

Audyt oświetlenia

Budynek Urzędu Gminy w Klembowie

ul. Gen. F. Żymirskiego 38, 05-205 Klembów

INWESTOR: Urząd Gminy Klembów
ul. Gen. F. Żymirskiego 38,
05-205 Klembów

Warszawa, styczeń 2016 r.

1 STRONA TYTUŁOWA AUDYTU OŚWIETLENIA WBUDOWANEGO BUDYNKU

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	1.2 Rok budowy	1978r.
1.3 Właściciel lub zarządca (nazwa lub imię i nazwisko, adres)	Urząd Gminy Klembów ul. Gen. F. Żymirskiego 38, 05-205 Klembów tel. (29) 753-88-00 fax: (29) 777-90-85	1.4 Adres budynku	Urząd Gminy Klembów ul. Gen. F. Żymirskiego 38, 05-205 Klembów pow. wołomiński woj. mazowieckie
2. Nazwa, nr REGON i adres firmy wykonującej audyt: Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A., regon 010691500, ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warszawa; tel. (22) 50 54 661			
3. Imię i nazwisko oraz adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr Marek Mazur, ul. Pokorna 2/221, 00-199 Warszawa, Audytor systemów zarządzania ISO 14001 i ISO 50001 - Autoryzacja DEKRA <i>Marek Mazur</i>			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakres prac, posiadane kwalifikacje:			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Justyna Kozuń	Obliczanie mocy układów oświetlenia, analiza oprav	Inżynier energetyk, WAT im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie
5. Miejscowość:	Warszawa	data wykonania opracowania:	2016-01-14
6. Spis treści			
1	Strona tytułowa audytu oświetlenia wbudowanego budynku _____		1
2	karta audytu oświetlenia wbudowanego budynku _____		2
3	Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora _____		2
4	Inwentaryzacja oświetlenia _____		5
5	zgodność z normami oświetlenia _____		12
6	Wykaz rodzajów usprawnień i przedsięwzięć modernizacyjnych wybranych na podstawie oceny stanu technicznego _____		15
7	Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia modernizacyjnego _____		15
8	Podsumowanie _____		22
9	Załączniki _____		22



2 KARTA AUDYTU OŚWIETLANIA WBUDOWANEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne			
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Konstrukcja tradycyjna	
2.	Liczba kondygnacji	3	
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	nie dotyczy	
4.	Powierzchnia użytkowa, rozpatrywana [m ²]	543,97	
5.	Liczba osób użytkujących budynek	52	
6.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	nie dotyczy	
7.	Oświetlenie wewnętrzne	Głównie w oparciu o świetlówki linowe z zapłonikiem elektronicznym, świetlówki kompaktowe, źródła liniowe	
8.	Ilość opraw szt.	114	
2. Charakterystyka energetyczna oświetlenia wbudowanego budynku		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
9.	Instalacja elektryczna – oświetlenie [kW]	8,2	3,9
10.	Zapotrzebowanie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia budynku w ciągu roku [kWh/rok]	19195	8948
11.	Zapotrzebowanie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia budynku w ciągu roku [GJ/rok]	69,1	32,21
3. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)			
12.	Opłata za dostawę energii elektrycznej 1kWh na oświetlenie [zł]	0,6850	0,6850
4. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia modernizacyjnego			
Planowana kwota dotacji 30%[zł]	13434,9	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	53%
Planowane koszty całkowite [zł]	44783,0	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	7 019,35

3 DOKUMENTY I DANE ŹRÓDŁOWE WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU AUDYTU ORAZ WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA**3.1 Cel pracy**

Celem opracowania jest wskazanie ekonomicznie uzasadnionych działań prowadzących do obniżenia zapotrzebowania na energię elektryczną układów oświetlenia wewnętrznego w budynku Urzędu Gminy: ul. Gen. F. Żymirskiego 38, 05-205 Klembów. W szczególności celem audytu jest analiza możliwości wykorzystania wydajnych opraw, nowoczesnych źródeł światła o wyższej klasie energetycznej oraz układów automatycznego sterowania natężeniem oświetlenia.



3.2 Dokumentacja projektowa

- Projekt remontu pomieszczeń firmy ALVE z lipca 2011r.
- Rzuty kondygnacji (wersja cyfrowa).

3.3 Inne dokumenty:

- aktualne ceny nośnika energii dostarczone przez inwestora,
- zużycie energii elektrycznej z faktur,
- dane dostarczone przez inwestora dotyczące źródeł światła, instalacji, itp.
- wizja lokalna,
- obowiązujące normy i rozporządzenia:
 - Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej (...).
 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku (...).
 - Ustawa z dnia 31 grudnia 2015 r. o zmianie ustawy o efektywności energetycznej.
 - Ustawa z dnia 31 grudnia 2015 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz ustawy - Prawo energetyczne.
 - Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne (Dz. U. z 2006 r. Nr 89, poz. 625, z późn. zm.)
 - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 2 lipca 2007 r. w sprawie szczegółowych zasad kształtowania i kalkulacji taryf oraz rozliczeń w obrocie energią elektryczną (Dz. U. z 2007 r. Nr 128, poz. 895 z późn. zm.), zwane dalej „rozporządzeniem taryfowym”.
 - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. z 2007 r. Nr 93, poz. 623 z późn. zm.), zwane dalej „rozporządzeniem systemowym”.
 - Ustawa z dnia 15.04.2011 r. o efektywności energetycznej



- Ustawa z dnia 29 czerwca 2007 r. o zasadach pokrywania kosztów powstałych u wytwórców w związku z przedterminowym rozwiązaniem umów długoterminowych sprzedaży mocy i energii elektrycznej (Dz. U. z 2007 r. Nr 130, poz. 905 z późn. zm.) zwana dalej „ustawą o rozwiązaniu KDT”.
- Norma PN-EN 12464-1: 2012 Światło i oświetlenie - Oświetlenie miejsc pracy.
- Polska Norma PN-IEC60364-5-559: 2003. - Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Inne wyposażenie. Oprawy oświetleniowe i instalacje oświetleniowe.

3.4 Wizja lokalna

- styczeń 2016

3.5 Zadeklarowany maksymalny udział własny na pokrycie kosztów przedsięwzięcia modernizacyjnego oraz wysokość kredytu możliwego do zaciągnięcia:

Inwestor zamierza pozyskać dofinansowanie w maksymalnej możliwej wielkości w formie dotacji lub pożyczki. Wkład własny Inwestora w przypadku zaciągnięcia kredytu modernizacyjnego nie powinien przekraczać sumy podanej w poniższej tabeli.

