

**Piotr Cierzniewski<sup>1</sup>, Piotr Paplicki<sup>1</sup>, Marcin Wardach<sup>1</sup>,  
Julian Kudła<sup>2</sup>**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Elektroenergetyki i Napędu Elektrycznego (1)  
GK Inwestycje Sp. z o.o. Spółka Komandytowa (2)

## **Aspekty efektywnego projektowania instalacji oświetleniowych w obiektach użyteczności publicznej**

**Abstract.** *The paper presents designing issues of electric installations for inside lighting in public building effective from the point of view of energy saving. There are presented new requirements and standards necessary to take under consideration for projects of such installations. Some examples of office rooms lightning were presented with 3D visualization of lamination and with energetic assessment.*

**Keywords:** lighting installation, maintained illuminance, energetic assessment,

### **Wprowadzenie**

Projektowanie instalacji elektrycznych w tym oświetlenia wewnętrznego w obecnym czasie wymaga od projektantów śledzenia zmian zachodzących w dyrektywach Unii Europejskiej, Ustawach i Rozporządzeń Ministrów oraz Polskich Normach, które w większości wydawane przez PKN są tłumaczeniami norm europejskich. W ostatnim okresie ukazujące się normy zharmonizowane, PN-HD w dziedzinie instalacji elektrycznych zastępują dotychczas obowiązujące normy PN-IEC oraz wprowadzają nowe obostrzenia w zakresie projektowania, eksploatacji i sprawdzania instalacji elektrycznych. Nowe obostrzenia i wymagania wynikają między innymi ze zmian w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Należy zaznaczyć, że instalacje oświetlenia wewnętrznego obecnym czasie podlegają ocenie pod względem ich energochłonności na etapie projektu w charakterystyce energetycznej obiektu budowlanego, jak i świadectwie energetycznym w czasie eksploatacji obiektu użyteczności publicznej.

Rozwój techniki i miniaturyzacji układów elektronicznych służących do sterowania oświetleniem stwarza możliwość ograniczenia zużycia energii elektrycznej przez instalacje oświetlenia wewnętrznego. Nowoczesne rozwiązania techniczne ograniczające zużycie energii elektrycznej są na dzień dzisiejszy rozwiązaniami dość drogimi i materiałochłonnymi.

Rolą projektanta jest nie tylko wykonanie projektu instalacji elektrycznych oświetlenia wewnętrznego, ale również przekonanie inwestorów do wprowadzania nowych droższych rozwiązań energooszczędnych. Wyższe koszty poniesione na energooszczędne instalacje oświetleniowe na etapie inwestycji przyczyniają się do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej w czasie eksploatacji. Wpływ na obniżenie kosztów mają: między innymi zastosowane źródła światła, typy oprawy, systemy sterowania oświetleniem.

### Wymagania prawne stawiane oświetleniu pomieszczeń biurowych

W obecnym czasie przed przystąpieniem do projektowania instalacji oświetleniowej w pomieszczeniach budynku użyteczności publicznej należy ustalić z architektem aranżację wnętrza, gdyż bez niej nie będzie możliwości wyznaczenia miejsc pracy, czyli stref, które należy oświetlić odpowiednim poziomem natężenia oświetlenia i jego równomiernością oraz kątem ochrony przed olśnieniem UGR wymaganym przez normę PN-EN 12464 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy –część 1: Miejsca pracy we wnętrzach. Norma ta dzieli pomieszczenia ze względu na czynności, jakie w nich są wykonywane na poszczególnych stanowiskach pracy i ustala dla nich minimalne wymagane poziomy, które muszą być przestrzegane przy eksploatacji pomieszczenia. W tabeli 1 na podstawie normy zestawiono minimalne wymagania eksploatacyjnego natężenia oświetlenia ( $E_m$ ), ujednocnionej oceny olśnienia (UGR) i współczynnika oddawania barw ( $R_a$ ) dla czynności wykonywanych najczęściej w pomieszczeniach biurowych.

Tabela 1. Wymagania oświetleniowe dla pomieszczeń i czynności

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	$E_m$ [lx]	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Uwagi
Segregowanie	300	19	80	
Pisanie ręczne, obsługiwane klawiatury, czytanie, przetwarzanie danych	500	19	80	
Pokoje spotkań i konferencji	500	19	80	

Oświetlenie sztuczne w pomieszczeniu powinno zapewnić możliwość użytkowania całego pomieszczenia i powinno zapewniać odpowiedni poziom natężenia oświetlenia oraz aby nie postawało olśnienie przykre. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie w obiektach biurowych moc jednostkowa oświetlenia wbudowanego według klas kryteriów nie można przekraczać dopuszczalnej wartości przypadającej na 1m<sup>2</sup>, według w tabeli 2.

