

Pomiary oświetlenia środowiska pracy i oświetlenia awaryjnego

Sławomir Binder

Właściwe oświetlenie środowiska pracy jest postrzegane jako jeden z istotnych warunków jakości i bezpieczeństwa pracy. Odpowiedni komfort oświetlenia sprzyja przy tym jej wydajności i ochronie narządów wzroku pracownika, ogranicza występowanie zmęczenia i przyczynia się do zmniejszenia wypadkowości. W artykule omówiono podstawowe aspekty pomiarów wartości natężenia oświetlenia, w tym oświetlenia awaryjnego oraz pokazano parametry luksonierzy serii TM z oferty Biall.

Zarówno zbyt mały, jak i zawyżony poziom oświetlenia, niedostosowany do charakteru pracy jest szkodliwy. Nadmierne oświetlenie wiąże się też z dodatkowym i to czasem dość znacznym zużyciem energii elektrycznej, co ma dodatkowy aspekt ekonomiczny.

Podobnie właściwie zaprojektowane i działające oświetlenie awaryjne pozwala np. na bezpieczne zakończenie pracy i opuszczenie pomieszczenia. Zasady stosowania i poziomy natężenia oświetlenia awaryjnego określa norma PN-EN 1838:2005. I tu nadmierny poziom tego oświetlenia generuje wyższe koszty i skraca okres pracy systemu (zwłaszcza akumulatorów). W większości przypadków mamy

do czynienia z oświetleniem sztucznym (elektrycznym). Jedynie przy pracach w otwartym terenie i czasem przy pracach typu biurowego, w szkołach, wewnątrz budynków wykorzystuje się całkowicie lub częściowo (oświetlenie złożone) oświetlenie naturalne. Z zasady natomiast oświetlenie awaryjne jest oświetleniem sztucznym (elektrycznym), gdyż musi zapewnić właściwy poziom oświetlenia w każdych warunkach a więc i np. w nocy.

Charakter źródła światła

Oświetlenie powierzchni może pochodzić od źródła naturalnego (światło dzienne), od źródeł światła elektrycznego lub

też może mieć charakter złożony. Przypadki oświetlenia złożonego, to np. oświetlenie powierzchni pracy składające się częściowo ze światła dziennego (padające np. przez okno, świetliki dachowe itp.) i światła ze źródła elektrycznego lub oświetlenie z różnych rodzajów źródeł światła sztucznego.

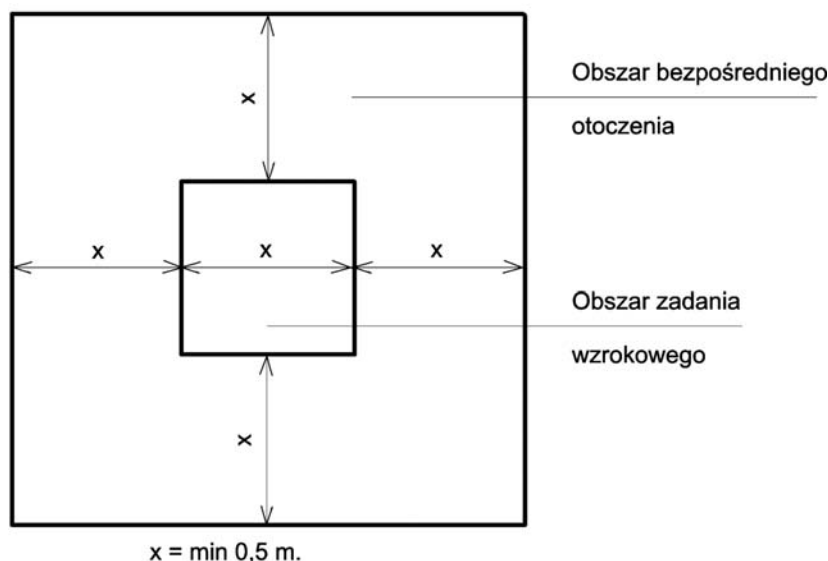
Źródło światła może znajdować się prostopadle nad badaną powierzchnią (kat padania 0°) lub też oświetlać powierzchnię pod pewnym kątem.

