

POLITECHNIKA



BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ



INŻYNIERII
ZARZĄDZANIA

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

Podstawy techniki i technologii

Kod przedmiotu: ISO 02123, INO 02123

Ćwiczenie Nr 18

POMIAR NATEŻENIA OŚWIETLENIA STANOWISKA PRACY

O p r a c o w a ł :

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2023

Wszystkie prawa zastrzeżone

Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.

Celem ćwiczenia jest opanowanie metodyki wyznaczania natężenia oświetlenia wybranego stanowiska pracy, a także nabycie umiejętności obsługi przyrządów do pomiaru natężenia oświetlenia.

1. PODSTAWY TEORETYCZNE

Systemy oświetleniowe są opisywane następującymi wielkościami świetlnymi:

- natężenie oświetlenia E w lx;
- światłość I w cd;
- ogólny wskaźnik oddawania barw R_a ;
- strumień świetlny Φ w lm;
- luminację L w cd/m^2 ;
- temperaturę barwową światła T_c w K.

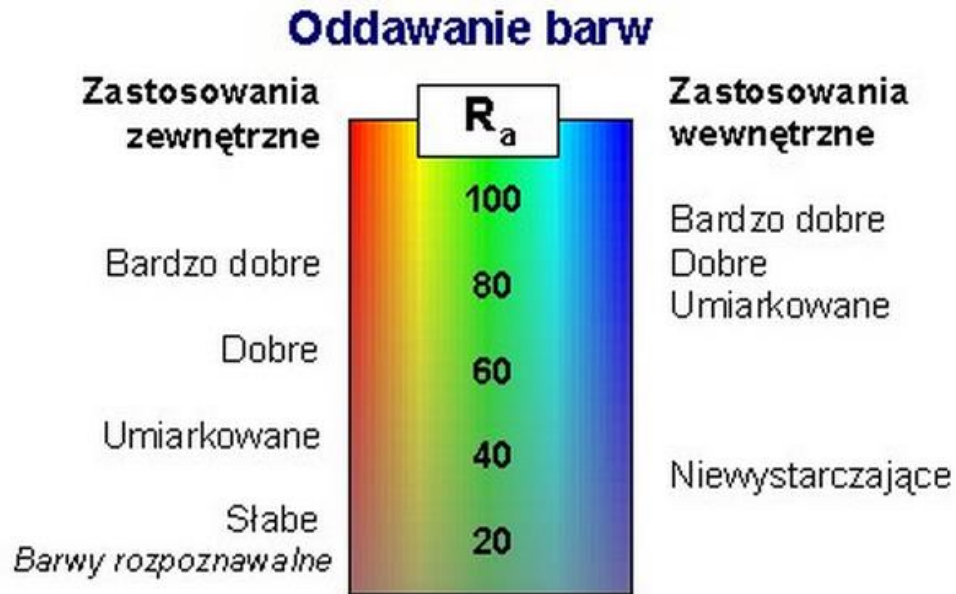
Parametry eksploatacyjne opisujące systemy oświetleniowe to: trwałość T , współczynnik utrzymania strumienia świetlnego, średnia trwałość T_{sr} , skuteczność świetlną η , dopuszczalny zakres temperatury otoczenia. Natomiast wśród wielkości konstrukcyjnych charakteryzujących systemy oświetleniowe można wyróżnić: rodzaj bańki zewnętrznej, kształt bańki zewnętrznej, kształt żarnika, typ trzonka, kształt i materiał jarznika [1].

Natężenie oświetlenia E jest to iloraz elementarnej wartości strumienia świetlnego $d\Phi$ padającej na powierzchnię dS , która jest elementarnym otoczeniem danego punktu, czyli jest to ilość światła padającego na dane pole powierzchni:

Natężenie oświetlenia opisuje następujący wzór:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (1)$$

Wskaźnik oddawania barw R_a opisuje kolorymetryczne właściwości źródeł światła. Jest to różnica w wyglądzie barwy przedmiotu, który jest oświetlany badanym systemem oświetleniowym i światłem naturalnym ciała doskonale czarnego. Najwyższa wartość wskaźnika oddawania barw R_a wynosi 100.



Rys. 1. Odbieranie barwy w zależności od stopnia oddawania barwy przez źródło światła [2].

