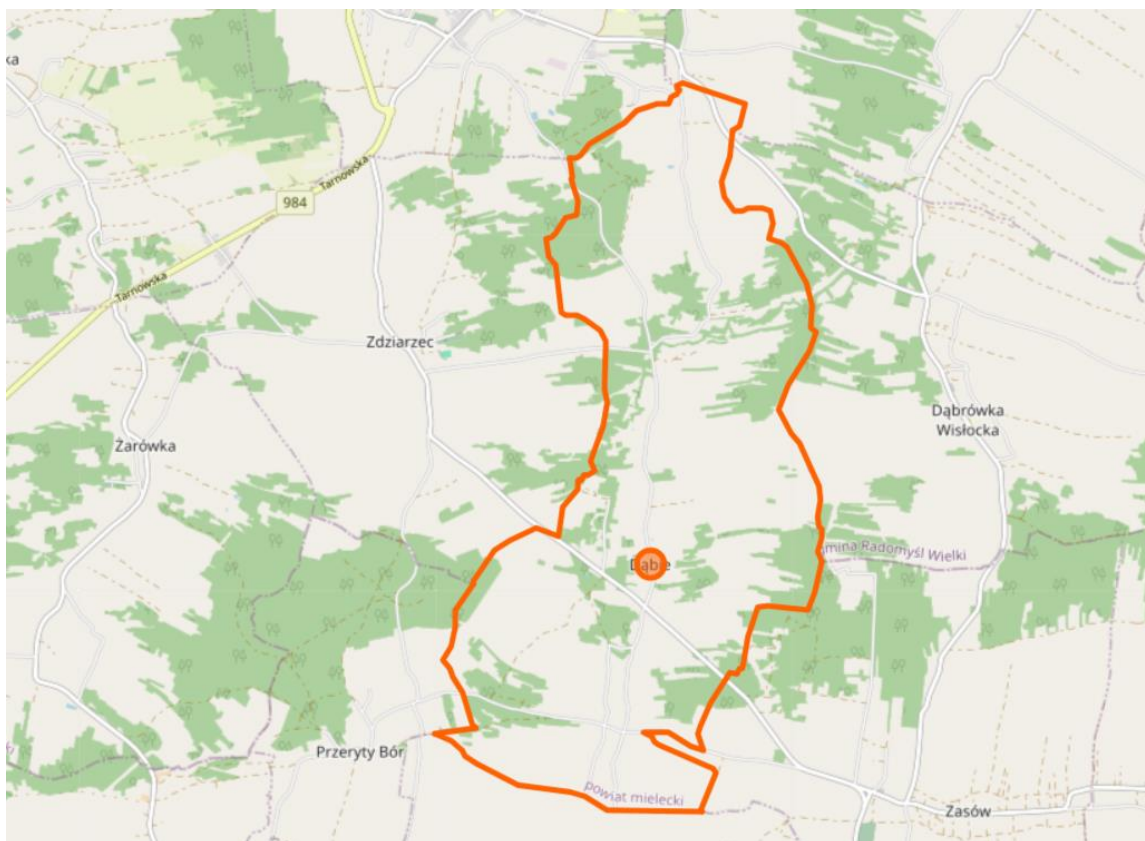
Rys.3. Bieg drogi wojewódzkiej 984 oraz sieci dróg powiatowych w obrębie Gminy Radomyśl Wielki, źródło: <https://pzd.mielec.pl/o-nas/siec-drog-powiatowych>

Biorąc pod uwagę funkcjonujący w Gminie Radomyśl Wielki system dróg (droga wojewódzka 984, sieć dróg powiatowych i gminnych oraz inne parametry takie jak: szerokość dróg, poziom intensywności ruchu pojazdów, rodzaj nawierzchni – głównie bitumicznej, dopuszczalne prędkości poruszania się pojazdów, występujących i wykluczonych użytkowników ruchu drogowego, można planując modernizację oświetlenia, wyodrębnić wstępnie poziomy mocy opraw LED dedykowanych do zastosowania dla poszczególnych rodzajów dróg oraz klasy oświetlenia, M4 – droga wojewódzka i drogi o dużym natężeniu ruchu, M5/M4 – drogi powiatowe oraz główne drogi miejskie oraz M6/M5 – drogi gminne i inne o mniejszym natężeniu ruchu.

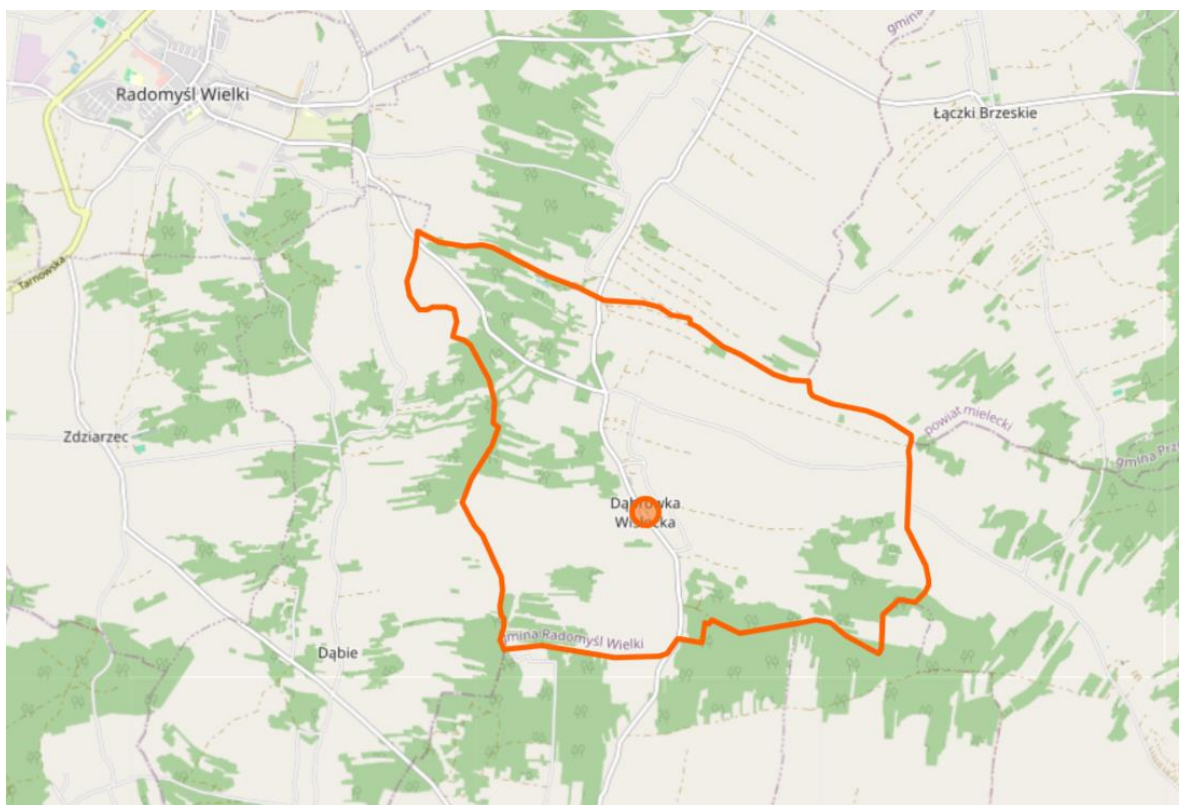
Zrealizowana w Gminie Inwentaryzacja obejmowała identyfikację poniższych obiektów:

- stacje transformatorowe – zasilające,
- szafy sterowania oświetleniem drogowym i ulicznym,
- oprawy oświetlenia ulicznego i parkowego.

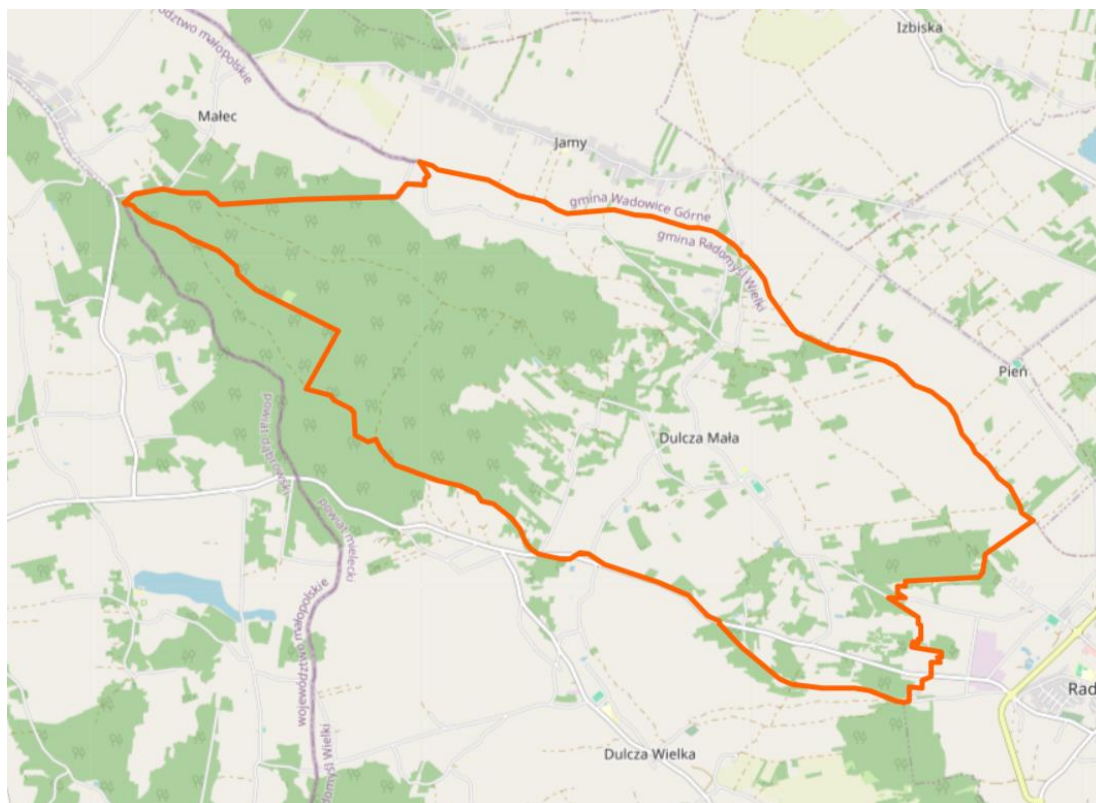
W ramach niniejszego opracowania na terenie Gminy Radomyśl Wielki zinwentaryzowano 81 stacji elektroenergetycznych oraz 92 szafy oświetleniowe. Spośród zinwentaryzowanych szaf oświetleniowych, w 43 szafach układ rozliczeniowo-pomiarowy, układ zabezpieczeń itp. znajduje się wewnątrz stacji transformatorowej a pozostałe 49 szt. szaf oświetleniowych jest wydzielonych. Zinwentaryzowano 1149 opraw oświetleniowych, w tym 302 oprawy to oprawy wykonane w technologii LED. Pozostała ilość 847 szt. opraw to oprawy z wyładowczymi źródłami światła, w tym 843 to oprawy uliczne oraz 4 sztuki naświetlaczy z wyładowczymi źródłami światła. Na kolejnych rysunkach przedstawiono lokalizację zinwentaryzowanych szaf oświetleniowych oraz wszystkich opraw oświetleniowych na terenie Gminy Radomyśl Wielki.



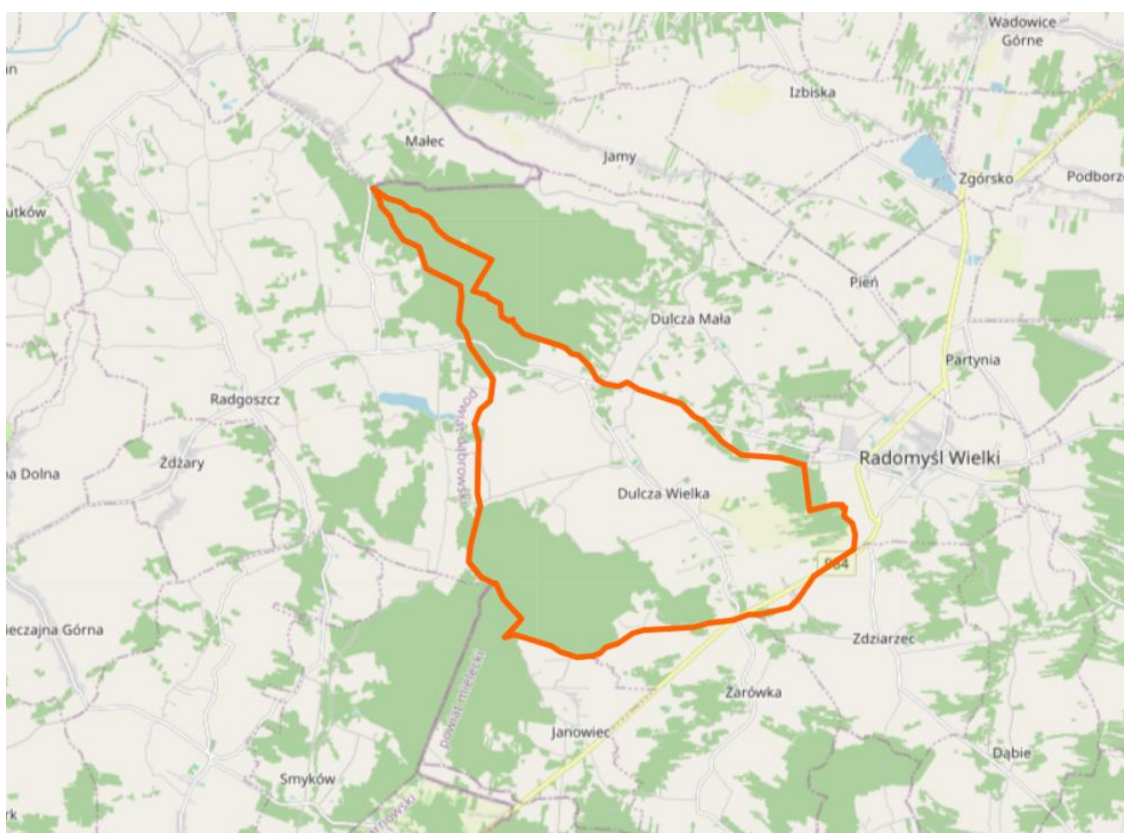
Rys.4. Granice administracyjne sołectwa **Dąbie** – źródło: Open Street Map



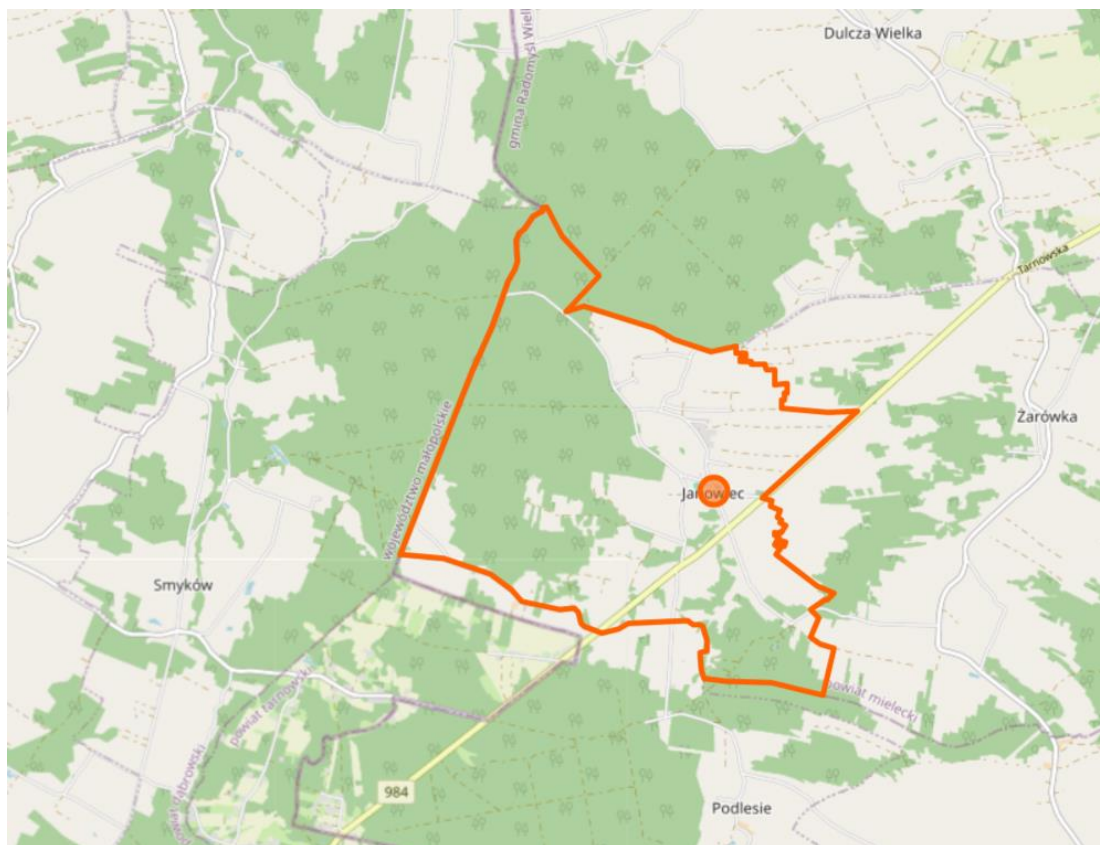
Rys.5. Granice administracyjne sołectwa **Dąbrówka Wisłocka** – źródło: Open Street Map



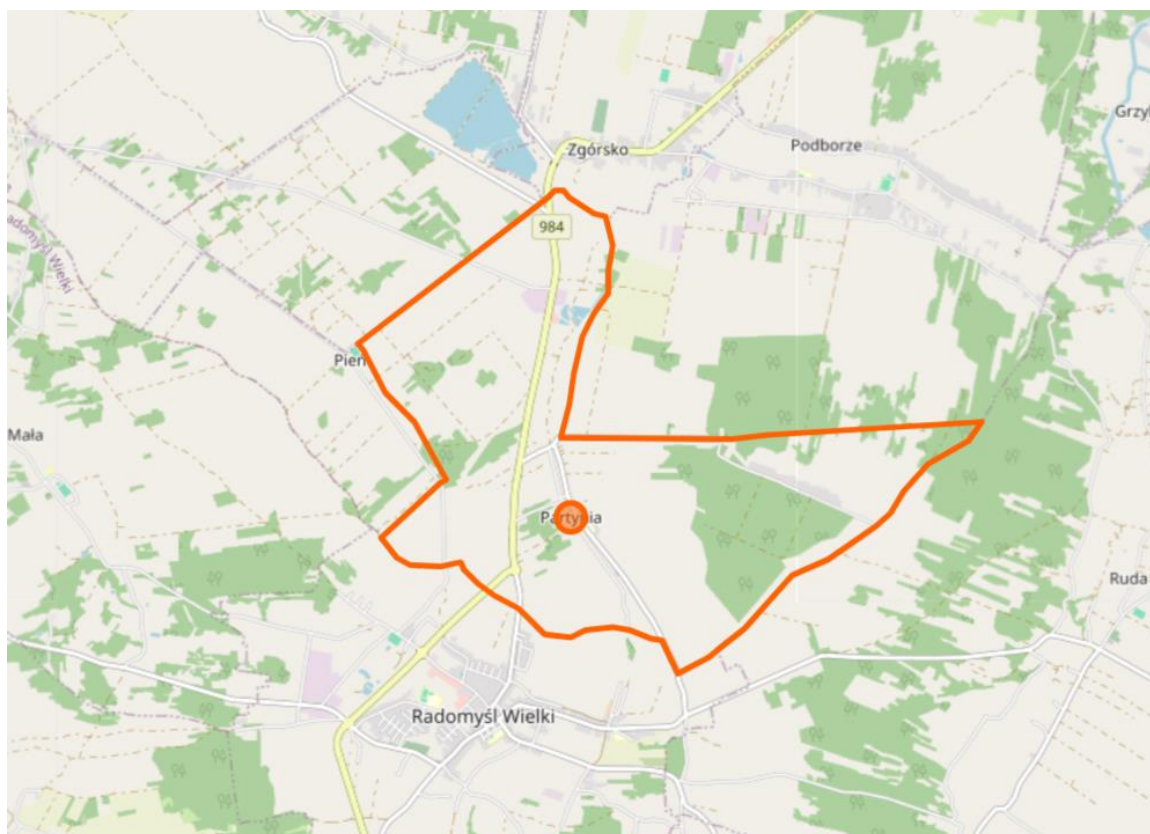
Rys.6. Granice administracyjne sołectwa **Dulcza Mała** – źródło: Open Street Map



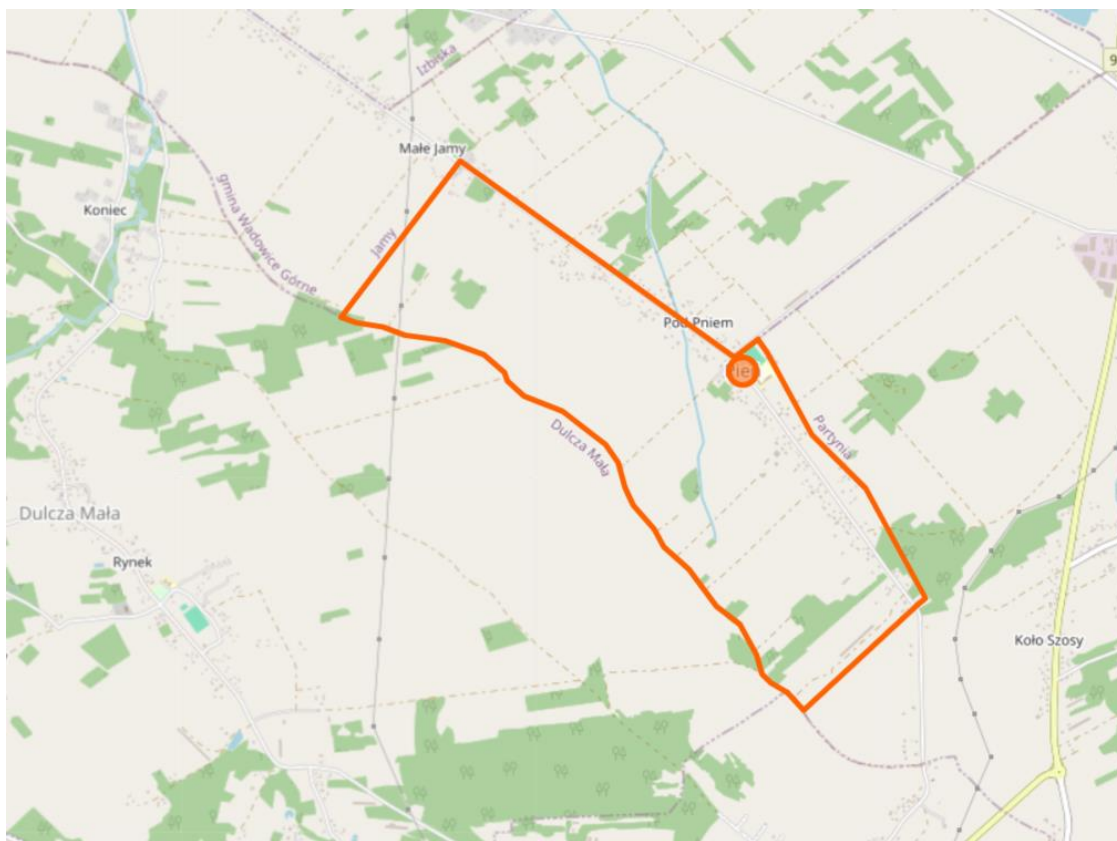
Rys.7. Granice administracyjne sołectwa **Dulcza Wielka** – źródło: Open Street Map



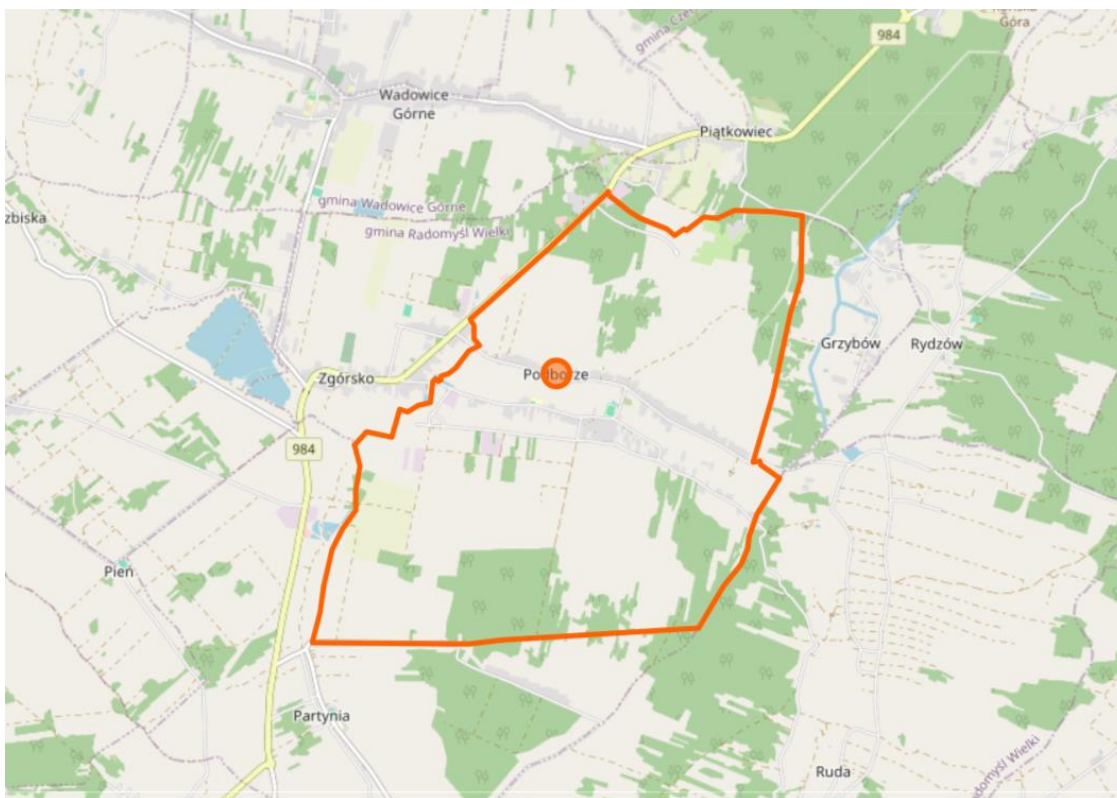
Rys.8. Granice administracyjne sołectwa **Janowiec** – źródło: Open Street Map