Wartość natężenia oświetlenia

Oświetlenie miejsca pracy i jego otoczenia

W tabeli 1 zestawiono dane dotyczące zalecanych poziomów oświetlenia środowiska przemysłowego, w tabeli 2 środowiska naukowo-dydaktycznego w zależności od wykonywanych czynności zgodnie ze standardami japońskimi, a w tabeli 3 podano wymagania oświetlenia dla pomieszczeń biurowych zgodnie z PN-EN 12464-1:2003.

Norma ta wprowadza szczegółowe wymagania jakościowe i ilościowe oświetlenia pomieszczeń i stanowisk pracy. Interesujące, z uwagi na prowadzenie badań natężenia oświetlenia stanowisk pracy, będą określenia: zadania wzrokowego, obszaru zadania wzrokowego, obszaru bezpośredniego otoczenia oraz eksploatacyjnego natężenia oświetlenia. Ponadto norma szcze-



Rys. 1. Obszary zadania i bezpośredniego otoczenia

Tabela 1. Zalecane poziomy oświetlenia w środowisku przemysłowym zgodnie z JIS

Oświetlenie (lx)	Miejsce
3000 do 1500	Montaż, kontrola inspekcyjna, selekcja, ekstremalnie precyzyjne prace manualne
1500 do 750	Montaż, inspekcja, testowania, precyzyjne prace manualne
750 do 300	Montaż, inspekcja, selekcja i zwykłe prace manualne
300 do 150	Pakowanie, rozpakowywanie
75 do 30	Wewnętrzne schody awaryjne, drogi ewakuacyjne

Tabela 2. Wymagania oświetlenia w środowisku szkolnym zgodnie z JIS

Oświetlenie (lx)	Miejsce
1500 do 300	Precyzyjne pisanie lub rysowanie, precyzyjne eksperymenty, biblioteki
750 do 200	Pomieszczenia lekcyjne, czytelnie, pokoje nauczycielskie, sale gimnastyczne
300 do 75	Poczekalnie, pracownie, szatnie, korytarze, klatki schodowe, pomieszczenia jadalni
75 do 30	Magazyny, schody awaryjne, drogi ewakuacyjne
10 do 2	Zewnętrzne przestrzenie przyszkolne dla pieszych

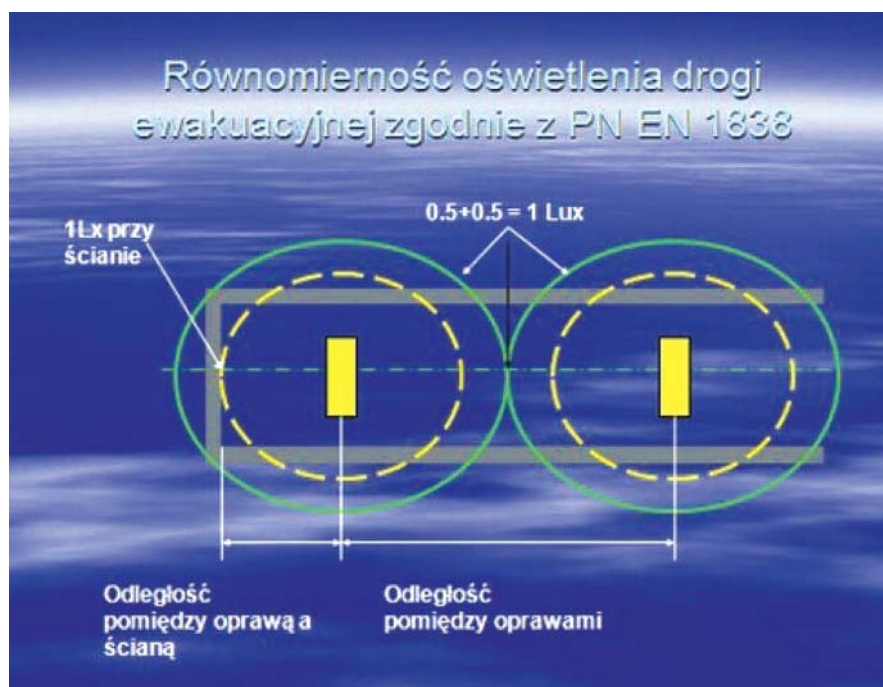
Tabela 3. Wymagania oświetlenia dla pomieszczeń biurowych zgodnie PN EN 12464-1

