

AUDYT WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA

**ZESPOŁU BUDYNKÓW DOMU POMOCY
SPOŁECZNEJ
W GÓRZE KALWARII PRZY UL. SZPITALNEJ 1
BUDYNEK NR 2**

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	5
3. OPRACOWANIE STRATEGII PROWADZĄCYCH DO POPRAWY WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA	8
3.1 Wybór i charakterystyka sprzętu oświetleniowego	8
3.2 Wybór systemu konserwacji	8
3.3 Zestawienie zbiorcze oświetlenia po modernizacji	9
4. ANALIZA WYNIKÓW I OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ	11
4.1 Charakterystyka finansowa wymiany oświetlenia	12
4.2 Wnioski	13
LITERATURA.....	13

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 2

Tabela nr 2.1 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń **budynek nr 2** (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	Pielęgniarka oddziałowa	Żyrandol 5x18W	90	1	90	2500	225
2	Pokój mieszkalny (1)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
3	Pokój mieszkalny (2)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
4	Pokój mieszkalny (14)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
5	Pokój mieszkalny (3)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
6	Pokój mieszkalny (4)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
7	Łazienka	OPK 2x18W	39	5	195	3000	585
8	Szatnia	Żyrandol 5x18W	90	1	90	1500	135
9	Klatka schodowa	OPK 2x36W	79	4	316	5000	1580
10	WC	Plafon 2x18W	39	6	234	3000	702
11	Pokój mieszkalny(5)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
12	Pokój mieszkalny (6)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
13	Pokój mieszkalny (7)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
14	Pokój mieszkalny (8)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
15	Pokój mieszkalny (9)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
16	Pokój mieszkalny (10)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
17	Gabinet zabiegowy	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
18	Łazienka	Plafon 2x18W	39	6	234	3000	702
19	WC	Plafon 2x18W	39	5	195	3000	585
20	Korytarz	OPK 2x36W	79	10	790	5000	3950
21	Klatka schodowa	OPK 2x36W	79	4	316	5000	1580
22	Korytarz	OPK 2x36W	79	5	395	5000	1975
23	WC	Plafon 2x18W	39	2	78	2000	156
24	Palarnia	Plafon 2x18W	39	1	39	2000	78
25	Łącznik	OPK 2x36W	79	2	158	2500	395
26	Kuchnia	OPK 2x36W	79	4	316	2500	790
27	Jadalnia	OPK 2x36W	79	9	711	2500	1777,5
28	Zmywalnia	OPK 2x36W	79	2	158	2500	395
RAZEM :				79	5 395	-	18 850,5

Tabela nr 2.2 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń **budynek nr 2 (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	Pielęgniarka oddziałowa	Żyrandol 5x18W	90	1	90	2500	225
2	Pokój mieszkalny (1)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
3	Pokój mieszkalny (2)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
4	Pokój mieszkalny (14)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
5	Pokój mieszkalny (3)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
6	Pokój mieszkalny (4)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
7	Łazienka	OPK 2x18W	39	5	195	3000	585
8	Szatnia	Żyrandol 5x18W	90	1	90	1500	135
9	WC	Plafon 2x18W	39	6	234	3000	702
10	Pokój mieszkalny(5)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
11	Pokój zabiegowy (6)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
12	Pokój mieszkalny (7)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
13	Pokój mieszkalny (8)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
14	Pokój oddziałowej (9)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
15	Pokój mieszkalny (10)	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
16	Gabinet zabiegowy	Żyrandol 5x18W	90	1	90	3000	270
17	Łazienka	Plafon 2x18W	39	6	234	3000	702
18	WC	Plafon 2x18W	39	5	195	3000	585
19	Korytarz nr 1	OPK 2x36W	79	10	790	5000	3950
20	Korytarz nr 2	OPK 2x36W	79	5	395	5000	1975
21	WC	Plafon 2x18W	39	2	78	2000	156
22	Palarnia	Plafon 2x18W	39	1	39	2000	78
23	Łącznik	OPK 2x36W	79	2	158	2500	395
24	Kuchnia	OPK 2x36W	79	4	316	2500	790
25	Jadalnia	OPK 2x36W	79	9	711	2500	1777,5
26	Zmywalnia	OPK 2x36W	79	2	158	2500	395
RAZEM :				71	4 763	-	15 690,5

Tabela nr 2.3 Zbiorcze zestawienie oświetlenia pomieszczeń w **budynku nr 2** przed modernizacją.