Udział środków własnych Inwestora z kosztów podlegających pod kredyt modernizacyjny	nie zdefiniowano
Maksymalna wartość kredytu	nie zdefiniowano

3.6 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi inwestora (zleceniodawcy)

Zleceniodawca podał następujące wytyczne dotyczące poprawy istniejącego stanu:

- Instalacja oświetlenia wewnętrznego wymaga modernizacji w zakresie zmniejszenia zużycia energii elektrycznej, sterowania oraz poprawy warunków oświetleniowych. Z powodu znacznych kosztów eksploatacyjnych potrzebne jest usprawnienie układów oświetlenia wewnętrznego,
- obniżenie zużycia energii elektrycznej, a tym samym kosztów na potrzeby oświetlenia wbudowanego,



- uzyskanie dotacji lub pożyczki na wykonanie działań modernizacyjnych ze środków NFOŚ, WFOŚ, GIS, POIŚ, RPO lub podobnych.

4 INWENTARYZACJA OŚWIETLENIA

4.1 Lokalizacja budynku



Lokalizacja obiektu przy ul. Gen. F. Żymirskiego 38 w Klembowie

4.2 Opis techniczny podstawowych elementów budynku

Rozpatrywany obiekt wzniesiono w systemie konstrukcji tradycyjnej w 1978r. Budynek dwukondygnacyjny, składający się z dwóch części – biura urzędu i biura GOPS. Ściany zewnętrzne murowane. Mur grubości $1\frac{1}{2}$ cegły z gazobetonu grubości 24cm i cegły silikatowej grubości 12 cm. Ściany wewnętrzne nośne z gazobetonu 24cm. Ściany wewnętrzne działowe z cegły silikatowej grubości 12cm. Okna z PCV. Drzwi wejściowe z aluminium. Pokrycie dachowe z papy termozgrzewalnej. Rynny i rury spustowe z blachy stalowej, ocynkowanej.



Wejścia do budynku znajduje się od strony północnej. Zestawienie powierzchni poszczególnych pomieszczeń podano w tabeli oraz rzutach, dostarczonych przez inwestora – załączniki 1 i 2.

4.3 Stan istniejący, dotyczący zastosowanego oświetlenia

Audyt wykonano na podstawie wizji lokalnej, inwentaryzacji oraz dokumentacji dostarczonej przez Zamawiającego. Oświetlenie ogólne zainstalowane jest naściennie nastropowo lub za pomocą konstrukcji wsporczych typu sufity podwieszane. We wszystkich typach pomieszczeń wykorzystuje się głównie oświetlenie fluorescencyjne, liniowe i kompaktowe o barwie neutralnej 4000K. W większości pomieszczeń biurowych zamontowano oprawy TCS160 4X18 z polerowanym aluminiowym rastrem, zapłonnikami elektronicznymi i kompensacją mocy biernej. W gabinecie Wójta zamontowano tradycyjny żyrandol na pięć źródeł z gwintem E27. W korytarzach i pomieszczeniach socjalnych zamontowano oprawy TCS160 2XTL-D36W oraz TCS160 1XTL-D36W. W łazienkach zastosowano plafoniere AM224 TC-L i AM218 TC-L. W toaletach GOPS zamontowano plafony z tradycyjnymi żarówkami 60W E27. Większość opraw jest sprawna i nie wymaga wymiany.

Przeprowadzone w trakcie inwentaryzacji pomiary natężenia oświetlenia wykazały zróżnicowane spełnienie wymogów normatywnych. W odniesieniu do pomieszczeń z dostępem do oświetlenia dziennego badanie wykazało spełnienie wymagań normatywnych dla większości stanowisk pracy. Oświetlenie płaszczyzny roboczej w tych pomieszczeniach przy całkowitym włączeniu oświetlenia ogólnego wahało się od 220 do 750 lx. W łazienkach bez dostępu do światła dziennego, pomiar natężenia oświetlenia wyniósł od 80 do 200lx. W pomieszczeniach socjalnych i technicznych, gdzie zamontowano oprawy świetlówkowe z ryflowanym kloszem natężenie oświetlenia wahało się od 80 do 150lx.

4.4 Metoda badań

Obliczenia zapotrzebowania na oświetlenie budynku wykonano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii, i zapisem § 4 pkt 2.

Modernizacja opraw oświetleniowych lub źródeł światła znajduje się na liście Załącznika



nr 1 Rozporządzenia jako pozycja 6 wśród przedsięwzięć, dla których audyt może być wykonany w sposób uproszczony według metodologii określonej w Rozporządzeniu w § 6 pkt 1. Do sporządzenia audytu w sposób uproszczony wykorzystuje się dane i metody określania ilości energii zaoszczędzonej:

$$\Delta Q_{\text{rok}} = Q_{k,L,\text{pocz}} - Q_{k,L,\text{kon}} \quad \text{kWh / rok} \quad (1)$$

gdzie:

$Q_{k,L,\text{pocz}}$	zapotrzebowanie na energię do oświetlenia budynku przed modernizacją	kWh/rok
$Q_{k,L,\text{kon}}$	zapotrzebowanie na energię do oświetlenia budynku po modernizacji	kWh/rok

W celu przeprowadzenia audytu bilansowego przeanalizowano dopuszczone przez Rozporządzenie usprawnienia umożliwiające uzyskanie oszczędności energii: zastosowanie bardziej energooszczędnych źródeł światła lub opraw oświetleniowych, systemów automatycznego sterowania wydajnością i parametrami oświetlenia, optymalizację czasu załączania oświetlenia oraz wprowadzenie sekcji oświetleniowych w zależności od przeznaczenia oświetlanych stref i pomieszczeń.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dn. 27 lutego 2015 roku zapotrzebowanie na energię na potrzeby oświetlenia należy wyznaczać w oparciu o polską normę PN-EN 15193.

Roczne zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku dla wbudowanej instalacji oświetlenia $Q_{k,L}$ oblicza się według wzoru:

$$Q_{k,L} = \text{LENI} \times A_L \quad \text{kWh/rok} \quad (2)$$

gdzie:

LENI	liczbowy wskaźnik energii oświetlenia wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej charakterystyki energetycznej budynków – wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia	kWh/(m ² rok)
A_L	powierzchnia pomieszczeń wyposażonych w system wbudowanej instalacji oświetlenia równa powierzchni przyjętej do obliczenia wskaźnika LENI	m ²

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną przez system oświetlenia wbudowanego:

$$Q_{p,L} = Q_{k,L} \times w_{el} \quad \text{kWh/rok} \quad (3)$$

gdzie:

$Q_{k,L}$	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu wbudowanej instalacji oświetlenia	kWh/rok
-----------	---	---------



w_i	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie: a) nośnika energii lub energii dla systemu ogrzewania (współczynnik w_H), b) nośnika energii lub energii dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej (współczynnik w_W), c) nośnika energii lub energii dla systemu chłodzenia (współczynnik w_C), d) energii elektrycznej (współczynnik w_{el})	–
-------	--	---

Przyjęto współczynnik nakładu $w_i = 3,0$, na podstawie tabeli 1 (Lp. 15) załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 27 lutego 2015r..