Oświetlenie (lx)	Miejsce
750	Kreślarne
500	Sale posiedzeń i konferencyjne
500	Stanowiska projektowania wspomaganie komputerowo
500	Pisanie ręczne, pisanie na maszynie, czytanie obsługiwane klawiatury, przetwarzanie danych
300	Segregowanie, kopiowanie

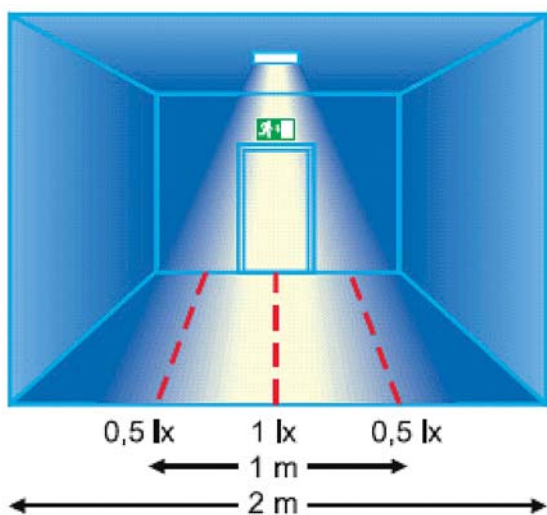
gółowo definiuje i określa takie parametry jak rozkład luminancji, równomierność oświetlenia, oślnienie, oświetlenie kierunkowe, współczynnik utrzymania, współczynnik migotania. Norma zawiera też wytyczne dla projektowania oświetlenia.

W normie przyjęto, że wymagany najmniejszy poziom oświetlenia dla dostrze-

żenia rysów twarzy ludzkiej wynosi 20 lx. Dalej przyjęto w normie szereg znormalizowanych progów wartości oświetlenia z współczynnikiem około 1,5 odpowiadającym subiektywnemu wrażeniu najmniejszej istotnej różnicy w oświetleniu: 20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000 -5000 lx



Rys. 2. Równomierność oświetlenia



Rys. 3.
Oświetlenie
stref otwartych



Obszar zadania wzrokowego oraz obszar bezpośredniego otoczenia, na którym będą przeprowadzane podstawowe pomiary oświetlenia pokazuje rysunek 1.

Tak zdefiniowany obszar pracy może być powierzchnią (płaszczyzną) poziomą lub ukośną. W obszarze zadania wzrokowego (minimum $0,5 \times 0,5$ m) średnie natężenie oświetlenia dla poszczególnych rodzajów pracy nie może być niższe niż eksploatacyjne natężenie oświetlenia podane w normie. Nowo zdefiniowany w normie obszar bezpośredniego otoczenia może mieć oświetlenie mniejsze od obszaru zadania wzrokowego, ale powinien być zapewniony odpowiednio równomierny rozkład luminancji. Jednak nie może być ono mniejsze niż podane w normie wartości zależne od wymaganego natężenia oświetle-

nia w obszarze zadania wzrokowego. Należy zauważyć, że dopuszczone przez normę zróżnicowanie oświetlenia w tych obszarach wskazuje na możliwość doświetlenia obszaru zadania oprawą oświetlenia miejscowego, co jest ważne dla praktyki pomiarów kontrolnych natężenia oświetlenia, które w tych przypadkach może mieć charakter oświetlenia złożonego.