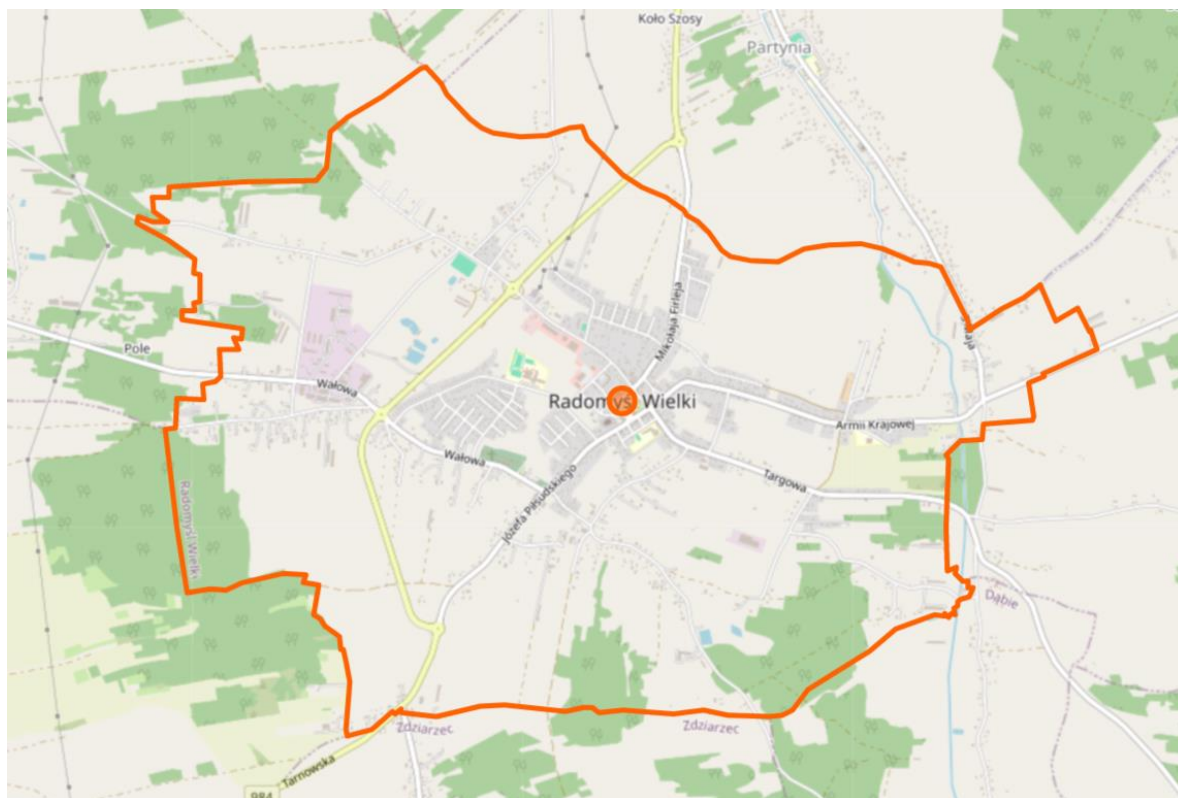
Rys.9. Granice administracyjne sołectwa **Partynia** – źródło: Open Street Map



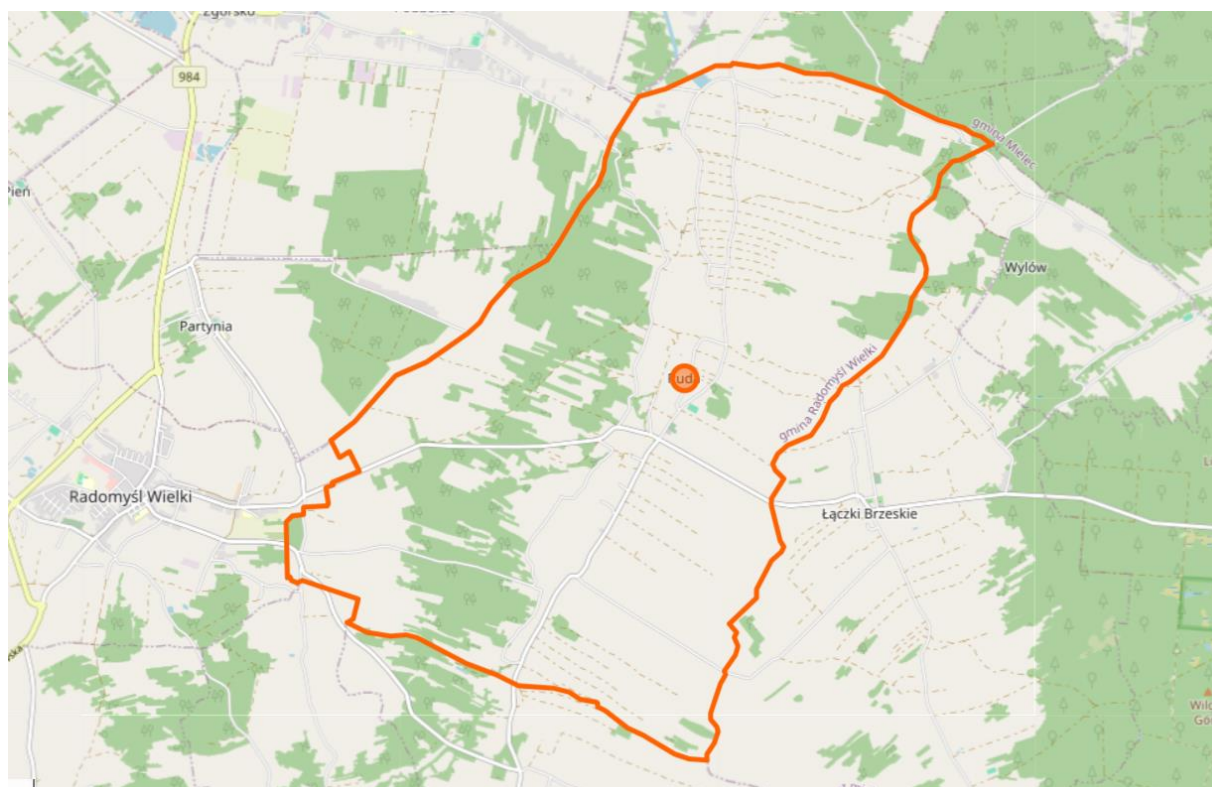
Rys.10. Granice administracyjne sołectwa **Pień** – źródło: Open Street Map



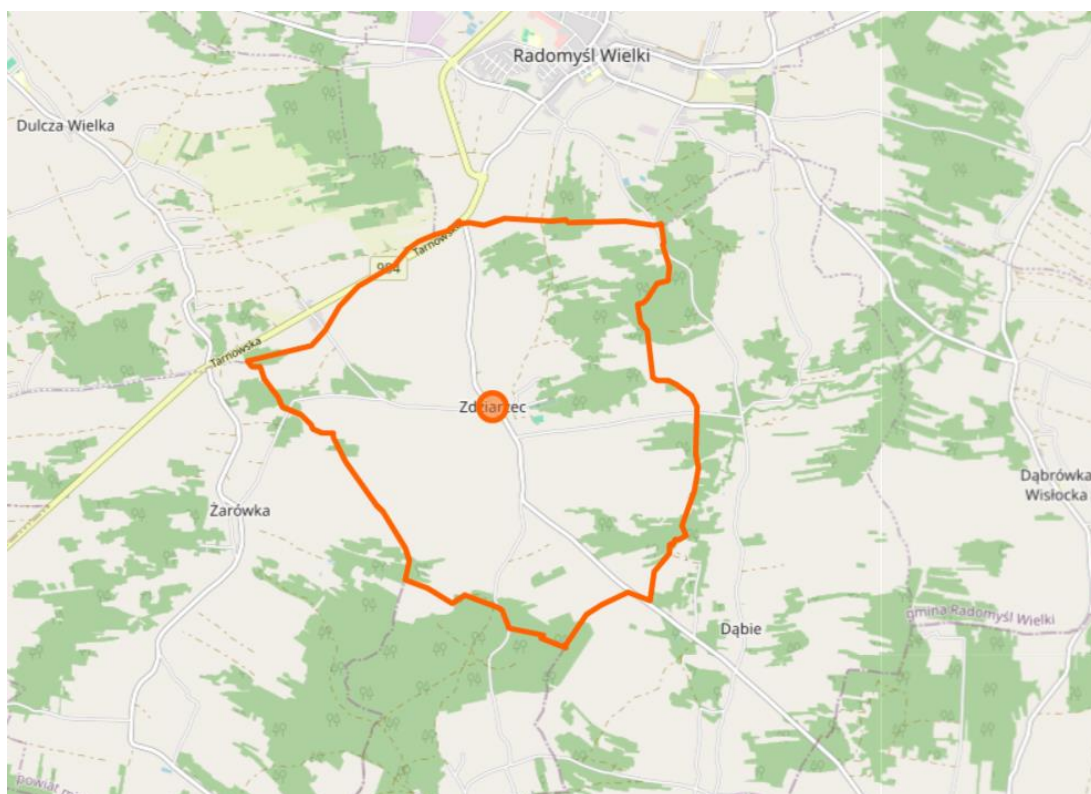
Rys.11. Granice administracyjne sołectwa **Podborze** – źródło: Open Street Map



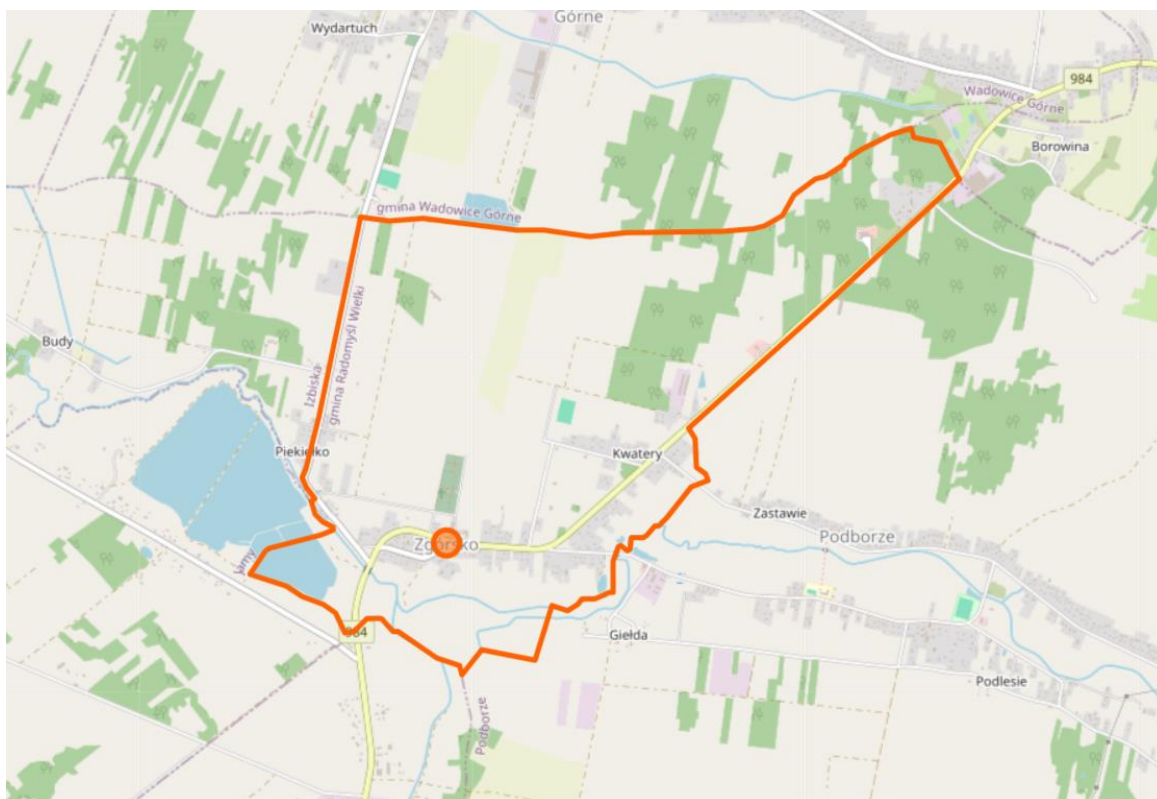
Rys.12. Granice administracyjne sołectwa **Radomyśl Wielki** – źródło: Open Street Map



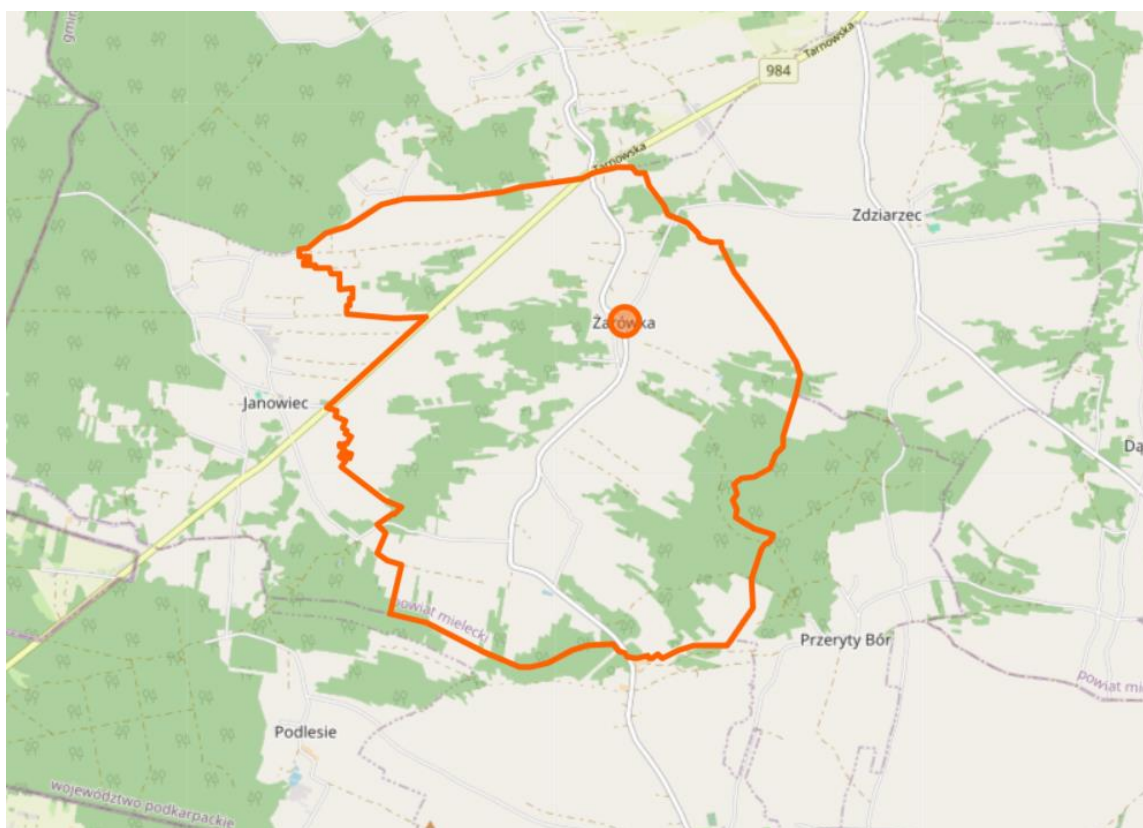
Rys.13. Granice administracyjne sołectwa **Ruda** – źródło: Open Street Map



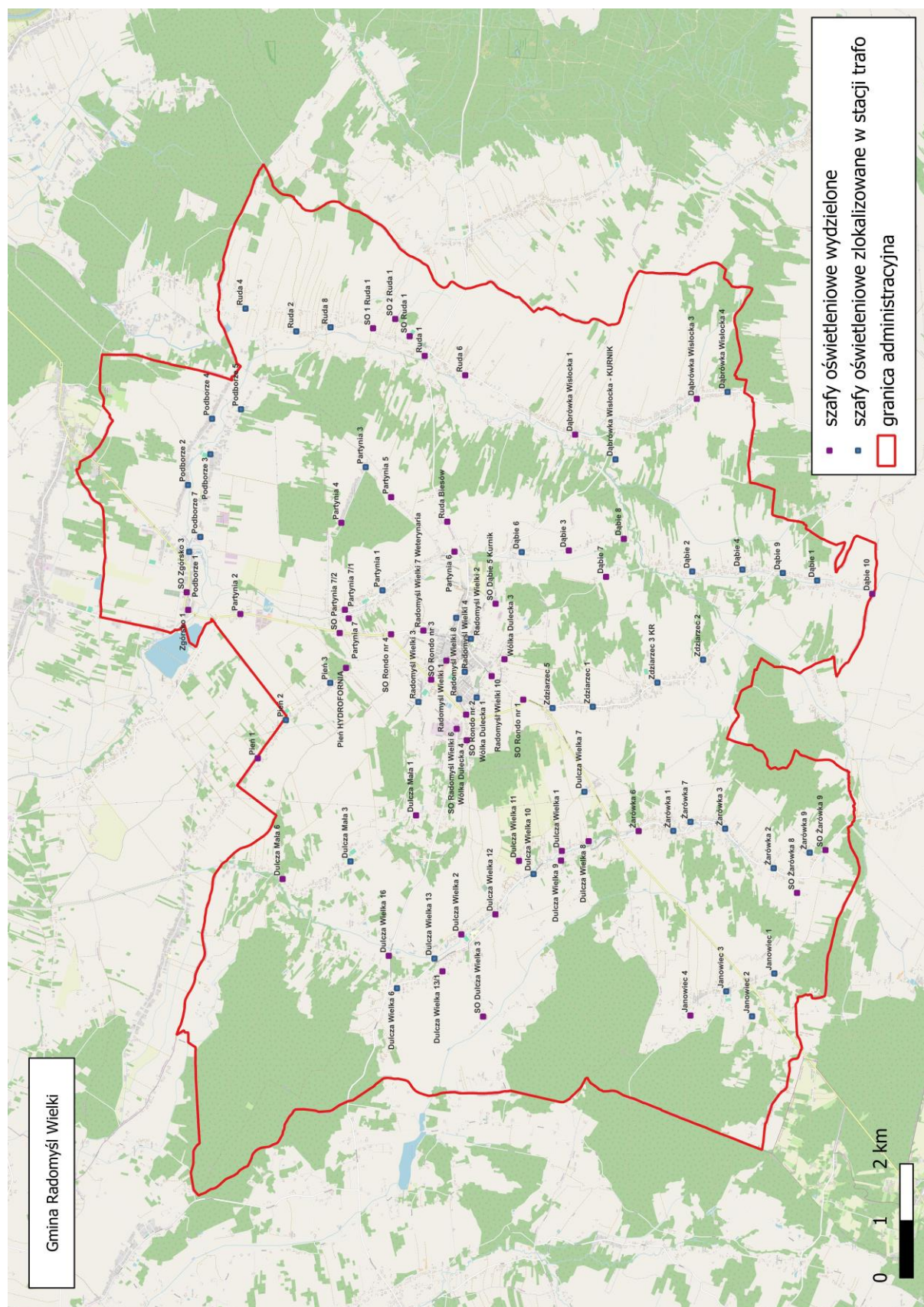
Rys.14. Granice administracyjne sołectwa **Zdziarzec** – źródło: Open Street Map



Rys.15. Granice administracyjne sołectwa **Zgórsko** – źródło: Open Street Map

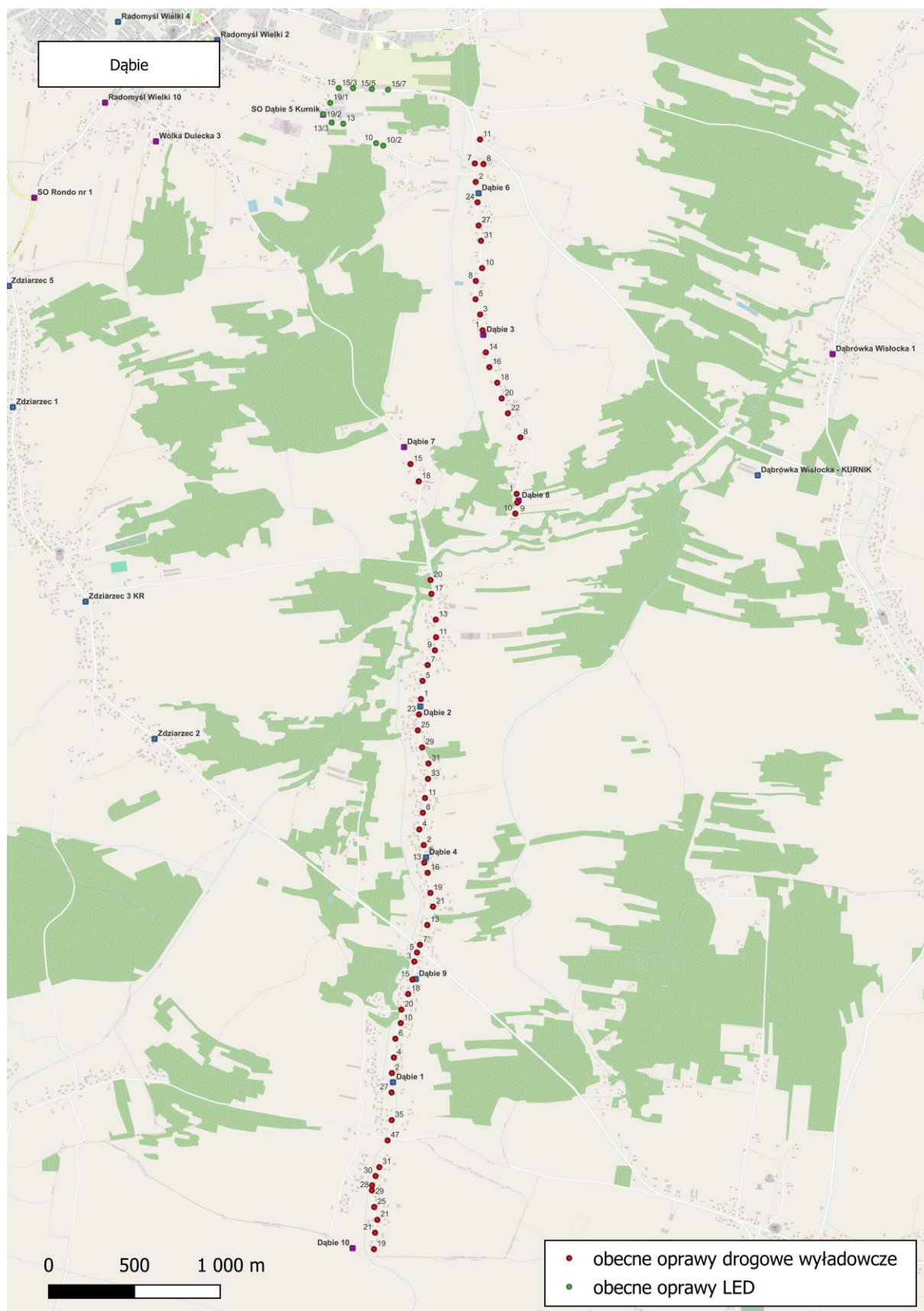


Rys.16. Granice administracyjne sołectwa **Żarówka** – źródło: Open Street Map



Rys.17. Lokalizacja **szaf sterowania oświetleniem drogowym i ulicznym** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)

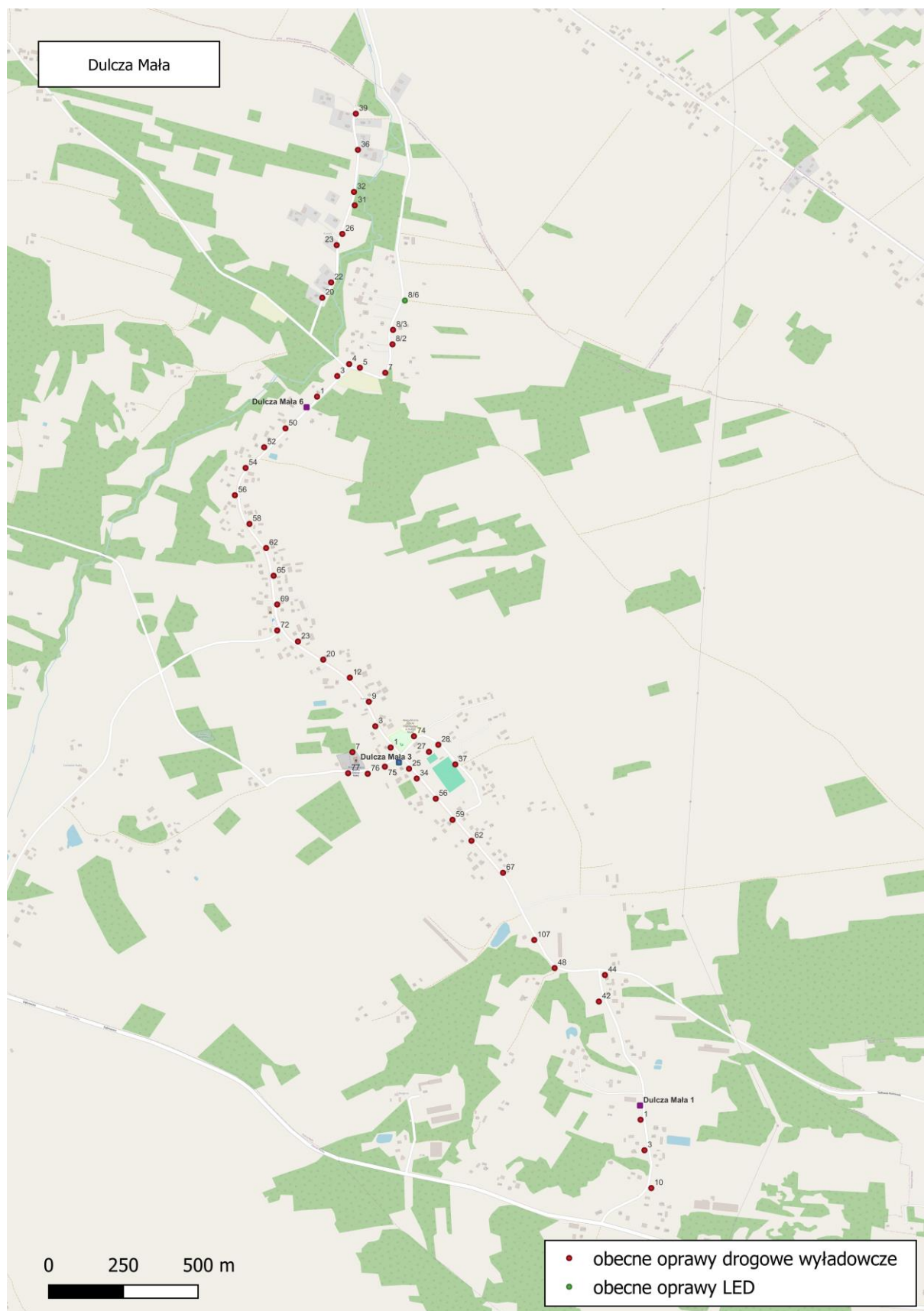
podkład Open Street Map)



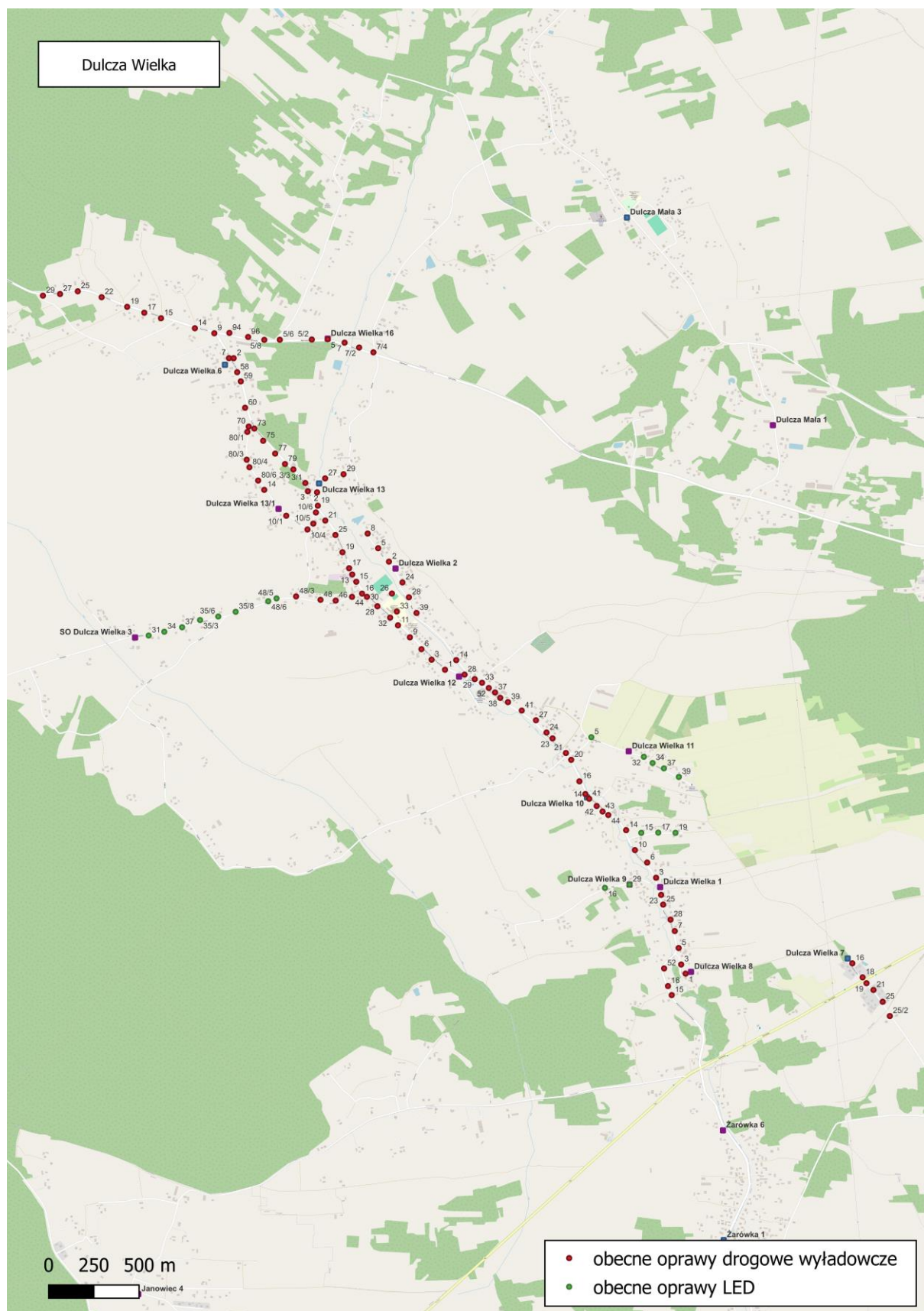
Rys.19. Lokalizacja **opraw oświetleniowych w miejscowości DĄBIE** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