Lp.	Sposób zasilania budynku lub części budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	w_i
1	Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Olej opałowy	1,10
2		Gaz ziemny	
3		Gaz płynny	
4		Węgiel kamienny	
5		Węgiel brunatny	
6		Energia słoneczna	0,00
7		Energia wiatrowa	
8		Energia geotermalna	
9		Biomasa	0,20
10		Biogaz	0,50
11	Ciepło sieciowe z kogeneracji	Węgiel kamienny lub gaz	0,80
12		Biomasa, biogaz	0,15
13	Ciepło sieciowe z ciepłowni	Węgiel kamienny	1,30
14		Gaz lub olej opałowy	1,20
15	Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	3,00

Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej charakterystyki energetycznej budynków LENI oblicza się na podstawie wzoru:

$$LENI = \{F_C \times (P_N / 1000) \times [(t_D \times F_O \times F_D) + (t_N \times F_O)]\} + m + n \times \{5/t_y \times [t_y - (t_D + t_N)]\} \quad \text{kWh/m}^2 \text{ rok (4)}$$

gdzie:

P_N	jednostkowa moc opraw oświetlenia podstawowego w budynku obliczana na podstawie wzoru 6	W/m^2
t_D	czas użytkowania oświetlenia w ciągu dnia, zgodnie z tabelą 1	h/rok
t_N	czas użytkowania oświetlenia w ciągu nocy, zgodnie z tabelą 1	h/rok
t_0	czas użytkowania oświetlenia będący sumą czasów t_D i t_N , zgodnie z tabelą 1	h/rok
t_y	liczba godzin w roku, 8760 h	h
F_D	współczynnik uwzględniający wykorzystanie światła dziennego w	–



	oświetleniu, zgodnie z tabelą 2	
F _O	współczynnik uwzględniający nieobecność użytkowników w miejscu pracy, zgodnie z tabelą 3	–
F _C	współczynnik uwzględniający obniżenie natężenia oświetlenia do poziomu wymaganego, obliczany na podstawie wzoru 5	–
M	m=1 - gdy stosowane jest oświetlenie awaryjne; w przeciwnym razie m=0	–
N	n=1 - gdy stosowane jest sterowanie opraw; w przeciwnym razie n=0	–

Lp.	Typ budynku	Czas użytkowania oświetlenia w ciągu roku, h/a		
		t _p	t _N	t _o
1	Biura	2250	250	2500
2	Szkoły	1800	200	2000
3	Szpitala	3000	2000	5000
4	Sportowo-rekreacyjne	2000	2000	4000

Tabela 1 Roczne odniesieniowe czasy użytkowania oświetlenia w budynkach

Lp.	Typ budynku	Rodzaj regulacji	F _D
1	Biura, budynki sportowo-rekreacyjne	Ręczna	1.0
2		Regulacja światła z uwzględnieniem światła dziennego	0.9
3	Szkoły, szpitale	Ręczna	1.0
4		Regulacja światła z uwzględnieniem światła dziennego	0.8

Tabela 2 Uwzględnienie wpływu światła dziennego w budynkach

Uwaga – Założono, że co najmniej 60 % instalowanej mocy elektrycznej jest sterowane

Lp.	Typ budynku	Rodzaj regulacji ¹⁾	F _O
1	Biura, szkoły	Ręczna	1.0
2		Automatyczna	0.9
3	Budynki sportowo-rekreacyjne,	Ręczna	1.0
4	Szpitala	Ręczna (częściowo automat.)	0.8

Tabela 3 Uwzględnienie wpływu obecności pracowników w miejscu pracy

¹⁾ *W przypadku automatycznej regulacji, co najmniej jeden czujnik obecności powinien być zainstalowany w pomieszczeniu a w pomieszczeniach dużych, co najmniej jednym czujnik obecności na 30m². Założono, że w przypadku automatycznej regulacji, co najmniej 60 % instalowanej mocy elektrycznej jest sterowane.*

Współczynnik uwzględniający obniżenie poziomu natężenia oświetlenia do poziomu wymaganego oblicza się według wzoru:

$$F_C = (1 + MF) / 2 \quad W/m^2 \quad (5)$$



gdzie:

MF	współczynnik utrzymania poziomu natężenia oświetlenia, przyjmowany na podstawie projektu, gdy stosowana jest regulacja natężenia oświetlenia. W praktyce jego wartość wynosi przeważnie 0,8-0,9; gdy nie zastosowano regulacji to przyjmuje się 1	–
----	---	---

Jednostkową moc opraw oświetlenia ocenianego budynku P_N oblicza się na podstawie wzoru:

$$P_N = \Sigma P_{rzecz} / \Sigma A_L \quad \text{W/m}^2 \quad (6)$$

P_{rzecz}	moc instalowana opraw oświetlenia podstawowego w poszczególnych pomieszczeniach	W
AL.	łączna powierzchnia pomieszczeń wziętych do wyliczenia wskaźnika LENI	m^2

Ocena wydajności energetycznej oświetlenia budynku polega na porównaniu wartości wskaźnika LENI do wyników budynków danego typu, z uwzględnieniem systemów sterowania.

Typ budynku	Klasa ¹⁾	Bez cte		Z cte	
		R	A	R	A
Biura	* 15	42,1	35,3	38,3	32,2
	** 20	54,6	45,5	49,6	41,4
	*** 25	67,1	55,8	60,8	50,6

1) – klasa jakości oświetlenia oraz wartość mocy opraw P_N w W/m^2

*, **, *** – podstawowe, dobre i pełne spełnienie wymagań oświetlenia.

cte – system kontroli stałego natężenia oświetlenia.

R – ręczne sterowanie oświetleniem

A – automatyczne sterowanie oświetleniem

Tabela 4 Wartości wskaźnika LENI na podstawie normy PN-EN 15193.

Wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla wyliczono metodą z wykorzystaniem wskaźnika referencyjnego:

$$E_{\text{CO}_2, L} = W_e \times Q_{k, L} \quad \text{Mg CO}_2 / \text{rok} \quad (7)$$

gdzie:

$Q_{k, L}$	moc instalowana opraw oświetlenia podstawowego w poszczególnych pomieszczeniach	kWh/rok
W_e	referencyjny wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla dla produkcji energii elektrycznej na poziomie $W_e = 0,8315 \text{ Mg CO}_2/\text{MWh}$, podany w komunikacie, opublikowanym 22.12.2014r.	Mg CO ₂ /MWh



4.5 Roczny koszt oświetlenia

Kalkulacja kosztów przedstawiona w audycie oświetlenia ma charakter szacunkowy. Szczegółowa kalkulacja powinna zostać wykonana na podstawie kosztorysu inwestorskiego po zakończeniu prac projektowych.

