

AUDYT WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA

**ZESPOŁU BUDYNKÓW DOMU POMOCY
SPOŁECZNEJ
W GÓRZE KALWARII PRZY UL. SZPITALNEJ 1
BUDYNEK NR 15**

WYKONAŁ :

mgr inż. Marek Popielewski
nr uprawnień budowlanych MAZ/0270/POOE/14

Warszawa, październik 2015 r

Spis treści:

- MAPA OBIEKTU Z ZAZNACZONYM BUDYNKIEM	3
1. WYMAGANIA OŚWIETLENIOWE DLA BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ.....	4
1.1. Wyjaśnienie podstawowych parametrów oświetleniowych	4
1.2. Inwentaryzacja oświetlenia	4
2. ANALIZA ISTNIEJĄCEJ INSTALACJI OŚWIETLENIA	5
2.1 Zestawienie zbiorcze istniejącego oświetlenia	6
3. OPRACOWANIE STRATEGII PROWADZĄCYCH DO POPRAWY WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA	7
3.1 Wybór i charakterystyka sprzętu oświetleniowego	7
3.2 Wybór systemu konserwacji	7
3.3 Zestawienie zbiorcze oświetlenia po modernizacji	8
4. ANALIZA WYNIKÓW I OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ	9
4.1 Charakterystyka finansowa wymiany oświetlenia	10
4.2 Wnioski	11
LITERATURA.....	11

1. WYMAGANIA OŚWIETLENIOWE DLA BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Wymagania oświetleniowe przyjęto na podstawie polskiej normy PN-EN 12464-1:2012 [3].

Tabela nr 1.1

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	UGR_L [-]	R_a [-]	δ (*) [-]
Korytarz	100	22	80	0,4
Klatka schodowa	100	22	80	0,4
Szatnie ,umywalnie, toalety	200	22	80	0,4
Pokoje wypoczynkowe (sypialnia)	100	22	80	0,4
Kuchnia	500	22	80	0,6
Stołówka	200	22	80	0,4
Pokoje opieki medycznej	500	16	90	0,6
Magazyn	100	25	60	0,4
Pomieszczenia socjalne	100	22	80	0,4
Świetlica	300	22	80	0,4
Jadalnia	200	22	80	0,4
Pomieszczenie gospodarcze	100	22	80	0,4
Warsztat	500	22	80	0,6
Pralnia	300	22	80	0,4
Pomieszczenia medyczne	500	22	80	0,4
Biuro	500	22	80	0,6
Przygotowanie warzyw, mięsa itd.	300	22	80	0,4
Obieralnia	500	22	80	0,4

1.1. Wyjaśnienie podstawowych parametrów oświetleniowych

Natężenie oświetlenia E [1] w danym punkcie powierzchni jest to iloraz elementarnego strumienia świetlnego ($d\Phi$) padającego na powierzchnię (dS)

$$E = d\Phi / ds. \quad (1.1)$$

Jednostką natężenia oświetlenia jest lux [lx].

Równomierność oświetlenia δ jest to stosunek najmniejszej wartości natężenia oświetlenia w punkcie (E_{min}) do średniej wartości natężenia oświetlenia (E_m)

$$\delta = E_{min} / E_m \quad (1.2)$$

Temperatura barwowa T_c danego źródła światła jest to temperatura ciała czarnego, które promieniuje światło o barwie identycznej z barwą tego źródła [1]. Jednostką temperatury barwowej jest Kelwin [K]. Norma [4] podaje zakresy temperatury barwowej :

$T_c \leq 3300 \text{ K}$	– barwa światła ciepła
$3300 \text{ K} \leq T_c \leq 5300 \text{ K}$	– barwa światła naturalna
$T_c \geq 5300 \text{ K}$	– barwa światła zimna

Wskaźnik oddawania barw R_a - informuje o tym, w jakim stopniu dane źródło światła umożliwia obserwację kolorów [6]. Im wyższy stopień oddawania barw tym lepiej postrzegane są kolory. Maksymalna wartość wskaźnika $R_a = 100$.

