

Andrzej Pawlak

Mobilna aplikacja komputerowa
wraz z bazą danych
przeznaczona do oceny zagrożenia pracowników
promieniowaniem optycznym na podstawie
wyznaczonych grup ryzyka źródeł LED
ze względu na zagrożenie fotobiologiczne



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Mobilna aplikacja komputerowa wraz z bazą danych przeznaczona do oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym na podstawie wyznaczonych grup ryzyka źródeł LED ze względu na zagrożenie fotobiologiczne

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zadanie 1.G.14: Opracowanie mobilnej aplikacji komputerowej do oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym emitowanym przez źródła światła nowej generacji (LED)

Autor:

mgr inż. Andrzej Pawlak – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Techniki Bezpieczeństwa, Pracownia Promieniowania Optycznego

Zdjęcie na okładce: CIOP-PIB

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2019

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Mobilna aplikacja komputerowa wraz z bazą danych zawierającą parametry wybranych źródeł światła nowej generacji (LED) służy do oceny zagrożenia zdrowia pracowników promieniowaniem optycznym emitowanym przez te źródła. Aplikacja jest dostępna po wpisaniu w dowolnej przeglądarce internetowej (zarówno na komputerze stacjonarnym, jak i w wszelkich urządzeniach mobilnych) adresu <http://www.server095359.nazwa.pl/cioppib/cioppib/led.html>.

Korzystanie z tej aplikacji jest bezpłatne. Można również wprowadzić do niej własne źródło światła z wynikami pomiarów, jednak nie zostanie ono dodane do istniejącej bazy danych.

Baza danych zawiera parametry emisji promieniowania optycznego przeznaczone do oceny bezpieczeństwa fotobiologicznego oczu i skóry człowieka oraz przypisaną do każdego źródła grupę ryzyka. W bazie danych są zamieszczone wyniki pomiarów spektrometrycznych natężenia napromienienia:

- aktywności promieniowania UV,
- bliskiego nadfioletu (UV-A),
- promieniowania podczerwonego (780÷3000 nm)

oraz wyniki pomiarów spektrometrycznych luminancji energetycznej:

- światła niebieskiego (300÷700 nm),
- promieniowania widzialnego wraz z bliską podczerwienią (380÷1400 nm).

Ponadto w bazie danych znajdują się podstawowe dane techniczne i informacje dotyczące źródeł światła. Informacje te są prezentowane w dwóch tabelach – pierwsza zawiera dane źródła podawane przez producenta, a druga wyniki pomiarów potrzebne do oceny narażenia. Pierwszym oknem, które się otwiera w aplikacji, jest okno zawierające dane techniczne źródeł LED, w następnym oknie znajdują się wyniki pomiarów.

Aplikacja mobilna umożliwia przeliczenie otrzymanych wyników zagrożenia fotobiologicznego na wartości poszczególnych zagrożeń i porównanie ich z wartościami maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE) podanymi w Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.

Obsługa aplikacji mobilnej

W otwartym pierwszym oknie *Źródła promieniowania* widać podstawowe parametry źródeł LED podane przez producenta. Są to: nazwa producenta/dystrybutora, wartość napięcia zasilania, typ trzonka, moc, strumień świetlny oraz wskaźnik oddawania barw i temperatura barwowa.

Następna zakładka *Pomiary* zawiera wyniki pomiarów zagrożenia fotobiologicznego dla wszystkich rodzajów zagrożenia wymienionych w normie PN-EN 62471:2010 *Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych* dla każdego źródła LED. Potencjalne rodzaje zagrożeń przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 1. Rodzaje zagrożeń fotobiologicznych źródeł światła

1	Zagrożenie skóry i rogówki oka promieniowaniem aktywnym UV	E(S)	$W \cdot m^{-2}$
2	Zagrożenie soczewki oka promieniowaniem UV-A	E(UVA)	$W \cdot m^{-2}$
3	Zagrożenie fotochemiczne siatkówki oka światłem niebieskim	L(B)	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
4	Zagrożenie fotochemiczne siatkówki oka światłem niebieskim – małe źródło	E(B)	$W \cdot m^{-2}$
5	Zagrożenie termiczne siatkówki oka	L(R)	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
6	Zagrożenie termiczne siatkówki oka – słaby bodziec wzrokowy	L(IR)	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
7	Zagrożenie rogówki oka promieniowaniem podczerwonym	E(IR)	$W \cdot m^{-2}$

W przypadku, gdy określony parametr nie podlega ocenie, w tabeli jest informacja: „nie dotyczy”. W ostatniej kolumnie podano wartości odległości pomiarowej, przy której wykonano spektrometryczne pomiary zagrożenia fotobiologicznego dla każdego źródła LED (odl. pom. dla $E = 500 \text{ lx [m]}$). Zgodnie z normą PN-EN 62471:2010 jest to odległość, przy której na ogniwie pomiarowym spektrometru natężenie oświetlenia wynosi 500 lx. Przy mniejszych wartościach natężenia oświetlenia odległość ta nie może być mniejsza niż 200 mm.