Średnioroczna cena energii elektrycznej w wysokości 0,6850zł/kWh, ustalona została na podstawie analizy faktur z 11 miesięcy 2015r. oraz zestawienia zużycia. Ceny BRUTTO z dnia sporządzania audytu.

Moc instalowana opraw oświetlenia podstawowego w poszczególnych pomieszczeniach, uwzględniająca sprawność opraw EEI (szczegółowe zestawienie opraw w załączniku nr 1):

$$P_{rzecz} = 8\,198\text{ W}$$

Moc jednostkowa opraw oświetlenia podstawowego wbudowanego:

$$P_N = 8\,198 / 543,97 = 15,07\text{ W/m}^2$$

Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej charakterystyki energetycznej budynków:

$$LENI = \{1 \times (15,07 / 1000) \times [(2250 \times 1 \times 0,9) + (250 \times 1)]\} + 1 + 0,5/8760 \times \{[8760 - (2250 - 250)]\}$$

$$LENI = 35,29\text{ kWh/m}^2\text{ rok}$$

Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu wbudowanej instalacji oświetlenia:

$$Q_{k,L} = 35,29 \times 543,97 = 19\,195\text{ kWh/rok}$$

Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system oświetlenia wbudowanego:

$$Q_{P,L} = 3,0 \times 19\,195 = 57\,585\text{ kWh/rok}$$

Przyjęto współczynnik nakładu $w_i = 3,0$ - na podstawie Tabeli 1 załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 27 lutego 2015r.

Wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla.

Metoda z wykorzystaniem wskaźnika referencyjnego:



$$E_{CO_2,L} = 0,8315 \times 19,195 = \mathbf{15,96 \text{ Mg CO}_2/\text{rok}}$$

Przyjęto referencyjny wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla dla produkcji energii elektrycznej na poziomie $We = 0,8315 \text{ Mg CO}_2/\text{MWh}$, podany w komunikacie, opublikowanym 22.12.2014r.

Roczny koszt oświetlenia w budynku:

$$C_{\text{rok}} = 19\,195 \times 0,6850 = \mathbf{13\,149,11 \text{ zł BRUTTO}}$$

4.6 Pozostałe instalacje

Budynek wyposażony jest ponadto w instalacje:

- Oświetlenia ewakuacyjnego,

Instalacja oświetlenia ewakuacyjnego została uwzględniona w niniejszym opracowaniu (wskaźnik m we wzorze na LENI).

5 ZGODNOŚĆ Z NORMAMI OŚWIETLENIA

W trakcie wizji lokalnej przeprowadzono pomiary natężenia oświetlenia. Część pomieszczeń biurowych od strony północnej było niedoświetlonych. Zgodnie z zaleceniami normy PN-EN12464-1: 2012, przestrzenna zmienność w natężeniach oświetlenia wokół obszaru zadania może prowadzić do stresu wzrokowego i dyskomfortu.

Natężenie oświetlenia na obszarze zadania E_{task} lx	Natężenie oświetlenia na obszarach bezpośredniego otoczenia lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{task}
100	E_{task}
≤ 50	E_{task}

Tabela 5. Tabela zmienności natężenia oświetlenia.



Po zejściu zmroku i w pochmurne dni, szczególnie od strony północnej oraz w na parterze, występuje konieczność ciągłego stosowania oświetlenia sztucznego. W pomieszczeniach należy zadbać o równomierny rozkład natężenia oświetlenia, dostosowany do warunków zewnętrznych. Liczne okna zapewniają dostęp do światła słonecznego, co sprawia, że podczas słonecznych dni występuje znaczne przekroczenie norm oświetlenia dla tego typu pomieszczeń, a co za tym idzie miejscowo mamy do czynienia z efektem olśnienia. Miejscowo pomiary wykazały 1300lx przy włączonym oświetleniu sztucznym. W pomieszczeniach od strony południowej w najdłuższe dni roku, zaleca się eliminować efekt olśnienia stosując rolety oraz automatyczne sterowanie natężeniem oświetlenia. Należy zwrócić uwagę na konfigurację stanowisk pracy, a w szczególności rozmieszczenie lamp oraz ustawienie biurek względem okien oraz możliwość włączania lub wyłączania poszczególnych opraw, w zależności od warunków zewnętrznych. Pomiary wykazały zróżnicowanie w spełnianiu wymogów normatywnych od 100 do 800lx. Oświetlenie płaszczyzny roboczej przy całkowitym włączeniu oświetlenia ogólnego na niektórych stanowiskach nie przekraczało wartości 100 lx, co nie jest zgodne z normą. Dla tego typu działalności natężenie oświetlenia w polu zadania powinno wynosić min 300/500lx. Temperatura barwowa źródeł światła jest prawidłowo dobrana, wynosi średnio 4000K, co mieści się w zakresie barwy, określanej jako neutralna. Średni współczynnik oddawania barw dla świetlówek CRI [Ra] ≥ 85 .

Zgodnie z PN-EN12464-1: 2012 średnie natężenie oświetlenia dla pola zadania nie powinno spadać poniżej wartości podanych w tabeli, niezależnie od wieku i stanu instalacji. Wartości te odnoszą się do normalnych warunków widzenia, gdzie oprócz czynników ekonomicznych wzięto pod uwagę następujące czynniki:

- aspekty psychofizjologiczne, takie jak komfort widzenia i dobre samopoczucie;
- wymagania dla zadań wzrokowych;
- ergonomię widzenia;
- doświadczenie praktyczne;
- wpływ na bezpieczeństwo i higienę pracy.

Pomiary natężenia oświetlenia na korytarzach i klatkach schodowych wykazał zgodność z normą (100lx). Niektóre części korytarzy ze względów ekonomicznych nie były oświetlone.



Nr ref.	Typ obszaru, zadanie lub działalność	\bar{E}_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Wymagania specyficzne
5.26.1	Segregowanie, kopiowanie itp.	300	19	0,40	80	
5.26.2	Pisanie, pisanie na maszynie, czytanie, przetwarzanie danych	500	19	0,60	80	Praca – DSE, patrz 4.9.
5.26.3	Rysowanie techniczne	750	16	0,70	80	
5.26.4	Stanowiska pracy CAD	500	19	0,60	80	Praca – DSE, patrz 4.9.
5.26.5	Pokoje konferencyjne i pokoje spotkań	500	19	0,60	80	Zaleca się, aby oświetlenie było sterowane.
5.26.6	Miejsce recepcji	300	22	0,60	80	
5.26.7	Archiwa	200	25	0,40	80	

Tabela 6. Wymagania normy dotyczące biur.

Nr ref.	Typ obszaru, zadanie lub działalność	\bar{E}_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Wymagania specyficzne
5.4.1	Składy i magazyny	100	25	0,40	60	200 lx, jeśli są stale zajęte.
5.4.2	Obszary pakowania i wysyłania	300	25	0,60	60	

Tabela 7. Wymagania normy dotyczące magazynów.

