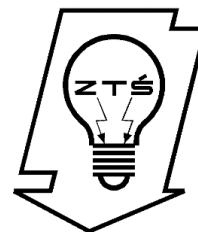


Ćw. 6. Podstawy komputerowego wspomagania projektowania oświetlenia

Opracował: dr hab. inż. Piotr Pracki, prof. uczelni



ZAKŁAD TECHNIKI
ŚWIETLNEJ

1. Wybrane zagadnienia dotyczące projektowania oświetlenia

Projektowanie oświetlenia jest twórczym procesem, którego głównym celem jest wdrożenie rozwiązań oświetleniowych służących ludziom. Projektowanie oświetlenia jest działaniem sformalizowanym, wspomaganym komputerowo, posiadającym określone ramy i umocowanym powszechnie w praktyce [1].

Niezależnie od obiektu, dla którego jest projektowane oświetlenie, sposób postępowania projektanta, w tym kolejność wykonywania różnych czynności projektowych jest podobna. Tradycyjnie, w procesie projektowania oświetlenia można wydzielić pięć głównych etapów [2]:

- planowanie,
- formułowanie wymagań,
- opracowanie koncepcji oświetlenia,
- realizacja koncepcji oświetlenia,
- zestawienie wyników projektu.

Pierwszy etap projektowania dotyczy planowania, czyli zgromadzenia i uporządkowania wszelkich danych dotyczących oświetlanego obiektu i potrzeb ludzkich (np. użytkowników i inwestora, ale także osób tworzących zespół projektowy: architektów, projektantów oświetlenia, wnętrz i krajobrazu, instalacji elektrycznych, inżynierów środowiska, budowlanych i transportu). Zgromadzenie danych wymaga zwykle kontaktu z klientami i członkami zespołu projektowego. W przypadku modernizacji oświetlenia, konieczne jest zwykle wizytowanie funkcjonujących obiektów. Podczas takich wizyt można bezpośrednio ustalić lub zweryfikować dane, poznać opinie o istniejącym oświetleniu oraz preferencje i oczekiwania użytkowników. W przypadku projektowania oświetlenia w nowym obiekcie, parametry geometryczne pomieszczeń / dróg / terenów i obiektów zewnętrznych podane są w dokumentacji projektowej, a pozostałe parametry zostają założone, co w miarę możliwości powinno być poprzedzone rozmowami z osobami z zespołu projektowego i innymi osobami biorącymi udział w procesie inwestycyjnym.

Drugi etap projektowania dotyczy formułowania wymagań. W pierwszej kolejności są to wymagania normatywne, dotyczące bezpośrednio parametrów opisujących warunki oświetleniowe, ale także mogą dotyczyć np. efektywności energetycznej, oddziaływania na środowisko czy kosztu oświetlenia. Kryteria oświetleniowe związane są z kreowaniem otoczenia świetlnego pod kątem realizacji potrzeb ludzi, w pierwszej kolejności takich jak umożliwienie skutecznego i komfortowego widzenia oraz zapewnienie bezpieczeństwa. Zrealizowanie oświetlenia stosownie do wymagań oświetleniowych normatywnych nie musi

gwarantować realizacji szeregu innych potrzeb, choć może sprzyjać ich wystąpieniu. Dotyczy to kwestii zdrowotnych, fizjologicznych, psychologicznych, estetycznych, funkcjonalnych, energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych. Z tego względu normatywne wymagania oświetleniowe są często uzupełniane zaleceniami oświetleniowymi i innymi, wynikającymi z dobrej praktyki i badań naukowych.

Trzeci etap projektowania dotyczy opracowania koncepcji oświetlenia. Jest to główny etap twórczy projektu, w którym projektant wykorzystuje swoją wiedzę i doświadczenie. Dysponując danymi o oświetlanym obiekcie, wszelkich potrzebach i ograniczeniach, i biorąc pod uwagę sformułowane wymagania projektowe, projektant dokonuje założeń dotyczących wprowadzenia światła do rozpatrywanego obiektu. Na podstawie założonego i oczekiwanego efektu oświetleniowego, projektant podejmuje wstępne decyzje dotyczące typów zastosowanych opraw oświetleniowych i źródeł światła, oraz rozmieszczenia opraw oświetleniowych. Zakłada także możliwość sterowania oświetleniem i sposób jego realizacji.