Norma określa też parametr równomierności oświetlenia, który w obszarze zadania powinien być możliwie najlepszy i nie gorszy niż 0,7. Natomiast w obszarze bezpośredniego otoczenia równomierność nie powinna być gorsza niż 0,5. Jak widać z tego dość pobieżnego omówienia, tylko w aspekcie pomiarów natężenia oświetlenia nieodzowne jest gruntowne zapoznanie się z normą w celu prawidłowego przepro-

wadzenia pomiarów. Norma wprowadza zapisy dotyczące prowadzenia pomiarów natężenia oświetlenia – pomiary takie powinny być przeprowadzane ściśle w punktach pomiarowych, określonych na siatce projektu oświetlenia i powtarzane okresowo dokładnie w tych samych punktach.

Oświetlenie awaryjne

Wymagania odnośnie zasad stosowania, wytyczne do projektowania i wymagane natężenia oświetlenia w zależności od rodzaju i stref oświetlenia awaryjnego reguluje norma PN EN 1838: 2005. Trzeba od razu powiedzieć, że wymagane normą natężenia oświetlenia awaryjnego zaczynają się od wartości 0,5 lx a więc dla uzyskania wiarygodnych wyników pomiarów kontrolnych potrzebne będą luksomierze o dużej precyzji. Rodzaje oświetlenia awaryjnego i natężenie oświetlenia przedstawia tabela 4.

Kolejnymi parametrami oświetlenia awaryjnego omawianymi w normie dla dróg ewakuacyjnych jest równomierność oświetlenia i oświetlenie stref otwartych. Równomierność oświetlenia uzyskuje się przez zachowanie odpowiednich odległości pomiędzy oprawami tak, aby w strefie środkowej natężenie oświetlenia wynosiło co najmniej 1 lx (rys. 2). W strefie otwartej w obszarze środkowym (minimum połowa szerokości drogi) natężenie oświetlenia nie może się zmniejszyć powyżej 50% w stosunku do środka drogi (rys. 3).

Norma podaje szczegółowe wytyczne do projektowania oświetlenia awaryjnego, przy czym natężenie oświetlenia obliczane jest metodą punktową. W projektowaniu nie bierze się pod uwagę światła dziennego. Z uwagi na ekonomiczną stronę zagadnienia do oświetlenia awaryjnego powszechnie stosowane są jarzeniowe źródła światła – co też trzeba uwzględnić w wyborze luksomierzy. Przy projektowaniu oświetlenia należy ponadto uwzględnić 25% zmniejszenie natężenia oświetlenia w wyniku starzenia się i zabrudzenia opraw oświetleniowych podczas eksploatacji. Najnowsze opracowania systemów oświetleń awaryjnych zapewniają znacznie zmniejszenie poboru mocy poszczególnych opraw (z 14 W do 8 W dzięki wprowadzeniu stateczników elektronicznych) oraz znaczne zmniejszenie pojemności niezbędnych akumulatorów.

Pomiary kontrolne (także punktowe i powtarzane w tych samych punktach pomiarowych) prowadzone powinny być na wysokości 0,02 m nad podłogą.

Tabela 4. Oświetlenie awaryjne zgodnie z PN EN 1838: 2005

Oświetlenie Awaryjne		Natężenie Oświetlenia	
oświetlenie ewakuacyjne		drogi ewakuacyjne	Strefy wysokiego ryzyka
dla dróg ewakuacyjnych i stref otwartych	oświetlenie stref wysokiego ryzyka		
	oświetlenie rezerwowe	minimum 1 lx	10% oświetlenia podstawowego (nie mniej niż 15 lx)

Tabela 5. Właściwości pomiarowe luksomierzy serii TM

Typ luksomierza	TM202, TM203		
Maks. rozdzielczość	0,01 lx		
Wartość mierzona	300 lx	10 lx	1 lx
Pomiar na zakresie	2000 lx	20,00 lx	20,00 lx
Błąd podstawowy*)	±3% ww + 5 cyfr		
Błąd dla innych źródeł światła widzialnego	±6% ww		
Max odchyłka pomiaru*)	±14 lx	±0,35 lx	±0,08 lx
Błąd względny procentowy**)	4,6 %	3,5 %	8 %