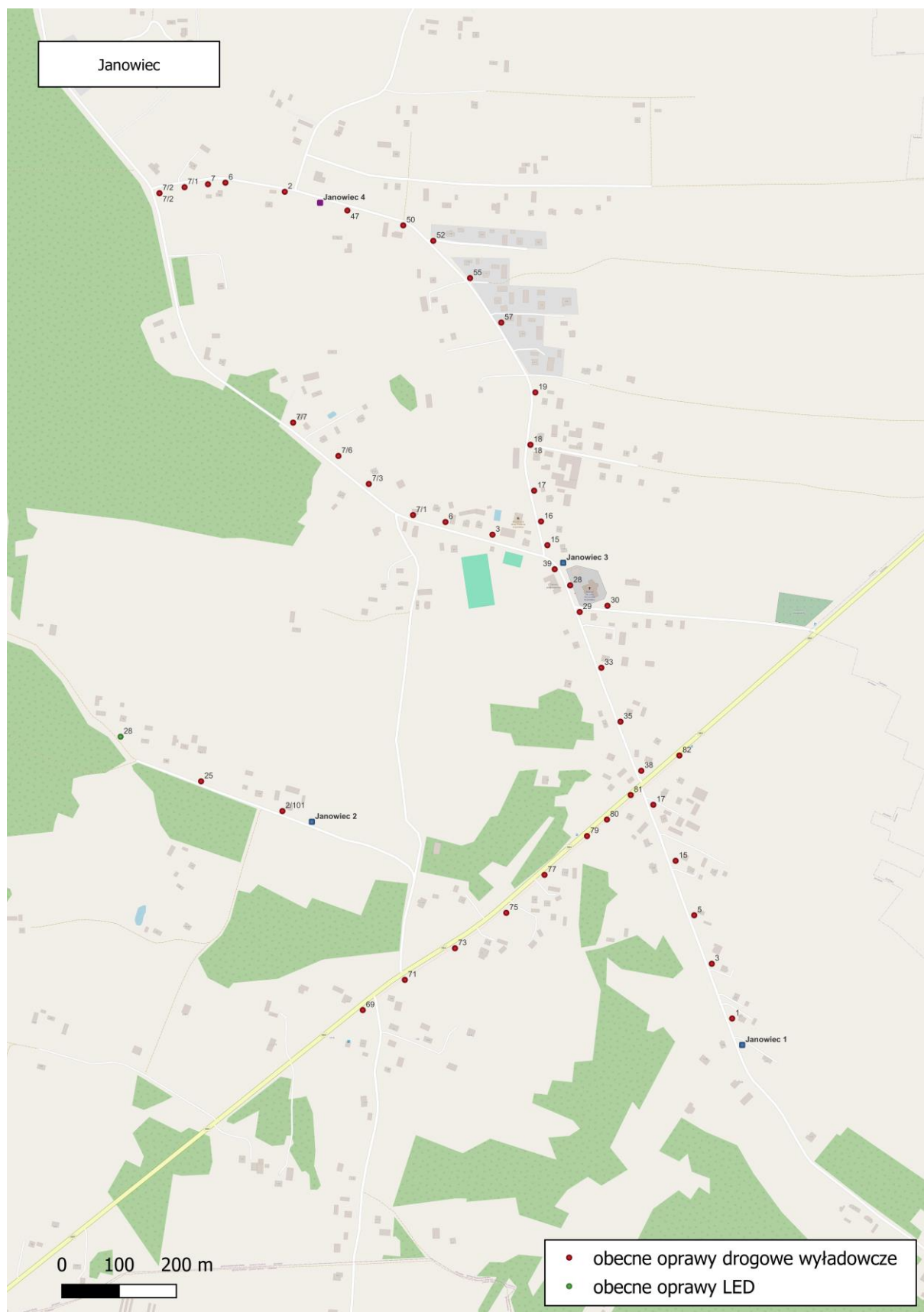
Rys.20. Lokalizacja **opraw oświetleniowych** w miejscowości **DĄBRÓWKA WISŁOCKA** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



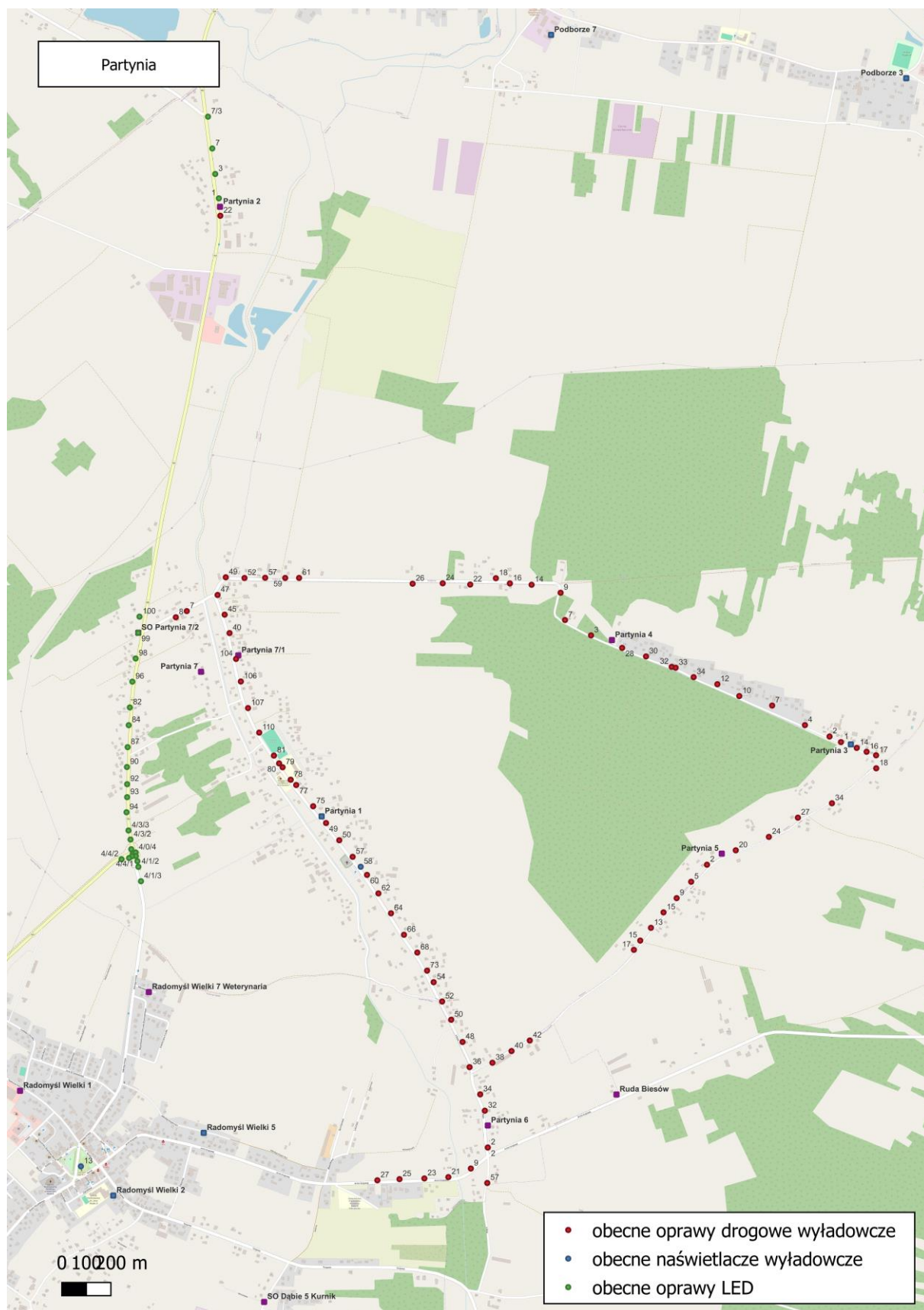
Rys.21. Lokalizacja **opraw oświetleniowych w miejscowości DULCZA MAŁA** -
opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



Rys.22. Lokalizacja **opraw oświetleniowych** w miejscowości **DULCZA WIELKA** -
opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



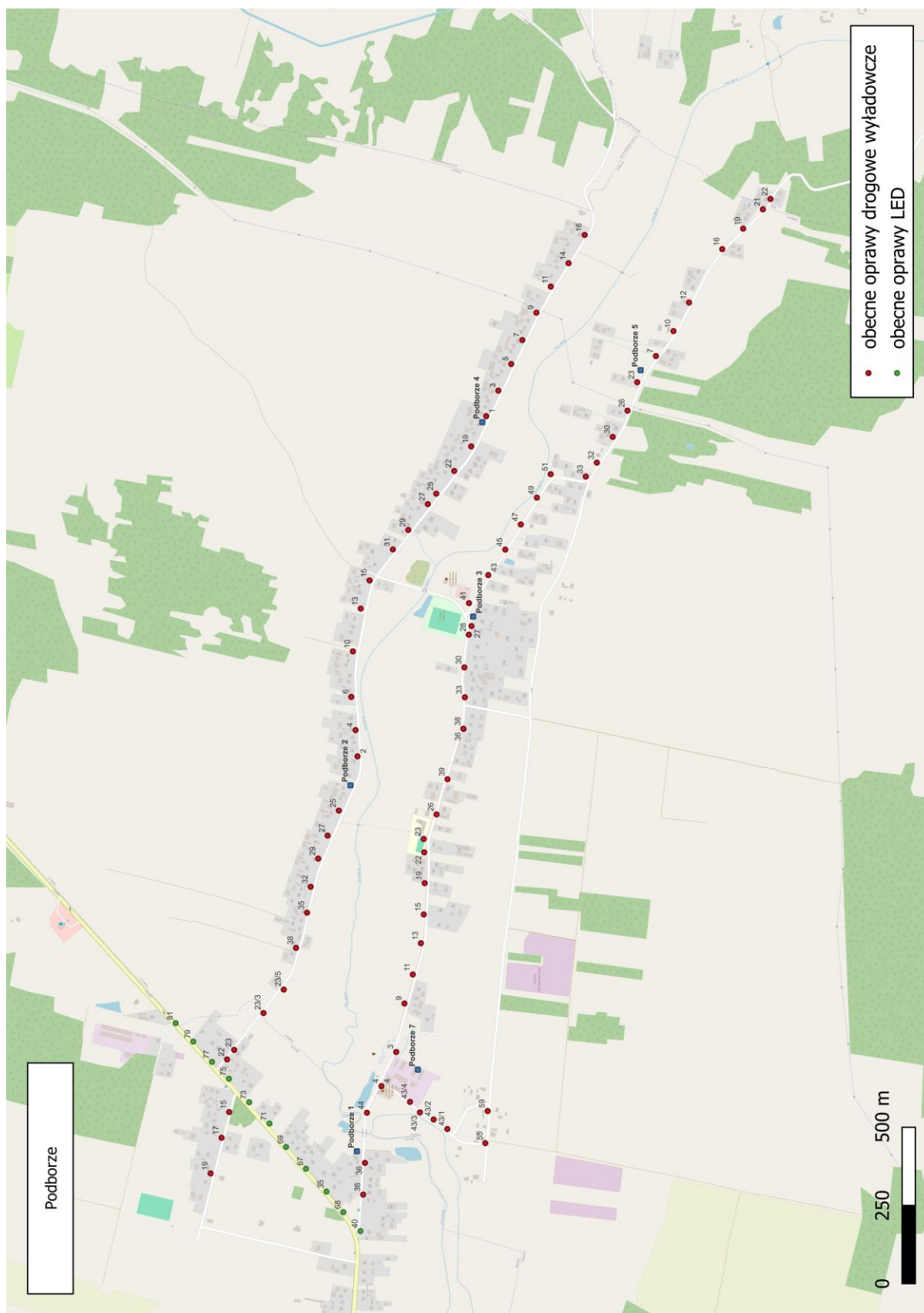
Rys.23. Lokalizacja **opraw oświetleniowych w miejscowości JANOWIEC** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



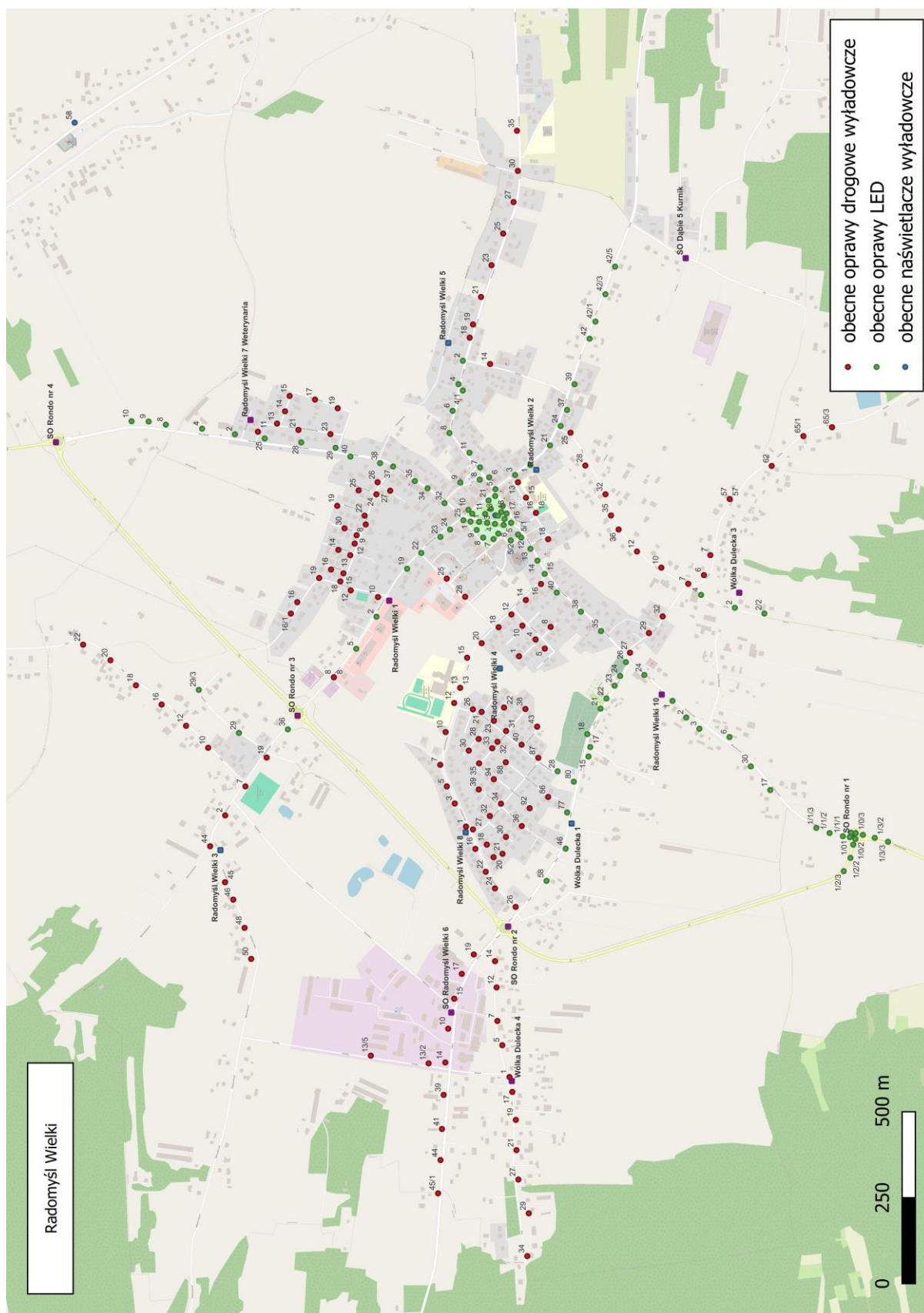
Rys.24. Lokalizacja **opraw oświetleniowych w miejscowości PARTYNIA** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



Rys.25. Lokalizacja **opraw oświetleniowych** w miejscowości **PIEŃ** - opracowanie własne
(źródło: podkład Open Street Map)



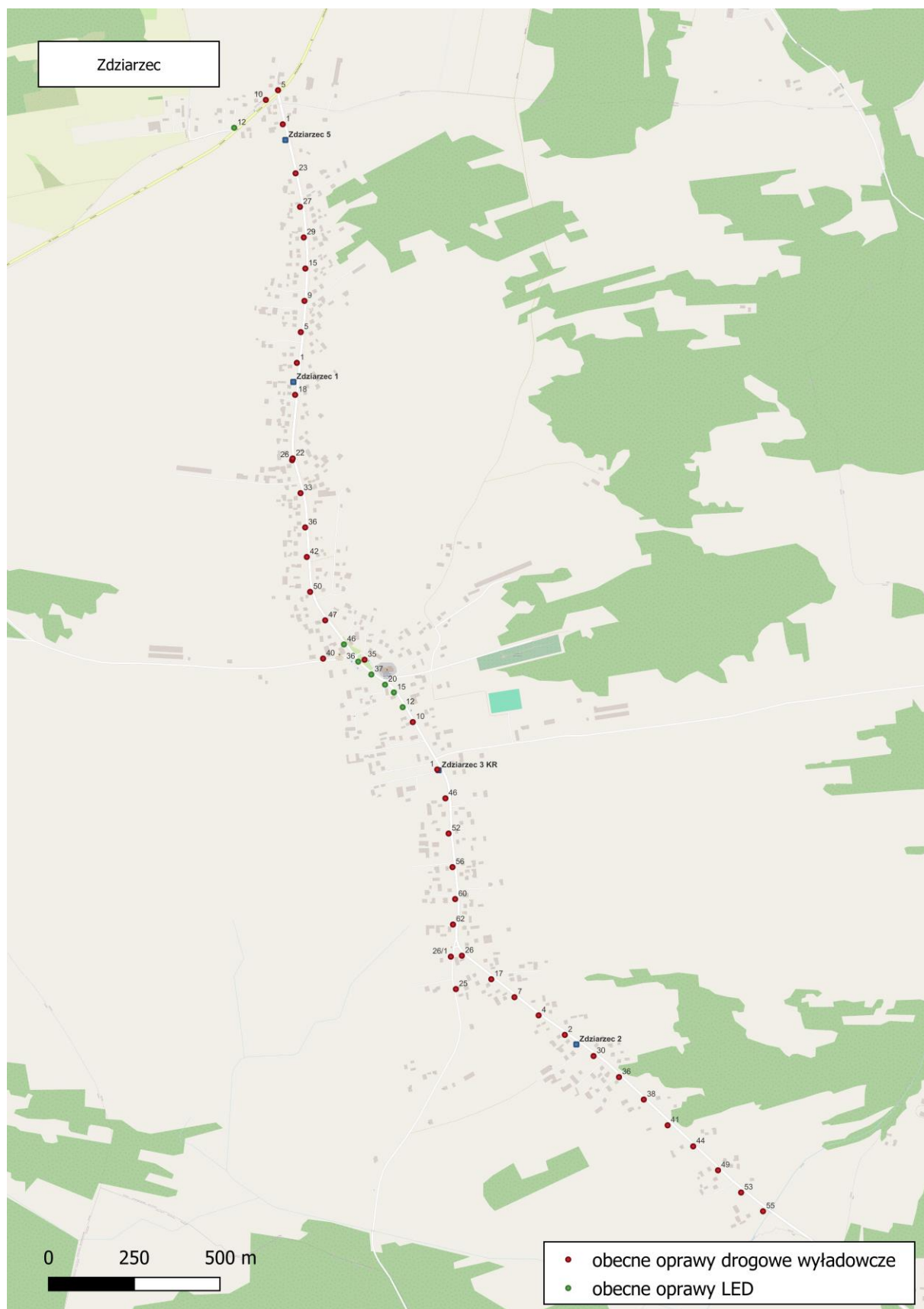
Rys.26. Lokalizacja **opraw oświetleniowych** w miejscowości **PODBORZE** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



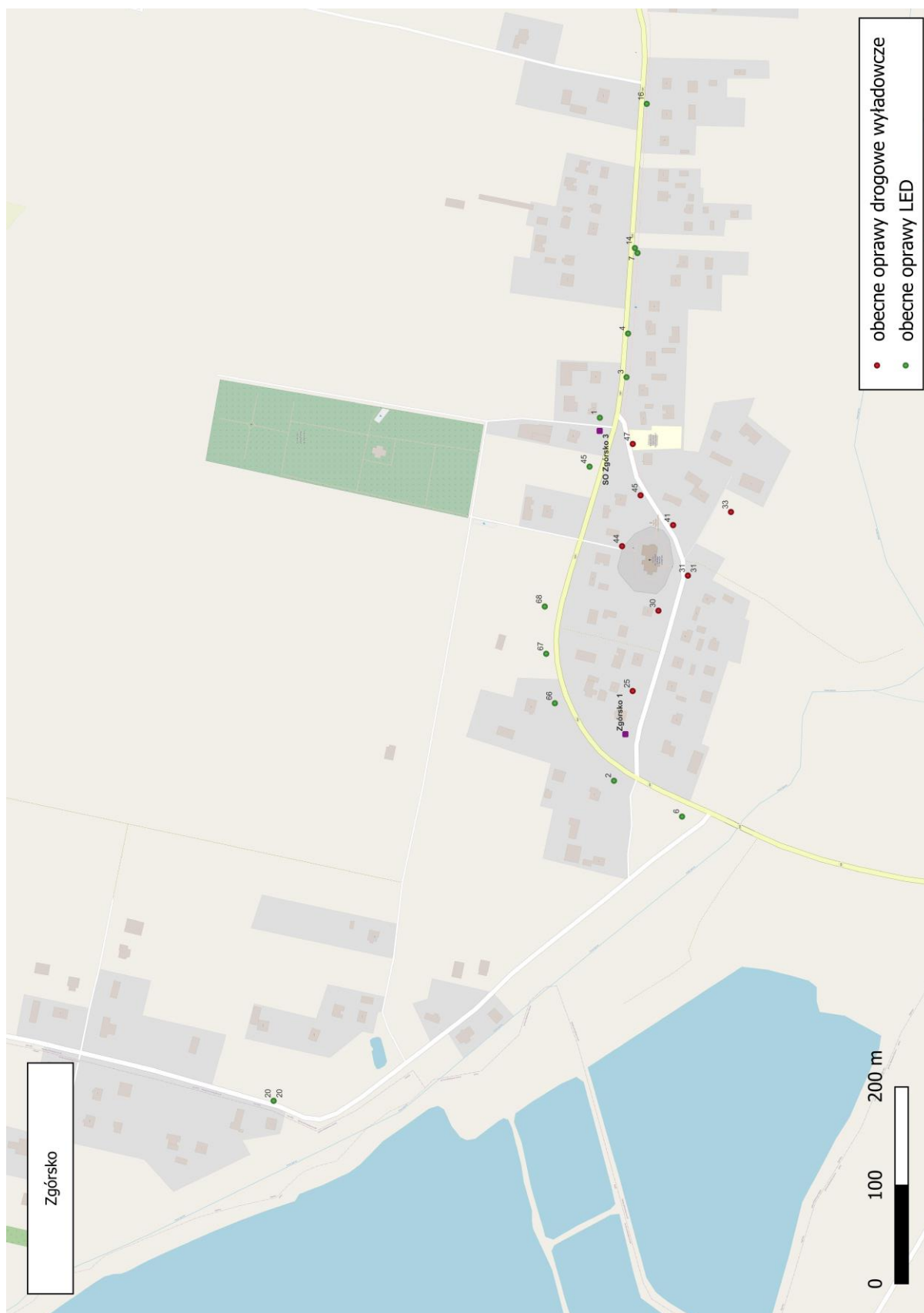
Rys.27. Lokalizacja **opraw oświetleniowych** w miejscowości **RADOMYŚL WIELKI** -
opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



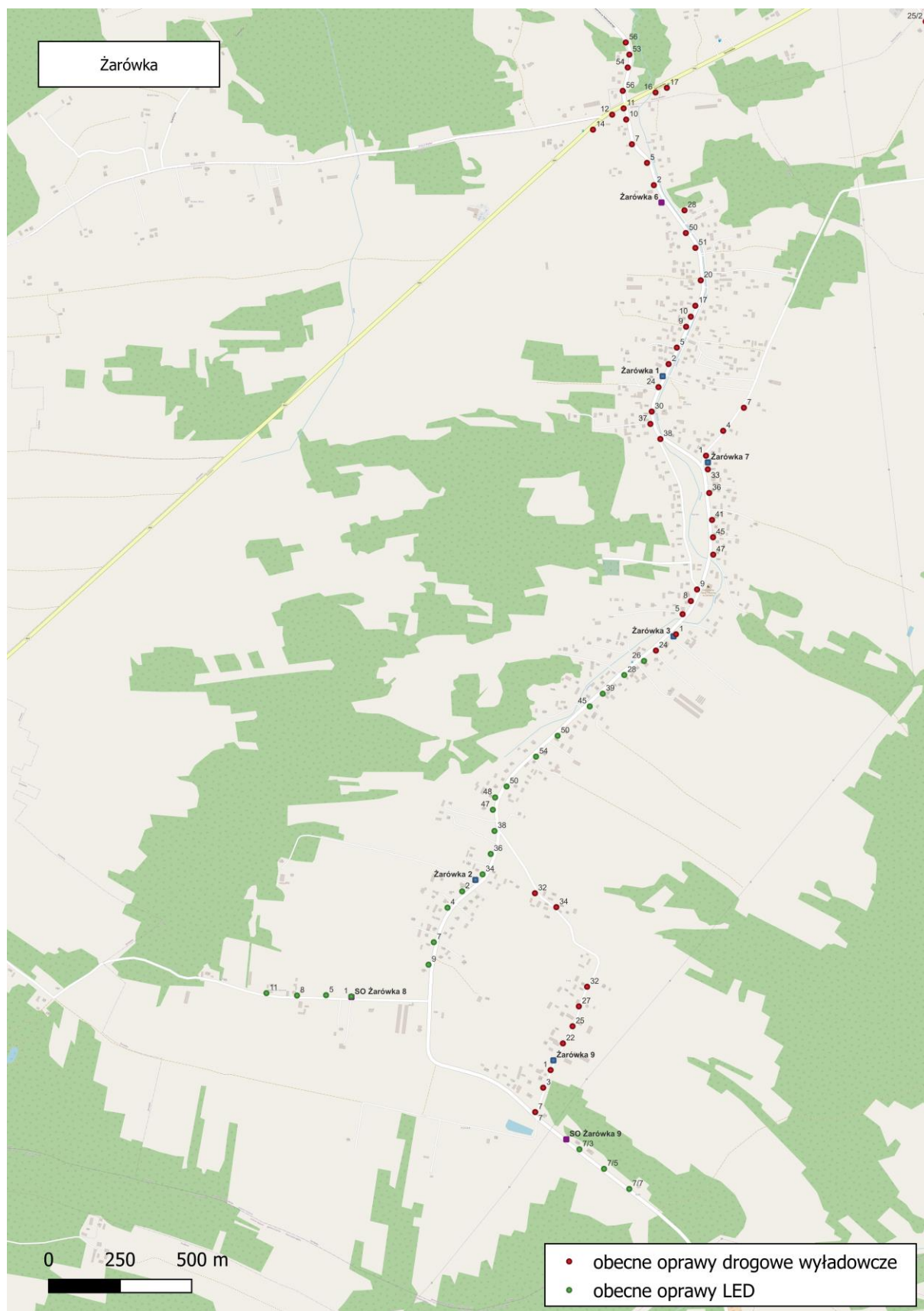
Rys.28. Lokalizacja **opraw oświetleniowych w miejscowości RUDA** - opracowanie własne
(źródło: podkład Open Street Map)



Rys.29. Lokalizacja **opraw oświetleniowych w miejscowości ZDZIARZEC** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



Rys.30. Lokalizacja **opraw oświetleniowych w miejscowości ZGÓRSKO** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)



Rys.31. Lokalizacja **opraw oświetleniowych** w miejscowości **ŻARÓWKA** - opracowanie własne (źródło: podkład Open Street Map)

Inwentaryzacja obejmuje przygotowanie bazy danych systemu geoinformatycznego zawierającą: lokalizację obiektów wraz z opisem istotnych parametrów. Na podstawie bazy danych przygotowano tabele inwentaryzacyjne, identyfikujące zdefiniowane dane w aspekcie wskazania oprav do ewentualnej wymiany lub dowieszenia oraz sumowania odcinków obwodów oświetleniowych dla planowania zakresu robót.