Czwarty etap projektowania to realizacja koncepcji oświetlenia, czyli w praktyce weryfikacja założeń dotyczących sprzętu oświetleniowego, jego rozmieszczenia i wykorzystania w czasie. Projektant w pierwszej kolejności dokonuje wyboru konkretnych typów opraw oświetleniowych i źródeł światła. Opracowuje system konserwacji i wyznacza współczynnik utrzymania. Podstawowa weryfikacja obliczeniowa dotyczy powiązania liczby opraw i ich rozmieszczenia pod względem spełnienia przyjętych wymagań. W praktyce, projektant często rozpatruje kilka alternatywnych rozwiązań i dokonuje wyboru rozwiązania finalnego, biorąc pod uwagę także inne kryteria, np. efektywność energetyczna oświetlenia, oddziaływanie na środowisko, funkcjonalność, estetyka lub koszt oświetlenia. Niemal wszystkie weryfikacje są wykonywane ze wspomaganie komputerowym.

Piąty etap projektowania to zestawienie wyników projektu. W tym etapie przygotowywane są zestawienia dotyczące sprzętu oświetleniowego, jego rozmieszczenia, instalacji i eksploatacji. Główny wynik dotyczy zestawienia ilościowego opraw oświetleniowych, źródeł światła i innego osprzętu, który jest niezbędny do poprawnego funkcjonowania oświetlenia. Zestawienie ilościowe sprzętu oświetleniowego jest podstawą do przygotowania oferty cenowej oświetlenia. Równie ważne jest przygotowanie pełnej informacji dotyczącej rozmieszczenia opraw oświetleniowych, co jest podstawą do poprawnego ich montażu. Konieczne jest także przygotowanie danych dotyczącej utrzymania oświetlenia w czasie, w tym podanie rodzajów i okresów konserwacyjnych dla sprzętu oświetleniowego i oświetlanego obiektu. Profesjonalne opracowanie wyników projektu powinno obejmować wszelkie informacje, które mogą mieć wpływ na efektywne funkcjonowanie oświetlenia.

Do procesu projektowania oświetlenia można zaliczyć także wdrożenie rozwiązania oświetleniowego i jego weryfikację, zarówno bezpośrednio po wdrożeniu, jak i w czasie eksploatacji oświetlenia. W takim ujęciu, cały proces jest długotrwały i nie kończy się w momencie przygotowania dokumentacji projektowej.

Kryteria projektowania oświetlenia są określane w formie wymagań oświetleniowych i wyrażane poprzez podanie zestawu parametrów oświetleniowych i wartości kryterialnych tych parametrów [3]. Zadaniem projektanta jest umiejętne przyjęcie wymagań oświetleniowych, stosownie do założeń projektowych, na podstawie obowiązujących norm, przepisów prawnych lub dostępnych danych literaturowych. Wymagania oświetleniowe dotyczące miejsc pracy we wnętrzach określa norma polska PN-EN 12464-1:2012, Światło

i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach [4]. Podstawowymi parametrami charakteryzującymi otoczenie świetlne we wnętrzach są:

- natężenie oświetlenia,
- rozkład luminancji,
- olśnienie,
- kierunkowość światła,
- barwa światła,
- oddawanie barw.

Norma polska PN-EN 12464-1:2012 [4] charakteryzuje kryteria projektowania oświetlenia i podaje zestaw parametrów oświetleniowych oraz wartości kryterialne tych parametrów, w zależności od rodzaju pomieszczenia i wykonywanych czynności.