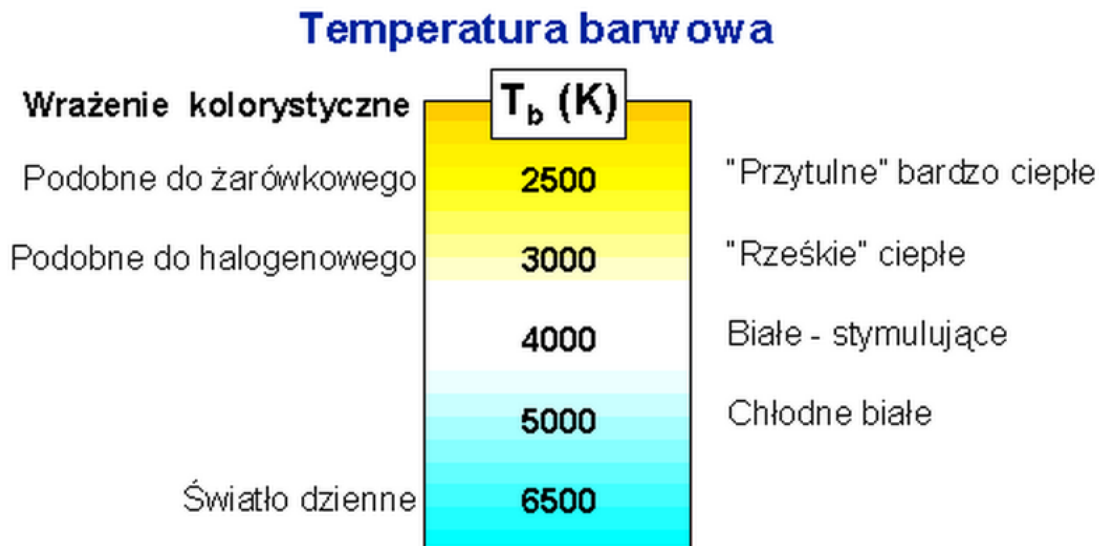
Strumień świetlny jest jedną z najważniejszych wielkości fotometrycznych opisujących elektryczne źródła światła i jest określany jako moc promieniowania wywodzącą się z danego źródła światła. Wielkość tą określa się na podstawie zdolności wywołania widzenia przez oko ludzkie, tzn. widzenie dokładne i z rozróżnieniem barw.

Luminacja jest to miara jaskrawości, inaczej miara wrażenia wzrokowego, które charakteryzuje się właściwością powodującą, że dana powierzchnia świecąca lub oświetlana wydaje się wysyłać mniej lub więcej światła do innych powierzchni. W tabeli 1 przedstawione zostały luminancje wybranych obiektów.

Tabela 1. Luminacja niektórych obiektów świecących.

Nazwa obiektu	Wartość luminacji w cd/m^2
Tarcza słoneczna	1 600 000 000
Skრętka żarówki halogenowej	20 000 000
Świelówka	10 000
Księżyc	5000
Błękit nieboskłonu	5000
Monitor komputera	200
Powierzchnia dobrze oświetlonej kartki	100
Elewacja iluminowanego obiektu	12
Dobrze oświetlona droga	2

Temperatura barwowa światła T_b (rys. 2) jest temperaturą ciała doskonale czarnego, które wysyła promieniowanie światła dla takiej samej chromatyczności co światło rozpatrywane.



Rysunek 2. Wrażenie wizualne, w zależności od barwy światła [2].

Skuteczność świetlna jest to stosunek strumienia świetlnego Φ wytwarzanego przez źródło światła do pobieranej przez nie mocy znamionowej P_{zn} :

$$\eta = \frac{\Phi}{P_{zn}} \quad (2)$$

Tabela 2. Przykłady skuteczności świetlnej dla różnych źródeł światła.

Źródło światła	Wartość skuteczności świetlnej w lm/W
Niskoprężna lampa sodowa	200
Wysokoprężna lampa sodowa	150
Lampa metalohalogenkowa	85-115
Biała dioda LED	26-100
Lampa fluorescencyjna	45-104
Lampa halogenowa	16
Żarówka	8-10

Systemy oświetleniowe można podzielić ze względu na sposób wytwarzania światła na: inkadescencyjne (żarowe lub temperaturowe - żarówki halogenowe lub halogenowe), luminescencyjne (światłówki) i mieszane.

Inkadescencja jest to emitowanie światła w wyniku cieplnego wzbudzenia atomów lub cząsteczek. Rozgrzanie następuje podczas przepływu prądu elektrycznego przez ciało stałe bądź ciecz. Wskutek czego powstają drgania i ruch obrotowy, po czym cząsteczki mają wyższy poziom energetyczny i zostaje wytworzony kwant promieniowania.

Luminescencja jest to emisja promieniowania przez atomy lub cząsteczki odbywająca się podczas przejścia ze stanu wzbudzonego do stanu o niższej energii lub stanu podstawowego, w wyniku czego zostaje emitowany kwant energii elektromagnetycznej.

W tabelach 3 i 4 przedstawione jest zestawienie parametrów wybranych źródeł światła [1]:

Tabela 3. Zależności między poszczególnymi parametrami żarówek tradycyjnych i halogenowych.