Zestawienie tabelaryczne danych zawiera kluczowe wielkości opisowe infrastruktury oświetlenia drogowego, są wśród nich:

- numer oprawy,
- nazwa oprawy,
- szerokość geograficzna,
- długość geograficzna,
- typ linii,
- model dedykowanej oprawy,
- moc dedykowanej oprawy,
- aktualny model oprawy,
- obecne źródło światła,
- aktualna moc,
- aktualna moc rzeczywista,
- nazwa szafy,
- nazwa stacji elektroenergetycznej,
- typ słupa,
- wysokość słupa.

4. Ocena i opis stanu obecnego instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego

Oświetlenie dróg i ulic (w ciągu całego roku obejmującego 8760 godzin) przez ponad połowę czasu ok. 4600 godzin, zapewnione jest w sposób naturalny w wyniku oddziaływania słońca (składowa bezpośrednia i pośrednia: odbicia promieni świetlnych od nieboskłonu oraz otaczających obiektów). Przez pozostały czas (4150 h) infrastruktura Gminy Radomyśl Wielki oświetlana jest z rozproszonej sieci oświetlenia sztucznego (elektrycznego) pobierającego energię elektryczną.

W skład sieci oświetleniowej drogowej oraz ulicznej wchodzi oprawy oświetleniowe, słupy, sieci linii zasilających, układy sterowania pracą opraw oświetleniowych oraz układy rozliczania zużytej energii elektrycznej.

Inwentaryzacja geolokalizacyjna w terenie stanowi zatem podstawę do szczegółowych działań, związanych z diagnozą aktualnego stanu infrastruktury oraz jej przygotowania do modernizacji oświetlenia.

Audyt został poprzedzony wizją w terenie, szczegółową inwentaryzacją zawierającą wszelkie informacje na temat punktów zasilania, sterowania oraz elementów wchodzących w skład systemu świetlnego włącznie z parametrami geometrycznymi instalacji oświetleniowej. Zestawienia elektroniczne stanowią załączniki do audytu.

4.1. Stan systemu oświetleniowego na moment przeprowadzania audytu

Struktura oświetlenia drogowego i ulicznego na terenie Gminy Radomyśl Wielki zdefiniowana została z podziałem na dwa obszary:

1. sieć kablową, która stanowi wydzieloną infrastrukturę oświetleniową a więc linii niskiego napięcia oraz maszty i słupy wybudowane tylko i wyłącznie do celów oświetleniowych,
2. oświetlenie na podbudowie z wykorzystaniem linii napowietrznych zasilających w energię elektryczną odbiorców indywidualnych.

W ogólnym ujęciu udział sieci z wykorzystaniem linii napowietrznych stanowi istotny udział w całej sieci oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Radomyśl Wielki i udział ten wynosi ok. 90% z czego zdecydowaną większość stanowi linia napowietrzna wspólna z siecią konsumencką (ok. 109 000m). Udział sieci kablowej w całej sieci oświetlenia drogowego nie jest znaczny i wynosi ok. 10 %.

4.2. Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne

Przeprowadzona w Gminie Radomyśl Wielki inwentaryzacja pozwoliła zidentyfikować 1149 sztuk opraw oświetleniowych. Dodatkowo z całości 1149 opraw oświetleniowych 302 oprawy było wykonanych w technologii LED. Oprawy oświetleniowe ze źródłami LED były instalowane w ciągu ostatnich lat (są w dobrym stanie technicznym), nie ma konieczności ich wymiany, stąd oprawy te nie zostały uwzględnione w niniejszym audycie. Ostateczna liczba opraw oświetleniowych podlegających audytowi (z wyłączeniem opraw ze źródłami LED) wynosi 847 sztuk. W oparciu o przeprowadzoną inwentaryzację została przygotowana Tabela 1.

Moc oprawy [W]	Ilość opraw [szt.]
----------------	--------------------

115	190
136	345
172	308
345	2
575	2
SUMARYCZNIE:	847

Tabela 1. Zestawienie mocy oraz ilości opraw oświetleniowych
(bez opraw oświetleniowych ze źródłami LED)

Przeprowadzony audyt pozwala stwierdzić, że całość zainstalowanych opraw oświetleniowych zawiera oprawy w większości w złym stanie technicznym (duże zabrudzenia wnętrza komór optycznych, uszkodzenia mechaniczne, znaczny poziom zużycia itp.) oraz oprawy w dobrym stanie technicznym (źródła wyładowcze o stosunkowo niskiej skuteczności świetlnej) opraw oprawy wyposażone w źródła LED. Przykładowe inwentaryzowane oprawy drogowe zaprezentowano na poniższych ilustracjach.



Rys. 32. Przykładowe oprawy oświetleniowe inwentaryzowane w Gminie Radomyśl Wielki

4.3. Słupy oświetlenia drogowego i ulicznego

W zrealizowanym audycie zinwentaryzowanych zostało 1108 słupów oświetleniowych, z których część zasilana jest z sieci napowietrznej, zaś część z sieci kablowej. Sieć napowietrzna obejmuje 1031 sztuk słupów, zaś sieć kablowa 77 sztuk słupów. Dokonano podziału słupów według typu słupa określającego materiał z którego został on wykonany. Zestawienie słupów według jego typu słupa zestawiono w Tabeli 2

Zestawienie słupów wg kryterium typu słupa przedstawiono w poniższej Tabeli.

Typ słupa [-]	Ilość słupów [szt.]
stalowe	77
betonowe	1031
Sumarycznie:	1108

Tab. 2. Słupy oświetleniowe inwentaryzowane w Gminie Radomyśl Wielki i wg kryterium typu

W ramach inwentaryzacji dokonano również oceny stanu technicznego słupów, oceniając je ogólnie jako słupy o dobrym stanie technicznym.



Rys. 33. Przykładowe słupy oświetleniowe w różnym stanie technicznym inwentaryzowane w Gminie Radomyśl Wielki

4. 4. Wnioski z inwentaryzacji instalacji oświetleniowej

W ramach przeprowadzonego audytu zinwentaryzowano 1149 sztuk punktów świetlnych. Z tego wyłączając oprawy oświetleniowe wyposażone w źródła LED ostatecznie wytypowano do wymiany 847 punktów świetlnych. Grupę opraw przewidzianych do wymiany stanowią oprawy z wyładowczymi źródłami światła o zróżnicowanym poziomie zużycia. Zatem wymiana

ich na oprawy ze źródłami LED przyczyni się bez wątpienia do zwiększenia zakresu energooszczędności całego systemu oświetleniowego w Gminie Radomyśl Wielki.

Biorąc pod uwagę powyższe, **istnieje w Gminie Radomyśl Wielki uzasadniona potrzeba (w celu zmniejszenia ponoszonych kosztów na bieżące użytkowanie instalacji oświetleniowej oraz jej konserwację) wymiany opraw oświetlenia drogowego, na nowe energooszczędne.**

5. Analizy szczegółowe stanu aktualnego

5.1. Analiza typów oraz rodzaju opraw oświetleniowych

Na terenie Gminy Radomyśl Wielki zainstalowane są głównie oprawy oświetleniowe drogowe typu: OUS oraz SGS 103. Zdecydowaną większość źródeł światła w wymienionych typach opraw stanowią wyładowcze źródła sodowe, w mniejszej ilości zainstalowane są również źródła metalohalogenkowe i rtęciowe. W zakresie mocy widoczne jest, że część opraw zainstalowanych było przed wielu laty, stąd dominacja najbardziej rozpowszechnionej mocy 100, 120 i 150W w ujęciu nominalnym oraz od 10% do 20% więcej w ujęciu rzeczywistym, co związane jest z poborem mocy przez układ zasilający oprawy oświetleniowe. Funkcjonujące w systemie oświetlenia drogowego i ulicznego oprawy mają często 15 i więcej lat eksploatacji. W systemie znaczna ilość opraw ma nieprawidłowo dobraną moc do poszczególnych odcinków dróg i odpowiadającym im wymaganiom oświetleniowym. Są to sytuacje, w których właściwy dobór mocy w procesie wymiany będzie generował największe oszczędności w zużyciu energii elektrycznej i jej kosztach, jak również zmniejszeniu emisji CO₂.

5.2. Analiza słupów oświetleniowych

Geometria i rozmieszczenie słupów linii kablowych pozwala na instalację opraw oświetleniowych umożliwiającej spełnienie wymagań oświetleniowych zgodnie z normą PN-EN 13201.

Betonowe słupy linii napowietrznych, na których zainstalowane są oprawy oświetleniowe zlokalizowane są między sobą w odległości wynoszącej średnio 40m lub 80m i więcej. W Gminie Radomyśl Wielki występują słupy betonowe typu wirowego, oraz żn (żerdzie betonowe prostokątne w różnych konfiguracjach od pojedynczych poprzez bliźniaki, A-owe, z podporą w zależności od wytycznych projektowo - technicznych wyszczególnionych podczas budowy napowietrznych linii energetycznych)

W znacznej części napowietrznej sieci oświetleniowej na terenie Gminy Radomyśl Wielki oprawy zainstalowane są w odległościach wynoszących 80-100 m od siebie, przez co spełnienie wymaganych normą parametrów oświetleniowych (średnia luminancja i jej równomierność) jest praktycznie niemożliwe. Również znaczna część wysięgników zainstalowanych na słupach linii napowietrznych charakteryzuje się krótką długością wynoszącą średnio ok. 0,5 m.

5.3. Analiza wysięgników słupowych

Analizie poddano wysięgniki słupowe montowane na betonowych słupach linii napowietrznych. Wysięgnik jako dodatkowy element umożliwiający montaż oprawy oświetleniowej na słupie betonowym pełni ważną funkcję a jego parametry jak długość i kąt pochylenia wpływają na uzyskiwane parametry oświetlanego odcinka drogi. Spośród wszystkich zinventaryzowanych warte do rozważenia dla części wysięgników są zabiegi konserwacyjne w postaci czyszczenia i malowania oraz dla części wysięgników o długości 0,5 m i zlokalizowanych w znacznej odległości od jezdni wymiana na dłuższe w celu poprawy warunków oświetleniowych danego odcinka jezdni.

5.4. Analiza funkcjonowania układów sterowania oświetleniem drogowym i ulicznym

Instalacja oświetlenia ulicznego i drogowego zawiera 92 punkty rozliczania energii elektrycznej wraz z elementami sterowania, 43 punkty zlokalizowane są bezpośrednio w stacjach transformatorowych a 49 znajduje się w wydzielonych szafach oświetleniowych.

Punkty sterowania w szafach oświetleniowych stanowią zegary astronomiczne realizujące cykl załączeń i wyłączeń oświetlenia zgodnie z zachodem i wschodem słońca. Na terenie Gminy Radomyśl Wielki oprawy oświetleniowe w większości przypadków pracują w trybie wyłączenia w przedziale godzinowym 23.00-24.00.

Wymienione powyżej punkty rozliczania energii elektrycznej stanowią własność Tauron Dystrybucja S.A., a obowiązującą taryfą rozliczeniową jest taryfa C11. Taryfa ta dedykowana jest dla odbiorców zasilanych z sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia o mocy umownej nie większej niż 40 kW i prądzie znamionowym zabezpieczenia przedlicznikowego nie większym niż 63 A. Cechą charakterystyczną powyższej taryfy jest jedna strefa bez podziału na dwie strefy: nocną i dzienną

5.5. Ocena stanu szaf zasilających oświetlenie drogowe i uliczne

Do oceny poddano stan techniczny i funkcjonalny szaf oświetleniowych zasilających oraz sterujących oświetleniem drogowym i ulicznym.

Obudowy

W obudowie szafy oświetleniowej zlokalizowany jest układ pomiarowy w postaci licznika energii elektrycznej, układy załączania/wyłączania, układy zabezpieczające oraz układy sterowania. Zadaniem obudowy jest rozmieszczenie i pewne zainstalowanie powyższych układów w miejscach umożliwiających bezproblemowe połączenie oraz dostęp do wszystkich układów, jak również zachowanie szczelności i zapewnienie ochrony przed czynnikami zewnętrznymi. Spośród analizowanych szaf oświetleniowych można wyróżnić szafy, które instalowane były stosunkowo niedawno i zapewniają odpowiedni poziom szczelności. Pewna ilość szaf charakteryzuje się znacznym okresem użytkowania i widocznym wyeksploatowaniem, również po znajdujących się w środku licznych zabrudzeniach i nieczystościach, można przypuszczać że nie spełniają wymogu odnośnie odpowiedniego poziomu szczelności IP.

Inną kwestią związaną z modernizacją oświetlenia drogowego i instalowaniem opraw w technologii LED jest kompensacja mocy biernej pojemnościowej generowanej przez układy zasilania źródeł półprzewodnikowych. Kompensacje mocy biernej realizuje się poprzez instalowanie w szafach oświetleniowych indywidualnych dławików kompensujących dla poszczególnych obwodów oświetleniowych lub poprzez instalowanie inteligentnych układów kompensujących. Montaż wymienionych układów wymaga znacznego miejsca w obudowach szaf oświetleniowych. Na podstawie przeglądu obecnych szaf oświetleniowych można stwierdzić, że w obudowach szaf nie przewidziano miejsca na wymienione układy kompensujące i ich instalacja w obecnych szafach będzie trudna technicznie lub praktycznie niewykonalna. Poniżej przedstawiono przykładowe zdjęcia obudów szaf oświetleniowych o różnym stopniu wyeksploatowania.



Rys.34. Przykładowe ilustracje szaf oświetleniowych na terenie Gminy Radomyśl Wielki

Układ załączania/wyłączania

Za załączanie/wyłączanie obwodów oświetleniowych odpowiadają styczniki, w większości przypadków są to styczniki firmy Schneider oraz ETI. Wymienione styczniki podczas inwentaryzacji pracowały w sposób prawidłowy, ale wykazywały znaczne zużycie oraz charakteryzując się stosunkowo cichą pracą przy uruchomieniu. Czas życia wymienionych styczników definiuje liczba cykli włącz/wyłącz, dlatego należy przeanalizować czas pracy od momentu montażu i oszacować wykonaną liczbę cykli włącz/wyłącz celem oszacowania możliwego okresu wyeksploatowania powyższych styczników.

Sterowanie obwodów oświetleniowych wykonywane jest poprzez zastosowanie zegarów astronomicznych, w większości przypadków są to zegary firmy Rabbit.



Rys.35. Przykłady styczników oraz zegarów występujących w szafach oświetleniowych

Zabezpieczenia

W większości szaf oświetleniowych jako zabezpieczenia główne oraz zabezpieczenia obwodowe zastosowane są wyłączniki nadmiarowo prądowe oraz typu RB, w pojedynczych przypadkach wyłączniki topikowe. Pomimo, że obecnie odchodzi się od stosowania zabezpieczeń topikowych zastępując je wyłącznikami nadmiarowo-prądowymi, mogą one w dalszym ciągu pełnić prawidłową funkcję zabezpieczającą dane obwody oświetleniowe.



Rys.36. Zabezpieczenia występujące w szafach oświetleniowych

Wnioski

W czasie przeprowadzania audytu nie stwierdzono nieprawidłowości w działaniu układów sterujących oświetleniem. W znacznej ilości szaf znajdują się zabrudzenia i nieczystości co może świadczyć o wyeksploatowaniu i braku odpowiedniego poziomu szczelności. W obecnych obudowach szaf oświetleniowych instalacja dodatkowych układów kompensacji mocy biernej dla zmodernizowanego oświetlenia LED będzie trudna do zrealizowania.

6. Szczegółowa analiza wyników wykonanych obliczeń fotometrycznych metodą komputerową

Instalacja oświetlenia drogowego powinna zapewniać spełnienie parametrów oświetleniowych wymaganych normą PN-EN 13201 „Oświetlenie dróg” . Wymieniona norma składa się z pięciu części:

1. PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg – Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia,
2. PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 2: Wymagania eksploatacyjne,
3. PN-EN 13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych,
4. PN-EN 13201-4:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 4: Metody pomiaru efektywności oświetlenia,
5. PN-EN 13201-5:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 5: Wskaźniki efektywności energetycznej.

Ze względu na zróżnicowanie sytuacji drogowych i różnorodność użytkowników, w celu zapewnienia optymalnych warunków dla każdego uczestnika ruchu, wprowadzono klasy oświetlenia drogowego.

Dla ruchu zmotoryzowanego zdefiniowana została klasa M, która przeznaczona jest dla kierowców pojazdów silnikowych poruszających się na drogach z prędkością od umiarkowanej do dużej. Wymieniona klasa przyporządkowana została dla poszczególnych dróg na terenie Gminy Radomyśl Wielki. Główne kryteria oświetleniowe dla klasy M opierają na luminancji nawierzchni jezdni i obejmują luminancję średnią, równomierność ogólną i wzdłużną oraz wskaźnik ograniczenia olśnienia..

Klasa	Luminancja jezdni przy suchej i mokrej nawierzchni				Olśnienie przeszkadzające	Oświetlenie otoczenia
	Warunki suche			Warunki mokre	Warunki suche	Warunki suche
	\bar{L} w cd/m ² [eksploatacyjne minimum]	U_o [minimum]	U_l [minimum]	U_{ow} [minimum]	f_{TI} w % [maksimum]	R_{EI} [minimum]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

Tabela 4 – Wymagania oświetleniowe dla klasy M zgodnie z wytycznymi PN-EN 13201

Klasa M podzielona jest na 6 podklas (M1 – M6) a wybór odpowiedniej podklasy uzależniony jest m.in. prędkości użytkowników ruchu, natężenia ruchu, geometrii jezdni czy warunków otoczenia. Dla poszczególnych dróg objętych audytem przyporządkowano klasy oświetleniowe, które zestawiono w Tabeli 4. Dla dróg wojewódzkich oraz dróg powiatowych i gminnych o większym natężeniu ruchu przyporządkowano klasę M4, dla pozostałych dróg gminnych i lokalnych o mniejszym natężeniu ruchu przyporządkowano klasy M5 i M6.

Na terenie Gminy Radomyśl Wielki występuje dominujący jednostronny układ rozmieszczenia opraw oświetleniowych.



Rys.37. Ilustracja jednostronnego sposobu rozmieszczenia słupów oświetleniowych na odcinkach dróg i ulic

Dla projektowanego oświetlenia drogowego i ulicznego należy uwzględnić współczynnik utrzymania strumienia świetlnego, który związany jest między innymi ze starzeniem się źródeł światła czy zabrudzeniem opraw oświetleniowych. Uwzględnienie powyższego współczynnika umożliwia utrzymanie wymaganych wartości parametrów świetlnych podczas wieloletniej eksploatacji instalacji oświetleniowej.

Współczynnik utrzymania strumienia świetlnego uzależniony jest również od przyjętego okresu konserwacyjnego. Możliwe jest założenie dłuższego okresu bez wykonywania niektórych zabiegów konserwacyjnych np. mycia szyb opraw oświetleniowych, jednak wymagane jest

wówczas zwiększenie kosztów instalacji, utrzymującej odpowiednio zwiększony zapas eksploatacyjny. Dla przyjętych w projekcie opraw oświetleniowych ze źródłami LED, umiarkowanego zanieczyszczenia otoczenia pracy opraw założono 4-letni okres konserwacyjny związany z myciem opraw oświetleniowych.

Końcowy współczynnik utrzymania strumienia świetlnego jest iloczynem składowych współczynników przedstawionych poniżej:

$K_1 = 0,92$, spadek strumienia świetlnego źródeł światła LED,

$K_2 = 0,90$, umiarkowany stopień zanieczyszczenia środowiska w którym pracują oprawy,

$K_3 = 0,97$, spadek strumienia świetlnego związany ze zmniejszeniem współczynnika przepuszczania światła klosza oraz układu soczewkowego.

$$MF = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,92 \cdot 0,90 \cdot 0,97 = 0,8$$

Wyznaczony i przyjęty do obliczeń współczynnik utrzymania strumienia świetlnego MF wynosi 0,8.

Na podstawie wyników symulacyjnych w tabeli 5 zestawiono ilości oraz moce poszczególnych opraw LED dedykowanych do instalowania dla wszystkich dróg objętych audytem.

Nazwa szafy oświetleniowej	Obecne oprawy			Oprawy LED wytypowane do modernizacji				
	Oprawy drogowe wyładowcze	Obecne oprawy LED	Naświetlacze wyładowcze	Oprawa drogowa LED 40 W	Oprawa drogowa LED 50 W	Oprawa drogowa LED 60 W	Oprawa drogowa LED 90 W	Naświetlacz LED 150W
Dąbie								
Dąbie 1	7					7		
Dąbie 2	13					13		
Dąbie 3	10			10				
Dąbie 4	8					8		
Dąbie 6	7			6		1		
Dąbie 7	2					2		
Dąbie 8	4			4				
Dąbie 9	7					7		
Dąbie 10	8					8		
SO Dąbie Kurnik		10						
Dąbrówka Wistocka								
Dąbrówka Wistocka 1	12					12		
Dąbrówka Wistocka 3	23		2			23		2
Dąbrówka Wistocka 4	6					6		
Dąbrówka Wistocka - Kurnik	1					1		
Dulcza Mała								

Dulcza Mała 1	7					7		
Dulcza Mała 3	20				8	12		
Dulcza Mała 6	24	1		8		16		
Dulcza Wielka								
Dulcza Wielka 1	7	3				7		
Dulcza Wielka 2	20	2		11		9		
Dulcza Wielka 6	25			5		20		
Dulcza Wielka 7	6			4			2	
Dulcza Wielka 8	7			2		5		
Dulcza Wielka 9		2						
Dulcza Wielka 10	11					11		
Dulcza Wielka 11	1	5		1				
Dulcza Wielka 12	14			1		13		
Dulcza Wielka 13	9			2		7		
Dulcza Wielka 13/1	5			5				
Dulcza Wielka 16	7					7		
SO Dulcza Wielka 3		6						
Janowiec								
Janowiec 1	5				5			
Janowiec 2	11	1		2			9	
Janowiec 3	19			6	7	5	1	
Janowiec 4	11			1	10			
Partynia								
Partynia 1	16		1			16		1
Partynia 2	1	4					1	
Partynia 3	10				10			
Partynia 4	14				14			
Partynia 5	11				11			
Partynia 6	18				4	14		
Partynia 7	2					2		
Partynia 7/1	12				5	7		
SO Partynia 7/2		11						
Pień								
Pień 1	10				10			
Pień 2	12				12			
Pień 3	8				8			
Pień Hydrofornia	3				3			
Podborze								
Podborze 1	16	11		9	4	3		
Podborze 2	12				12			
Podborze 3	13				6	7		
Podborze 4	14					14		
Podborze 5	12				12			
Podborze 7	11					11		
Radomyśl Wielki								
Radomyśl Wielki 1	24	45	1	18		6		1
Radomyśl Wielki 2	6	24		5	1			
Radomyśl Wielki 3	14	3			6	8		
Radomyśl Wielki 4	10			5	5			
Radomyśl Wielki 5	9	6		1		8		
SO Radomyśl Wielki 6	7			2		5		
Radomyśl Wielki 7 Weterynaria	8	8		8				
Radomyśl Wielki 8	40	1		26	14			

Radomyśl Wielki 10	3	18			3			
SO Rondo nr 1		17						
SO Rondo nr 2		19						
SO Rondo nr 3		18						
SO Rondo nr 4		16						
Wólka Dulecka 1		4						
Wólka Dulecka 3	10	3		2	8			
Wólka Dulecka 4	15			9	2	4		
Ruda								
Ruda 1	21	7		6		15		
Ruda 2	9			8		1		
Ruda 4	10					10		
Ruda 6	15	1				15		
Ruda 8	18			3		15		
Ruda Biesów		3						
SO Ruda 1	13	3		7		6		
SO 1 Ruda 1		1						
SO 2 Ruda 1		4						
Zdziarzec								
Zdziarzec 1	10					10		
Zdziarzec 2	15			2		13		
Zdziarzec 3 KR	11	6				11		
Zdziarzec 5	6	1				4	2	
Zgórsko								
Zgórsko 1	8	9			8			
SO Zgórsko 3		6						
Żarówka								
Żarówka 1	10					10		
Żarówka 2	2	11		2				
Żarówka 3	5	5				5		
Żarówka 6	16					11	5	
Żarówka 7	8			2		6		
Żarówka 9	8			7		1		
SO Żarówka 8		4						
SO Żarówka 9		3						
	843	302	4	190	188	445	20	4
	1149			847				

Tabela 5 – Zestawienie ilościowe oprav na terenie Gminy Radomyśl Wielki

Dla modernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego przyporządkowano oprawy oświetleniowe w technologii LED o odpowiednio dobranych rozsyłach drogowych i typoszeregu mocowym w zakresie od 40 do 90W.

Obliczenia symulacyjne dla wybranych charakterystycznych odcinków ulic i dróg prowadzono z wykorzystaniem aplikacji obliczeniowo-wizualizacyjnej Dialux, w tym modułu do obliczeń oświetlenia drogowego. Zestawienie uzyskanych wyników symulacji w postaci raportów przygotowano w oddzielnym katalogu plików dołączonym do audytu. Przykładową kartę raportu zaprezentowano na poniższym rysunku.

drogi gminne o małym natężeniu ruchu - odległość pomiędzy oprawami 40m

Podsumowanie (do EN 13201:2015)

Wyniki dla pól oceny

Obliczono współczynnik konserwacji 0.80 dla instalacji.