*) dla wrażliwości widmowej zgodnej z charakterystyką CIE i dla kalibrowanego źródła światła o temperaturze 2856 °K

**) błąd zdefiniowany jako wartość procentowa ilorazu max odchyłki do mierzonej wartości nominalnej



Rys. 4.
Luksomierz TM-202
z oferty Biall

Luksomierze serii TM firmy Tenmars

W tabeli 5 zamieszczono analizę możliwości pomiarowych luksomierzy serii TM. Pokazano także analizę błędów pomiarowych, jakie należy uwzględnić w ocenie wyników pomiarów natężenia oświetlenia o różnych wartościach nominalnych.

Osobnym zagadnieniem jest fakt, iż w większości przypadków oświetlenia w biurach i przemyśle w coraz większym stopniu wykorzystywane są źródła światła typu jarzeniowego. Obowiązek zastępowania takimi źródłami światła tradycyjnych źródeł żarowych nakłada odpowiednia Dyrektywa Unii Europejskiej. Także w oświetleniu awaryjnym powszechnie wykorzystywane są jarzeniowe źródła światła.

Luksomierze TM202 (rys. 4) i TM203 (z loggerem 7000 pomiarów i złączem USB) mają całkowity błąd $\pm 6\%$ dla wszystkich źródeł światła widzialnego.

Wnioski

Dokonując wyboru luksomierza do badań natężenia oświetlenia należy przede wszystkim określić, jakiego rodzaju oświetlenie – ze względu na jego natężenie i z uwagi na źródła światła – będzie mierzone.

Dla pomiarów typowych dla środowiska pracy można dobrać przyrząd o mniejszej rozdzielczości. Jednak w przypadku pomiarów natężenia oświetlenia od źródeł

światła takich, jak np. świetlówki, lampy sodowe należy zdawać sobie sprawę, że tego typu przyrząd może wprowadzać znaczne błędy. Można je wyeliminować przy pomocy tabeli poprawek dla różnych źródeł światła. Ewentualnie – poprzez pomiary porównawcze z luksomierzem wzorcowym – można samodzielnie wyznaczyć wartość poprawek. Jest to jednak kłopotliwe, a tak uzyskane wyniki mogą budzić wątpliwości przy późniejszych kontrolach.

Natomiast w przypadku pomiarów oświetlenia awaryjnego należy bezwzględnie pracować z przyrządem o rozdzielczości 0,01 lx i o deklarowanej dokładności dla wszystkich źródeł światła widzialnego. Powodem są małe wartości oświetlenia oraz fakt, że oświetlenie awaryjne jako źródła światła

wykorzystuje najczęściej jarzeniówki (świetlówki). Zawsze należy też pamiętać, że pomiar tak niskich wartości natężenia obarczony jest większym błędem i dla spełnienia warunku zapewnienia dostatecznego oświetlenia należy rozważyć stosowanie oświetlenia o wartościach co najmniej 10~20% wyższych od minimalnej wartości oświetlenia awaryjnego wymaganej normą PN EN 1838: 2005

Osobno należy brać pod uwagę, że często przy pomiarach spotykamy się ze zjawiskiem oświetlenia złożonego, dlatego zalecamy od razu zaopatrzyć się w przyrząd o deklarowanej dokładności dla wszystkich źródeł światła.

Sławomir Binder
Autor jest prezesem zarządu
firmy Biall



BIBLIOGRAFIA:

- [1] PN EN 12464-1: 2004 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy.
- [2] PN EN 1838: 2005 Oświetlenie awaryjne.
- [3] <http://www.cholemaster.pl/pl/poradyszakolenia/artikul.html> (rys. 2)
- [4] <http://www.technitel.pl/files/AM/42d69e97.pdf>



KONTAKT

BIALL Sp. z o.o.

Otomin, ul. Słoneczna 43
80-174 Gdańsk
tel. (58) 322 11 91...93
e-mail: biall@biall.com.pl
www.biall.com.pl