Żarówka halogenowa			Żarówka tradycyjna		
Moc W	Skuteczność świetlna lm/W	Średnia trwałość h	Odpowiadająca moc żarówki tradycyjnej W	Skuteczność świetlna lm/W	Średnia trwałość h
18	12	2000	25	9	1000
28	13	2000	40	10	1000
42	16	2000	60	12	1000
52	16	2000	75	12	1000
70	18	2000	100	13	1000
105	18	2000	150	14	1000

W technice świetlnej stosowane są do pomiarów następujące czujniki: przetworniki fotoelektryczne, fotorezystory, fotodiody i fototranzystory. Przetwornikiem fotoelektrycznym jest element obwodu elektrycznego, który pod wpływem napromieniowania, głównie z zakresu widzialnego, zmienia swój stan elektryczny. Pod wpływem napromieniowanie światłem na jego zaciskach wyjściowych pojawia się siła elektromotorycznej na jego zaciskach. Napięcie wzrasta, gdy większy jest poziom oświetlenia ogniwa, jednak ten wzrost nie jest liniowy i nie można wykorzystać zależności $U = f(E)$ do pomiarów. Liniowa pozostaje zależność prądu fotoelektrycznego do natężenia oświetlenia $I_f = f(E)$.

Tabela 4. Wartości poszczególnych parametrów świetlnych dla świetlówek T5 i T8.

Moc W	Typ świetlówki	Strumień świetlny w lm	Skuteczność świetlna lm/W	Luminacja cd/m ²
14	T5	1200	86	17000
21	T5	1900	90	17000
28	T5	2600	91	17000
35	T5	3300	94	17000
39	T5	3100	79	28000
49	T5	4300	88	23000
54	T5	4450	82	29000
80	T5	6150	77	32000
15	T8	950	63	10000
16	T8	950	59	8000
18	T8	1350	75	10000
30	T8	2400	80	12000
36	T8	3350	93	12000
38	T8	3300	87	12000
58	T8	5200	90	15000

Fotorezystory są to półprzewodniki, rezystancja których zależy od natężenia oświetlenia. Pod wpływem napromieniowania światłem w fotorezystorze zachodzi zjawisko emisji elektronów, a więc uwalniają się dodatkowe nośniki prądu i maleje rezystancja fotorezystora. Fotorezystory najczęściej zbudowane są z półprzewodników np.: siarczek kadmu, siarczek ołowiu, selenek ołowiu i inne.

Do pomiaru natężenia oświetlenia służą luksomierze. Luksomierze wyposażone są w głowicę fotometryczną stanowiącą kompletny miernik oraz jednostkę sterującą dzięki której użytkownik może obsługiwać miernik. Luksomierze różnią się od siebie w zależności od typów, mogą mieć inne przedziały pomiarowe oraz mogą być kompatybilne z różnymi głowicami. Głowica luksomierza może być fotoogniwem lub fotodiodą.

Na rys. 3 przedstawiony jest luksomierz typu Lx – 105 firmy LUTRON. W skład luksomierza wchodzi głowica z wysokiej jakości fotodiodą. Luksomierz ten ma 3 zakresy pracy dla luksów: 0 – 1999 lx; 2000 – 19990 lx; 20000 – 50000 lx.



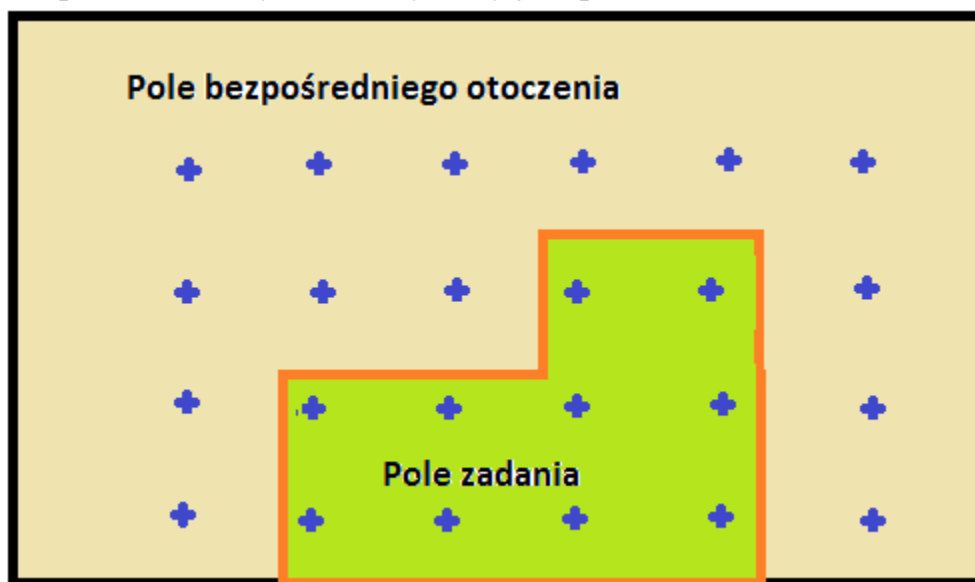
Rysunek 3. Luksomierz Lx – 105 firmy LUTRON