Tabela 1. Maksymalna wartość mocy jednostkowej oświetlenia w pomieszczeniach biurowych

Typ budynku	Maksymalna wartość mocy jednostkowej [W/m <sup>2</sup> ]		
	Klasa kryteriów		
	A	B	C
Biura	15	20	25

gdzie klasy kryteriów:

A - spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu podstawowym;

B – spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu rozszerzonym;

C – spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu pełnym z uwzględnieniem komunikacji wizualnej.

Budynki użyteczności publicznej posiadające wbudowane oświetlenie powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość energii elektrycznej potrzebnej do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem była jak najniższym poziomem. Wymagania dla budynku uznaje się za spełnione, jeżeli  $EP_L$  dodatek na jednostkowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do oświetlenia wbudowanego w ciągu roku dla budynku wydzielonymi częściami o różnych funkcjach użytkowych wyznacza się wartość średnią EPL dla całego budynku według wzoru (1).

$$EP_L = 2,7 \cdot P_N \cdot t_0 / 1000 \quad (1)$$

Gdzie:

$P_N$  – moc elektryczną referencyjną [W/m<sup>2</sup>];

$t_0$  – czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

Wartość  $P_N$  i  $t_0$  przyjmuje się zgodnie z założeniami wyznaczonymi w projekcie

## VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

budowlanym w przypadku braku wartości w założeniach projektowych należy je przyjmować według tabeli 3.

Tabela 2. Zakładana wartość  $P_N$  i  $t_0$

Lp	Typ budynku	Moc elektryczna referencyjna $P_N$ [W/m <sup>2</sup> ]	Czas użytkowania oświetlenia $t_0$ [h/rok]
1	Biura, urzędy	20	2500

### Projektowanie oświetlenia w pomieszczeniach biurowych

Projektując oświetlenie należy właściwie dobrać parametry oświetleniowe w miejscu pracy, gdyż podnoszą one komfort i wydajność wykonywanych czynności, a w strefach komunikacyjnych pozytywnie wpływają na nasze samopoczucie i odbiór miejsca, natomiast wzdłuż dróg ewakuacyjnych mogą ochronić nasze zdrowie i życie. Parametry oświetlenia ściśle powiązane z higieną pracy i projektując oświetlenie należy brać pod uwagę:

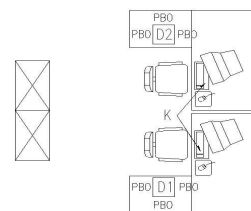
- natężenie oświetlenia
- równomierność oświetlenia
- rozkład luminancji w polu pracy wzrokowej
- olśnienie
- oddawanie barw światła.

Przy wykonywaniu określonej pracy wzrokowej, należy dobrać poziom natężenia oświetlenia ze względu na stopień trudności pracy i wielkości pozornej szczegółu pracy wzrokowej. Dodać należy, że stopień trudności pracy wzrokowej jest tym większy, im mniejszy jest współczynnik odbicia oraz kontrastu szczegółu z tłem. Pamiętać należy, że wartości eksploatacyjnego natężenia oświetlenia powiązane są jedynie z polem zadania wzrokowego, w polu bezpośredniego otoczenia takiego zadania wzrokowego wartości eksploatacyjnego natężenia oświetlenia należy przyjmować zgodnie z tabelą 3.

Tabela 3. Eksploatacyjne natężenie oświetlenia w polu zadania i w polu bezpośredniego otoczenia.

Eksploatacyjne natężenie oświetlenia w polu zadania, lx	Eksploatacyjne natężenie oświetlenia w polu bezpośredniego otoczenia, lx
$\geq 750$	500
500	300
300	200
$\leq 200$	E pola zadania wzrokowego

Jako pole bezpośredniego otoczenia przyjmuje się obszar o szerokości nie mniejszej jak 0,5 m otaczający obszar zadania wzrokowego. Nie na każdym stanowisku pracy istnieje możliwość wyznaczenia takiego obszaru z czterech stron pola zadania zgodnie z rysunkiem 1.



Rysunek 1 Stanowisko pracy przy komputerze, z wyodrębnionym: a) polem zadania, D1 i D2-obszary dokumentu na stołach komputerowych, K – klawiatura; b) obszar pola bezpośredniego otoczenia –PBO.