Kryterium natężenia oświetlenia charakteryzowane jest na podstawie rozkładu natężenia oświetlenia, w oparciu o poziomy średniego natężenia i równomierności oświetlenia. Rozkład natężenia oświetlenia i dwa parametry kryterialne określone są niezależnie dla pola pracy, pola bezpośredniego otoczenia i pola dalszego otoczenia. Miejsce pracy i występujące na nim przedmioty pracy wzrokowej definiują pole pracy, z którym związane są najtrudniejsze zadania wzrokowe w pomieszczeniu, a co za tym idzie wymagane są dla niego najwyższe poziomy natężenia i równomierności oświetlenia. Dwa parametry: średnie natężenie oświetlenia pola pracy E_p i równomierność oświetlenia pola pracy U_p , należą do głównych parametrów charakteryzujących otoczenie świetlne we wnętrzach. W polu bezpośredniego otoczenia i polu dalszego otoczenia mogą być realizowane niższe poziomy średniego natężenia i równomierności oświetlenia, stosownie do wartości podanych w normie.

Rozkład luminancji w pomieszczeniach określany jest pośrednio poprzez poziomy współczynników odbicia, średniego natężenia oświetlenia i równomierności oświetlenia dla sufitu i ścian. W celu wytworzenia odpowiedniego rozkładu luminancji we wnętrzu, należy wytworzyć co najmniej wymagane poziomy średniego natężenia i równomierności oświetlenia dla sufitu i ścian, przy zalecanych poziomach współczynników odbicia. Poziomy współczynników odbicia i cztery parametry: średnie natężenie oświetlenia sufitu E_c i równomierność oświetlenia sufitu U_c , oraz średnie natężenie oświetlenia ścian E_w i równomierność oświetlenia ścian U_w , należą do głównych parametrów charakteryzujących otoczenie świetlne we wnętrzach.

Olśnienie jest stanem niepożądanym, wywołanym nadmiernie jaskrawymi oprawami lub nadmiernymi kontrastami, tak w przestrzeni jak i w czasie. W celu jego wyeliminowania dobrane oprawy i ich rozmieszczenie muszą spełniać pewne kryteria. Jednym z parametrów dotyczących oceny olśnienia przykrego (wywołującego niewygodę w procesie widzenia) jest ujednolicony wskaźnik olśnienia UGR, który należy do głównych parametrów charakteryzujących otoczenie świetlne we wnętrzach. W normie podane są maksymalne dopuszczalne wartości dla tego parametru. W normie podane są też kryteria dotyczące olśnienia przeszkadzającego (powodującego zmniejszenie zdolności widzenia) i odbiciowego, oraz związane z nimi parametry i wartości kryterialne tych parametrów.

Kierunkowość światła dotyczy oświetlenia obiektów znajdujących się w pomieszczeniach, zarówno trójwymiarowych jak i płaskich. Należy unikać zarówno zbyt kierunkowego oświetlenia (powodującego powstawanie mocnych i głębokich cieni) jak i zbyt rozproszonego

oświetlenia (powodującego wystąpienie monotonii). W celu zapewnienia odpowiedniej kierunkowości, ale także dobrej komunikacji wzrokowej, we wnętrzach należy kontrolować składową cylindryczną natężenia oświetlenia i wskaźnik modelowania. Trzy parametry: średnie cylindryczne natężenie oświetlenia E_{cyl} i równomierność oświetlenia cylindrycznego U_{cyl} oraz wskaźnik modelowania WM, należą do głównych parametrów charakteryzujących otoczenie świetlne we wnętrzach.

W oświetleniu wnętrz stosowane jest przede wszystkim światło białe, charakteryzujące się różnymi barwami postrzeganymi (światło ciepło-białe, światło białe neutralne, światło chłodno-białe). Dobór barwy światła do oświetlenia wnętrz zależy od wielu czynników, przy czym należy podkreślić różnice indywidualne w preferencjach w zakresie barwy światła. Temperatura barwowa najbliższa T_b należy do głównych parametrów charakteryzujących otoczenie świetlne we wnętrzach.