	Rozmiar	Obliczono	Zad.	Zgodność
Jezdnia 1 (M6)	L_m	0.35 cd/m ²	≥ 0.30 cd/m ²	✓
	U_o	0.62	≥ 0.35	✓
	U_l	0.75	≥ 0.40	✓
	TI	9 %	≤ 20 %	✓
	R_{gl}	0.78	≥ 0.30	✓

Wyniki dla wskaźników wydajności energetycznej

	Rozmiar	Obliczono	Zużycie energii
drogi gminne o małym natężeniu ruchu - odległość pomiędzy oprawami 40m	D_p	0.040 W/lx*m ²	-
Oprawa uliczna LED 40W (z jednej strony na dole)	D_e	1.0 kWh/m ² rok	160.0 kWh/rok

Rys.38. Przykładowy fragment raportu obliczeń symulacyjnych wycinka drogi wykonany w programie Dialux

Wyniki przeprowadzonych symulacji jednoznacznie wskazują, że dla opraw usytuowanych w odległości od siebie wynoszącej średnio 40m (oprawy instalowane w interwale odległościowym co jeden słup energetyczny) spełnione będą wymagania oświetleniowe. Dla opraw oświetleniowych montowanych na „co drugim słupie”, co ma miejsce w zdecydowanej większości opraw zainstalowanych na terenie Gminy, nie będzie możliwości uzyskania satysfakcjonujących parametrów oświetleniowych zgodnie z zaleceniami PN-EN 1301:2016 – szczególnie zalecanego poziomu równomierności luminancji. Zatem dobór mocy opraw oświetleniowych do poszczególnych dróg z powyższym układem rozmieszczenia opraw, dobór opraw oświetleniowych przeprowadzono z zamiarem uzyskania możliwie wydłużonej plamy świetlnej wzdłuż drogi, ograniczenia emisji świetlnej w strefy poza pas pobocza i drogi, a także ograniczenia znacznych kontrastów pomiędzy strefami drogi pod oprawami a strefami drogi o minimalnej luminancji.

7. Analiza techniczno-technologiczna

Prace koncepcyjne i przygotowawcze związane z dobrem charakterystyki oświetlenia drogowego są najważniejszym elementem determinującym poziom uzyskanej jakości oświetlenia oraz oszczędności pomodernizacyjnych. Jakość oświetlenia wpływa nie tylko na komfort użytkowania ale również istotnie wpływa na bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego.

Optymalnie dobrane oprawy oświetleniowe, a konkretnie ich moc oraz rodzaj i specyfika emisji strumienia świetlnego z wykorzystaniem zmiennych układów optycznych jest pierwszym krokiem podczas projektowania nowego systemu oświetleniowego. Oprawy powinny być w pełni dostosowane do warunków podbudowy słupowej na jakiej będą instalowane, od źródeł natomiast oczekuje się jak największej skuteczności światło-technicznej. Rodzaj doboru sprzętu oraz technologia wykonania prac ma natomiast istotny wpływ na proces późniejszej konserwacji systemu oświetleniowego.

Należy wyspecyfikować taki osprzęt oświetleniowy który umożliwi w sposób znaczący ograniczenie kosztów konserwacji w okresie po instalacji. Prawidłowo wykonana inwestycja modernizacji układu oświetleniowego umożliwia ograniczenie wyjazdów oraz interwencji serwisowych do niezbędnego minimum, w głównej mierze prace po instalacyjne związane są z utrzymywaniem opraw w należytej czystości oraz incydentalne prace serwisowo kontrolne celem usuwania awarii lub braku świecenia w wyniku czasowego zaburzenia pracy układów sterujących.

Biorąc pod uwagę całość dróg i ulic Gminy Radomyśl Wielki możliwe jest sformułowanie kilku kluczowych wniosków mogących mieć istotny wpływ na zakres planowanych prac modernizacyjnych oświetlenia drogowego. Obejmują one:

1. Zagadnienia przyporządkowania mocy opraw LED do rodzaju dróg i ulic w gminie.
2. Dobór opraw oświetleniowych z uwzględnieniem kluczowego parametru skuteczności świetlnej oprawy.
3. Właściwy dobór systemu optycznego opraw oświetleniowych – charakterystyka krzywej światłości.
4. Zagadnienie jakości komponentów opraw drogowych w tym warunków termicznych.
5. Zagadnienie zakresu regulacji opraw drogowych.
6. Zagadnienie oddziaływania opraw oświetleniowych na środowisko.
7. Zagadnienie nadzoru nad pracą systemu oświetlenia drogowego.

7.1. Oprawy oświetlenia drogowego i ulicznego

Oprawy oświetleniowe w technologii LED skutecznie wypierają dotychczasowe rozwiązania źródeł światła produkowane w technologii sodowej, rtęciowej czy metalohalogenkowej. Głównym, decydującym czynnikiem w tym zakresie są zalety ekonomiczne, wysoka trwałość i utrzymywanie wartości kluczowych parametrów świetlnych w czasie oraz bardzo niskie zużycie energii elektrycznej w odniesieniu do skuteczności świetlnej (stosunku strumienia świetlnego oprawy oświetleniowej do całkowitej mocy oprawy). Obserwacja dynamiki wzrostu udziału technologii LED w rynku sprzedaży sprzętu oświetleniowego pozwala stwierdzić, iż jest ona najbardziej gwałtowna wśród wszystkich dostępnych rodzajów źródeł światła. Na szczycie klimatycznym COP24 w 2018 roku ustalono, że do 2030 roku 100% opraw oświetleniowych w miastach będzie się wyposażać w źródła światła oparte na technologii półprzewodnikowej.

Oddziaływanie fotobiologiczne

W dyrektywie 2001/95/WE oraz dyrektywie niskonapięciowej 2014/35/UE sformułowano zasady dotyczące ogólnego bezpieczeństwa produktów, w tym wymogu, aby źródła światła i oprawy oświetleniowe nie stwarzały żadnego zagrożenia dla środowiska związanego z promieniowaniem elektromagnetycznym. Na obszarze Europy obowiązuje przyjęta w stosownych dyrektywach bezpieczeństwa norma EN 62471 dotyczącą bezpieczeństwa produktów dla lamp i systemów lampowych. Funkcjonuje ona w oparciu o międzynarodową normę IEC 62471. Wedle tej normy elektryczne źródła światła są klasyfikowane do grup ryzyka na podstawie poziomu emisji promieniowania UV (światło niebieskie).

Biorąc pod uwagę źródła światła LED stwierdza się, że przyporządkowanie źródła półprzewodnikowego do pierwszej grupy ryzyka nie stwarza zagrożenia fotobiologicznego w normalnych warunkach użytkowania. Zatem biorąc pod uwagę ewentualność szkodliwego wpływu na aparat wzrokowy promieniowanego przez LED-y pasma światła niebieskiego (ryzyko uszkodzenia siatkówki światłem niebieskim, BLH) oraz potencjalnie zwyrodnienie plamki związane z wiekiem (AMD), można stwierdzić, że w kontekście czynnika bezpieczeństwa fotobiologicznego źródła LED wykazują cechy zbliżone do lamp wykorzystujących tradycyjną technologię – żarówek czy świetlówek (w tym CFL). Wskazywane do stosowania w oświetleniu drogowym źródła LED posiadają temperaturę barwową z zakresu 3000-4000 K, przez co ograniczony zostaje udział barwy niebieskiej do minimum.

Efektywność energetyczna

Podstawowym parametrem porównawczym pomiędzy najpopularniejszymi w oświetleniu drogowym źródłami sodowymi, metalohalogenkowymi i półprzewodnikowymi LED, jest skuteczność świetlna odniesiona do tej samej mocy elektrycznej. Źródło LED, a uwzględniając straty strumienia świetlnego powstałe wewnątrz komory optycznej, oprawa oświetleniowa LED osiąga wyższą skuteczność świetlną. W przypadku najnowszych rozwiązań dostępnych na rynku parametr ten dla opraw LED oscyluje w zakresie od 130lm/W do 170lm/W.

Dodatkowo w odróżnieniu od tradycyjnych źródeł wyładowczych np. sodowych i metalohalogenkowych, LED-y wyposaża się w znacznie bardziej precyzyjny układ optyczny. Innymi słowy mała powierzchnia gabarytowa źródła LED daje większe możliwości formowania koncentrycznej wiązki świetlnej. Finalnie oprawy drogowe LED, wyposażone w odpowiednio dobrany soczewkowy układ optyczny, są w stanie oświetlić bardziej precyzyjnie niż oprawy ze źródłami sodowymi strefę drogi z poboczem, eliminując do minimum niekorzystne rozświetlanie otoczenia drogi.

Podobnie w osi wzdłużnej drogi oprawy drogowe z lampami LED są w stanie znacznie bardziej równomiernie oświetlić ciąg komunikacji pieszej i samochodowej. Dzięki temu jest eliminowane zjawisko znacznych kontrastów luminancji pomiędzy strefami drogi bezpośrednio pod oprawami i pomiędzy oprawami, które występuje w oświetleniu sodowym. Lepsze wykorzystanie strumienia świetlnego opraw LED daje możliwość zastąpienia tradycyjnej oprawy sodowej o mocy 100W oprawą ze źródłami LED o mocy z zakresu 40 - 60W.

Właściwe kierowanie wiązki świetlnej oprawy oświetleniowej w kontur drogi

Dla zapewnienia możliwie najpełniejszego wykorzystania strumienia świetlnego źródła światła do celów oświetleniowych stosuje się kilka technicznych rozwiązań w tym: systemy optyczne formujące wiązkę świetlną źródeł światła odpowiednio do potrzeb (oczekiwanie skierowania możliwie jak największej części strumienia na oświetlaną powierzchnię), systemy regulacji położenia oprawy oświetleniowej w dwu wzajemnie prostopadłych płaszczyznach oraz system wysięgników o długości i pochyleniu dobieranym indywidualnie do danej sytuacji oświetleniowej.

Zwykle powyższe środki techniczne są wystarczające w obszarze oświetlenia ulicznego (zasadniczo regularne rozmieszczenie słupów oświetleniowych w stosunkowo bliskiej odległości od krawędzi drogi). Zupełnie inaczej przedstawia się sytuacja w odniesieniu do oświetlenia montowanego na słupach energetycznych, które także występują w Gminie Radomyśl Wielki.

Zatem w oświetleniu drogowym tworzą się specyficzne bardzo trudne warunki instalacji opraw oświetleniowych oraz trudności w odpowiednim doborze optyki oprawy, doborze wysięgników i ich pochylenia oraz nacelowania strumienia świetlnego poszczególnych opraw na płaszczyznę drogi.

O ile dobór optyki oraz długości i pochylenia wysięgnika możliwy jest na etapie doboru opraw (weryfikacja efektów doboru z wykorzystaniem aplikacji obliczeniowych) o tyle pozycjonowanie oprawy „w terenie” zgodnie z zamierzeniami może stanowić duży problem. Najczęściej w ramach modernizacji oświetlenia drogowego na etapie montażu poszczególnych opraw do wysięgników, ich pozycjonowanie w dwóch osiach przeprowadza się w ciągu dnia. Wymuszają to względy bezpieczeństwa przeciwporażeniowego (oprawy są instalowane na słupach energetycznych). Instalatorzy intuicyjnie oceniają jak pochylić oprawę aby skierować jej strumień świetlny na drogę gminną. Takie działanie obarczone jest dużym błędem i może prowadzić do wystąpienia ryzyka olśnienia bezpośredniego (przy wadliwym pozycjonowaniu oprawy w osi poprzecznej) oraz kierowanie części strumienia świetlnego poza obrys drogi (nieprawidłowe pozycjonowanie w osi wzdłużnej drogi).

Uruchomienie oświetlenia drogowego w trakcie montażu i obserwacja położenia plamy świetlnej na drodze w trakcie pozycjonowania opraw nie przynosi spodziewanego rezultatu gdyż luminancja drogi związana z oświetleniem dziennym wielokrotnie przekracza luminancję drogi związaną z oświetleniem drogowym.

Również pozycjonowanie opraw w porze dnia gdy oświetlenie dzienne zanika (zmrzch lub świt) ma bardzo ograniczony zakres. Średnio modernizacja oświetlenia w gminie to wymiana ok 1000-3000 opraw, zatem proces wymiany całości opraw rozłożony byłby w czasie nieakceptowalnym przez inwestora. Z kolei wymiana oświetlenia w porze nocnej, gdzie rzeczywiście możliwa byłaby efektywna obserwacja owalnej plamy świetlnej tworzonej przez poszczególne oprawy nie wchodzi w grę ze względów bezpiecznej pracy instalatorów.

Niejednokrotnie zatem, po zamontowaniu odcinka opraw drogowych, przeprowadza się nocną ocenę efektów ich nacelowania. Gdy plamy świetlne są znacznie przemieszczone względem obrysu drogi w kolejnym kroku w ciągu następnego dnia realizuje się korektę nacelowania. Trzeba zaznaczyć, że takie kolejne przybliżenia pozycjonowania opraw mają wpływ na finalny koszt montażu opraw (koszty wynajmu podnośnika) oraz wydłużają istotnie czas wymiany. Często bywa i tak, że perspektywa kar na niedotrzymanie terminu realizacji modernizacji oświetlenia decyduje o wątpliwej precyzji nacelowania opraw, wpływając na pogorszenie efektywności optycznej modernizowanej oświetleniowej instalacji drogowej.

Zatem należy stwierdzić, iż problem pozycjonowania opraw oświetlenia drogowego, który cechuje potrzeba indywidualnego pochylania każdej z oprawy, stanowi poważne wyzwanie dla instalatorów, wpływając bezpośrednio na efektywność optyczną oświetlenia drogowego oraz względy bezpiecznej komunikacji pieszych w ramach pasów poboczy (przeważnie bez wydzielonych chodników) oraz zmotoryzowanych.

Konkluzja:

Dla opraw instalowanych na słupach oświetleniowych oraz energetycznych wskazane jest aby montaż nowych opraw LED na słupach był realizowany z techniczną możliwością precyzyjnego pozycjonowania indywidualnie każdej z opraw względem konturu ulicy lub drogi.

Trwałość użytkowa

Współcześnie jakość dostępnych na rynku oświetleniowym komponentów opraw LED, a szczególnie jakość zasilaczy oraz źródeł LED pozwala na wydawanie gwarancji producenckiej w okresie co najmniej 10 lat. Daje to Inwestorowi możliwość obniżenia potencjalnych kosztów wymiany oświetlenia na etapie konserwacji instalacji oraz ograniczenie zakupu opraw o niskiej jakości. Czas bezawaryjnej pracy opraw oświetleniowych jak wspomniano wyżej zależy od jakości komponentów w tym jakości źródeł LED (możliwość utrzymywania wartości strumienia świetlnego z niewielkim spadkiem przez długi okres czasu). Szczególnie trwałość źródeł LED zależy od warunków termicznych panujących na płycie montażowej wewnątrz oprawy i wynosi ok 100 000 godzin. Należałoby również oczekiwać, aby prąd roboczy przepływający przez źródła LED był na możliwie niskim poziomie, co wpływa bezpośrednio na warunki termiczne w środowisku komory optycznej.

Konkluzja:

Reasumując, jakość oferowanych opraw drogowych powinna przekładać się na długi okres gwarancji, zaś długi czas bezawaryjnej pracy oprawy powinien wiązać się z niskimi wartościami prądów pracy LED-ów i dobrymi warunkami odprowadzania ciepła z korpusu oprawy oświetleniowej.

Parametry kolometryczne światła

O ile dedykowany do zastosowania asortyment źródeł LED został zbadany pod kątem tzw. bezpieczeństwa fotobiologicznego (ograniczenie zakresu promieniowania ultrafioletowego do

wartości bezpiecznych na prawidłowego funkcjonowania ludzkiego narządu wzroku) i poparte to jest stosownym świadectwem, to proponuje się ujednolicenie stosowanej temperatury barwowej źródeł LED do zwyczajowo stosowanej wartości 4000K. Stosowanie niższych wartości temperatury barwowej może powodować subiektywne obniżenie postrzeganej siły promieniowania strumienia świetlnego w środowisku świetlnym oraz pewne obniżenie stopnia koncentracji zmotoryzowanych uczestników ruchu (mechanizm wydzielania w organizmie ludzkim melatoniny, powiązany z niską temperaturą barwową oraz niskim poziomem strumienia świetlnego). Ewentualne rozgraniczenie barwowe systemu oświetleniowego może obejmować np. czytelniejsze zasygnalizowanie stref przejść dla pieszych.

Wyspecyfikowane parametry techniczne opraw oświetlenia drogowego i ulicznego

Bazując na powyższych wnioskach oraz na inwentaryzacji geoinformatycznej, specyfice rozstawu i zabudowy infrastruktury oświetleniowej oraz charakterystyki ciągów komunikacyjnych wyspecyfikowano następujące minimalne parametry fotometryczne i cechy techniczne opraw oświetlenia w technologii LED dla Gminy Radomyśl Wielki:

Minimalne parametry techniczne opraw oświetleniowych, systemu do geolokalizacji i zarządzania oświetleniem oraz oprogramowania do programowania układów zasilających

Minimalne parametry techniczne opraw oświetlenia ulicznego:

1. Napięcie zasilania (V): Napięcie nominalne: 230 V \pm 10% – 50Hz.
2. Warianty mocowe: 40W, 50W, 60W, 90W \pm 5%
3. Skuteczność świetlna (lm/W): minimum 160lm/W
4. Współczynnik mocy (PF): minimum 0.98
5. **Zasilacz:**
 - a. Układ zasilania niezintegrowany z układem świetlnym i optycznym, zainstalowany w oddzielnej komorze montażowej,
 - b. Sterowanie: DALI-2 D4i wraz z certyfikatem Certyfikat DALI-2 i D4i,
 - c. Możliwość regulacji prądu wyjściowego (AOC) z wykorzystaniem protokołu NFC,
 - d. 3 tryby pracy regulatora czasowego z możliwością przyciemniania wg. 5 programowalnych profili
- i. Tryb I: Automatycznie dostosowuje krzywą ściemniania na podstawie czasu włączenia z ostatnich dwóch dni (jeśli różnica wynosi <15 minut),

- ii. Tryb II: Automatycznie dostosowuje czas włączenia każdego kroku o stałą wartość procentową = (rzeczywisty czas załączenia z ostatnich 2 dni jeśli występuję przesunięciu lub różnica wynosi <15 min) / (zaprogramowany czas załączenia z krzywej ściemniania)
- iii. Tryb III: praca z zaprogramowaną krzywą czasową po włączeniu bez żadnych zmian na podstawie dowolnie modyfikowalnych i programowalnych 5 profili świecenia.
 - e. Pobór mocy w trybie czuwania DIM-TO-OFF $\leq 0,5$ W (mierzone przy napięciu 230V 50Hz)
 - f. Zintegrowany zasilacz magistrali 16Vdc oparty na DALI-2,
 - g. Czujnik termicznej ochrony modułu LED zmniejszające prąd wyjściowy do normy po usunięciu nadmiernej temperatury (OTP)
 - h. Ochrona przeciwprzepięciowa wejścia: DM 6kV, CM 10KV
 - i. Ochrona: IUVP, IOVP, OVP, SCP, OTP,
 - j. Układ zasilania kompatybilny z bezprzewodowym terminalem do wgrywania/programowania profili czasowych pozwalających na redukcję, przyciemnianie oprawy,
 - k. Zasilacz wyposażony w kompensację światła wyjściowego (OLC) do utrzymania stałego strumienia świetlnego przez cały okres eksploatacji,
- 6. Ochrona od wzrostu i skoku napięcia: $U_{oc} = 20kV$, $U_p = 1300$ V, $U_c = 320$ V AC
- 7. Współczynnik oddawania barw (R_a) >70
- 8. Żywotność (h) $\geq 100\ 000$
- 9. Temperatura barwowa (K) $4000\ K \pm 100\ K$
- 10. Rozsył: o charakterze drogowym optymalnie dostosowanym do charakterystyki lokalizacyjnej danego punktu oświetleniowego. Oprawa powinna posiadać minimum 6 różnych wymiennych układów optycznych.
- 11. Oprawa powinna być wyposażona w oznakowanie identyfikacyjne w postaci kodu kreskowego/kodu QR lub innego systemu identyfikacji produktu, pozwalające Wykonawcy/Zamawiającemu na natychmiastową identyfikację wszystkich parametrów oprawy, takich jak typ optyki, typ układu zasilającego, moc znamionową, datę produkcji itd.) za pomocą smartfonu lub innego urządzenia przenośnego i darmowej dla Zamawiającego aplikacji.
- 12. Klasa szczelności: Minimum IP67
- 13. Temperatura pracy ($^{\circ}C$) $-40/+40$
- 14. Oprawa malowana farbami proszkowymi na kolor w odcieniu szarości
- 15. Obudowa: Dwukomorowa z aluminium wtryskiwanym wysokociśnieniowo, obudowa gładka bez uźebrowań w górnej pokrywie
- 16. Bez narzędziowy dostęp do komory zasilania w oprawie, dostęp do komory zasilania powinien się odbywać poprzez otwarcie dolnej pokrywy oprawy

17. Zatrzaski/klipsy montażowe wyposażone w otwory umożliwiające założenie plomby lub opaski gwarancyjnej zabezpieczającej komorę zasilania na czas gwarancji
18. Otwór montażowy: Od Ø32 do Ø76
19. Regulacja kąta pochylenia oprawy [°]: Oprawa wyposażona w uniwersalny uchwyt pozwalający na montaż zarówno na wysięgniku jak i bezpośrednio na słupie, a także pozwalający na zmianę kąta nachylenia oprawy w zakresie od -90° do +90°. Uchwyt powinien być wykonany z tego samego materiału co korpus oprawy, malowany proszkowo w tym samym kolorze, co oprawa. Uchwyt nie może stanowić dodatkowego regulowanego przegubu a być integralną częścią oprawy
20. Klasa ochronności oprawy: II
21. Odporność na uderzenia dla całej oprawy: IK09
22. Klosz zamykający oprawę wykonany ze szkła hartowanego
23. Bezpieczeństwo fotobiologiczne: Oprawy powinny spełniać normę o bezpieczeństwie fotobiologicznym RG1
24. Oprawa przy ustawieniu 0° (poziomym) nie może emitować światła w górną półprzestrzeń - zgodnie z Rozporządzeniem Komisji Europejskiej (WE) nr 245/2009 z 18 marca 2009 r.
25. Elementy mocujące oprawę na słupie, wysięgniku (śruby, podkładki) wykonane ze stali nierdzewnej. Celem zapewnienia stabilnego mocowania przez cały okres eksploatacji, uchwyt mocujący oprawę do wysięgnika wyposażony w 5 punktowy docisk
26. Komora zasilania połączona elementem konstrukcyjnym w postaci np. linki, opaski itp. z przegubem mocującym oprawę na wysięgniku celem zapobiegnięcia zerwania się oprawy z wysięgnika podczas kolizji ze słupem oświetleniowym. Punkty dociskowe przegubu przygotowane fabrycznie, nie dopuszcza się rozwiercania i gwintowania przegubu na potrzeby montażu
27. Oprawa wyposażona w zacisk/rozłącznik nożycowy
28. Sposób przyłączenia okablowania wewnętrznego oprawy: kostka zaciskowa bez gwintowa
29. Certyfikat ENEC, ENEC+, ZD4i lub certyfikat i sprawozdanie z badań ośrodka badawczego akredytowanego lub notyfikowanego na potwierdzenie i wykonanie wyrobu zgodnie z obowiązującymi normami zharmonizowanymi z Dyrektywą LVD (PN-EN 60598-1/PN-EN 60598-2-3) oraz zachowanie reżimów produkcji i jej powtarzalności, zgodnie z Typem 5 wg. ISO/IEC 17067. Certyfikat lub sprawozdanie z badań powinno jednoznacznie potwierdzić spełnianie parametrów zdefiniowanych przez Zamawiającego zgodnie z udzielonymi odpowiedziami i modyfikacjami SWZ na potwierdzenie parametrów: skuteczność świetlna (lm/w), zmierzona moc rzeczywista (W), współczynnik mocy (PF), temperatura barwowa (K), współczynnik oddawania barw (Ra), odporność na

uderzenia (IK), stopień ochrony (IP), całkowity strumień świetlny (lm), zabezpieczenie przeciwprzepięciowe (kV). Sprawozdanie powinno zawierać zestawienie elementów wchodzących w skład kompletnej oprawy z informacją o wytwórcy lub znaku towarowym oraz typie lub modelu pozwalającym na jednoznaczną identyfikację wyrobu tj.: zastosowana dioda LED, soczewka, układ zabezpieczenia przeciwprzepięciowego, zasilacz.

Minimalne parametry techniczne bezprzewodowego programatora układów zasilania

1. zasilany przez gniazdo USB,
2. współpracujący z komputerem klasy PC i systemem operacyjnym Windows
3. współpracujący z protokołem bezprzewodowej komunikacji NFC
4. kompatybilny z oprogramowaniem do bezprzewodowego programowania układów zasilających oprawy oświetleniowe z możliwością,
5. urządzenie powinno umożliwiać programowanie układu zasilania nie podłączonego do zasilania zewnętrznego (AC).

Minimalne parametry techniczne oprogramowania do programowania układów zasilających oprawy oświetleniowe (oprogramowanie kompatybilne we wszystkich swoich funkcjach z zasilaczem)

- a. oprogramowanie kompatybilne z trzema trybami pracy regulatora czasowego z możliwością przyciemniania wg. 5 programowalnych profili
 - i. Tryb I: Automatycznie dostosowuje krzywą ściemniania na podstawie czasu włączenia z ostatnich dwóch dni (jeśli różnica wynosi <15 minut)
 - ii. Tryb II: Automatycznie dostosowuje czas włączenia każdego kroku o stałą wartość procentową = (rzeczywisty czas załączenia z ostatnich 2 dni jeśli występuje przesunięcie lub różnica wynosi <15 min) / (zaprogramowany czas załączenia z krzywej ściemniania)
 - iii. Tryb III: praca z zaprogramowaną krzywą czasową po włączeniu bez żadnych zmian na podstawie dowolnie modyfikowalnych i programowalnych 5 profili świecenia
- b. ustawianie prądu wyjściowego zasilacza
- c. włączanie/wyłączanie trybu OLC zasilacza, wprowadzanie parametrów za pomocą danych liczbowych (procentowych) lub za pomocą krzywej
- d. definiowanie trybu ściemniania za pomocą krzywej i wartości procentowych
- e. możliwość regulacji ściemniania, czasu utrzymania i czasu zanikania dla wybranego profilu
- f. wyświetlanie zaprogramowanych parametrów na wykresie

- g. możliwość ustawienia parametrów ochrony układu zasilania (zmiany charakterystyki pracy) w zależności od temperatury wewnętrznej podzespołów (przegrzanie)

Minimalne parametry techniczne nowych szaf sterowania oświetleniem ulicznym i drogowym

1. obudowa min. IP44, kategoria palności FH2-7, IK10, kolor RAL7035, dwukomorowa, zgodna z normą PN IEC 439
2. zabezpieczenie przedlicznikowe nadprądowe z charakterystyką prądowo-czasową dobraną na podstawie obliczeń projektowych
3. stycznik klasy AC3
4. zabezpieczenia odpływowe nadprądowe z charakterystyką prądowo-czasową dobraną na podstawie obliczeń projektowych
5. rozłącznik typu FR na zasilaniu części rozdzielczej
6. zamontowany zegar astronomiczny z opcją programowania wyjątków i automatyczną zmianą czasu zimowego na letni, funkcja NFC z przerwą nocną lub innym systemem programowania zdalnego
7. przełącznik w zakresie: sterownik astronomiczny, sterowanie ręczne
8. zabezpieczenie zegara oraz układu kompensacji energii biernej (jeśli dotyczy)
9. w zależności od warunków komora licznikowa z prawej lub lewej strony szafy
10. komora licznikowa musi być dostosowana do montażu zamka z systemem „masterkey” i musi umożliwiać zaplombowanie pokrywy zacisków licznika i zabezpieczeń przedlicznikowych
11. komora sterowania oświetleniem musi być dostosowana do montażu zamka i kłódki energetycznej
12. wymagane wymiary szafki: 260x600x220 (cz. licznikowa) + 400x600x220 (cz. rozdzielcza); w przypadku instalowania więcej niż dwóch obwodów oświetleniowych dopuszcza się zastosowanie szafy o większych wymiarach w zakresie komory sterowania oświetleniem

W przypadku realizacji wariantu III system sterowania oświetleniem ulicznym powinien charakteryzować się poniższymi właściwościami.