Ważnym elementem przy projektowaniu oświetlenia jest ograniczenie olśnienia. Stopień olśnienia zależy jest w dużej mierze od rodzaju wykonywanej czynności. Wraz ze zwiększaniem się wymagań związanych z wykonywaniem danej czynności, istnieje większa potrzeba skupienia się na niej, co pociągać będzie za sobą silniejsze uczucie przykrości spowodowane olśnieniem. Należy ograniczać zarówno olśnienie bezpośredniego od źródeł światła jak i odbiciowego. Unikać lub zmniejszać olśnienie można przez:

- usytuowanie opraw oświetleniowych i płaszczyzn roboczych w sposób uniemożliwiający odbicie obrazu przedmiotu pracy wzrokowej, w kierunku oka,
- oświetlanie przedmiotu pracy 'zza pleców' pracownika,
- dodatkowe boczne oświetlenie przedmiotu pracy,
- stosowanie opraw o większej powierzchni, ale mniejszej luminancji,
- stosowanie jasnych barw na suficie i ścianach.

Dobierając źródła światła musimy pamiętać o tym, aby spełniały one wymagania, co do temperatury barwowej  $T_c$  oraz współczynnika oddawania barw  $R_a$ . Przy wyborze barwy światła należy wziąć pod uwagę; poziom natężenia oświetlenia, barw występujących we wnętrzu, pożądany klimat i przeznaczenie pomieszczenia. Stopień oddawania barw źródła światła, w sposób bezpośredni wpływa na wygląd przedmiotu.

W pomieszczeniach biuowych stosuje się głównie dwa rodzaje oświetlenia – złożone i ogólne. Ogólne oświetlenie projektuje się w sposób zapewniający odpowiedni poziom natężenia oświetlenia w zależności od wykonywanych zadań wzrokowych. Szczególnie istotne jest one na niewielkich przestrzeniach biuowych. Z kolei oświetlenie złożone realizuje się poprzez pozyskanie z opraw oświetlenia ogólnego poziomu natężenia oświetlenia  $\geq 200$  lx, po czym stanowiska pracy wyposaża się w oprawy oświetlenia miejscowego. Jest to idealne rozwiązanie dla dużych pomieszczeń biuowych, nazywanych często „biurami otwartymi”. Również ze względów ekonomicznych stosowanie oświetlenia złożonego wydaje się być bardziej uzasadnione – oświetlenie ogólne posiadające podobne parametry, pobierałoby znacznie więcej energii elektrycznej. Dodatkowo oświetlenie miejscowe daje użytkownikowi możliwość w zmianie lub drobnej aranżacji wybranej przestrzeni, lepsze ich dopasowanie do wystroju i architektury wnętrza.

Oświetlenie bezpośrednie w pomieszczeniach biuowych, w których wykonywane są prace głównie przy komputerze, należy realizować przy użyciu opraw typu dark-light. Są to oprawy świetlówkowe posiadające zwierciadło i paraboliczny raster. Cechują się one:

- wyższym natężeniem oświetlenia między dwoma rzędami takich opraw (nad stanowiskiem pracy) niż bezpośrednio pod oprawą (w strefach komunikacyjnych),
- bogatszymi kierunkami promieniowania znajdującymi się w płaszczyźnie prostopadłej do osi obserwacji,
- energooszczędnością – relatywnie niewielką ilością opraw oświetleniowych (mała moc zainstalowana), można oświetlić powierzchnie do wymaganego poziomu natężenia oświetlenia.

Projektując oświetlenie z zastosowaniem opraw typu dark-light stanowiska pracy z monitorami ekranowymi w pomieszczeniach, należy umieszczać tak, aby kierunki obserwacji były równoległe do linii opraw oświetleniowych (za wyjątkiem opraw oświetlenia pośredniego) i do okien. Biurko ze stanowiskiem pracy nigdy nie powinno znaleźć się bezpośrednio pod oprawą – oprawa mogłaby odbić się od błyszczącego blatu biurka lub od klawiatury. Najkorzystniej jest lokalizować miejsca pracy pomiędzy liniami opraw. Bliskie sąsiedztwo okna jest również niewskazane ze względu na dużą nierównomierność luminancji, która ma wtedy miejsce. Z kolei ustawienie pracownika i jego miejsca pracy tyłem do okna, powodować może odbicie okna na powierzchni

## **VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012**

ekranu monitora. Stanowiska pracy z monitorami ekranowymi, powinny być umieszczane w odległości nie mniejszej jak 1m od okien.