W ciągach komunikacyjnych i pomieszczeniach magazynowych pomiary wykazały względną poprawność. Natężenie oświetlenia wahało się od 80 do 250lx. Temperatura barwowa mieści się w granicach normy i wynosi dla tych źródeł CRI [Ra] ≥ 80 .



Nr ref.	Typ obszaru, zadanie lub działalność	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Wymagania specyficzne
5.1.1	Obszary ruchu i korytarze	100	28	0,40	40	<ul style="list-style-type: none"> Natężenie oświetlenia na poziomie podłogi. R_a i UGR podobne do sąsiednich obszarów. 150 lx, jeśli na drodze są pojazdy. Oświetlenie wyjść i wejść powinno tworzyć strefę przejściową, aby unikać nagłych zmian w natężeniu oświetlenia między wnętrzem i na zewnątrz w ciągu dnia lub w nocy. Zaleca się dołożyć wszelkich starań, aby uniknąć olśnienia kierowców i pieszych.
5.1.2	Schody, schody ruchome, chodniki ruchome	100	25	0,40	40	Wymagane jest wzmocnienie kontrastu na stopniach schodów.
5.1.3	Windy, dźwigi	100	25	0,40	40	Zaleca się, aby poziom oświetlenia przed windą wynosił co najmniej $E_m = 200$ lx.
5.1.4	Rampy przeładunkowe/zatoki	150	25	0,40	40	

Tabela 8. Wymagania normy, dotyczące korytarzy.

Należy rozważyć usprawnienia polegające na poprawie warunków oświetleniowych w celu automatycznego dostosowania natężenia oświetlenia do warunków zewnętrznych, a co za tym idzie zwiększenia bezpieczeństwa i higieny pracy.

6 WYKAZ RODZAJÓW USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ MODERNIZACYJNYCH WYBRANYCH NA PODSTAWIE OCENY STANU TECHNICZNEGO

Rodzaj usprawnień lub przedsięwzięć	Sposób realizacji
Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej z polepszeniem komfortu oświetlenia oraz bezpieczeństwa i higieny pracy.	Wymiana świetlówek liniowych i kompaktowych na nowoczesne lampy LED. W wybranych pomieszczeniach oraz ciągach komunikacyjnych zastosować układy regulacji natężenia oświetlenia oraz układy wyzwalania lamp do mocy nominalnej czujnikami dostępu.

7 OKREŚLENIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA MODERNIZACYJNEGO

W niżej prezentowanych tabelach przeprowadza się:



- Ocenę opłacalności i wyboru optymalnych usprawnień prowadzących do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej przez układy oświetlenia dla poszczególnych typów pomieszczeń,
- Zestawienie optymalnych usprawnień i przedsięwzięć w kolejności rosnącej wartości prostego czasu zwrotu nakładów (SPBT), poprawiającego sprawność systemu oświetleniowego.
- Ocena i wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia modernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu oświetlenia.
- Określenie wariantów przedsięwzięć modernizacyjnych.
- Ocenę wariantów przedsięwzięć modernizacyjnych pod względem spełnienia wymagań stawianych przez normę PN-EN 12464-1: 2012.
- Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia modernizacyjnego.

7.1 Wymiana opraw, świetlówek liniowych i kompaktowych na nowoczesne lampy LED

Zasadniczym celem jest obniżenie zużycia energii elektrycznej na cele oświetleniowe. Założono również poprawę warunków oświetleniowych w pomieszczeniach biurowych i korytarzach, poprzez równomierne rozmieszczenie opraw ze źródłami LED, o charakterystyce dostosowanej do potrzeb, potwierdzonych badaniami fotometrycznymi (symulacją komputerową efektu zmiany).

W celu zapewnienia komfortu świetlnego i stałych warunków oświetlenia założono zastosowanie układów regulacji natężenia oświetlenia. Ze względu na względnie krótki czas świecenia w jednym z wariantów nie założono wymiany opraw, których stan techniczny należy ocenić jako dobry. W toaletach zakłada się wymianę lamp ze świetłówkami czteropinowymi i źródłami żarowymi na specjalizowane plafoniere LED z czujnikiem dostępu.



Lp.	Omówienie		Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Moc zainstalowana	kW	8,2	3,9	3,9	6,2
2	Średni czas świecenia	godzin/rok	2500	2500	2500	2500
3	Energia elektryczna na cele oświetleniowe	MWh/rok	19,20	8,95	8,95	12,61
4	Energia elektryczna na cele oświetleniowe	GJ/rok	69,10	32,21	32,21	45,41
5	Emisja CO ₂	Mg/rok	15,96	7,44	7,44	10,49
6	Ograniczenie emisji CO ₂	Mg/rok		8,52	8,52	5,47
7	Roczna oszczędność kosztów	zł/m ²		12,9	12,9	8,3
8	Koszt usprawnienia	zł/m ²		82	112	94
9	SPBT	lata		6,4	8,7	11,3
Wybrany wariant: 1		Koszt: 82,3zł/m ²		SPBT= 6,4		

Tabela 9. Charakterystyka proponowanych wariantów.

Zaproponowano trzy warianty usprawnień, w tym jeden, z zastosowaniem tańszych, nowoczesnych świetlówek fluorescencyjnych na trzonku T5. Ze względu na liczne okna zaleca się zastosowanie sterowanych rolet od strony południowej, czego nie uwzględniono w kosztach zaproponowanych wariantów.

Wariant 1

Wariant zakłada modernizację istniejących opraw, polegającą na ominięciu zapłonników i bezpośrednim przyłączeniu lamp do sieci 230V. W pomieszczeniach biurowych, socjalnych i ciągach komunikacyjnych założono się wymianę świetlówek fluorescencyjnych w oprawach typu raster 4x18W oraz 2x36W na źródła LED T8 9W, 850lm oraz LED T8 18W, 1800lm bez osprzętu. W toaletach wymienić oprawy na plafonierzy LED 15W, 1300lm z funkcją przygaszania i wyzwalana czujnikiem dostępu. Zastosować układy regulacji natężenia oświetlenia, których zadaniem jest utrzymanie stałych warunków oświetlenia i spełnienie normy PN-EN 12464-1: 2012. W ciągach komunikacyjnych zastosować mikrofalowe czujniki dostępu, a lampy LEDysterować na 30% mocy. W niniejszym wariantcie uwzględniono koszty instalacji programowalnej centrali sterowania oraz radiowych odbiorników, które ze względu na duże zmiany natężenia oświetlenia, należy w pierwszej kolejności zamontować w pomieszczeniach biurowych od strony południowej. Koszty szacunkowe ujęto w pozycji „automatyka”. Dla poszczególnych pomieszczeń zaleca się przeprowadzenie symulacji fotometrycznych.