Minimalne właściwości systemu sterowania oświetleniem ulicznym:

- pełna kontrola i zarządzanie systemem przez stronę www,

- synchronizacja czasu GPS (pobierane z GPS czas i położenie geograficzne umożliwiają - dokładne obliczenie wschodów i zachodów słońca w danym dniu i miejscu),
 - komunikacja: GPRS, SMS,
 - automatyczna lokalizacja sterowników na mapie strony www,
 - łatwe tworzenie i zarządzanie grupami sterowników,
 - możliwość awaryjnego włączania/wyłączania oświetlenia SMS-em (z telefonu komórkowego lub strony www),
 - monitorowanie w czasie rzeczywistym i analiza parametrów sieci: prądu, napięcia, zużycia energii, mocy czynnej, mocy biernej,
 - archiwizacja i wizualizacja danych alarmowych i pomiarowych,
 - system raportowania,
 - autoryzacja użytkowników (login, hasło) oraz nadawanie im różnych uprawnień,
 - zdalna wymiana oprogramowania i ustawień po GPRS,
 - dostęp do darmowego oprogramowania na stronie www,
 - aplikacja na urządzenia mobilne,
 - awaryjne zasilanie z wbudowanego akumulatora,
 - diody LED na panelu czołowym sygnalizujące stan wejść i wyjść, sygnał GSM, GPRS GPS, zasięg sieci, stan ładowania akumulatora,
 - 6 trybów pracy wyjścia: astronomiczny, dobowy, kaskada, serwis, redukcja, pogodowy
- możliwość wprowadzenia 10 wyjątków od harmonogramu pracy oświetlenia (np. święta kalendarzowe, święta lokalne, itp.),
- możliwość ustawienia odrębnych poprawek dla lata i zimy,
 - natychmiastowa informacja o wystąpieniu sytuacji alarmowych, tj. zaniku napięcia
 - zasilania, zaniku poszczególnych faz, przekroczenia/obniżenia mocy, otwarć szafy,
 - zdalne włączanie/wyłączanie oświetlenia podczas prac serwisowych,
 - możliwość zdalnego programowania oprav z wykorzystaniem mikroprocesorowego przekaźnika czasowego,
 - możliwość dostosowania oświetlenia drogowego do aktualnego natężenia ruchu (w oparciu o dane z zewnętrznego systemu sterowania ruchem ulicznym),
 - system zaprojektowany do stosowania zarówno w nowej, jak i istniejącej instalacji oświetleniowej,
 - chwilowy brak dostępu do internetu nie zakłóca pracy sterownika,
 - system zaprojektowany do stosowania zarówno w nowej, jak i istniejącej instalacji

Oświetleniowej,

- chwilowy brak dostępu do internetu nie zakłóca pracy sterownika,
- możliwość podłączenia centralnej fotokomórki w celu natychmiastowej reakcji na silne zmiany pogody.

Minimalne parametry systemu sterowania oświetleniem ulicznym:

- napięcie zasilające: 85-264 VAC, 47-440 Hz,
- szerokość urządzenia: max 9 modułów,
- ilość wyjść: 8 (4 zwierne, 4 przełączne),
- obciążalność prądowa wyjść: AC1: 6 A/250 V AC; DC1: 6 A/24 V DC,
- ilość wejść: 8,
- temperatura pracy: od -30°C do +85°C,
- stopień ochrony: IP20,
- montaż na szynie DIN,
- współpraca z analizatorem sieci/licznikiem.

MIKROPROCESOROWY PRZEŁĄCZNIK CZASOWY DO STEROWANIA REDUKCJĄ MOCY OPRAWY – w przypadku stosowania systemu sterowania oświetleniem ulicznym

Mikroprocesorowe przekaźniki czasowe do redukcji strumienia świetlnego montowane w komorach zasilania opraw oświetleniowych, powinny posiadać parametry i właściwości nie gorsze niż opisane poniżej:

Właściwości przekaźników:

- brak przewodu sterującego,
- brak zegara i wewnętrznej baterii,
- możliwość zmiany nastaw we wszystkich oprawach jednocześnie,
- sygnalizacja stanu pracy do celów serwisowych,
- programowanie przekaźnika zdalnie przez Bluetooth (grupowe),
- programowanie przekaźnika zdalnie poprzez Internet,
- programowanie przekaźnika lokalnie poprzez dedykowany programator,
- dwa poziomy redukcji T1 oraz T2 – możliwość redukcji strumienia w 16 poziomach (skok co 6%),

Parametry przekaźników:

- napięcie zasilające: 230 V +5/-15%, 50Hz,
- wyjście: 1-10 V,
- pobór mocy: 0,5 W,
- temperatura pracy: od -30°C do +80°C,
- stopień ochrony: IP20,
- montaż: wewnątrz oprawy LED.

Weryfikacja parametrów technicznych opraw jest elementem kluczowym zabezpieczającym inwestora przed otrzymaniem produktów niezgodnych z ogólnymi zasadami bezpieczeństwa eksploatacji, niskiej jakości oraz narażenia finansów publicznych na dodatkowe koszty. W związku z powyższym badanie zgodności i jakości zadeklarowanych parametrów oraz cech użytkowych odbywać się będzie w kilku etapach.

Wykonawca zobowiązany jest:

1. Wykonawca przed przystąpieniem do realizacji przedmiotu zamówienia i wbudowaniem urządzeń i materiałów zobowiązany jest przedłożyć do akceptacji Zamawiającemu, karty katalogowe, świadectwa, aprobaty techniczne, certyfikaty, atesty i itp. na materiały i proponowane urządzenia wbudowane przez Wykonawcę w tym w szczególności nw. dokumenty potwierdzające spełnienie wymagań określonych w dokumentacji technicznej parametrów,
2. do dostarczenia Zamawiającemu wraz z ofertą symulacji fotometrycznych wskazanych przez Zamawiającego ulic w postaci obliczeń parametrów oświetleniowych dla referencyjnych geometrii montażu opraw w odniesieniu do załączonych symulacji fotometrycznych, należy zaznaczyć że to na Wykonawcy ciąży obowiązek udokumentowania i przedstawienia w postaci raportu z obliczeń fotometrycznych symulacji w formacie pdf i pliku programu ogólnodostępnego do przeprowadzenia symulacji typu Dialux,
3. wraz z ofertą dostarczyć Zamawiającemu wszystkie pliki fotometryczne dla typów opraw i rozsyłów zastosowanych w symulacjach fotometrycznych, uzyskane w symulacjach wyniki parametrów fotometrycznych nie mogą być niższe od symulacji referencyjnych,
4. wykonać obliczenia zgodne z przyjętymi przez Zamawiającego założeniami w zakresie identycznego współczynnika zapasu (konserwacji), geometrii dróg i planu sytuacyjnego podbudowy słupowej,
5. do wykonania obliczeń dla opraw o tolerancji mocy nie większej niż +5% dla mocy wskazanych przez Zamawiającego w przedmiotowym opracowaniu i audycie stanowiącym załącznik do przedmiotowego dokumentu,

6. dostarczyć próbki kompletnych opraw ulicznych o mocach: 40W, 50W, 60W, 90W, wraz z ofertą w celu potwierdzenia, że oferowane dostawy, odpowiadają wymaganiom określonym przez Zamawiającego. Tolerancja zakresu mocowego +/- 5%).
7. po realizacji inwestycji Wykonawca zobowiązany jest wykonać pomiary fotometryczne z zastosowaniem matrycowego miernika luminancji dla pięciu wyznaczonych przez Zamawiającego odcinków ulic - odpowiednio dla wybranych klas oświetlenia, w tym dla odcinków drogi wojewódzkiej nr 829.

Oprawy należy zbadać w zakresie następujących parametrów światło-technicznych:

- a) skuteczność świetlna (lm/W),
- b) zmierzona moc rzeczywista (W),
- c) współczynnik mocy - (PF),
- d) temperatura barwowa (K),
- e) współczynnik oddawania barw (Ra),
- f) poziom szczelności (IP),
- g) odporność na uderzenia (IK).

Warunki pomiarowe:

- napięcie zasilania 230V: $\pm 5\%$,
- częstotliwość zasilania 50 Hz,
- czas wygrzewania 1 godzina,

Pomiar parametrów elektrycznych będzie wykonany z wykorzystaniem miernika mocy w tych samych warunkach pomiarowych dla wszystkich próbek. Oprawy wyłonionego w wyniku przetargu Wykonawcy (o mocach wskazanych przez Zamawiającego) poddane zostaną oględzinom i pomiarom weryfikującym w jednym z niezależnych krajowych laboratoriów w zakresie zgodności parametrów z zdefiniowanymi minimalnymi wymaganiami.

Minimalne wymagania techniczne dla projektowanego systemu zarządzania infrastrukturą oświetleniową

System informatyczny współpracujący z aplikacją mobilną do inwentaryzacji i zarządzania (konserwacji) oświetleniem ulicznym oraz jego infrastrukturą towarzyszącą:

1. udostępniony w modelu SaaS
2. zintegrowany z mapami Google Maps zarówno w charakterze prezentacji danych na mapie jak i nawigacji do wybranego punktu i urządzenia;

3. system powinien posiadać funkcjonalność, która pozwalać będzie na odbieranie, przetwarzanie i zaimplementowanie wszystkich informacji o punktach oświetleniowych wraz z oznaczeniem na mapie poszczególnych punktów świetlnych (i urządzeń peryferyjnych wchodzących w skład całej infrastruktury oświetleniowej) zdefiniowanych przez klienta aplikacji mobilnej w terenie;
4. system powinien umożliwiać po przeprowadzeniu synchronizacji i odebraniu danych z aplikacji mobilnej na manualne modyfikacje oznaczeń położenia punktów oświetleniowych na mapie,
5. każdy wprowadzony parametr punktu oświetleniowego z poziomu aplikacji i przesłany na serwer powinien być modyfikowalny również z poziomu systemu informatycznego;
6. panel systemu informatycznego do zarządzania oświetleniem powinien posiadać mapę z funkcją street view;
7. system powinien zapewniać dostęp do danych historycznych każdego urządzenia wchodzącego w skład infrastruktury oświetleniowej, historii napraw w zdefiniowanym czasie i okresie.;
8. system powinien umożliwiać prowadzenie szczegółowej charakterystyki i edycji urządzeń na podstawie słowników, które mogą być samodzielnie modyfikowane przez administratorów;
9. system powinien umożliwiać za pomocą dedykowanego przycisku zgłaszanie awarii z widoku lampy lub listy lamp przypisanych do stacji, automatycznie przenosząc użytkownika do centrum zgłoszeniowego awarii oświetlenia ulicznego;
10. system powinien posiadać wbudowaną wyszukiwarkę umożliwiającą wyszukiwanie urządzeń wchodzących w skład infrastruktury oświetleniowej według ich lokalizacji lub numeru ewidencyjnego;
11. system powinien umożliwiać generowanie rozbudowanych raportów dotyczących akcji serwisowych, napraw w procesie konserwacji i utrzymania oświetlenia oraz bieżących usprawnień i modernizacji wraz z informacją o zużytych w danym cyklu konserwacyjnym materiale w procesie naprawy i przebudowy urządzeń,
12. interfejs systemu informatycznego powinien być responsywny i dostosowany do urządzeń mobilnych;
13. system powinien posiadać funkcję raportowania o akcjach serwisowych i napraw w procesie konserwacji i utrzymania oświetlenia;
14. system powinien umożliwiać wygenerowanie raportu miesięcznego wraz z eksportem do pliku PDF z szczegółowym wykazem wykonanych prac konserwacyjnych (ilość zużytego materiału, wykaz awarii i prac konserwacyjnych wraz z czasem przeznaczonym na

- naprawę, zdjęcia z tereny prowadzonych prac) w odniesieniu do comiesięcznych faktur za świadczenie usługi utrzymania systemu oświetleniowego;
15. system powinien umożliwiać wprowadzanie informacji dotyczących wyposażenia szaf sterowniczych włącznie z numerem identyfikacyjnym będącym nr właściwego licznika zainstalowanego w szafie;
 16. system powinien posiadać funkcjonalność przetwarzająca dane wprowadzone w aplikacji mobilnej odnośnie wszystkich elementów infrastruktury oświetleniowej (włącznie z punktami słupowymi na których nie jest zainstalowana oprawa oświetleniowa lub inny sprzęt oświetleniowy) i wyświetlać na widoku mapowym przewody zlokalizowane na danych odcinkach wraz z informacją i rodzajem i przekroju przewodu oraz jego długości.
 17. system powinien posiadać funkcjonalność powiadamiająca komunikatem sms serwis techniczny o każdym nowym zgłoszeniu zarejestrowanym na systemie lub serwisie informatycznym bez konieczności logowania;
 18. system powinien posiadać funkcjonalność pozwalającą na przechowywanie i wyświetlanie raportów z pomiarów luminancji oświetlenia drogowego w odniesieniu do ulic przypisanych poszczególnym odcinkom oświetleniowym,
 19. system powinien posiadać funkcję tworzenia struktur oraz poziomów dostępu dla poszczególnych użytkowników;
 20. system powinien posiadać funkcję powiadamiania drogą SMS, e-mail o predefiniowanych zdarzeniach Wykonawcę na wskazany w umowie numer tj. informowanie o:
 - a. błędzie krytycznym,
 - b. błędzie poważnym,
 - c. błędzie zwykłym,
 21. system powinien posiadać funkcję powiadamiania drogą SMS oraz e-mail o predefiniowanych zdarzeniach Zamawiającego na wskazany w umowie numer tj informowanie o:
 - a. przyjętych zgłoszeniach serwisowych/naprawczych
 - b. przyjętych zgłoszeniach awarii
 - c. zakończonych akcjach serwisowych
 - d. wyeliminowaniu zgłoszonych awarii
 22. system powinien umożliwiać dołączanie plików: tekstowych, audio, wideo, w formie załączników do wpisów w systemie, akcji serwisowych lub zgłoszonych awarii.
 23. System powinien posiadać moduł informowania za pośrednictwem e-mail oraz SMS o planowanych aktualizacjach systemu lub jego przebudowie, wpływających na jego dostępność,

24. system powinien posiadać funkcjonalność umożliwiającą niezalogowanym użytkownikom (osoby trzecie, mieszkańcy itp.) na zgłaszanie awarii oświetlenia ulicznego.
25. System powinien umożliwiać drukowanie aktualnie wybranych i wyświetlanych map;
26. System powinien posiadać **moduł doboru oprav oświetleniowych do planowanych inwestycji** tj: funkcjonalność która na bazie wprowadzonych danych wsadowych charakteryzujących planowaną inwestycję drogową (tj. na podstawie danych: wysokość słupa, kąt nachylenia wysięgnika, długość wysięgnika, optykę i kąt rozproszenia światła Oprzez lampę, odległość rozstawu słupów, położenie słupa oświetleniowego względem pasa drogowego, technologii lampy) umożliwiać będzie w sposób automatyczny na podstawie bazy produktów i ich parametrów technicznych (lamp oświetleniowych) na dobór odpowiedniej lampy ulicznej do zastosowania w planowanym projekcie.
27. System powinien posiadać funkcjonalność umożliwiającą drukowanie rozbudowanych raportów inwentaryzacji wykonawczej i powykonawczej na podstawie danych wsadowych zdefiniowanych z poziomu aplikacji mobilnej podczas pracy w terenie.
28. System powinien posiadać funkcjonalność umożliwiającą generowanie do plików PDF raportów oszczędności w zużyciu energii w wymiarze nominalnym i rzeczywistym lamp przed i po modernizacji
29. System powinien posiadać funkcjonalność pozwalającą na zapisywanie danych i ich przesyłanie lub integrację zewnętrznego serwisu www działającego w formie formularza zgłoszeniowego awarii oświetleniowych.

2. Aplikacja mobilna (zintegrowana z systemem informatycznym) - dedykowana aplikację mobilną do obsługi w terenie i lokalizacji infrastruktury:

a. powinna:

- być kompatybilna i współpracować z wymienionymi systemami nawigacyjnymi tj: **GPS**,
- działać pod kontrolą systemu Android;
- posiadać funkcję zarządzania, modyfikacji oraz edycji aktualnie wprowadzonych danych do systemu oraz ich nadpisywania w dowolnym czasie;
- posiadać system logowania i autoryzacji użytkowników pracujących w terenie;
- aplikacja powinna umożliwiać wprowadzanie danych dotyczących całej infrastruktury sieciowej na której zlokalizowany jest oświetlenie uliczne włącznie z rodzajem i długością przewodów;
- posiadać funkcjonalność umożliwiającą logowanie na indywidualne konto za pomocą skanu twarzy podczas pracy w terenie przez dedykowanych serwisantów;
- posiadać funkcję fotografowania zmodernizowanych punktów oświetleniowych z możliwością przesyłania ich na serwer główny;

- posiadać funkcję kręcenia filmów wideo podczas pracy w terenie (modernizowane punkty, wyjazdy serwisowe, zgłaszane awarie) a następnie ich kompresję i przesyłanie na serwer główny;
- posiadać funkcję dodawania komentarzy przez elektromonterów do wprowadzanych do bazy danych,
- dane wysyłane za pośrednictwem aplikacji mobilnej powinny być przesyłane w formie odrębnych sesji z możliwością przeglądania wysłanych danych w poszczególnych sesjach;

b. aplikacja powinna zapewniać dostęp:

- do danych także w trybie offline z możliwością ich synchronizacji po ustanowieniu połączenia z Internetem;
- oraz wgląd do danych każdego urządzenia (komunikacja z serwerem), historia napraw, akcje serwisowe, zgłaszane napraw, planowane modernizacje.

3. Serwis zgłoszeniowy (zintegrowany z systemem informatycznym) – dedykowany serwis internetowy dla mieszkańców do zgłaszania awarii.

- a. Strona internetowa zostanie wykonana z wykorzystaniem Content Management System (CMS) - WORDPRESS, działającym w środowisku PHP i bazy danych MySQL;
- b. CERTYFIKAT SSL – instalacja certyfikatu SSL Let's Encrypt (bezpieczeństwo szyfrowania danych – https:// + zielona kłódka w pasku adresu strony);
- c. Strona internetowa jest będzie prosta i intuicyjna w użytkowaniu, a także nowoczesna i przejrzysta;
- d. Responsywna - strona musi być dostosowana do różnego rodzaju urządzeń, takich jak: laptop, tablet, telefon;
- e. Zgodna z RODO – strona jest w pełni przygotowana pod wymagania RODO (zawiera politykę prywatności, informację o ciasteczkach, klauzulę informacyjną oraz zgodę niezbędną do przesłania formularza kontaktowego);
- f. Strona powinna być dostosowana pod popularne przeglądarki internetowe: Chrome, Opera, Vivaldi, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Mac OS/Apple (Apple Safari 8.0 i nowsza).
- g. Formularz zgłoszeniowy awarii systemu oświetleniowego powinien umożliwiać wprowadzenie i przesłanie następujących danych: numer oprawy lub adres awarii, opis usterki, imię i nazwisko zgłaszającego, adres email zgłaszającego, telefon kontaktowy zgłaszającego.

4. W ramach utrzymania Systemu Wykonawca będzie w szczególności:

- Stale monitorował krytyczne parametry pracy *Systemu*, przy czym przez krytyczne parametry pracy *Systemu* należy rozumieć parametry, których zmiana może skutkować lub będzie skutkować powstaniem *Błędu Krytycznego*;

Dokonywał bieżących aktualizacji systemu do jego zmieniającej się zawartości w postaci elementów wchodzących w skład infrastruktury oświetleniowej (nowo powstałe odcinki oświetlenia ulicznego);

- Udzielał pomocy technicznej Zamawiającemu poprzez utrzymywanie w języku polskim centrum wsparcia *Systemu*;
- Aktualizował wersje oprogramowania w sytuacji gdy jest to niezbędne do prawidłowego działania komponentów współpracujących z oprogramowaniem aktualnie wdrożonym dla Zamawiającego przez Wykonawcę
- Zapewniał wykwalifikowany zespół serwisowy złożony z doświadczonych konsultantów;
- *Czas reakcji* serwisowej dla zgłoszonej na *Karcie Zgłoszenia Serwisowego* awarii – *Naprawa* usterki powinna zostać usunięta w ciągu **24h** od momentu zgłoszenia.
- W przypadku aktualizacji *Systemu* wykonawca powinien zapewnić poprawne działanie *Aplikacji mobilnej* – jeżeli aktualizacja *Systemu* wymagać będzie do poprawnego działania aktualizacji *Aplikacji mobilnej* Wykonawca zobowiązany jest przeprowadzić taką aktualizację na własny koszt.

Słownik:

<i>Czas Reakcji</i>	okres od przyjęcia Zgłoszenia Serwisowego przez Wykonawcę do chwili podjęcia przez personel Wykonawcy czynności zmierzających do naprawy zgłoszonego Błędu.
<i>Karta Zgłoszenia Serwisowego</i>	dokument elektroniczny wypełniany przez Zamawiającego przy dokonywaniu Zgłoszenia Serwisowego, zawierający całość informacji niezbędnych do podjęcia Reakcji Serwisowej. Karta Zgłoszenia Serwisowego powinna być sporządzona (wypełniona) w formie elektronicznej na wskazanej przez Wykonawcę stronie internetowej (strona tożsama z adresem systemu informatycznego do inwentaryzacji i geolokalizacji).

Aplikacja mobilna	oznacza oprogramowanie mobilne zintegrowane z Systemem
Naprawa	usunięcie Błędu w sposób umożliwiający realizację wadliwie działającej funkcjonalności Systemu; Naprawa obejmuje wyłącznie Błędy zgłoszone w Karcie Zgłoszenia Serwisowego.
Czas naprawy	okres od rozpoczęcia naprawy do momentu przekazania informacji o gotowości do przeprowadzenia ponownych testów
Reakcja Serwisowa	rozpoczęcie działań na żądanie Zamawiającego, zmierzających do podjęcia Naprawy
Błąd	wadliwa praca Systemu, niezgodna z dokumentacją; definiuje się następujące typy błędów: Błąd Krytyczny - zakłócenie pracy Oprogramowania uniemożliwiające działanie Systemu; Błąd Poważny - zakłócenie uniemożliwiające pracę części Systemu, Błąd Zwykły - zakłócenie pracy Systemu inne, niż Błąd Krytyczny lub Błąd Poważny

Powyżej przedstawione parametry opraw LED stanowią wzór minimalnych parametrów jakościowych i ilościowych, dopuszcza się zastosowanie opraw dowolnego producenta przy spełnieniu podanych minimalnych parametrów światło-technicznych.

Przedstawione w niniejszym opracowaniu i załącznikach parametry światło-techniczne opraw oświetleniowych oraz parametry użytkowe systemów i urządzeń charakteryzują się wysokimi parametrami umożliwiającymi realizację przedmiotowego zakresu rzeczowego przy zapewnieniu spełnienia projektowych założeń ilościowych i jakościowych w zakresie:

- spełnienia wymogów normy oświetleniowej PN-EN 13201 oraz fotometrycznych założeń projektowych, uwzględniających współczynnik zapasu oraz profile redukcji mocy w czasie, Zastosowanie opraw o wysokiej skuteczności świetlnej 160 lm/W umożliwia spełnienie wszystkich założeń projektowych.
- utrzymania jakości eksploatacji przez okres udzielonej gwarancji,
- utrzymania efektywności energetycznej pojedynczych punktów świetlnych w okresie amortyzacji i spłaty inwestycji,

- zapewnienia bezawaryjnej pracy urządzeń przy uwzględnieniu oddziaływania czynników zewnętrznych tj. wilgoć, wyładowania atmosferyczne (ochronnik 20 kV) związane z dużym zagęszczeniem opraw w terenie oraz długimi obwodami oświetleniowymi, pięciopunktowy docisk zapewniający stabilne mocowanie oprawy do wysięgnika gwarantujący mocowanie i położenie oprawy zgodne z założeniami projektowymi i stanem faktycznym na etapie instalacji urządzeń w wymiarze precyzyjnego kierowania strumienia ograniczającego straty uzyskanych poziomów oświetleniowych w czasie długoletniej eksploatacji. Ryzyko rotacji oprawy związane jest z drganiami przenoszonymi poprzez konstrukcję słupową zlokalizowaną w bliskiej odległości od ciągów komunikacyjnych.

W związku z powyższym najistotniejszym elementem zabezpieczenia Inwestora w zakresie realizacji inwestycji przez wyłonionego w wyniku przetargu Wykonawcę zgodnie z wymogami technicznymi i projektem jest weryfikacja próbek wybranych przez Inwestora mocy opraw oświetleniowych na potwierdzenie deklarowanych parametrów światło-technicznych.

7.2. Systemy sterowania i utrzymania infrastruktury w procesie konserwacji

Ewentualność uwzględnienia w planowanej modernizacji oświetlenia drogowego i ulicznego Gminy Radomyśl Wielki zaawansowanych systemów sterowania i zarządzania powinna koniecznie zawierać ocenę kilku istotnych czynników mających wpływ na ostateczny koszt inwestycji. Należy przede wszystkim rozważyć:

- uzasadnienie funkcjonalne stosowania systemu sterowania i zarządzania,
- zakres stosowania systemu sterowania i zarządzania (obejmujący całościowo instalację oświetleniową lub jej fragment),
- czas funkcjonowania trybu „oszczędnego” realizowanego przez system sterowania i zarządzania,
- rodzaj rozwiązań technicznych systemu sterowania i zarządzania (koszty instalacji i eksploatacji),
- ewentualny wpływ systemu sterowania i zarządzania na dodatkowy pobór mocy biernej.

Przeprowadzona we własnym zakresie dokładna analiza struktury sieci dróg i ulic w Gminie Radomyśl Wielki wskazuje, że większość z nich cechuje się umiarkowaną dynamiką strumienia pojazdów. Jedynie główne drogi przelotowe przez gminę podlegają wyższym okresowym (dobowym, tygodniowym i sezonowym) zmianom natężenia ruchu pojazdów i pieszych. W tym kontekście **nieuzasadnionym byłoby planowanie rozbudowanego bezprzewodowego systemu sterowania i zarządzania wszędzie tam, gdzie nie zachodzi taka potrzeba** (drogi i ulice o stabilnej dynamice ruchu oraz małym strumieniu pojazdów).

Wystarczającym i spełniającym oczekiwania użytkowników i instytucji zarządzających systemem oświetlenia drogowego jest alternatywne rozwiązanie narzędziowe w postaci dedykowanej aplikacji systemowej oraz sprzętowe w postaci zbliżeniowego STEROWANIA pracą zegarów astronomicznych obwodów oświetleniowych realizujących funkcję redukcji strumienia świetlnego wszędzie tam gdzie będzie taka potrzeba. Bez wątpienia ten wariant systemu sterowania instalacją oświetleniową jest znacznie tańszy w zakupie i mniej awaryjny w eksploatacji.

Sugeruje się zastosowanie systemu **ZARZĄDZANIA** oświetleniem, który powinien być otwarty i spełniać dwie kluczowe funkcje: - ewidencjonować i inwentaryzować rozległą infrastrukturą oświetlenia drogowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą (dawać możliwość gromadzenia danych dotyczących infrastruktury oświetleniowej z uwzględnieniem każdego z jego elementów: oprawy, wysięgnika, słupa, szafy, sterownika, itp), - usprawnić procedury konserwacji i zgłaszania awarii oświetlenia.