Od 2004 główną normą wykorzystywaną do poprawnego wykonania pomiaru stanu oświetlenia jest norma PN-EN 12464-1 „Technika świetlna – Oświetlenie miejsc pracy – część 1: Miejsca pracy wewnątrz pomieszczeń”, która jest zgodna z analogiczną normą europejską i dotyczy parametrów oświetlenia większości pomieszczeń i stanowisk pracy, wyjątkiem są np. miejsca pracy na zewnątrz oraz części podziemne kopalń. W normie tej opisana jest procedura pomiaru natężenia światła w pomieszczeniu lub na stanowisku pracy.

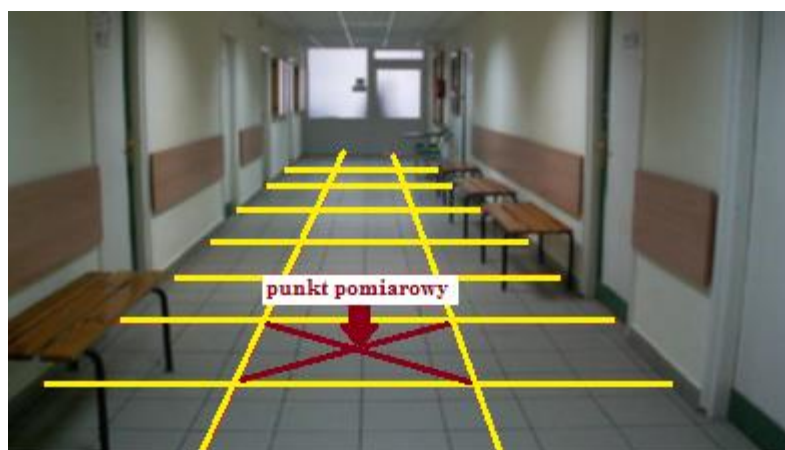
Pomiary natężenia oświetlenia powinny być wykonywane na odpowiedniej płaszczyźnie zadania. W pomieszczeniach, gdzie znajdują się stanowiska pracy ustala się punkty pomiarowe w zależności od wielkości płaszczyzny (zazwyczaj jest to 6 punktów). Rozkład punktów wybiera się w zależności od rodzaju badanego pomieszczenia: w salach lekcyjnych są to wszystkie ławki i biurko nauczyciela, w biurach będą biurka itd. W pomieszczeniach z wysokimi półkami punkty pomiarowe ustala się tylko w tych częściach, które są niezbędne do wykonywania przewidzianych tam prac. Na regałach z półkami natężenie oświetlenia mierzy się w płaszczyźnie pionowej przy najniższej półce. W większych pomieszczeniach ustala się również strefy komunikacyjne na podłodze. W przypadku pustych korytarzy wszystkie punkty będą umiejscowione na podłodze. Pomiary małych pustych pomieszczeń oświetlenie mierzy się w odstępach co 1 metr, a w dużych halach pomiary wykonuje się co 2-3 metry.

Pole zadania jest to fragment miejsca pracy, w którym wykonywane jest zadanie wzrokowe. W przypadku miejsc, gdzie lokalizacja obszaru zadania nie jest znana,

należy przyjąć obszar przewidywany do wykonywania zadania wzrokowego. Natomiast obszar bezpośredniego otoczenia jest to obszar o szerokości ok. 50 cm otaczający obszar zadania wzrokowego będący w zasięgu pola widzenia. Na rys. 4 przedstawione jest przykładowe rozmieszczenie punktów pomiarowych na stanowisku pracy z wydzielonym polem zadania i polem bezpośredniego otoczenia. Natomiast na rys. 5 - przykładowy sposób wyznaczenia punktów pomiarowych w celu zbadania stanu oświetlenia na korytarzu. Powierzchnia podłogi podzielona jest na siatkę zbudowaną z kwadratów o boku około 1 metra. Na środku kwadratów znajdują się punkty, w którym dokonywany jest pomiar natężenia oświetlenia.



Rys. 4. Stanowisko pracy z zaznaczonymi polami zadania i bezpośredniego otoczenia.



Rysunek 5. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na korytarzu.

Do ustalenia odpowiedniej ilości punktów pomiarowych w pomieszczeniu pomocny jest wzór:

$$w = \frac{P \cdot Q}{H_m \cdot (P + Q)} \quad (3)$$

gdzie:

w - wskaźnik pomieszczeń;

P - długość pomieszczenia;

Q - szerokość pomieszczenia;

H_m – wysokość zawieszenia opraw nad powierzchnią roboczą.