Dobre oddawanie kolorów oświetlanych obiektów jest ważnym kryterium oświetleniowym. Najbardziej praktyczny sposób oceny oddawania barw oparty jest na wykorzystaniu ogólnego wskaźnika oddawania barw R_a , który należy do głównych parametrów charakteryzujących otoczenie świetlne we wnętrzach. W oświetleniu wnętrz w zasadzie należy stosować źródła światła charakteryzujące się wskaźnikiem oddawania barw o wartości nie niższej od 80. W niektórych przypadkach, gdy wierność oddawania barw jest krytyczna (np. muzea, pomieszczenia i stanowiska kontroli jakości i barwy), należy stosować źródła światła charakteryzujące się wskaźnikiem oddawania barw o wartości nie niższej od 90.

2. Cel i opis ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z podstawami komputerowego wspomaganie projektowania oświetlenia w zakresie określenia liczby opraw, ich rozmieszczenia i obliczeń parametrów oświetleniowych, pod kątem spełnienia wybranych wymagań normatywnych.

Zakres ćwiczenia obejmuje przede wszystkim podstawy komputerowego wspomaganie rozmieszczania opraw oświetleniowych i obliczeń parametrów oświetleniowych we wnętrzach.

W ramach realizowanego ćwiczenia omówiony zostanie proces projektowania oświetlenia a na tym tle przedstawione zostanie typowe postępowanie projektanta. Omówione zostaną także podstawowe kryteria oceny oświetlenia oraz wybrane elementy komputerowego wspomaganie projektowania oświetlenia dla wnętrz.

Zadanie każdego studenta będzie trzyetapowe i będzie polegało na:

Etap 1.

- przygotowaniu komputerowego modelu zadanego pomieszczenia,
- przyjęciu wymagań oświetleniowych dla zadanego pomieszczenia,
- doborze opraw oświetlenia ogólnego (bezpośredniego i przeważnie bezpośredniego)
- oszacowaniu z wspomaganie komputerowym, osobno dla każdego typu oprawy, liczb opraw niezbędnych do wytworzenia wymaganego poziomu średniego eksploatacyjnego natężenia oświetlenia na polu pracy w pomieszczeniu,
- rozmieszczeniu opraw oświetleniowych, osobno dla każdego typu opraw, z wykorzystaniem algorytmu wspomagającego, a także oraz obliczenie parametrów oświetleniowych,
- odnotowaniu z programu wspomagającego projektowanie, uzyskanych wyników parametrów oświetleniowych i mocy oświetlenia,

- porównaniu wyników obliczeń dla każdego rozwiązania oświetleniowego i sformułowaniu wniosków.

Etap 2.

- skorygowaniu liczby lub rozmieszczenia opraw oświetleniowych dla każdego rozwiązania oświetleniowego z Etapu 1 i obliczenie parametrów oświetleniowych dla nowych liczb opraw lub ich nowych rozmieszczeń,
- odnotowaniu z programu wspomagającego projektowanie, uzyskanych wyników parametrów oświetleniowych i mocy oświetlenia,
- porównaniu wyników obliczeń dla każdego skorygowanego rozwiązania oświetleniowego i sformułowaniu wniosków.

Etap 3.

- porównaniu wyników obliczeń z etapów 1 i 2, i sformułowaniu wniosków,
- podsumowaniu ćwiczenia.

3. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- krótkie wprowadzenie, z podaniem celu i zakresu ćwiczenia,
- charakterystykę pomieszczenia, przyjętych wymagań i wybranych dwóch typów opraw,
- zestawienie wyników, ich analizę i wnioski dla Etapu 1,
- zestawienie wyników, ich analizę i wnioski dla Etapu 2,
- analizę wyników i wnioski dla Etapu 3,
- podsumowanie zrealizowanego ćwiczenia i głównych wyników.

W analizie wyników konieczne jest podanie różnic procentowych wyników mocy:

- pomiędzy dwoma rozwiązaniami w Etapie 1,
- pomiędzy dwoma rozwiązaniami w Etapie 2,
- pomiędzy rozwiązaniami z Etapów 1 i 2, opartymi na tych samych oprawach.