Rozwiązaniem zastępczym w zakresie **STEROWANIA** może być zastosowanie zegarów astronomicznych sterujących czasem pracy poszczególnych obwodów oświetleniowych z funkcją zdalnego definiowania czasu pracy oraz opraw oświetleniowych wyposażonych w programowalne zasilacze, realizujące odpowiednio do potrzeb kilkustopniową redukcję strumienia świetlnego. Rozwiązanie takie umożliwi zdalne definiowanie harmonogramów czasu pracy opraw oświetleniowych bez konieczności fizycznego dostępu do szaf sterowniczych.

System **ZARZĄDZANIA** informatycznego oświetleniem drogowym i ulicznym, jako otwarte narzędzie, powinien umożliwiać również integrację z mapami Google Maps, zarówno w charakterze prezentacji danych na mapie, jak i nawigacji do wybranego punktu i urządzenia oraz posiadać funkcjonalność, która pozwalać będzie na odebranie, przetworzenie i zaimplementowanie wszystkich informacji o punktach oświetleniowych wraz z oznaczeniem na mapie poszczególnych punktów świetlnych (i urządzeń peryferyjnych wchodzących w skład całej infrastruktury oświetleniowej) zdefiniowanych przez klienta aplikacji mobilnej w terenie.

Natomiast w ramach trybu konserwacji i bieżącego monitorowania możliwych awarii instalacji oświetleniowej, system powinien umożliwiać:

- generowanie rozbudowanych raportów dotyczących akcji serwisowych napraw w procesie konserwacji i utrzymania oświetlenia oraz bieżących usprawnień i modernizacji,
- raportowanie o akcjach serwisowych i naprawach w procesie konserwacji i utrzymania oświetlenia,

- powiadamianie służb nadzorujących instalację oświetleniową drogą SMS o kluczowych zdarzeniach, w tym głównie o awariach.

Proponowane rozwiązanie zdecydowanie przyspieszyłoby proces usuwania awarii, obniżyłoby koszty konserwacji oraz odciążałoby administrację Gminy Radomyśl Wielki z pośredniczenia w powiadamianiu służb serwisowych o awariach oświetleniowej instalacji drogowej.

8. Warianty modernizacji oświetlenia drogowego i ulicznego

8.1. Charakterystyka proponowanych wariantów oświetlenia

W ramach niniejszego opracowania zostały zaproponowane trzy warianty modernizacji oświetlenia drogowego i ulicznego w Gminie Radomyśl Wielki. W każdym z wariantów wyłączono z modernizacji zainstalowane już oprawy ze źródłami LED. Ujęto natomiast w audycie wszystkie istniejące oprawy z wyładowczymi źródłami sodowymi i metalohalogenkowymi.

Wytypowane do zastosowania źródła LED charakteryzuje zdecydowanie najwyższą w porównaniu z zastosowanymi w systemie oświetleniowym Gminy Radomyśl Wielki źródłami wyładowczymi trwałość, sięgającą nawet 100 000 h (utrzymanie rzeczywistego strumienia świetlnego na poziomie nie niższym niż 90% od początkowego – nominalnego). Przyjmując średni roczny czas pracy źródeł światła w polskiej strefie równoleżnikowej na poziomie 4150 h można oczekiwać bezawaryjnej pracy źródeł LED w okresie nie mniejszym niż 20 lat.

8.2. Pierwszy wariant modernizacji oświetlenia (podstawowy)

Obejmuje w swym zakresie wymianę aktualnie eksploatowanych opraw z wyładowczymi źródłami światła na oprawy ze źródłami LED, wymianę niezbędnej części infrastruktury zasilającej system oświetleniowy Gminy Radomyśl Wielki, w tym szczegółowo:

1. Wymianę następujących punktów oświetleniowych (wg. podziału mocowego):

- 190 opraw drogowych LED o mocy 40W,
- 188 opraw drogowych LED o mocy 50W,
- 445 opraw drogowych LED o mocy 60W,
- 20 opraw drogowych LED o mocy 90W.

2. Wymiana/montaż przewodów do opraw oświetleniowych instalowanych na słupach betonowych – 846 szt.
3. Wymiana kompletnej skrzynki bezpiecznikowej na słupach betonowych – 846 szt.
4. Pomiary rezystancji izolacji instalacji elektrycznej, sprawdzenie samoczynnego wyłączania zasilania – 847 szt.
5. Dostawę dedykowanego oprogramowania geolokalizującego umożliwiającego przeprowadzenie inwentaryzacji oraz bieżące prowadzenie i monitoring stanu infrastruktury oświetleniowej.
6. Sporządzenie dokumentacji powykonawczej zawierającej raport dotyczący poziomu zgodności oświetlenia z obowiązującymi przepisami i normami oraz zaleceniami dla Zamawiającego dotyczącymi dostosowania oświetlenia do obowiązujących norm i przepisów.

Aktualnie ponoszone koszty modernizowanego oświetlenia:

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
Energia elektryczna	0,70	512 940	359 058,00	441 641,34

Tabela 6. Aktualne roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	112 846,80	146 700,84
Stawka jakościowa	kWh	0,024	12 310,56	16 003,73
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	2 513,41	3 267,43
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	19 159,92
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	1 4443,20	1 8776,16
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	226,56	294,53
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 544,51
		Suma	162 113,17	210 747,12

Tabela 7. Aktualne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 8. Aktualne koszty związane z konserwacją dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Zakup energii elektrycznej	441 641,34 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	248 537,33 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	866 452,92 zł

Tabela 9. Sumaryczne koszty dla aktualnego oświetlenia drogowego i ulicznego objętego zakresem modernizacji

Koszty utrzymania modernizowanego oświetlenia według wariantu pierwszego:

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
Energia elektryczna	0,70	191 315	133 920,50	164 722,22

Tabela 10. Roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu pierwszego

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	42 089,30	51 769,84
Stawka jakościowa	kWh	0,024	4 591,56	5 647,62
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	937,44	1 153,06
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	18 128,23
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	6 120,00	7 527,60
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	96,00	118,08
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 192,12
		Suma	73 606,94	90 536,54

Tabela 11. Roczne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu pierwszego

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 12. Koszty konserwacji dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu pierwszego

Zakup energii elektrycznej	164 722,22 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	90 536,54 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	431 533,01 zł

Tabela 13. Sumaryczne koszty dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego według wariantu pierwszego

Obecne roczne koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego	866 452,92 zł
Koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego po modernizacji dla wariantu pierwszego	431 533,01 zł
Oszczędność w skali roku	434 919,91 zł

Tabela 14. Porównanie rocznych kosztów dla oświetlenia drogowego i ulicznego przed i po modernizacji według wariantu pierwszego

Koszty modernizacji dla pierwszego wariantu:

Koszt wymiany opraw wraz z pozostałymi zadaniami	2 328 691,35 zł
Oszczędność brutto/rok	434 919,91 zł
Stopa zwrotu [lata]	5,4

Tabela 15. Koszt modernizacji oświetlenia według wariantu pierwszego oraz stopa zwrotu

Oszczędność energii i redukcja emisji CO₂ dla pierwszego wariantu modernizacji

Całkowita oszczędność energii	321 625	kWh/rok
	63	%
Redukcja emisji CO ₂	220,31	Mg/rok

Tabela 16. Oszczędność i redukcja emisji CO₂ dla wariantu pierwszego**8.3. Drugi wariant modernizacji oświetlenia (rozszerzony)**

Obejmuje w swym zakresie wymianę aktualnie eksploatowanych opraw z wyładowczymi źródłami światła na oprawy ze źródłami LED, wymianę niezbędnej części infrastruktury zasilającej system oświetleniowy Gminy Radomyśl Wielki, dodatkowo: wyniesienie układów zasilająco – pomiarowych ze stacji transformatorowych (43 szt.) oraz zastosowanie układów kompensacji mocy biernej, w tym szczegółowo:

1. Wymianę następujących punktów oświetleniowych (wg. podziału mocowego):

- 190 opraw drogowych LED o mocy 40W,
- 188 opraw drogowych LED o mocy 50W,
- 445 opraw drogowych LED o mocy 60W,
- 20 opraw drogowych LED o mocy 90W.

2. Wymiana/montaż przewodów do opraw oświetleniowych instalowanych na słupach betonowych – 846 szt.

3. Wymiana kompletnej skrzynki bezpiecznikowej na słupach betonowych – 846 szt.

4. Pomiary rezystancji izolacji instalacji elektrycznej, sprawdzenie samoczynnego wyłączania zasilania – 847 szt.

5. Wyniesienie szaf sterowania oświetleniem ulicznym ze stacji transformatorowych z zastosowaniem układu kompensacji mocy biernej oraz zegara astronomicznego programowalnego NFC – 43 szt.

6. Zastosowanie układu kompensacji mocy biernej oraz zegarów astronomicznych programowalnych NFC w obecnych wydzielonych szafach sterowania oświetleniem ulicznym – 49 szt.

7. Dostawę dedykowanego oprogramowania geolokalizującego umożliwiającego przeprowadzenie inwentaryzacji oraz bieżące prowadzenie i monitoring stanu infrastruktury oświetleniowej.

8. Sporządzenie dokumentacji powykonawczej zawierającej raport dotyczący poziomu zgodności oświetlenia z obowiązującymi przepisami i normami oraz zaleceniami dla Zamawiającego dotyczącymi dostosowania oświetlenia do obowiązujących norm i przepisów.

Aktualnie ponoszone koszty modernizowanego oświetlenia:

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
----------------------------	-----------------	---------------	-------------	--------------

Energia elektryczna	0,70	512 940	359 058,00	441 641,34
---------------------	------	---------	------------	------------

Tabela 17. Aktualne roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	112 846,80	146 700,84
Stawka jakościowa	kWh	0,024	12 310,56	16 003,73
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	2 513,41	3 267,43
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	19 159,92
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	1 4443,20	1 8776,16
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	226,56	294,53
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 544,51
		Suma	162 113,17	210 747,12

Tabela 18. Aktualne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 19. Aktualne koszty związane z konserwacją dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Zakup energii elektrycznej	441 641,34 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	248 537,33 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	866 452,92 zł

Tabela 20. Sumaryczne koszty dla aktualnego oświetlenia drogowego i ulicznego objętego zakresem modernizacji

Koszty utrzymania modernizowanego oświetlenia według wariantu drugiego:

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
----------------------------	-----------------	---------------	-------------	--------------

Energia elektryczna	0,70	191 315	133 920,50	164 722,22
---------------------	------	---------	------------	------------

Tabela 21. Roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu drugiego

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	42 089,30	51 769,84
Stawka jakościowa	kWh	0,024	4 591,56	5 647,62
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	937,44	1 153,06
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	18 128,23
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	6 120,00	7 527,60
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	96,00	118,08
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 192,12
		Suma	73 606,94	90 536,54

Tabela 22. Roczne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu drugiego

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 23. Koszty konserwacji dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu drugiego

Zakup energii elektrycznej	164 722,22 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	90 536,54 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	431 533,01 zł

Tabela 24. Sumaryczne koszty dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego według wariantu drugiego

Obecne roczne koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego	866 452,92 zł
Koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego po modernizacji dla wariantu pierwszego	431 533,01 zł

Oszczędność w skali roku	434 919,91 zł
--------------------------	---------------

Tabela 25. Porównanie rocznych kosztów dla oświetlenia drogowego i ulicznego przed i po modernizacji według wariantu drugiego

Koszty modernizacji dla drugiego wariantu:

Koszt wymiany opraw wraz z pozostałymi zadaniami	2 464 413,50 zł
Oszczędność brutto/rok	434 919,91 zł
Stopa zwrotu [lata]	5,7

Tabela 26. Koszt modernizacji oświetlenia według wariantu drugiego oraz stopa zwrotu

Oszczędność energii i redukcja emisji CO₂ dla drugiego wariantu modernizacji

Całkowita oszczędność energii	321 625	kWh/rok
	63	%
Redukcja emisji CO ₂	220,31	Mg/rok

Tabela 27. Oszczędność i redukcja emisji CO₂ dla wariantu drugiego

8.4. Trzeci wariant modernizacji oświetlenia (pełny) system rabit, kompensacja, modernizacja wszystkich szaf, osobny przewód.

Obejmuje w swym zakresie wymianę aktualnie eksploatowanych opraw z wyładowczymi źródłami światła na oprawy ze źródłami LED, wymianę niezbędnej części infrastruktury zasilającej system oświetleniowy Gminy Radomyśl Wielki, w tym wymianę przewodów oraz skrzynek bezpiecznikowych do opraw instalowanych na sieci napowietrznej, dodatkowo: wyniesienie szaf sterowania oświetleniem ulicznym ze stacji transformatorowych oraz dodatkowo: modernizację obecnie wydzielonych szaf oświetlenia ulicznego, wydzielenie przewodu obwodów oświetleniowych AsXsn oraz zastosowanie bezprzewodowego, dwukierunkowego sterowania oświetleniem ulicznym (oprawami drogowymi i ulicznymi), w tym szczegółowo:

1. Wymianę następujących punktów oświetleniowych (wg. podziału mocowego):

- 190 opraw drogowych LED o mocy 40W,
- 188 opraw drogowych LED o mocy 50W,
- 445 opraw drogowych LED o mocy 60W,

- 20 oprav drogowych LED o mocy 90W.

2. Wymiana/montaż przewodów do oprav oświetleniowych instalowanych na słupach betonowych – 846 szt.

3. Wymiana kompletnej skrzynki bezpiecznikowej na słupach betonowych – 846 szt.

4. Pomiary rezystancji izolacji instalacji elektrycznej, sprawdzenie samoczynnego wyłączania zasilania – 847 szt.

5. Wyniesienie szaf sterowania oświetleniem ulicznym ze stacji transformatorowych z zastosowaniem układu kompensacji mocy biernej oraz układu sterowania oświetleniem ulicznym – 43 szt.

6. Modernizacja obecnie wydzielonych szaf oświetlenia ulicznego z zastosowaniem układu kompensacji mocy biernej oraz układu sterowania oświetleniem ulicznym – 49 szt.

7. Wydzielenie linii napowietrznej zasilającej opravę oświetleniową z zastosowaniem przewodu AsXsn o długości ok. 109 000 m.

8. Dostawę dedykowanego oprogramowania geolokalizującego umożliwiającego przeprowadzenie inwentaryzacji oraz bieżące prowadzenie i monitoring stanu infrastruktury oświetleniowej.

9. Sporządzenie dokumentacji powykonawczej zawierającej raport dotyczący poziomu zgodności oświetlenia z obowiązującymi przepisami i normami oraz zaleceniami dla Zamawiającego dotyczącymi dostosowania oświetlenia do obowiązujących norm i przepisów.

10. Zastosowanie bezprzewodowego systemu, dwukierunkowego sterowania oświetleniem ulicznym (wszystkimi opravami drogowymi i ulicznymi).

Realizacja trzeciego wariantu uwzględniająca zastosowanie bezprzewodowego systemu sterowania oświetleniem wykorzystala dwuetapowy scenariusz redukcji strumienia świetlnego wszystkich oprav oświetleniowych wg. poniższego harmonogramu:

1. od 6:00 do 22:00 - brak redukcji strumienia świetlnego,
2. od 22:00 do 01:00 - redukcja do 70% wartości strumienia nominalnego,
3. od 01:00 do 06:00 – redukcja do 50% wartości strumienia nominalnego.

Aktualnie ponoszone koszty modernizowanego oświetlenia:

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
----------------------------	-----------------	---------------	-------------	--------------

Energia elektryczna	0,70	512 940	359 058,00	441 641,34
---------------------	------	---------	------------	------------

Tabela 28. Aktualne roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	112 846,80	146 700,84
Stawka jakościowa	kWh	0,024	12 310,56	16 003,73
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	2 513,41	3 267,43
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	19 159,92
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	1 4443,20	1 8776,16
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	226,56	294,53
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 544,51
		Suma	162 113,17	210 747,12

Tabela 29. Aktualne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 30. Aktualne koszty związane z konserwacją dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Zakup energii elektrycznej	441 641,34 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	248 537,33 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	866 452,92 zł

Tabela 31. Sumaryczne koszty dla aktualnego oświetlenia drogowego i ulicznego objętego zakresem modernizacji

Koszty utrzymania modernizowanego oświetlenia według wariantu trzeciego:

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
Energia elektryczna	0,70	161 464	113 025,21	139 021,00

Tabela 32. Roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu trzeciego

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	35 522,08	43 692,16
Stawka jakościowa	kWh	0,024	3 875,14	4 766,42
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	791,17	973,14
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	18 128,23
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	6 120,00	7 527,60
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	96,00	118,08
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 192,12
		Suma	66 177,03	81 397,75

Tabela 33. Roczne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu trzeciego

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 34. Koszty konserwacji dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego według wariantu trzeciego

Zakup energii elektrycznej	139 021,00 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	81 397,75 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	396 693,00 zł

Tabela 35. Sumaryczne koszty dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego według wariantu trzeciego

Obecne roczne koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego	866 452,92 zł
Koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego po modernizacji dla wariantu trzeciego	396 693,00 zł
Oszczędność w skali roku	469 759,92 zł

Tabela 36. Porównanie rocznych kosztów dla oświetlenia drogowego i ulicznego przed i po modernizacji według wariantu trzeciego

Koszty modernizacji dla trzeciego wariantu:

Koszt wymiany opraw wraz z pozostałymi zadaniami	9 403 496,07 zł
Oszczędność brutto/rok	469 759,92 zł
Stopa zwrotu [lata]	20,0

Tabela 37. Koszt modernizacji oświetlenia według wariantu trzeciego oraz stopa zwrotu

Oszczędność energii i redukcja emisji CO₂ dla trzeciego wariantu modernizacji

Całkowita oszczędność energii	351 476	kWh/rok
	69	%
Redukcja emisji CO ₂	394,5	Mg/rok

Tabela 38. Oszczędność i redukcja emisji CO₂ dla wariantu trzeciego

9. Uzasadnienie rekomendacji wariantu drugiego

Zakres komponentów każdego z proponowanych trzech wariantów modernizacyjnych oświetlenia drogowego uwzględniał kluczowy czynnik, mający na celu ograniczenie zużycia energii elektrycznej przez system oświetleniowy. Realizacja tego zadania możliwa jest poprzez wymianę aktualnie wykorzystywanych w oświetleniu drogowym i ulicznym Gminy Radomyśl Wielki znacznych ilości źródeł wyładowczych na energooszczędne półprzewodnikowe. Zastąpienie źródeł wyładowczych źródłami światła LED pozwoli przede wszystkim uzyskiwać większe wartości użytkowego strumienia świetlnego przy równoczesnym zmniejszeniu poboru energii elektrycznej. Innymi słowy realizując porównywalny do obecnego poziom oświetlenia drogowego, można poprzez zastosowanie źródeł półprzewodnikowych, z powodzeniem uzyskać zdecydowanie niższą sumaryczną moc całego systemu oświetlenia drogowego. Tego rodzaju działania są z powodzeniem wykorzystywane w ramach prac modernizacyjnych drogowego oświetlenia elektrycznego realizowanych aktualnie w gminach.

W tym kontekście **wariant pierwszy** jest propozycją obejmującą niezbędną zamianę opraw ze źródłami wyładowczymi na oprawy ze źródłami LED. Dodatkowo w tym wariantcie uwzględniono konieczność wymiany części niezbędnej infrastruktury zasilającej system oświetleniowy Gminy Radomyśl Wielki: instalacji nowych, kompletnych skrzynek bezpiecznikowych, wymiany/montażu przewodów do opraw oświetleniowych – w wysięgnikach zamontowanych na słupach energetycznych linii napowietrznych.

Pierwszy wariant modernizacyjny nie uwzględnia wyniesienia układów sterująco-pomiarowych ze stacji transformatorowych oraz układów kompensacji mocy biernej.

Konkluzja: *Pierwszy wariant obejmuje wszystkie wymagane czynności związane z modernizacją oświetlenia drogowego poprzez wymianę opraw z wyładowczymi źródłami światła na źródła LED. Podstawową wadą tej metody jest zachowanie obecnych, wybranych starych układów zasilająco-pomiarowych charakteryzujących lub będących się charakteryzować w najbliższej przyszłości znaczną awaryjnością. W wariantcie tym nie uwzględniono również układów do kompensacji mocy biernej.*

Drugi wariant modernizacyjny obejmuje dodatkowo wyniesienie układów sterująco-pomiarowych ze stacji transformatorowych, zastosowanie układów kompensacji mocy biernej oraz programowalnych NFC zegarów astronomicznych we wszystkich szafach sterujących oświetleniem ulicznym.

Drugi wariant obejmuje zatem pełny zakres niezbędnych obecnie prac modernizacyjnych instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego w Gminie Radomyśl Wielki.

Konkluzja: *Wariant drugi spełnia wymogi uzasadnionej ekonomicznie i technicznie potrzeby modernizacyjnej instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego poza wydzieleniem przewodu oświetleniowego AsXsn w obecnej wspólnej linii sieci napowietrznej.*

Wariant trzeci obejmuje dodatkowo wydzielenie przewodu oświetleniowego AsXsn w obecnej napowietrznej wspólnej linii konsumenckiej oraz możliwość zmian wartości strumienia świetlnego półprzewodnikowych źródeł światła zainstalowanych w oprawach oświetleniowych w czasie, odpowiednio do potrzeb oraz szereg innych elementów dwukierunkowego przepływu informacji pomiędzy oprawami a jednostkami zarządzająco - sterującymi. Systemy takie posiadają liczne zalety, do których zaliczyć można m.in. możliwość zdalnej redukcji mocy opraw oświetleniowych i związaną z nią zmianę warunków oświetleniowych, zdalny odczyt mocy, zużycia energii, grupowanie opraw, zdalne załączanie i wyłączanie pojedynczych, jak również całych grup opraw oraz zdalną diagnostykę stanu pracy opraw oświetleniowych w tym warunków termicznych panujących w obszarze modułów LED oraz zasilaczy. Oprócz wspomnianych zalet, powyższe systemy charakteryzują się również pewnymi wadami i ograniczeniami, które powodują, że stosowanie ich w pewnych warunkach jest dyskusyjne, zwłaszcza na terenie gmin wiejskich oraz terenie mniejszych miast.

Ewentualność uwzględnienia w planowanej modernizacji oświetlenia drogowego zaawansowanych systemów sterowania i zarządzania powinna koniecznie zawierać ocenę kilku istotnych czynników mających wpływ na ostateczny koszt inwestycji. Należy przede wszystkim rozważyć:

- uzasadnienie funkcjonalne stosowania systemu sterowania i zarządzania,
- zakres stosowania systemu sterowania i zarządzania (obejmujący całościowo instalację oświetleniową lub jej fragment),
- czas funkcjonowania trybu „oszczędnego” realizowanego przez system sterowania i zarządzania,
- rodzaj rozwiązań technicznych systemu sterowania i zarządzania (koszty instalacji i eksploatacji),
- ewentualny wpływ systemu sterowania i zarządzania na dodatkowy pobór mocy biernej,
- możliwość synchronizacji istniejących już w systemie oświetlenia drogowego opraw LED z planowanym do zastosowania układem redukcji strumienia świetlnego.

Przeprowadzona we własnym zakresie dokładna analiza struktury dróg w Gminie Radomyśl Wielki wskazuje, że większość z nich cechuje się stosunkowo umiarkowaną dynamiką strumienia pojazdów w dobowym i tygodniowym czasie obserwacji. Jedynie główne drogi przelotowe przez poszczególne dzielnice Gminy podlegają Radomyśl Wielki wyższym okresowym (dobowym, tygodniowym i sezonowym) zmianom natężenia ruchu pojazdów. W tym kontekście **nieuzasadnionym byłoby planowanie rozbudowanego, systemu sterowania i zarządzania wszędzie tam, gdzie nie zachodzi taka uzasadniona potrzeba** (drogi o stabilnej dynamice ruchu oraz umiarkowanym strumieniu pojazdów). Postulat ten odnosi się do takich sytuacji drogowych, w których należy zastosować oprawy ze źródłami LED o stosunkowo niedużej mocy.

Rozpatrując wariant modernizacji oświetlenia drogowego i ulicznego w Gminie Radomyśl Wielki z zastosowaniem systemu sterowania należy uwzględnić wolumen udziału zainstalowanych już opraw LED w całej liczbie opraw oświetlenia drogowego – jest to udział ok. 25%. Nie ma wyczerpującej informacji, czy użyte w tych oprawach zasilacze dają możliwość włączenia ich w planowany system zaawansowanego sterowania strumieniem świetlnym. Zatem mogłaby powstać nieodosobniona sytuacja, iż w obrębie poszczególnych ciągów ulic ich pewne odcinki nie podlegałyby mechanizmowi redukcji strumienia świetlnego. Taka ograniczona funkcjonalność systemu sterowania względem oświetlenia drogowego stawia pod znakiem zapytania jego pełne zastosowanie w tej postaci.

Rozwiązaniem zastępczym może być zastosowanie zegarów astronomicznych sterujących czasem pracy poszczególnych obwodów oświetleniowych z funkcją zbliżeniowego definiowania czasu pracy. Rozwiązanie takie umożliwi zdalne definiowanie harmonogramów czasu pracy opraw oświetleniowych bez konieczności fizycznego dostępu do szaf sterowniczych oraz wykorzystanie opraw oświetleniowych wyposażonych w programowalne indywidualnie zasilacze.

Innym poważnym ograniczeniem związanym z wykorzystaniem na pełną skalę zaawansowanych systemów sterowania do redukcji mocy opraw oświetleniowych LED jest problem związany z generowaniem pojemnościowej mocy biernej do sieci zasilającej. Obecnie, wszystkie dostępne na rynku układy zasilania stosowane w oprawach LED charakteryzują się współczynnikiem mocy PF na poziomie 0,9-0,98 i generowaniem pojemnościowej mocy biernej do sieci zasilającej, za którą naliczane są dodatkowe opłaty przez dostawcę energii. W przypadku pracy oprawy z mocą znamionową i dopasowaniem mocowym panelu LED do zasilacza, wartość wspomnianej mocy biernej w zasilaczach renomowanych producentów jest stosunkowo niewielka i nie stanowi aż tak istotnego problemu. Sytuacja zmienia się w momencie obniżenia mocy znamionowej oprawy, efektem czego jest pogorszenie współczynnika mocy zasilacza i generowaniem wyższych wartości pojemnościowej mocy biernej do sieci zasilającej. Powyższe, może skutkować znacznymi karami za generowanie mocy biernej, równocześnie minimalizując uzyskane oszczędności związane z redukcją mocy opraw oświetleniowych. Technicznym rozwiązaniem mającym zapobiec tego rodzaju skutkom są kompensatory adaptacyjne, jednak koszt ich zakupu jest wyższy. Podnosi to znacząco koszty inwestycyjne szczególnie tam, gdzie zachodzi potrzeba montażu większej ilości tego rodzaju kompensatorów mocy biernej pojemnościowej.

Wystarczającym i spełniającym oczekiwania użytkowników i instytucji zarządzających systemem oświetlenia drogowego w gminach jest stosowane w praktyce alternatywne rozwiązanie narzędziowe do **sterowania oświetleniem** jako dedykowana aplikacja systemowa oraz sprzętowa w postaci zbliżeniowego sterowania pracą zegarów astronomicznych wybranych obwodów oświetleniowych. Bez wątpienia ten wariant systemu sterowania instalacją oświetleniową jest tańszy w zakupie i mniej awaryjny w eksploatacji, dając równocześnie możliwość redukcji strumienia świetlnego wszędzie tam, gdzie jest taka potrzeba.

Ponadto sugerowany do zastosowania **system zarządzania** oświetleniem drogowym i ulicznym powinien być otwarty i spełniać dwie kluczowe funkcje:

- ewidencjonować i inwentaryzować rozległą infrastrukturą oświetlenia drogowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą (dawać możliwość gromadzenia danych dotyczących infrastruktury oświetleniowej z uwzględnieniem każdego z jego elementów: oprawy, wysięgnika, słupa, szafy, sterownika, itp),
- usprawnić procedury konserwacji i zgłaszania awarii oświetlenia.