Liczbę punktów pomiarowych ustala się według następujących zależności:

- $w < 1$ liczba punktów pomiarowych wynosi 4;
- $1 < w < 2$ liczba punktów pomiarowych wynosi 9;
- $2 < w < 3$ liczba punktów pomiarowych wynosi 16;
- $w \geq 3$ liczba punktów pomiarowych wynosi 25 [4].

Istnieją dwie metody oceny oświetlenia wewnątrz w zależności od tego czy dostępna jest dokumentacja projektowa opracowana zgodnie z normą PN-EN 12464-1 i wówczas gdy nie jest dostępna dokumentacja projektowa opracowana zgodnie z normą PN-EN 12464-1.

Używane są dwie metody oceny oświetlenia wewnątrz w zależności od tego, czy dostępna jest dokumentacja projektowa opracowana zgodnie z normą PN-EN 12464 -1, czy też takiej dokumentacji nie ma.

W przypadku, gdy możliwy jest dostęp do dokumentacji projektowej występują trzy etapy postępowania. Etap pierwszy polega na sprawdzeniu dokumentacji projektu oświetlenia (zgodność dokumentacji projektowej z wymaganiami normy PN-EN 12464-1).

W minimalnej zawartości normy powinny znajdować się:

a) założenia projektowe:

- charakterystyka pomieszczenia, np. rodzaj pomieszczenia, wymiary pomieszczenia, czynności wykonywane w pomieszczeniu, rozmieszczenie stanowisk pracy, opis pól zadania oraz pól bezpośredniego otoczenia, pozycja pracy, stopień czystości pomieszczenia;
- wymagania oświetleniowe, np. graniczna wartość wskaźnika olśnienia UGR, eksploatacyjne natężenie oświetlenia E_m , wskaźnik oddawania barw R_a ;

- zalecenia oświetleniowe np. barwa światła, współczynniki odbicia podstawowych powierzchni pomieszczenia;
- b) specyfikacja opraw oświetleniowych uwzględniająca typy i dane fotometryczne opraw, a w przypadku pomieszczeń z monitorami ekranowymi powinny być podane średnie luminancje oprawy w poszczególnych kątach elewacji;
- c) specyfikacja źródeł światła uwzględniająca wskaźnik oddawania barw;
- d) tabelaryczne dane do oceny olśnienia UGR stosowanych opraw;
- e) rozmieszczenie stanowisk pracy, pól zadania i pól bezpośredniego otoczenia we wnętrzu;
- f) rozmieszczenie opraw w pomieszczeniu oraz wysokość ich zawieszenia;
- g) siatka obliczeniowa dla rozkładu natężenia oświetlenia dla poszczególnych pól zadań w płaszczyznach roboczych, pól bezpośredniego otoczenia i całego wnętrza jako podstawa do późniejszych weryfikacji, z ewentualną wizualizacją graficzną;
- h) wartości UGR wyznaczone dla przyjętych kierunków obserwacji;
- i) wyliczone wartości parametrów oświetlenia: średnie natężenie oświetlenia i równomierność oświetlenia na płaszczyźnie roboczej, polach zadania i polach bezpośredniego otoczenia;
- j) wartości współczynnika utrzymania oraz plan konserwacji oświetlenia [5].

Ostatnią częścią tego etapu jest wydanie pozytywnego bądź negatywnego werdyktu na temat analizowanego projektu oświetlenia. Z negatywnym werdyktem mamy do czynienia wówczas gdy dokumentacja nie jest kompletna oraz gdy występują następujące niezgodności:

- przyjętych założeń projektowych z wymaganiami normy;
- wyliczonych w projekcie wartości: średniego natężenia oświetlenia, równomierności oświetlenia oraz UGR z przyjętymi wymaganiami normy.

W przypadku pozytywnego werdyktu można przejść do etapu drugiego.

Drugim etapem są oględziny, polegają one na sprawdzeniu zgodności wykonanej instalacji oświetleniowej z dokumentacją projektową na podstawie wizji lokalnej. W zakres oględzin wchodzi sprawdzenie zgodności z projektem:

- wskaźnika oddawania barw zainstalowanych źródeł światła;
- liczby i rozmieszczenia opraw oświetleniowych;

- typów i danych fotometrycznych znajdujących się w pomieszczeniu opraw oświetleniowych;
- rozmieszczenia stanowisk pracy, pól zadania we wnętrzu;
- współczynników odbicia podstawowych płaszczyzn w pomieszczeniu.

Podobnie jak w przypadku etapu pierwszego końcowy elementem jest wydanie pozytywnego lub negatywnego werdyktu na temat analizowanej instalacji oświetleniowej w oparciu o zweryfikowaną dokumentację na etapie pierwszym. Z negatywnym werdyktem mamy do czynienia gdy stwierdzone jest:

- zamontowanie innych opraw niż w projekcie;
- zamontowanie innych źródeł światła niż w projekcie;
- innego rozmieszczenia opraw niż w projekcie;
- innej liczby opraw niż w projekcie.