Olśnienie - warunki widzenia powstałe na skutek niewłaściwego rozkładu, bądź zakresu luminancji, bądź też występowania zbyt dużych kontrastów, powodujące uczucie przykrości i niewygody, lub obniżenie zdolności rozpoznawania szczegółów, lub przedmiotów, lub oba te wrażenia jednocześnie [6].

2. ANALIZA ISTNIEJĄCEJ INSTALACJI OŚWIETLENIA

Instalację oświetlenia wykonano na oprawach świetlówkowych z magnetycznymi statecznikami prądu oraz na oprawach z kompaktowymi świetlówkami. Oprawy te charakteryzują się niską skutecznością świetlną oraz dużą energochłonnością. Istniejące oświetlenie nie spełnia wymagań normatywnych.

2.1 Zestawienie wyników istniejącego oświetlenia w budynku nr 15

Tabela nr 2.1 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń **budynek nr 15 (parter)** przed modernizacją.

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytkowania w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]
PARTER							
1	Kuchnia	OPK 2x58W	129	14	2079	2500	5197,5
		OPK 2x18W	39	7			
2	Zmywalnia	OPK 2x58W	129	4	516	2500	1290
3	Wiatrołap	OPK 2x18W	39	1	39	1500	58,5
4	Korytarz nr 1	OPK 2x36W	79	6	474	2500	1185
5	Kierownik kuchni	OPK 2x36W	79	2	158	2500	395
6	Korytarz nr 2	OPK 2x36W	79	5	395	2500	987,5
7	Przygotowanie mięsa	OPK 2x36W	79	3	237	2500	592,5
8	Przygotowanie warzyw	OPK 2x58W	129	4	516	2500	1290
9	Magazyn	OPK 2x58W	129	3	387	1500	580,5
10	Obieralnia	OPK 2x58W	129	4	516	2500	1290
11	Magazyn	OPK 2x58W	129	2	258	1500	387
12	Łazienka	OPK 2x36W	79	1	79	2000	158
RAZEM :				56	5 654	-	13 412

Tabela nr 2.2 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń **budynek nr 15 (I piętro)** przed modernizacją.

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytkowania w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]
I PIĘTRO							
1	Korytarz	OPK 2x18W	39	1	39	1500	58,5
2	Klatka schodowa	OPK 2x18W	39	1	39	1500	58,5
3	Pomieszczenie socjalne	OPK 2x36W	79	2	158	1500	237
RAZEM :				4	236	-	354

Tabela nr 2.3 Zbiorcze zestawienie oświetlenia pomieszczeń w **budynku nr 15** przed modernizacją.

L.p.	Rodzaj pomieszczenia	Moc całkowita instalowana P_i [W]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Cena energii za 1 kWh [zł]	Koszt energii elektryczne za oświetlenie na rok [zł/rok]	Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia LENI [kWh/m ² ·rok]	Powierzchnia pomieszczeń wyposażonych w system instalacji oświetlenia A_L [m ²]
1	Parter	5 654	13 411,5	0,595 zł	7 979,84 zł	33,61	399
2	I Piętro	236	354,0	0,595 zł	210,63 zł	5,36	66
	RAZEM :	5 890	13 765,5	-	8 190,47 zł	29,60	465

3. OPRACOWANIE STRATEGII PROWADZĄCYCH DO POPRAWY WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLLENIA

3.1 Wybór i charakterystyka sprzętu oświetleniowego

Do modernizacji oświetlenia zastosowano ledowe oprawy oświetleniowe firmy Plexiform. Sprzęt oświetleniowy zastosowany charakteryzują się dużą wydajnością oraz bezpieczeństwem użytkowania.

Do sterowania i regulacji oświetlenia na zasadzie ograniczania czasu świecenia i okresowego obniżania poziomu natężenia oświetlenia zastosowana te same oprawy oświetleniowe sterowane poprzez czujnik wykrywania światła oraz obecności typu DUO firmy OSRAM w pokojach mieszkalnych , pomieszczeniach socjalnych oraz na korytarzach, sterowanie poprzez czujnik ruchu SLICK JQ-L firmy Kanlux w łazienkach i magazynach oraz sterowanie oświetlenia na klatkach schodowych poprzez automat schodowy typu ASM-01 firmy Zamel.