L.p.	Rodzaj pomieszczenia	Moc całkowita instalowana Pi [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	5 395	18 850,5	0,595 zł	11 216,05 zł	23,10	816
2	I Piętro	4 763	15 690,5	0,595 zł	9 335,85 zł	21,03	746
	RAZEM :	10 158	34 541,0	-	20 551,90 zł	22,11	1 562

3. OPRACOWANIE STRATEGII PROWADZĄCYCH DO POPRAWY WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA

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 $k = 0,80$

Tabela nr 3.1 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń **budynek nr 2 (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	Pielęgniarka oddziałowa	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	2	81	2500	202,5	362
2	Pokój mieszkalny (1)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	211
3	Pokój mieszkalny (2)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	201
4	Pokój mieszkalny (14)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	217
5	Pokój mieszkalny (3)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	201
6	Pokój mieszkalny (4)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	202
7	Łazienka (*)	FIBRA LED 36W	36	2	72	1800	129,6	212
8	Szatnia	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	201
9	Klatka schodowa (*)	LATTE LED 36W	36	4	144	3000	432	165
10	WC (*)	FIBRA LED 36W	36	2	96	1800	172,8	223
		TALAR LED 12W	12	2				
11	Pokój mieszkalny(5)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	183
12	Pokój mieszkalny(6)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	215
13	Pokój mieszkalny(7)	PARABOLIC LED 2x13,5W	27	2	54	3000	162	161
14	Pokój mieszkalny(8)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	204
15	Pokój mieszkalny(9)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	209
16	Pokój mieszkalny(10)	PARABOLIC LED 2x13,5W	27	2	54	3000	162	169
17	Gabinet zabiegowy	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	3	121,5	3000	364,5	512
18	Łazienka (*)	FIBRA LED 36W	36	1	74	1800	133,2	221
		FIBRA LED 19W	19	2				
19	WC (*)	FIBRA LED 36W	36	2	91	1800	163,8	223
		FIBRA LED 19W	19	1				
20	Korytarz (*)	LATTE LED 36W	36	8	288	3000	864	123
21	Klatka schodowa (*)	LATTE LED 36W	36	4	144	3000	432	165
22	Korytarz (*)	LATTE LED 36W	36	1	36	3000	108	140
23	WC (*)	FIBRA LED 19W	19	2	38	1200	45,6	215
24	Palarnia	FIBRA LED 19W	19	1	19	2000	38	201
25	Łącznik (*)	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	124
26	Kuchnia	LATTE LED 52W	52	3	156	2500	390	512
27	Jadalnia	LATTE LED 36W	36	7	252	2500	630	251
28	Zmywalnia	LATTE LED 52W	52	1	52	2500	130	245
RAZEM				63	2 209	-	5 761,5	-