Niezależnie od tego jaki był werdykt oględzin konieczne jest przejście do etapu trzeciego [5].

Trzecim etapem jest pomiar natężenia oświetlenia, który polega na pomiarze natężenia na płaszczyźnie zadania, zgodnie z przyjętą siatką lub zaprojektowanymi punktami. Punkty siatki pomiarowej powinny odpowiadać punktom obliczeniowym takim samym jak w projekcie. Ostatnim krokiem w etapie trzecim jest wydanie werdyktu czy wartość średniego natężenia oświetlenia i jego równomierności w badanym pomieszczeniu lub na polach zadania i polach bezpośredniego otoczenia spełniają wymagania normy PN-EN 12464-1. Wówczas, gdy uzyskany średni pomiar natężenia lub równomierności są mniejsze od wymaganego w normie wydany werdykt jest negatywny gdy pomiar spełnia wymagania normy werdykt jest pozytywny.

W przypadku, gdy niemożliwy jest dostęp do dokumentacji projektowej mamy dwa etapy. Pierwszym etapem są oględziny, gdzie należy dokonać wizji lokalnej badanego pomieszczenia. W zakresie oględzin powinno znajdować się określenie:

- ✓ rodzaju i liczby zainstalowanych w pomieszczeniu opraw oświetleniowych, należy tu również wskazać oprawy oświetlenia miejscowego, jeżeli występują;
- ✓ rodzaju zainstalowanych źródeł światła;
- ✓ rozmieszczenie opraw oświetleniowych i określenie czy jest ono równomierne bądź nierównomierne;

- ✓ jeśli takie istnieją to podać liczbę uszkodzonych opraw i nie świecących źródeł światła;
- ✓ liczby i rozmieszczenia stanowisk pracy we wnętrzu;
- ✓ pól zadania dla stanowisk pracy i pola bezpośredniego otoczenia;
- ✓ zabrudzenia opraw i pomieszczenia;
- ✓ jeżeli takie istnieją to podać przeszkody w rozchodzeniu się światła.

Znowu końcowym elementem tego etapu jest wydanie pozytywnego bądź negatywnego werdyktu na temat analizowanej instalacji oświetleniowej. Z negatywnym werdyktem mamy do czynienia wówczas, gdy występują niezgodności z wymaganiami zawartymi w normie PN-EN 12464-1. Niezależnie od werdyktu należy przejść do kolejnego etapu.

W drugim etapie następuje dokonanie pomiaru natężenia oświetlenia w wyznaczonych punktach pomiarowych (według zasad przedstawionych na str.8-10 instrukcji). Kończącym elementem tego etapu jest wydanie werdyktu o analizowanej instalacji oświetleniowej. Negatywny werdykt występuje wówczas, gdy pomiary nie spełniają wymagań normy.

Po dokonaniu sprawdzenia poziomu oświetlenia w pomieszczeniach należy określić wartości współczynników odbicia podstawowych powierzchni pomieszczenia i porównaniu ich z wartościami znajdującymi się w normie PN-EN 12464-1. Wartości współczynników odbicia określa się na podstawie literatury, dzięki informacjom od użytkownika lub na podstawie pomiaru. Pomiar może odbywać się jeżeli powierzchnie badane są matowe. Dla większości mebli przyjmuje się iż posiadają one powierzchnie matowe. Pomiar składa się z dwóch odrębnych pomiarów, pierwszy z nich polega na zmierzeniu natężenia światła, gdy ogniwo luksomierza położone jest na powierzchni i skierowane do wnętrza pomieszczenia, a drugi polega na zmierzeniu natężenia oświetlenia w odległości trzydziestu centymetrów od badanej powierzchni. Współczynnik odbicia można obliczyć ze wzoru:

$$\rho = \frac{E_{odb}}{E_{pad}}, \quad (4)$$

gdzie: ρ – współczynnik odbicia;

E_{odb} - natężenie światła w odległości 30 cm od badanej powierzchni;

E_{pad} - natężenie światła na badanej powierzchni.

Negatywny werdykt występuje wówczas, gdy współczynnik odbicia nie spełnia wymagań normy PN-EN 12464-1 (minimalne wartości dla: sufitu – od $0,7 \div 0,9$, ścian – od $0,5 \div 0,8$, podłogi – od $0,2 \div 0,4$, mebli – od $0,2 \div 0,7$).

W dalszej kolejności oceny stanu oświetlenia następuje weryfikacja wskaźnika oddawania barw. Na podstawie katalogu producenta w projekcie powinny być podane wartości wskaźnika oddawania barw dla zastosowanych źródeł światła. Sprawdzenie tej wartości polega na odczytaniu wartości z katalogu producenta lub bezpośrednio ze źródeł światła ma to miejsce w przypadku świetlówek. Odczytana wartość musi być zgodna z wymaganiami normy PN-EN 12464-1.