Konkluzja końcowa:

1. System sterowania pracą opraw oświetleniowych Gminy Radomyśl Wielki powinien obejmować możliwość zdalnego sterowania czasem pracy poszczególnych opraw i obwodów oświetleniowych (wytypowanych ciągów komunikacyjnych).
2. Z uwagi na stosunkowo małe moce planowanych do zastosowania opraw w Gminie Radomyśl Wielki ze źródłami LED, nie rekomenduje się możliwości zastosowania redukcji strumienia świetlnego źródeł LED w wydzielonych interwałach czasowych z wykorzystaniem zaawansowanych bezprzewodowych systemów sterowania oprawami oświetleniowymi.
3. System zarządzania i ewidencji instalacją oświetlenia drogowego powinien obejmować całą sieć oświetlenia drogowego i być oddzielnym aplikacyjnym narzędziem o cechach opisanych powyżej w dokumencie. Obecnie wiodące firmy oświetleniowe dysponują ofertą aplikacyjną spełniającą oczekiwane zadanie.
4. Wystarczającym i spełniającym oczekiwania użytkowników i instytucji zarządzających systemem oświetlenia drogowego i ulicznego jest alternatywne rozwiązanie narzędziowe w postaci dedykowanej aplikacji systemowej oraz sprzętowe w postaci zbliżeniowego sterowania pracą zegarów astronomicznych wybranych obwodów oświetleniowych. Bez wątpienia ten wariant systemu sterowania i zarządzania instalacją oświetleniową jest tańszy w zakupie i mniej awaryjny w eksploatacji i nie generuje dodatkowych wysokich kosztów użytkowania.

Jako najkorzystniejszą wersję modernizacji systemu oświetlenia drogowego dla Gminy Radomyśl Wielki rekomenduje się wariant drugi uzupełniony o informatyczną platformę zarządzania i sterowania oświetleniem za pomocą zegarów astronomicznych.

10. Model analityczny kosztów utrzymania oświetlenia drogowego i ulicznego dla rekomendowanego wariantu modernizacji

10.1 Analiza obecnych kosztów związanych z zakupem oraz dystrybucją energii elektrycznej na cele oświetleniowe

Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji stwierdzono, że obecna instalacja oświetlenia drogowego i ulicznego na terenie Gminy Radomyśl Wielki charakteryzuje się średnią mocą opraw zdefiniowanych do modernizacji na poziomie 145,9 W.

Sumaryczna moc obecnego systemu oświetleniowego przed modernizacją wynosi:

$P = 123,6 \text{ kW}$.

Do wyznaczenia rocznego zużycia energii obecnej instalacji oświetleniowej przyjęto roczny czas pracy instalacji wynoszący 4150 h, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. odnośnie sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej.

$$W = P \cdot t_{\text{rok}} = 123,6 \text{ kW} \cdot 4150 \text{ h} = 512\,940 \text{ kWh}$$

• Charakterystyka obecnych umów na dostawę energii elektrycznej

W 2024 r. na podstawie zawartej umowy odnośnie zakupu energii elektrycznej obowiązują poniższe stawki jednostkowe :

Rodzaj poboru energii	Stawka netto [zł/kWh]	Stawka brutto [zł/kWh]
Energia całodobowa	0,70	0,86

Tabela 39. Aktualne stawki za energię elektryczną

Na podstawie obowiązujących stawek roczny koszt związany z zakupem energii dla modernizowanego systemu oświetleniowego wynosić będzie:

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
Energia elektryczna	0,70	512 940	359 058,00	441 641,34

Tabela 40. Aktualne roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Obecny roczny koszt związany z zakupem energii elektrycznej dla modernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego wynosi:

441 641,34 zł

Drugim czynnikiem końcowej ceny za energię elektryczną są opłaty związane z dystrybucją energii elektrycznej. Obecnie na terenie Gminy Radomyśl Wielki obowiązuje umowa z Tauron Dystrybucja S.A. a punkty poboru energii instalacji oświetlenia ulicznego przypisane zostały dla większości punktów rozliczeniowych do grupy taryfowej C11.

Poniżej zestawiono składowe elementy do wyliczenia końcowej ceny za dystrybucję energii elektrycznej:

- liczba punktów poboru energii objętych modernizacją – 92 szt.
- moc zamówiona dla wszystkich punktów pomiarowych, zgodnie z umową zawartą z Operatorem Systemu Dystrybucyjnego – 236 kW.

Roczne zużycie energii [kWh]	512 940
Liczba punktów pomiarowych objętych modernizacją [szt.]	92
Moc zamówiona [kW]	236

Tabela 41. Składowe elementy związane z wyznaczeniem opłat za dystrybucję energii elektrycznej

Obliczenia oraz aktualny koszt związany z dystrybucją energii elektrycznej przedstawiono w Tabeli 42.

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	112 846,80	146 700,84
Stawka jakościowa	kWh	0,024	12 310,56	16 003,73
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	2 513,41	3 267,43
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	19 159,92
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	1 4443,20	1 8776,16
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	226,56	294,53
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 544,51
		Suma	162 113,17	210 747,12

Tabela 42. Aktualne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Obecny roczny koszt związany z dystrybucją energii elektrycznej dla modernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego wynosi:

210 747,12 zł

- Koszty związane z konserwacją oraz utrzymaniem oświetlenia drogowego i ulicznego

Koszty związane z konserwacją oraz utrzymaniem oświetlenia drogowego i ulicznego, poza zakupem i dystrybucją energii elektrycznej, stanowią dodatkowy składnik sumarycznych kosztów związanych z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego na terenie Gminy Radomyśl Wielki.

Średnia cena miesięczna za konserwację jednego punktu świetlnego w 2024 r. wynosi 14,10 zł netto. Przyjmując do modernizacji 847 sztuk punktów świetlnych roczny koszt konserwacji wynosił będzie:

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 43. Aktualne koszty związane z konserwacją dla modernizowanego systemu oświetleniowego

Obecny koszt dla modernizowanego oświetlenia związany z konserwacją oraz utrzymaniem oświetlenia drogowego i ulicznego to:

176 274,25 zł

Sumaryczny roczny koszt obecnego oświetlenia drogowego i ulicznego dla modernizowanego zakresu:

Zakup energii elektrycznej	441 641,34 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	248 537,33 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	866 452,92 zł

Tabela 44. Sumaryczne koszty dla aktualnego oświetlenia drogowego i ulicznego objętego zakresem modernizacji

Na podstawie przedstawionych obliczeń, można zauważyć, że głównym czynnikiem rocznych kosztów związanych z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego jest zakup i dystrybucja energii elektrycznej, które stanowią **80 %** całkowitych kosztów.

Obecny koszt utrzymania jednego punktu świetlnego wynosi:

1022,96 zł

W celu ograniczenia kosztów związanych z pracą systemu oświetleniowego na terenie Gminy Radomyśl Wielki wskazana jest wymiana opraw z wyładowczymi źródłami światła na energooszczędne oprawy ze źródłami LED i ograniczenie zużycia energii elektrycznej.

10.2 Analiza kosztów utrzymania oświetlenia drogowego i ulicznego po modernizacji

Koszt dla wskazanego wariantu modernizacji oświetlenia został opracowany na podstawie uproszczonego zestawienia materiałów oraz robocizny dla określonego zakresu modernizacji i został przedstawiony w załącznikach do niniejszego opracowania.

Tabela 45 przedstawia zestawienie mocowe dedykowanych do modernizacji opraw LED.

Moc oprawy [W]	Liczba opraw
40	190
50	188
60	445
90	20
150	4
Suma	847

Tabela 45. Zestawienie mocowe i ilościowe opraw LED dedykowanych do modernizacji

Analogicznie jak w przypadku kosztów związanych z pracą obecnej instalacji oświetleniowej, również dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego głównymi kosztami będą koszty związane z zakupem i dystrybucją energii elektrycznej oraz konserwacją oświetlenia ulicznego.

Średnia moc punktu świetlnego LED po modernizacji oświetlenia wynosić będzie: 54,4 W.

Sumaryczna moc zmodernizowanego systemu oświetleniowego: 46,1 kW.

Przyjmując analogicznie jak w pkt 10.1 roczny czas świecenia wynoszący 4150 h sumaryczne zużycie energii w skali roku kształtować się będzie następująco:

$$W = P \cdot t_{\text{rok}} = 46,1 \text{ kW} \cdot 4150 \text{ h} = 191\,315 \text{ kWh}$$

Do kalkulacji kosztów zakupu energii elektrycznej dla zmodernizowanego oświetlenia przyjęto zużycie energii według powyższych obliczeń oraz stawki za kWh tak jak w punkcie 10.1.

Zakup energii elektrycznej	Stawka [zł/kWh]	Zużycie [kWh]	Koszt netto	Koszt brutto
Energia elektryczna	0,70	191 315	133 920,50	164 722,22

Tabela 46. Roczne koszty związane z zakupem energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego

Koszt zakupu energii elektrycznej dla zmodernizowanego oświetlenia w skali roku to:

164 722,22 zł

Moc systemu oświetleniowego po modernizacji oświetlenia to 46,1 kW, w związku z czym sugerowane jest obniżenie mocy umownej z poziomu 236 kW do wartości 100 kW.

Do wyznaczenia kosztów dystrybucji zmodernizowanego oświetlenia przyjęto następujące dane:

Roczne zużycie energii [kWh]	191 315
Liczba punktów pomiarowych objętych modernizacją [szt.]	92
Moc zamówiona [kW]	100

Tabela 47. Składowe elementy związane z wyznaczeniem opłat za dystrybucję energii elektrycznej dla zmodernizowanego oświetlenia

Obliczenia oraz koszt związany z dystrybucją energii elektrycznej dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego przedstawiono w Tabeli 48.

Dystrybucja energii elektrycznej				
Składnik	Jednostka	Stawka netto [zł]	Koszt netto [zł]	Koszt brutto [zł]
Zmienny całodobowy	kWh	0,22	42 089,30	51 769,84
Stawka jakościowa	kWh	0,024	4 591,56	5 647,62
Opłata OZE	kWh	0,00	0,00	0,00
Opłata kogeneracyjna	kWh	0,0049	937,44	1 153,06
Opłata mocowa	mc.	13,35	14 738,40	18 128,23
Opłata stała – moc umowna	kW/mc.	5,10	6 120,00	7 527,60
Opłata przejściowa	kW/mc	0,08	96,00	118,08
Opłata abonamentowa	mc.	4,56	5 034,24	6 192,12
		Suma	73 606,94	90 536,54

Tabela 48. Roczne koszty związane z dystrybucją energii elektrycznej dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego

Roczny koszt związany z dystrybucją energii elektrycznej dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego wynosić będzie:

90 536,54 zł

Koszt konserwacji oświetlenia drogowego i ulicznego, oprócz konserwacji samych opraw oświetleniowych obejmuje również zadania związane z utrzymaniem i prawidłową pracą całej sieci oświetleniowej tj. linii kablowych, napowietrznych oraz szaf zasilająco-sterujących. Wymiana dotychczasowych opraw z wyładowczymi źródłami światła na oprawy w technologii LED, pomimo praktycznie całego wyeliminowania usterkowości opraw oświetleniowych, nie przyczyni się do znacznego obniżenia całłościowych kosztów konserwacji, co związane jest z ogółem zadań wykonywanych podczas prac konserwacyjnych. Do wyliczenia kosztów konserwacji po modernizacji oświetlenia przyjęto stawkę 14,10 zł netto za punkt oświetleniowy.

Roczny koszt konserwacji oświetlenia drogowego i ulicznego po modernizacji wynosić będzie:

	Ilość opraw	Cena jedn./miesiąc/szt.	Koszt netto	Koszt brutto
Konserwacja oświetlenia drogowego i ulicznego	847	14,10	143 312,40	176 274,25 zł

Tabela 49. Koszty konserwacji dla zmodernizowanego systemu oświetleniowego

Koszt dla zmodernizowanego oświetlenia związany z konserwacją oraz utrzymaniem oświetlenia drogowego i ulicznego to:

176 274,25 zł

Sumaryczny roczny koszt oświetlenia drogowego i ulicznego dla zmodernizowanego zakresu:

Zakup energii elektrycznej	164 722,22 zł
Dystrybucja energii elektrycznej	90 536,54 zł
Konserwacja oświetlenia	176 274,25 zł
Suma	431 533,01 zł

Tabela 50. Sumaryczne koszty dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego

Dla zmodernizowanego oświetlenia drogowego i ulicznego roczny koszt zakupu oraz dystrybucji energii stanowi ok. 59% sumarycznych kosztów związanych z utrzymaniem oświetlenia drogowego i ulicznego, pozostałą część ok. 41% stanowią koszty związane z konserwacją oświetlenia.

Obecny koszt utrzymania jednego punktu świetlnego wynosi:

509,48 zł

Wnioski

Zestawienie kosztów przed i po modernizacji przedstawiono w Tabeli 51.

Obecne roczne koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego	866 452,92 zł
Koszty związane z pracą instalacji oświetlenia drogowego i ulicznego po modernizacji dla wariantu pierwszego	431 533,01 zł
Oszczędność w skali roku	434 919,91 zł

Tabela 51. Porównanie rocznych kosztów dla oświetlenia drogowego i ulicznego przed i po modernizacji

Modernizacja oświetlenia drogowego ulicznego i wymiana opraw z wyładowczymi źródłami światła na oprawy ze źródłami LED pozwoli na obniżenie rocznych kosztów związanych z

pracą instalacji oświetlenia ulicznego o 434 919,91 zł, co stanowi zmniejszenie rocznych kosztów o 50%. Koszty związane tylko z zakupem i dystrybucją energii elektrycznej po modernizacji oświetlenia będą niższe o 63 % w stosunku do aktualnych kosztów za energię elektryczną.

11. Analiza konserwacji systemu oświetleniowego po modernizacji

Zaproponowany do realizacji wariant drugi poza wymianą opraw oświetleniowych przewiduje także modernizację infrastruktury towarzyszącej (szafy zasilające, odpowiednio do potrzeb konserwacja lub wymiana wyeksploatowanych słupów oświetleniowych oraz odpowiednio do potrzeb wymiana wysięgników). Można się zatem spodziewać, iż zakres prac konserwacyjnych obejmować będzie:

1. Wymianę na nowe uszkodzone w wyniku działań sił przyrody, wad technicznych lub innych oprawy LED.
2. Okresowe czyszczenie kloszy opraw oświetleniowych. Działanie to ma na celu zwiększenie skuteczności świetlnej opraw oświetleniowych. Okres realizacji tych prac zależy ściśle od warunków środowiskowych w których została dana grupa opraw zainstalowana (można przyjąć, że będzie to interwał czasowy wynoszący średnio 5 lat).

Planując zakres prac konserwacyjnych należy wziąć pod uwagę fakt, iż podmiot dostarczający oprawy oświetleniowe (wykonawca) zobowiązany jest do udzielenia gwarancji na montowane oprawy oświetleniowe, wykonaną usługę montażu oraz utrzymanie kluczowych parametrów światło-technicznych opraw oświetleniowych na okres min. 5 lat.

Jeśli prace konserwacyjne wykonuje podmiot dostarczający i montujący oprawy oświetleniowe, wówczas jednym wspólnym zakresem czynności konserwacyjnych można objąć zarówno konserwację opraw jak i konserwację systemu zasilania opraw oświetleniowych.

W przypadku, gdy gwarancji na dostarczone oprawy LED udziela inny podmiot niż ten który konserwuje infrastrukturę zasilającą, wówczas należy zadbać o czytelne rozgraniczenie odpowiedzialności obu tych stron. Jest to istotne w przypadku sporu, kto odpowiada za naprawy gwarancyjne i utrzymanie parametrów oświetleniowych modernizowanego systemu.

Doprecyzowanie powyższego rozgraniczenie zakresu odpowiedzialności w ramach czynności konserwacyjnych pozwoli na wydzielenie prac dotyczących samych opraw i przekazanie ich podmiotowi dostarczającemu oprawy oświetleniowe (wykonawcy), który udzieli gwarancji na dostarczone i zamontowane oprawy oraz prac typowo elektrycznych

(utrzymanie i kontrola zasilania, okresowe przeglądy oraz kontrola stanu słupów z wysięgnikami).

Potrzeba uporządkowania powyższych zagadnień wiąże się z faktem, iż system oświetlenia drogowego jest jedynie elementem globalnego systemu zaopatrzenia odbiorców w energię elektryczną (odbiorcy indywidualni oraz przedsiębiorstwa). Prawdłowo prowadzona konserwacja powinna wyeliminować oddziaływanie ewentualnych awarii systemu oświetleniowego na niezawodność zasilania odbiorców energii elektrycznej.

12. Analiza czasu eksploatacji systemu oświetleniowego

Oprawy z półprzewodnikowymi źródłami światła charakteryzują się wieloma zaletami w porównaniu z tradycyjnymi oprawami z wyładowczymi źródłami światła, a jedną z nich jest długa żywotność źródeł światła. Wymieniona zaleta związana jest z konstrukcją i sposobem emisji promieniowania widzialnego, w odróżnieniu od wyładowczych źródeł światła, źródła LED są odporne na wstrząsy i uderzenia mechaniczne.

Większość markowych producentów źródeł LED deklaruje czas życia półprzewodnikowych źródeł światła na 100 000 godzin lub więcej. Czas ten uzależniony jest od warunków pracy źródła, głównie od wartości prądu przewodzenia oraz temperatury złącza źródła. Wzrost wymienionych parametrów wpływa na skrócenie czasu życia źródeł LED. Ważne zatem jest aby źródła LED w oprawach ulicznych pracowały z odpowiednio dobranymi parametrami, a jednym z istotniejszych elementów oprawy jest odpowiednio zaprojektowany układ chłodzenia umożliwiający efektywne odprowadzanie ciepła ze złącza półprzewodnikowego źródła światła.

W odróżnieniu od tradycyjnych źródeł światła, w źródłach LED strumień świetlny nie zanika całościowo tylko zmniejsza swoją wartość stopniowo w funkcji czasu. Dostępne są już źródła LED o parametrach L90 B10, definiujące że tylko dla 10% źródeł LED z danego typoszereregu, strumień świetlny zmniejszy swoją wartość poniżej 90% wartości znamionowej.

Drugim kluczowym elementem oprawy oświetleniowej LED, definiującym jej czas eksploatacji jest jakość i długość życia systemu zasilającego. Podobnie jak w przypadku źródeł LED, producenci zasilaczy LED deklarują ich czas życia na poziomie 100 000 godzin. Czas ten uzależniony jest od termicznych warunków pracy i przy temperaturze 80 °C może się skrócić nawet o połowę. Istotne jest aby oprawa oświetleniowa zapewniała również poprawne warunki termiczne układu zasilającego.

Na bazie przeprowadzonych modernizacji oświetlenia z ostatnich kilkunastu lat szacuje się, że udział opraw LED wymagających naprawy gwarancyjnej podczas pierwszego roku ich eksploatacji nie przekracza 0,5 %. Na przestrzeni ostatnich kilku lat można zauważyć również istotne wydłużenie okresu gwarancyjnego, którego producenci udzielają na oprawy uliczne LED. Okres ten wcześniejszych latach wynosił średnio od 3 do 5 lat, obecnie standardem jest gwarancja producenta w przedziale od 5 do nawet 10 lat.

Uwzględniając roczny czas pracy oświetlenia ulicznego, przyjmuje się czas życia opraw LED na poziomie 15 – 20 lat. W celu zapewnienia jak najdłuższego okresu życia opraw szczególnie należy zwrócić uwagę na poniższe czynniki:

- prawidłowa konserwacja i czyszczenie opraw LED w założonym okresie czasu (minimum 4 – 5 lat), szczególną uwagę należy zwrócić na zachowanie czystości układu radiacyjnego oprawy, którego zabrudzenie może skutkować utrudnionymi warunkami odprowadzania ciepła i wzrostem temperatury pracy źródeł LED,
- prawidłowy stan sieci zasilającej i utrzymanie wymaganych parametrów sieci (znamionowa wartość napięcia oraz częstotliwości).

Podsumowując, zakłada się okres życia opraw ulicznych LED dochodzący nawet do 20 lat. Podczas eksploatacji opraw ze źródłami LED ważne jest zapewnienie odpowiednich warunków termicznych oprawy, szczególnie zwracając uwagę na odpowiednią jej konserwację i zabieg czyszczenia oraz kontrolę parametrów występujących w sieci zasilającej oprawy.

13. Analiza środowiskowa i oddziaływania na środowisko

Modernizacja oświetlenia drogowego w Gminie Radomyśl Wielki związana z wymianą dotychczasowych opraw z wyładowczymi źródłami światła na oprawy ze źródłami LED w pozytywny sposób oddziałuje na środowisko. Dla rekomendowanego wariantu modernizacji oświetlenia roczne zużycie energii elektrycznej zostanie zmniejszone z poziomu 512 940 kWh do wartości 191 315 kWh. Ograniczenie zużycia energii o 321 625 kWh bezpośrednio przełoży się na zmniejszenie zużycia węgla potrzebnego do wyprodukowania energii na cele oświetleniowe, jednocześnie ograniczając emisję szkodliwych związków do atmosfery.

Szczegółowa analiza emisji zanieczyszczeń opracowana została w oparciu o „Wskaźnik emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej Bazie o Emisjach Gazów Ciepłarnianych i Innych Substancji za 2022 rok” opublikowanych przez KOBIZE w 2023 roku.

	[kg/MWh]
Dwutlenek węgla (CO ₂)	685
Tlenki siarki (SO _x /SO ₂)	0.436
Tlenki azotu (NO _x /NO ₂)	0.456
Tlenek węgla (CO)	0.261
Pył całkowity	0.018

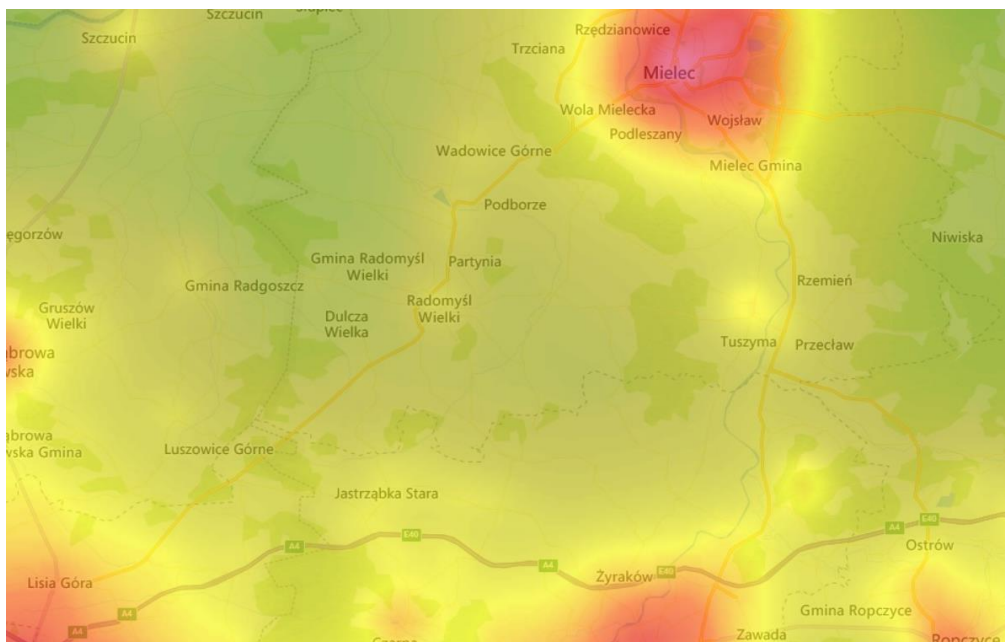
Tabela 52. Wskaźniki emisji w [kg/MWh] dla odbiorców końcowych energii elektrycznej
(Źródło: <https://kobize.pl/>)

W Tabeli 53 przedstawiono szczegółową analizę emisji zanieczyszczeń przed i po modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Radomyśl Wielki.

	Przed modernizacją	Po modernizacji	Efekt ekologiczny (uzyskana redukcja)
Emisja CO ₂ [Mg/rok]	351,36	131,05	220,31
Emisja (SO _x /SO ₂) [Mg/rok]	0,22	0,08	0,14
Emisja (NO _x /NO ₂) [Mg/rok]	0,23	0,09	0,15
Emisja (CO) [Mg/rok]	0,13	0,05	0,08
Emisja pyłu całkowitego [Mg/rok]	0,009	0,003	0,006

Tabela 53. Analiza emisji zanieczyszczeń przed i po modernizacji oświetlenia

Kolejny efekt ekologiczny modernizacji oświetlenia ulicznego związany jest z ograniczeniem zjawiska „zanieczyszczenia światłem” z ang. Light Pollution. Zjawisko to polega na emitowaniu strumienia świetlnego w górną przestrzeń, jak również oświetlanie oprawami ulicznymi niepożądanych stref w otoczeniu jezdni, m.in. elewacji budynków i otworów okiennych.



Rys. 39. Zanieczyszczenia światłem w górna półprzestrzeń na terenie Gminy Radomyśl Wielki (źródło: www.lightpollutionmap.info)

Zjawisko zanieczyszczenia światłem dotyczy głównie opraw z wyładowczymi źródłami światła i układami odbłyśnikowymi, gdzie układ formowania strumienia świetlnego jest mocno ograniczony. Zjawisko to występuje też przy zastosowaniu opraw parkowych, tzw „mlecznych kul”.

Powyższe zjawisko w sposób znaczny zostało ograniczone w oprawach z półprzewodnikowymi źródłami światła. Oprawy te wyposażone w układy soczewkowe umożliwiają precyzyjne formowanie strumienia świetlnego w pożądane strefy, jak również całkowite wyeliminowanie emisji strumienia świetlnego w górną półprzestrzeń.

Podsumowując, modernizacja oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Radomyśl Wielki w sposób bezpośredni wpłynie na środowisko i przełoży się na efekty ekologiczne takie jak:

- zmniejszenie zużycie energii elektrycznej,
- ograniczenie emisji do środowiska pyłów i zanieczyszczeń,
- wyeliminowanie ze środowiska szkodliwych substancji zawartych w wyładowczych źródłach światła (rtęć, ołów),
- ograniczenie zjawiska zanieczyszczenia światłem.

14. Podsumowanie

Zrealizowana inwentaryzacja oraz audyt efektywności energetycznej, obejmujący trzy warianty modernizacji dla oświetlenia ulicznego, na terenie Radomyśl Wielki prowadzi do sformułowania następujących, generalnych wniosków końcowych:

1. System sterowania pracą opraw oświetleniowych powinien obejmować możliwość sterowania czasem pracy poszczególnych obwodów oświetleniowych, w tym przede wszystkim swobodnym zbliżeniowym definiowaniem czasu pracy zegarów astronomicznych, sterujących poszczególnymi obwodami oświetleniowymi.
2. Z uwagi na stosunkowo małe moce planowanych do wykorzystania opraw ze źródłami LED, nie rekomenduje się zastosowania redukcji strumienia świetlnego źródeł LED w wydzielonych interwałach czasowych z użyciem drogich w zakupie i eksploatacji rozbudowanych, bezprzewodowych systemów sterowania oświetleniem drogowym z dwukierunkową wymianą informacji.
3. System zarządzania i ewidencji instalacją oświetlenia drogowego i ulicznego powinien obejmować całą sieć oświetleniową i być osobnym aplikacyjnym narzędziem o cechach opisanych powyżej w dokumencie. System ten bez wątpienia przyczyni się do usprawnienia procesu usuwania powstałych awarii instalacji oświetleniowej i obniżenia kosztów konserwacji infrastruktury oświetleniowej w Gminie Radomyśl Wielki. Obecnie wiodące firmy oświetleniowe dysponują ofertą aplikacyjną spełniającą powyższe zadanie.