(*) - sterowanie oświetleniem

Tabela nr 3.2 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń budynek nr 2 (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	Pielęgniarka oddziałowa	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	2	81	2500	202,5	362
2	Pokój mieszkalny (1)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	211
3	Pokój mieszkalny (2)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	201
4	Pokój mieszkalny (14)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	217
5	Pokój mieszkalny (3)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	201
6	Pokój mieszkalny (4)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	202
7	Łazienka (*)	FIBRA LED 36W	36	2	72	1800	129,6	212
8	Szatnia	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	201
9	WC (*)	FIBRA LED 36W	36	2	96	1800	172,8	223
		TALAR LED 12W	12	2				
10	Pokój mieszkalny(5)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	183
11	Pokój mieszkalny (6)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	215
12	Pokój mieszkalny (7)	PARABOLIC LED 2x13,5W	27	2	54	3000	162	161
13	Pokój mieszkalny (8)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	204
14	Pokój mieszkalny (9)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	1	40,5	3000	121,5	209
15	Pokój mieszkalny (10)	PARABOLIC LED 2x13,5W	27	2	54	3000	162	169
16	Gabinet zabiegowy	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	3	121,5	3000	364,5	512
17	Łazienka (*)	FIBRA LED 36W	36	1	74	1800	133,2	221
		FIBRA LED 19W	19	2				
18	WC (*)	FIBRA LED 36W	36	2	91	1800	163,8	223
		FIBRA LED 19W	19	1				
19	Korytarz nr 1 (*)	LATTE LED 36W	36	8	288	3000	864	123
20	Korytarz nr 2 (*)	LATTE LED 36W	36	1	36	3000	108	140
21	WC (*)	FIBRA LED 19W	19	2	38	1200	45,6	215
22	Palarnia	FIBRA LED 19W	19	1	19	2000	38	201
23	Łącznik (*)	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	124
24	Kuchnia	LATTE LED 52W	52	3	156	2500	390	512
25	Jadalnia	LATTE LED 36W	36	7	252	2500	630	251
26	Zmywalnia	LATTE LED 52W	52	1	52	2500	130	245
RAZEM				55	1 921	-	4 897,5	-

(*) - sterowanie oświetleniem

3.1 Zestawienie zbiorcze oświetlenia w budynku nr 2 po modernizacji oświetlenia

Tabela nr 3.3 Zbiorcze zestawienie oświetlenia pomieszczeń w **budynku nr 2** po modernizacji.

L.p.	Rodzaj pomieszczenia	Moc całkowita instalowana Pi [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	2 209	5 761,5	0,595 zł	3 428,09 zł	7,06	816
2	I Piętro	1 921	4 897,5	0,595 zł	2 914,01 zł	6,57	746
	RAZEM :	4 130	10 659,0	-	6 342,11 zł	6,82	1 562

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 Pi [W]	10 158,00	4 130,00	6 028,00	59,34%	-
Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	34 541,00	10 659,00	23 882,00	69,14%	14 209,79 zł

Jak wynika z tabeli 4.1 wymiana opraw oświetleniowych oraz zastosowanie lokalnego sterowania oświetleniem zapewnia oszczędności energii elektrycznej w wysokości 23 882 kWh w stosunku rocznym co stanowi 69,14% zużywanej energii elektrycznej na potrzeby istniejącego oświetlenia. Wymiana opraw oświetleniowych zmniejszy o 14 209,79 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	PARABOLIC LED 3x13,5W	PLEXIFORM	28	453,00	12 684,00
2	FIBRA LED 36W	PLEXIFORM	14	309,00	4 326,00
3	LATTE LED 36W	PLEXIFORM	44	309,00	13 596,00
4	TALAR LED 12W	PLEXIFORM	4	62,00	248,00
5	PARABOLIC LED 2x13,5W	PLEXIFORM	8	398,00	3 184,00
6	FIBRA LED 19W	PLEXIFORM	12	219,00	2 628,00
7	LATTE LED 52W	PLEXIFORM	8	403,00	3 224,00
8	Czujnik DUO	OSRAM	10	312,00	3 120,00
9	Czujnik SLICK JQ-L	KANLUX	26	35,00	910,00
10	Automat schodowy ASM-01	ZAMEL	2	45,00	90,00
11	KOSZT ROBOCIZNY I OKABLOWANIA		118	200,00	23 600,00
			RAZEM		67 610,00

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	67 610,00	23 882,00	0,595	14 209,79	4,76

Czas zwrotu inwestycji 4,76 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 4,76 roku, a roczny rachunek za energię elektryczną zmniejszy się o 14 209 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