3.2 Wybór systemu konserwacji

Przyjęty system konserwacji przewiduje :

- czyszczenie opraw oświetleniowych co 12 miesięcy
- odnawianie pomieszczeń co 48 miesięcy

Współczynnik konserwacji $k = 0,80$

3.3 Zestawienie wyników oświetlenia w budynku nr 15 po modernizacji oświetlenia

Tabela nr 3.1 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń budynek nr 15 (parter) po modernizacji

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytk. w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Średnie natężenie oświetlenia E [lx]
PARTER								
1	Kuchnia	FIBRA LED 44W	44	20	880	2500	2200	523
2	Zmywalnia	FIBRA LED 44W	44	2	88	2500	220	204
3	Wiatrołap	FIBRA LED 19W	19	1	19	1500	28,5	154
4	Korytarz nr 1 (*)	FIBRA LED 36W	36	3	127	1500	190,5	117
		FIBRA LED 19W	19	1				
5	Kierownik kuchni	PARABLIC LED 3x13,5 W	40,5	2	81	2500	202,5	380
6	Korytarz nr 2 (*)	FIBRA LED 36W	36	3	108	1500	162	125
7	Przygotowanie mięsa	FIBRA LED 44W	44	2	88	2500	220	331
8	Przygotowanie warzyw	FIBRA LED 44W	44	4	176	2500	440	401
9	Magazyn	FIBRA LED 44W	44	1	44	1500	66	132
10	Obieralnia	FIBRA LED 44W	44	4	176	2500	440	501
11	Magazyn	FIBRA LED 36W	36	1	36	1500	54	136
12	Łazienka (*)	FIBRA LED 44W	44	1	44	1200	52,8	203
RAZEM				45	1867	-	4 276,3	-

(*) - sterowanie oświetleniem

Tabela nr 3.2 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń budynek nr 15 (I piętro) po modernizacji

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytk. w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Średnie natężenie oświetlenia E [lx]
I PIĘTRO								
1	Korytarz (*)	FIBRA LED 19W	19	1	19	900	17,1	107
2	Klatka schodowa (*)	FIBRA LED 19W	19	1	19	900	17,1	152
3	Pomieszczenie socjalne	FIBRA LED 36W	36	2	72	1500	108	206
RAZEM				4	110	-	142,2	-

(*) - sterowanie oświetleniem

3.4 Zestawienie zbiorcze oświetlenia w budynku nr 15 po modernizacji oświetlenia

Tabela nr 3.3 Zbiorcze zestawienie oświetlenia pomieszczeń w **budynku nr 15** po modernizacji.

L.p.	Rodzaj pomieszczenia	Moc całkowita instalowana P_i [W]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Cena energii za 1 kWh [zł]	Koszt energii elektrycznej za oświetlenie na rok [zł/rok]	Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia LENI [kWh/m ² ·rok]	Powierzchnia pomieszczeń wyposażonych w system instalacji oświetlenia A_L [m ²]
1	Parter	1 867	4 276,3	0,595 zł	2 544,40 zł	10,72	399
2	I Piętro	110	142,2	0,595 zł	84,61 zł	2,15	66
	RAZEM :	1 977	4 418,5	0,595 zł	2 629,01 zł	9,50	465

4. ANALIZA WYNIKÓW I OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Tabela 4.1 Zestawienie wyników istniejącej instalacji oświetleniowej oraz po modernizacji oświetlenia

Wybrany sposób oświetlenia	Oświetlenie stan istniejący	Oświetlenie po modernizacji	Oszczędność energii elektrycznej po modernizacji	Oszczędność energii elektrycznej po modernizacji oświetlenia [%]	Oszczędność finansowa po modernizacji oświetlenia [zł/rok]
Moc całkowita P_i [W]	5 890,00	1 977,00	3 913,00	66,43%	-
Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	13 765,50	4 418,50	9 347,00	67,90%	5 561,47 zł

Jak wynika z tabeli 4.1 wymiana opraw oświetleniowych oraz zastosowanie lokalnego sterowania oświetleniem zapewnia oszczędności energii elektrycznej w wysokości 9 347 kWh w stosunku rocznym co stanowi 67,9 % zużywanej energii elektrycznej na potrzeby istniejącego oświetlenia. Wymiana opraw oświetleniowych zmniejszy o 5 561,47 zł roczne koszty energii elektrycznej.