W analizie wyników i formułowanych wnioskach należy uwzględnić różnice w uzyskanych wynikach dla poszczególnych rozwiązań pod względem parametrów oświetleniowych i mocy oświetlenia. Należy ocenić spełnienie wymagań oświetleniowych i porównać rozwiązania pod względem mocy zainstalowanej oświetlenia.

UWAGA:

Wstępu teoretycznego do sprawozdania nie należy przygotowywać na podstawie informacji zawartych w tej instrukcji laboratoryjnej.

4. Pytania weryfikacyjne

Wymienić główne etapy projektowania oświetlenia

Do podstawowych etapów projektowania oświetlenia zalicza się: planowanie, formułowanie wymagań, opracowanie koncepcji oświetlenia, realizację koncepcji oświetlenia, zestawienie wyników projektu.

Podać podstawowe czynności projektanta w poszczególnych etapach projektowania

W etapie planowania gromadzone są dane dotyczące cech fizycznych obiektu, potrzeb i preferencji użytkowników, zespołu projektowego i inwestora, oraz innych uwarunkowań dotyczących oświetlenia. Formułowanie wymagań oświetleniowych polega na przyjęciu wartości kryterialnych parametrów charakteryzujących otoczenie świetlne w pomieszczeniu. Opracowanie koncepcji oświetlenia polega na przyjęciu podstawowych założeń dotyczących rodzaju oświetlenia, klasy oświetlenia, opraw oświetleniowych, źródeł światła, rozmieszczenia opraw i wykorzystaniu oświetlenia w trakcie jego eksploatacji. Realizacja koncepcji oświetlenia polega na komputerowej weryfikacji koncepcji oświetlenia, w zakresie rozmieszczenia wybranych, konkretnych opraw oświetleniowych i źródeł światła. Zgromadzone są wyniki obliczeń parametrów oświetleniowych, także mocy oświetlenia, dla ostatecznie przyjętego rozwiązania oświetleniowego. W zestawieniu wyników projektów opracowane są zestawienia dotyczące sprzętu oświetleniowego jego rozmieszczenia, instalacji i eksploatacji.

Wymienić podstawowe parametry tworzące kryterium projektowania oświetlenia wewnątrz.

Do podstawowych parametrów projektowania oświetlenia wewnątrz zalicza się: średnie natężenie oświetlenia pola pracy E_p (bezpośredniego otoczenia i dalszego otoczenia), równomierność oświetlenia pola pracy U_p (bezpośredniego otoczenia i dalszego otoczenia), średnie natężenie oświetlenia sufitu E_c (ścian E_w), równomierność oświetlenia sufitu U_c (ścian U_w), ujednoczony wskaźnik oślnienia przykrego UGR i ogólny wskaźnik oddawania barw R_a .

Zilustrować liczbowo podstawowe wymagania oświetleniowe dla korytarza, łazienki, sali lekcyjnej, biura i sali operacyjnej

Pomieszczenie	E_p [lx]	U_p [lx]	UGR [-]	R_a [-]	E_c [lx]	U_c [-]	E_w [-]	U_w [-]
Korytarz	100	0,40	28 ^l	40	30	0,1	50	0,1
Łazienka	200	0,40	25	80				
Sala lekcyjna	300	0,60	19	80				
Biuro	500	0,60	19	80				
Sala operacyjna	1000	0,70	19	90				

5. Literatura

- [1] IESNA DG-7-94, The Lighting Design Process, IESNA, New York, 1994.
- [2] Pracki P. Projektowanie oświetlenia wewnątrz, OWPW, Warszawa, 2011.
- [3] Bąk J. Technika oświetlania. Wybrane zagadnienia oświetlania wewnątrz. COSiW, Warszawa, 2014.
- [4] PN-EN 12464-1:2012, Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach, PKN, Warszawa, 2012.