Ze względu na najkrótszą stopę zwrotu oraz zadowalający efekt ekologiczny wariant 1 jest rekomendowany. Szacowane koszty wdrożenia wariantu opisano w punktach 7.2 i 7.3.

Wariant 2



Wariant ten zakłada wykonanie zmian określonych w wariantcie 1 z wymianą wszystkich opraw, dobranych po przeprowadzeniu badań fotometrycznych. Stan techniczny większości opraw jest zadowalający, dlatego ze względu na dłuższą niż w wariantcie 1 stopę zwrotu oraz gorszy efekt ekologiczny (konieczność utylizacji obecnych opraw) wariant 2 nie jest rekomendowany.

lp.	Typ źródła światła / oprawy	Liczba źródła/opraw [szt.]	Cena jednostkowa [zł]	Wartość BRUTTO [zł]
1	światłówki LED T8 9W, 850lm	220	40	8800
2	światłówki LED T8 18W, 1800lm	84	40	3360
3	plafon LED 15W, 1300lm	17	125	2125
4	oprawa raster LED 4x9W	55	110	6050
5	oprawa raster LED 4x18W	42	120	5040
6	montaż źródeł światła	304	12	3648
7	montaż opraw	114	50	5700
8	automatyka	1	26000	26000
Razem				60723

Tabela 10. Szacowane koszty wdrożenia wariantu 2.

Wariant 3

Wariant trzeci zakłada wymianę wszystkich opraw na nowoczesne oprawy rastrowe z zapłonnikami elektronicznymi z kompensacją mocy biernej, o wyższej klasie energetycznej (sprawności). W oprawach tych należałoby wykorzystywać nowoczesne, trójpasmowe światłówki T5 28W, 2450lm (średnica światłówki 16mm, trwałość minimum 19000 godzin). Dodatkowo w pomieszczeniach socjalnych i WC zamontować plafoniere natynkowe LED 15W 1300lm z funkcją przygaszania i wyzwalać czujnikami dostępu. Zakłada się również zastosowanie układów regulacji natężenia oświetlenia oraz czujników dostępu.

Wariant ten jest najmniej ekonomiczny oraz generuje najmniej zadowalający efekt ekologiczny. Ze względu na fakt, że ten wariant mimo niższych kosztów jest droższy w eksploatacji, a efekt energetyczny niższy niż w wariantcie 1 i 2, nie jest on rekomendowany.



lp.	Typ źródła światła / oprawy	Liczba źródeł/opraw [szt.]	Cena jednostkowa [zł]	Wartość BRUTTO [zł]
1	światłówki T5 14W, 1125lm	220	11	2435,4
2	światłówki T5 28W, 2450lm	84	14	1136,52
3	plafon LED 15W, 1300lm	17	125	2125
4	oprawa raster LED 4x9W	55	110	6050
5	oprawa raster LED 24x18W	42	120	5040
6	montaż źródeł światła	304	8	2432
7	montaż opraw	114	50	5700
8	automatyka	1	26000	26000
Razem				50919

Tabela 11. Szacowane koszty wdrożenia wariantu 3.

Uzasadnienie wyboru wariantu

Ze względu na najkorzystniejszą stopę zwrotu z inwestycji (SPBT) i najwyższy efekt ekologiczny, do dalszej analizy przyjmuje się wariant 1.

Stan po wdrożeniu wariantu 1:

Ilość zaoszczędzonej energii na potrzeby systemów oświetlenia wbudowanego:

$$\Delta Q_{\text{rok}} = 19\,195 - 8\,948 = \mathbf{10\,247 \text{ kWh/rok}}$$

Roczne zapotrzebowania na energię pierwotną przez system oświetlenia wbudowanego:

$$Q_{\text{P,L}} = 3,0 \times 8\,948 = \mathbf{26\,844 \text{ kWh/rok}}$$

Przyjęto współczynnik nakładu $w_i = 3,0$ - na podstawie Tabeli 1 załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 27 lutego 2015r.

Wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla - metoda z wykorzystaniem wskaźnika referencyjnego:

$$E_{\text{CO}_2,\text{L}} = 0,8315 \times 8,948 = \mathbf{7,44 \text{ Mg CO}_2 / \text{rok}}$$

Przyjęto referencyjny wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla dla produkcji energii elektrycznej na poziomie $W_e = 0,8315 \text{ Mg CO}_2/\text{MWh}$, podany w komunikacie, opublikowanym 22.12.2014r..



Ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej:

$$\Delta Q_{P,L} = [(57\,585 - 26\,845) / 1000] \times 3,6 = \mathbf{110,66 \text{ GJ/rok}}$$

Ograniczenie emisji:

$$\Delta E_{CO_2,L} = 15,96 - 7,44 = \mathbf{8,52 \text{ Mg CO}_2 / \text{rok}}$$

$$\Delta E_{CO_2} [\%] = 53,38$$

Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię końcową:

$$\Delta E_L = (10\,247 / 19\,195) \times 100\% = \mathbf{53\%}$$

Roczna oszczędność kosztów energii:

$$\Delta C_{rok} = (19\,195 \times 0,6850) - (8\,948 \times 0,6850) = \mathbf{7\,019,35 \text{ zł/rok BRUTTO}}$$

7.2 Opis przyjętych rozwiązań i składowych współczynników sprawności:

Opis pomieszczeń	m ²	przed		po	
		W	W/m ²	W	W/m ²
biuro	332,07	4910,43	14,79	2084,21	6,28
komunikacja	75,77	1092,64	14,42	909,47	12,00
magazyn	52,46	634,47	12,09	341,05	6,50
pomieszczenia techniczne	30,00	728,91	24,30	341,05	11,37
pomieszczenie socjalne	53,67	831,82	15,50	268,42	5,00
Razem	543,97	8198,28	15,07	3944,21	7,25
zmniejszenie mocy oświetlenia wbudowanego				4254,07	-51,89%

Tabela 12. Zmniejszenie mocy układów oświetlenia wbudowanego.

W obliczeniach mocy P [W] zastosowano wskaźniki efektywności energetycznej (EEI), które szczegółowo ukazano w załączniku. Wskaźniki określają sprawność opraw (np. straty, wynikające z technologii zapłonu lamp fluorescencyjnych).