4.1 Charakterystyka finansowa wymiany oświetlenia

Tabela 4.2 Koszt wymiany opraw oświetleniowych

L.p.	Typ oprawy oświetleniowej	Producent	Ilość	Cena jednostkowa brutto	Cena całkowita
			[szt.]	[zł]	[zł]
1	FIBRA LED 36W	PLEXIFORM	9	309,00	2 781,00
2	FIBRA LED 19W	PLEXIFORM	4	219,00	876,00
3	FIBRA LED 44W	PLEXIFORM	34	383,00	13 022,00
4	Czujnik DUO	OSRAM	2	312,00	624,00
5	Czujnik SLICK JQ-L	KANLUX	2	35,00	70,00
6	Automat schodowy ASM-01	ZAMEL	1	45,00	45,00
7	KOSZT ROBOCIZNY I OKABLOWANIA		47	200,00	9 400,00
			RAZEM		26 818,00

Tabela 4.3 Charakterystyka finansowa wymiany opraw oświetleniowych

L.p.	Koszt modernizacji oświetlenia [zł]	Ilość zaoszczędzonej energii/rok [kWh/rok]	Cena energii elektrycznej za 1 kWh [zł]	Kwota oszczędności na energii elektrycznej/rok [zł]	Czas zwrotu z inwestycji t [rok]
1	26 818,00	9 347,00	0,595	5 561,47	4,82

Czas zwrotu inwestycji 4,82 roku.

4.2. Wnioski

Audyt energetyczny oświetlenia powinien polegać na wykryciu ewentualnych niezgodności w oświetleniu oraz opracowaniu najbardziej korzystnej pod względem energetycznym, jak i ekonomicznym, metody poprawy istniejącego systemu oświetlenia.

W audycie wykazano korzyści wynikające z modernizacji istniejącego oświetlenia przy jednoczesnym spełnieniu wymagań normatywnych. Jak wykazano, należy modernizować nieefektywne oświetlenie, co przyczynia się do dużych oszczędności. Koszt wymiany oświetlenia zwróci się już po 4,82 roku, a roczny rachunek za energię elektryczną zmniejszy się o 5 561 zł.

Zastosowane oświetlenie ledowe cechuje się dużą trwałością ok. 50 000 godzin świecenia, co przy tak długo sprawnych źródłach światła pozwala użytkować ok. 15 lat bez wymiany źródeł światła. W przeciągu 15 lat użytkowania istniejącego oświetlenia opartego na świetłówkach kompaktowych należałoby pięciokrotnie wymienić wszystkie źródła światła.

Zmodernizowane oświetlenie poprawia jakość oświetlenia i komfort użytkowania. Poprzez zastosowanie systemów sterowania oświetleniem ułatwia użytkowanie instalacji oświetleniowej. Zmodernizowane oświetlenie cechuje się nowoczesnym wyglądem, wysoką sprawnością opraw, dużą trwałością oraz natychmiastowym zapaleniem się światła, bez efektu migotania czy rozświecania się źródeł światła.

Literatura

- [1] Pracki P., Efektywność energetyczna oświetlenia obiektów użyteczności publicznej, Przegląd Elektrotechniczny, 9/2009.
- [2] J. Bąk, „Wydajne energetycznie oświetlenie wnętrz”. Wydawnictwo COSIW, Warszawa 2009.
- [3] PN-EN 12464-1:2012. Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
- [4] PN-84/E-02033. Oświetlenie wnętrz światłem elektrycznym.
- [5] PN-EN 15193:2007. Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia (org.).
- [6] Pracki P., Energetyczne aspekty oświetlenia wnętrz budynków użyteczności publicznej, Materiały budowlane, 1/2006