Tabela 5 przedstawia wartości natężenia oświetlenia, współczynnika UGR oraz współczynnika R_a dla różnych rodzajów pomieszczeń edukacyjnych zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12464-1.

Stosowany jest również pomiar oświetlenia wewnątrz światłem dziennym. Jest on jednak rzadko stosowany i mało istotny ze względu na zmienne warunki atmosferyczne. Natężenie światła dziennego ulega ciągłym zmianom zależy to od zmian położenia słońca oraz od stanu zachmurzenia, mgły, deszczu, śniegu i innych okoliczności zewnętrznych. Dla oświetlenia dziennego określa się współczynnik oświetlenia dziennego, jest to procentowy stosunek natężenia oświetlenia danej płaszczyzny we wnętrzu pomieszczenia do natężenia oświetlenia na zewnątrz, w miejscu niczym nie zasłoniętym. Znając te dwie wartości natężenia można obliczyć natężenie oświetlenia naturalnego w danym punkcie wnętrza.

Pomiar natężenia oświetlenia dziennego dokonywany jest według pewnych procedur:

- w dniu, gdy powierzchnia nieba pokryta jest chmurami oraz gdy natężenie oświetlenia na zewnątrz wynosi minimum 5000lx;
- w czasie wykonywanych pomiarów oświetlenie elektryczne jest wyłączone;
- pomiary powinny być wykonywane za pomocą dwóch luksomierzy przez dwóch użytkowników w tym samym czasie, jeden z nich powinien być wewnątrz pomieszczenia, a drugi na zewnątrz w miejscu odsłoniętym;
- pomiar wewnątrz pomieszczenia należy wykonywać na płaszczyznach roboczych, podobnie jak pomiary oświetlenia elektrycznego, minimum w odległości 70 centymetrów od ściany, lub na podłodze gdy nie ma określonych stanowisk pracy;

Tabela 5. Wykaz odpowiednich wartości oświetleniowych dla pomieszczeń edukacyjnych [6].

Nr ref.	Typ obszaru, zadanie lub działalności	E_{sr} lx	UGR_L -	R_a -
5.36.1	Klasy, pokoje do samodzielnej nauki	300	19	80
5.36.2	Klasy do zajęć wieczorowych i edukacji dorosłych	500	19	80
5.36.3	Audytorium, sale wykładowe	500	19	80
5.36.4	Tablice czarne, zielone i białe	500	19	80
5.36.5	Stół demonstracyjny	500	19	80
5.36.6	Pracownie artystyczne	500	19	80
5.36.7	Pracownie artystyczne w szkołach artystycznych	750	19	90
5.36.8	Pracownie rysunku technicznego	750	16	80
5.36.9	Pokoje do zajęć praktycznych i laboratoria	500	19	80
5.36.10	Pokoje do prac ręcznych	500	19	80
5.36.11	Pracownie dydaktyczne	500	19	80
5.36.12	Pokoje do zajęć muzycznych	300	19	80
5.36.13	Pokoje do zajęć komputerowych	300	19	80
5.36.14	Laboratorium językowe	300	19	80
5.36.15	Pokoje do odrabiania lekcji i pracownie	500	22	80
5.36.16	Hole wejściowe	200	22	80
5.36.17	Obszary ruchu, korytarze	100	25	80
5.36.18	Schody	150	25	80
5.36.19	Pokoje studenckie ogólnodostępne, sale zgromadzeń	200	22	80
5.36.20	Pokoje nauczycielskie	300	19	80
5.36.21	Biblioteki: półki na książki	200	19	80
5.36.22	Biblioteki: obszary do czytania	500	19	80
5.36.23	Pokoje magazynowe materiałów dydaktycznych	100	25	80
5.36.24	Hale sportowe, sale gimnastyczne, baseny pływackie	300	22	80
5.36.25	Stołówki szkolne	200	22	80
5.36.26	Kuchnie	500	22	80

- pomiary na zewnątrz i wewnątrz powinny być wykonywane w takich samych odstępach czasu;
- na podstawie wyników pomiarów oblicza się współczynnik oświetlenia dziennego za pomocą wzoru:

$$e = \frac{E_w}{E_z} \cdot 100\% , \quad (5)$$

gdzie: E_w – natężenie oświetlenia wewnątrz pomieszczenia;

E_z - natężenie oświetlenia na zewnątrz.

Ocenie podlega wartość średnia współczynnika oświetlenia dziennego dla danego stanowiska pracy lub pomieszczenia, którą można obliczyć ze wzoru:

$$e_{\text{śr}} = \frac{\frac{e_1}{2} + e_2 + \dots + e_{k-1} + \frac{e_k}{2}}{k - 1} , \quad (6)$$

gdzie: e_1, e_2, \dots, e_k – wartości współczynników w poszczególnych punktach pomiarowych;

e_1, e_k – wartości współczynników o najmniejszej i największej wartości;

k – liczba punktów pomiarowych [4].