7.3 Zestawienie optymalnych usprawnień oraz ich charakterystyka finansowa



L.p.	Rodzaj i zakres usprawnienia modernizacyjnego	Planowane koszty robót w tys. zł (ceny z VAT, zł)	Roczne oszczędności tys. zł	SPBT Lata
1	Wymiana świetlówek liniowych i kompaktowych na nowoczesne lampy LED. W wybranych pomieszczeniach oraz ciągach komunikacyjnych zastosować układy regulacji natężenia oświetlenia oraz układy wyzwalania lamp do mocy nominalnej czujnikami dostępu.	44,78	7,02	6,4

Kalkulację kosztów wymiany opraw oświetleniowych opracowano na podstawie oferty firmy instalacyjnej obejmującej projekt, dostawę opraw oraz koszty robocizny. Szczegółowy wykaz szacunkowych kosztów pokazano w poniższej tabeli.

lp.	Typ źródła światła / oprawy	Liczba źródeł/opraw [szt.]	Cena jednostkowa [zł]	Wartość BRUTTO [zł]
1	świetłówki LED T8 9W, 850lm	220	40	8800
2	świetłówki LED T8 18W, 1800lm	84	40	3360
3	plafon LED 15W, 1300lm	17	125	2125
4	montaż źródeł światła	304	12	3648
5	montaż opraw	17	50	850
6	automatyka	1	26000	26000
Razem				44783,00

Tabela 13. Szacowane koszty wdrożenia wariantu 1.

Szczegóły:

Kalkulowany koszt robót wyniesie	44 783,00 zł
Środki NFOŚiGW /dotacja/ 30%*	13 434,90zł*
Oszczędności kosztów energii	7 019,35 zł
Czas zwrotu nakładów SPBT	6,4 lat

Wszystkie kwoty BRUTTO z VAT.

*) Należy przeprowadzić weryfikację dostępności i wysokości dofinansowania.

7.4 Określenie wariantów modernizacji oświetlenia budynku

Przyporządkowuje się każdemu z usprawnień numer.



Określenie wariantów modernizacji oświetlenia budynku:

Wariant	Usprawnienia
I	1

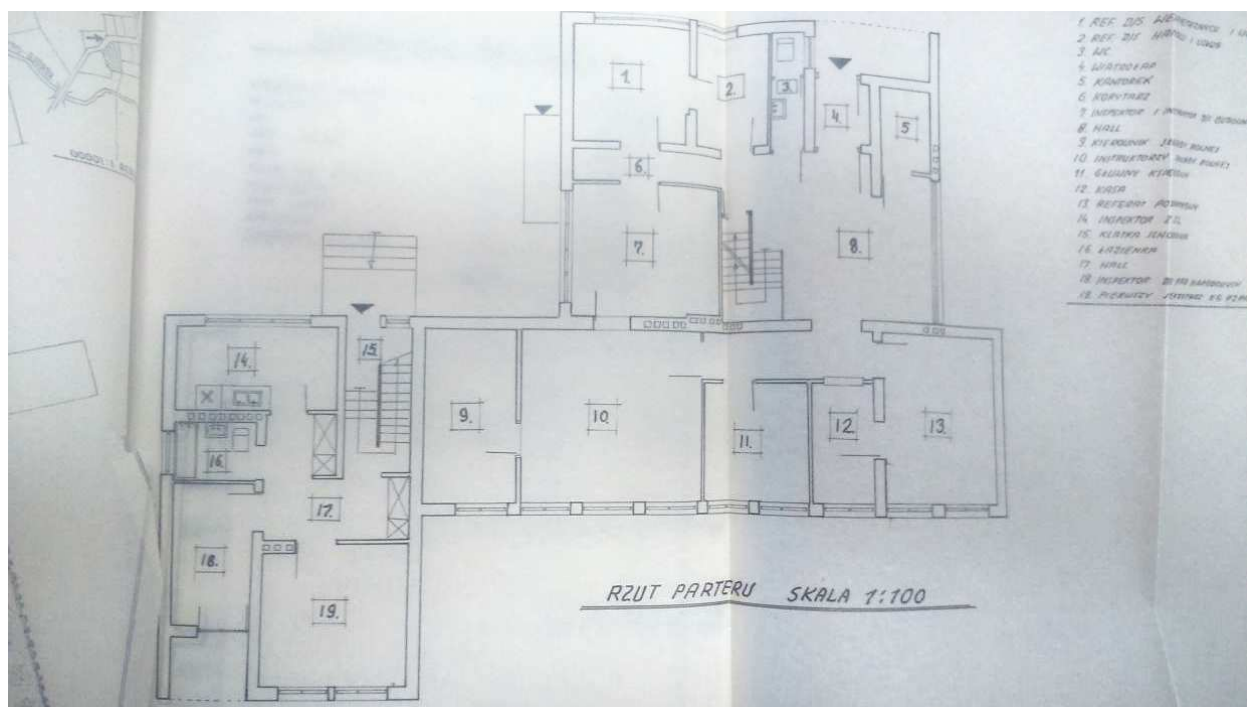
8 PODSUMOWANIE

Do niniejszego opracowania dołączono rzuty poziome obiektu. Dołączono szczegółowy wykaz mocy układów oświetleniowych w poszczególnych pomieszczeniach budynku, który posłużył do przeprowadzenia obliczeń.

9 ZAŁĄCZNIKI

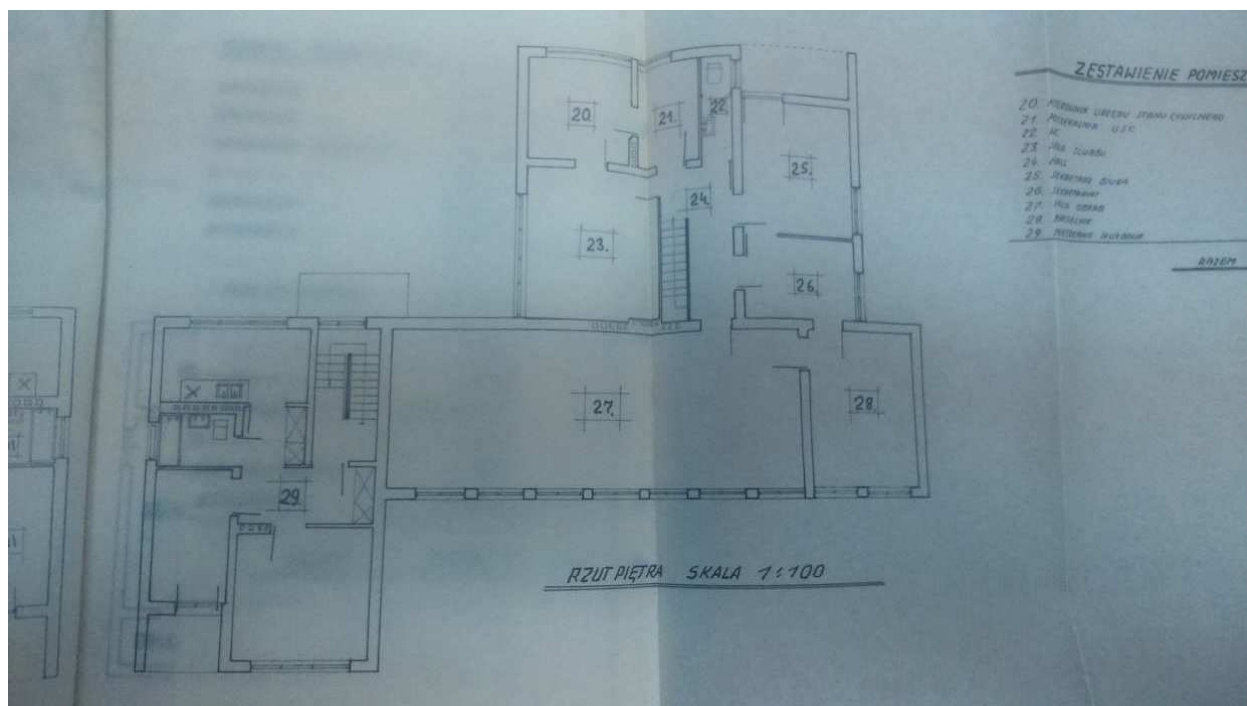
1. Rzuty poziome, udostępnione przez inwestora.