Oświetlenie pośrednie pomieszczeń biurowych gwarantuje spokojne, rozproszone światło, bez występowania jakichkolwiek cieni czy plam świetlnych. Zrealizować je można przy użyciu opraw instalowanych na zwieszakach lub opraw stojących. Oświetlenie takie cechuje się: dobrym oświetleniem zadania wzrokowego, brakiem odbić kontrastujących w polu zadania wzrokowego i brak jaskrawych odbić na ekranie komputera (miejsce pracy z monitorem ekranowym może być umieszczone w dowolnym miejscu). Niestety jak przy wielu metodach oświetlania, metoda ta posiada również wady, do których należą: bardzo duże zużycie energii w porównaniu do innych metod oświetlenia, a co tym idzie relatywnie niską sprawność energetyczną oświetlenia, oraz wprowadza w pomieszczeniu nastrój monotonii i zmęczenia. W pomieszczeniach z oświetleniem pośrednim, dobrze jest wprowadzić kilka akcentów barwnych lub świetlnych na powierzchniach ścian lub w wyposażeniu pomieszczenia. Ograniczy to nastrój zmęczenia i monotonii.

Trzecim rodzajem oświetlenia ogólnego, biurowego jest oświetlenie bezpośrednio-pośrednie. Jak łatwo można przewidzieć, jest ono kombinacją dwóch wcześniej opisanych metod oświetlenia. Mianowicie, część strumienia świetlnego pochodzi od opraw emitujących strumień świetlny na powierzchnie podłogi i płaszczyzny pracy a pozostała jego część emitowana jest na powierzchnię sufitu. Część strumienia wypromieniowanego na powierzchnię sufitu, nie powinna powodować powstawania jaskrawych plam, z kolei część strumienia emitowanego w dolną półprzestrzeń winna zapewniać ochronę przeciwoślepieniową. Przy prawidłowym zaprojektowaniu oświetlenia bezpośrednio-pośredniego, można osiągnąć bardzo funkcjonalne otoczenie świetlne w pomieszczeniu.

W nowoczesnych biurach spotyka się obecnie duże pomieszczenia z wieloma stanowiskami komputerowymi, warto by były one pogrupowane po dwa, trzy stanowiska, choćby ze względów ekonomicznych. Takie grupy stanowisk łatwo jest oświetlić oprawami stojącymi. Rozwiązanie to jest korzystne ze względu na łatwość zmiany konfiguracji stanowisk, czy regulację poziomu natężenia oświetlenia.

Wybierając metodę i sposób oświetlania stanowisk pracy w obiektach biurowych powinna znana być już aranżacja wnętrza oraz przeznaczenie i zadania, jakie będą pełnił poszczególne stanowiska pracy.

### **Wizualizacja rozkładu iluminacji**

W obecnej chwili przy projektowaniu oświetlenia w obiektach biurowych należy dokonywać wizualizacji rozkładu oświetlenia, bo tylko wtedy można ocenić czy prawidłowo zostały dobrane i rozmieszczone oprawy oświetleniowe i czy przy ich zaświeceniu osiągnie się wymagane parametry oświetlenia na powierzchni pracy.

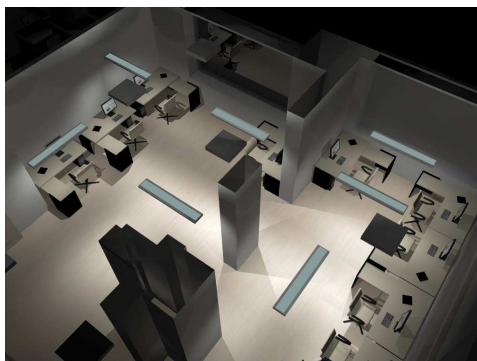
Każdy obiekt użyteczności publicznej, posiada pewne unikatowe cechy, wyróżniające go spośród innych. Odwiedzającym szczególnie zapada w pamięć lokalizacja obiektu, elewacja zewnętrzna budynku czy architektura wnętrza. Dla nas, szczególnie ważna jest ta ostatnia. Przy pomocy oświetlenia elektrycznego, można wydobyć nawet z najzimniejszych i najsmutniejszych pomieszczeń, trochę ciepła i wyeksponować ich walory. Na rysunku 2 przedstawiona została wizytówka całego obiektu, jakim jest Hall-Atrium. Jest to najważniejsze pomieszczenie, jeśli chodzi o wartość reprezentacyjną budynku. Podłoga i ściany wykonane ze szmaragdowego marmuru, szklane ścianki działowe do pomieszczeń ochrony, szklane schody oraz drewniane wykończenia na wysokości I piętra, skutecznie utrudniają zaprojektowanie odpowiedniego oświetlenia, takiego, które charakteryzowałoby się niewielkim oślepieniem, a oprawy nie odbijałyby się

w błyszczących powierzchniach. Do oświetlenia tego pomieszczenia zastosowano metodę oświetlenia złożonego.