2. WYKONANIE ĆWICZENIA

Przed rozpoczęciem zajęć laboratoryjnych studenci powinni zapoznać się z metodami pomiaru natężenia oświetlenia stanowisk pracy.

Kolejność wykonywania ćwiczenia:

- wykonyjąc oględziny otoczenia badanego stanowiska pracy uzupełnić tabelę 6;
- wykonać szkic systemu oświetlenia stanowiska pracy;
- obliczyć liczbę punktów pomiarowych wg wzoru 3;
- wykonać szkic pola zadania i bezpośredniego otoczenia z rozmieszczeniem punktów pomiarowych;
- zasłonić żaluzje (jeżeli pomiary wykonywane są w ciągu dnia);
- wykonać pomiary natężenia oświetlenia pola zadania i bezpośredniego otoczenia wpisując wyniki pomiarów do tabeli 7 i 8;
- wykonać niezbędne obliczenia.

W tabeli 7 „na pow.” oznacza, że czujnik luksomierza leży na badanej powierzchni elementem światłoczułym skierowany do góry. Natomiast „odl. 30 cm” oznacza pomiar natężenia oświetlenia w odległości 30 cm od badanej powierzchni z elementem światłoczułym skierowanym ku tej powierzchni.

Tabela 6. Protokół oględzin ułatwiający wydanie opinii na temat stanu oświetlenia.

Elementy sprawdzane podczas oględzin :	Wynik oględzin:
Wymiary pomieszczenia: szerokość/długość/wysokość w m	
Rodzaj i liczba zainstalowanych w pomieszczeniu opraw oświetleniowych,	
Rodzaj zainstalowanych źródeł światła	
Rozmieszczenie opraw oświetleniowych i określenie czy jest ono równomierne bądź nierównomierne	
Podać liczbę uszkodzonych opraw i nie świecących źródeł światła	
Liczba i rozmieszczenie stanowisk pracy we wnętrzu	
Pola zadania dla stanowisk pracy i pola bezpośredniego otoczenia	
Zabrudzenia opraw i pomieszczenia	
Podać przeszkody w rozchodzeniu się światła	

Tabela 7. Wyniki pomiaru natężenia oświetlenia.

Pole zadania			Pole bezpośredniego otoczenia		
Nr punktu	Natężenie oświetlenia		Nr punktu	Natężenie oświetlenia	
	lx			lx	
	na pow.	odl. 30cm		na pow.	odl. 30cm
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
Wartość średnia			Wartość średnia		
minimalna wartość			minimalna wartość		
Współczynnik odbicia	obliczony		Współczynnik odbicia	obliczony	
	z normy			z normy	

3. WNIOSKI

1. Podać uwagi o przebiegu pomiarów.
2. Porównać uzyskane wyniki pomiaru z danymi z normy PN-EN 12464-1.
3. Wyjaśnić przyczyny rozbieżności między tymi wartościami.
4. Przedyskutować wpływ czynników zewnętrznych na dokładność pomiarów.

4. PYTANIA KONTROLNE

1. Wymień podstawowe wielkości opisujące systemy oświetleniowe i podaj ich jednostki.
2. Wymień podstawowe parametry eksploatacyjne opisujące systemy oświetleniowe i podaj ich jednostki..
3. Zdefiniuj pojęcie natężenia oświetlenia, podaj wzór i jednostki.
4. Zdefiniuj pojęcie luminancji oświetlenia, podaj jednostki.
5. Wymień metody oceny oświetlenia wewnątrz i opisz jedną z nich.
6. Co to jest współczynnik odbicia i jak go wyznaczamy?
7. Wymień czujniki do pomiaru stanu oświetlenia pomieszczeń i omów zasadę działania jednego z nich.

5. LITERATURA

1. A. Wiśniewski: *Elektryczne źródła światła*. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
2. *Wskaźnik oddawania barw*. Technika świetlna, www.swiatlo.tak.pl.
3. W. Żegań: *Podstawy techniki świetlnej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
4. S. Marzec (red.): *Badanie oświetlenia elektrycznego we wnętrzach*. DASL Systems, Kraków 2008.
5. J. Grzonkowski, P. Pracki (red.): *Technika świetlna tom 3*. Praca zbiorowa członków Polskiego Komitetu Oświetleniowego Stowarzyszenia Elektryków, Warszawa 2013.
6. PN-EN 12464-1: „*Technika świetlna – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsca pracy wewnątrz pomieszczeń*”.
7. Lisowski K.: „Badanie stanu oświetlenia w laboratorium systemów pomiarowych”. Praca inżynierska . Politechnika Białostocka 2015r.

Wymagania BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciw pożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad:

- Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.