Kondygnacja 0

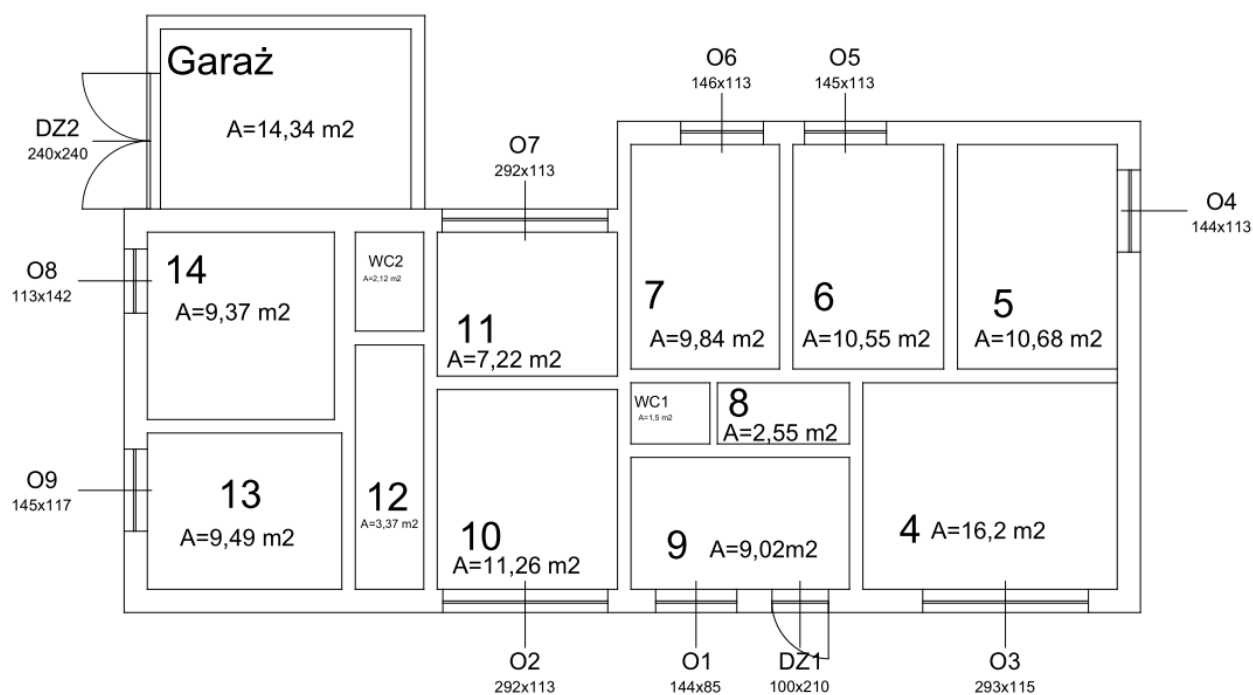


Kondygnacja 1





Część GOPS – kondygnacja 0



2. Zestawienie mocy układów oświetlenia w podziale na pomieszczenia budynku.

Opis pomieszczenia / grupa	m ²	W _z	EEI	W	W/m ²
Garaż	14,34	144	0,889	161,98	11,30



I Piętro	19,3	288	0,901	319,64	16,56
I Piętro	13,2	216	0,901	239,73	18,16
I Piętro	13,2	216	0,901	239,73	18,16
I Piętro	11,3	144	0,901	159,82	14,14
I Piętro	10	72	0,901	79,91	7,99
I Piętro	20	45	0,95	47,37	2,37
I Piętro	11,8	144	0,901	159,82	13,54
I Piętro	17,85	144	0,889	161,98	9,07
I Piętro	2	48	1	48,00	24,00
I Piętro	2,2	24	1	24,00	10,91
I Piętro	4,75	120	1	120,00	25,26
I Piętro	3,6	72	0,901	79,91	22,20
I Piętro	12,6	216	0,901	239,73	19,03
I Piętro	26,65	288	0,901	319,64	11,99
I Piętro	7,55	72	0,889	80,99	10,73
I Piętro	4,45	72	0,889	80,99	18,20
Parter	13	216	0,889	242,97	18,69
Parter	11	72	0,901	79,91	7,26
Parter	9,5	72	0,901	79,91	8,41
Parter	13,2	144	0,901	159,82	12,11
Parter	13,2	312	1	312,00	23,64
Parter	11,3	144	0,889	161,98	14,33
Parter	15	72	0,889	80,99	5,40
Parter	4	72	0,901	79,91	19,98
Parter	20	288	0,901	319,64	15,98
Parter	7	144	0,901	159,82	22,83
Parter	11,8	144	0,901	159,82	13,54
Parter	2,8	144	0,889	161,98	57,85
Parter	5	288	0,901	319,64	63,93
Parter	11,8	144	0,901	159,82	13,54
Parter	17,85	216	0,901	239,73	13,43
Parter	16,2	288	0,901	288,00	17,78
Parter	10,68	144	0,901	144,00	13,48
Parter	10,55	144	0,901	144,00	13,65
Parter	9,84	144	0,901	144,00	14,63
Parter	2,55	72	0,889	72,00	28,24
Parter	1,5	60	1	60,00	40,00
Parter	9,02	72	0,889	72,00	7,98
Parter	11,26	144	0,889	144,00	12,79
Parter	7,22	144	0,889	144,00	19,94
Parter	3,37	72	0,889	72,00	21,36
Parter	9,49	144	0,889	144,00	15,17
Parter	9,37	144	0,889	144,00	15,37
Parter	2,12	60	1	60,00	28,30
Parter	11,26	144	0,889	144,00	12,79
Parter	19,3	288	0,901	319,64	16,56



Przyziemie	8	36	0,889	40,49	5,06
Przyziemie	11	52	1	52,00	4,73
Przyziemie	30	648	0,889	728,91	24,30

W_z – suma mocy źródeł światła w oprawach [W]

EEI – klasa energetyczna / sprawność oprawy

W – moc skorygowana opraw wraz ze źródłami światła P_{rzecz} (uwzględniająca klasę energetyczną/sprawność) [W]