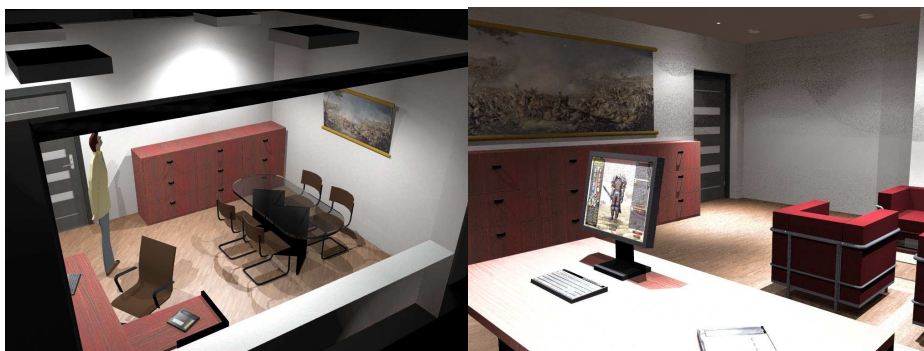


Rysunek 2. Wizualizacja w programie oświetlenia złożonego. Dialux Atrium/Hall.

Budynki biurowe często cechuje duża ilość stanowisk pracy z monitorami ekranowymi. Dlatego też zdecydowano się na zastosowanie oświetlenie bezpośrednio-pośrednie, celem uniknięcia olśnienia odbiciowego i bezpośredniego.



Rysunek 3 Wizualizacja w programie Dialux pomieszczenia biurowego. Oświetlenie bezpośrednio-pośrednie.



Rysunek 4 Pomieszczenie dyrektora, wizualizacja w programie Dialux. Oświetlenie ogólne.

## **VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012**

Gabinety dyrektorskie, przedstawione na rysunku 4, oświetlać się powinno w sposób bezpośredni i bezpośrednio – pośredni w celu uzyskania przytulnego klimatu przy wykorzystaniu punktowych źródeł światła i ciepłej ich barwy.

### **Podsumowanie**

Projektowanie instalacji oświetleniowych jest dziś zajęciem bardzo złożonym i czasochłonnym. Zanim projekt będzie mógł przejść do fazy wykonawczej, musi przebyć długą drogę poprzez fazę koncepcji projektowej, uzyskać aprobatę inwestora oraz sprostać wymaganiom zawartym w przepisach technicznych.

Budynki i pomieszczenia biurowe ściśle przynależą do kategorii obiektów pożytku publicznego. Instalacje elektryczne i oświetleniowe wewnętrzne służą przede wszystkim zapewnieniu odpowiednich warunków do pracy na stanowiskach komputerowych. Obecnie na rynku mamy niemalże nieograniczony wybór urządzeń, opraw i źródeł światła, z łatwością, więc możemy konfigurować, urządzać i zmieniać oświetlenie. Jest to istotne ze względu na zapewnienie komfortu widzenia w miejscu pracy i miłej, ciepłej atmosfery w pomieszczeniach służących relaksowi i odpoczynkowi.

Prawidłowo wykonane projekty instalacji oświetleniowej wymagają dopracowania aranżacji wnętrz przez architektów, gdyż tylko wtedy można prawidłowo dobrać i rozmieścić oprawy oświetleniowe, które będą współgrały z pomieszczeniem. W obecnej chwili projektanci zgodnie z przepisami muszą poza zapewnieniem odpowiedniego poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyznach pracy, ale również zapewnić by moc jednostkowa zainstalowanych opraw nie przekraczała maksymalnej mocy dopuszczalnej dla danego rodzaju budynku.

### **Literatura**

1. PN-EN 12464:2004 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy –część 1.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami).

**Autorzy:** dr inż. Piotr Cierzniewski e-mail: [Piotr.Cierzniewski@zut.edu.pl](mailto:Piotr.Cierzniewski@zut.edu.pl); dr inż. Piotr Paplicki e-mail: [Piotr.Paplicki@zut.edu.pl](mailto:Piotr.Paplicki@zut.edu.pl); dr inż. Marcin Wardach e-mail: [Marcin.Wardach@zut.edu.pl](mailto:Marcin.Wardach@zut.edu.pl)  
Katedra Elektroenergetyki i Napędu Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin,  
mgr inż. Julian Kudła, student Wydziału Elektrycznego ZUT w Szczecinie, GK Inwestycje Sp. z o.o.  
Spółka Komandytowa, ul. Kadłubka 41, 71-524 Szczecin, e-mail: [juliankudla@gmail.com](mailto:juliankudla@gmail.com)