W tabeli 2 na podstawie informacji zawartych w normie PN-EN 62471:2010 zestawiono powiązanie rodzaju zagrożenia fotobiologicznego, funkcji skuteczności biologicznej i czasu bezpiecznej ekspozycji z granicami emisji grup ryzyka dla lamp o działaniu ciągłym. W przyjętej klasyfikacji do grupy ryzyka 3 (RG3) zalicza się te lampy, które mogą stwarzać zagrożenie nawet przy chwilowej lub krótkiej ekspozycji i których wyznaczone z pomiarów wartości poszczególnych parametrów służących do oceny zagrożenia przekraczają granice grupy ryzyka 2 (RG2).

Tabela 2. Wartości graniczne emisji dla badanych promienników o działaniu ciągłym (na podstawie PN-EN 62471:2010)

Rodzaj zagrożenia fotobiologicznego	Zakres widmowy [nm]	Funkcja skuteczności biologicznej	Symbol	Jednostka	Czas bezpiecznej ekspozycji, t [s] Wartości graniczne emisji		
					Grupa wolna od ryzyka	Grupa ryzyka 1	Grupa ryzyka 2
Aktyczne promieniowaniem UV	200÷400	S(λ)	E _s	W · m ⁻²	t = 30 000 s 0,001	t = 10 000 s 0,003	t = 1 000 s 0,03
Bliskim UV (UV-A)	315 ÷ 400	–	E _{UVA}	W · m ⁻²	t = 1 000 s 10	t = 300 s 33	t = 100 s 100
Światłem niebieskim	300÷700	B(λ)	L _B	W · m ⁻² · sr ⁻¹	t = 10 000 s 100	t = 100 s 10 000	t = 0,25 s ¹⁾ 4 000 000
Termiczne siatkówki oka	380÷1400	R(λ)	L _R	W · m ⁻² · sr ⁻¹	t = 10 s 28 000/ α	t = 10 s 28 000/ α	t = 0,25 s ¹⁾ 71 000/ α
Termiczne rogówki i soczewki oka promieniowaniem IR	780÷3000	–	E _{IR}	W · m ⁻²	t = 1000 s 100	t = 100 s 570	t = 10 s 3 200

¹⁾ 0,25 s przyjęto jako czas odruchu awersyjnego oczu.

Po zapoznaniu się z danymi źródeł LED zamieszczonymi w bazie przechodzimy do części obliczeniowej potencjalnego zagrożenia pracownika. W tym celu naciskamy przycisk *Dane do oceny*. Wówczas otwiera się okno *Obiekt*, przypisane do zakładki z zamieszczonego poniżej paska menu (rys. 1). Wpisujemy w nim:

- nazwę pomieszczenia,
- wymiary pomieszczenia (długość, szerokość, wysokość) (X, Y, H) w metrach,
- współrzędne punktu narażenia (x, y, h), czyli usytuowanie pracownika w tym pomieszczeniu, przy czym początek układu współrzędnych (punkt 00) jest w górnym lewym rogu; wysokość h [m] to odległość oczu pracownika od podłogi,
- całkowity czas ekspozycji pracownika w ciągu całej zmiany roboczej bez względu na jej długość trwania,
- jednorazowy czas ekspozycji pracownika.

Wartości *Odległość głowa–środek źródła (w poziomie)* (gz_1 , gz_2 , gz_3) zostaną podane przez aplikację na podstawie obliczeń z następnymi trzema zakładkami (*Źródło 1*, *Źródło 2*, *Źródło 3*). Po naciśnięciu przycisku *Rysuj* w prawej części tego okna schematycznie zostanie pokazane pomieszczenie oraz usytuowanie w nim pracownika (jego głowy).

Ocena zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym (28.10.2019)

Źródła promieniowania Pomiary Dane do oceny Ocena

Obiekt Źródło 1 Źródło 2 Źródło 3 Parametry obliczeń

Nazwa pomieszczenia
Pomieszczenie biurowe 01

Wymiary (długość/szerokość/wysokość)
X[m]: 30 Y[m]: 24 H[m]: 3

Współrzędne punktu oceny narażenia
x[m]: 15 y[m]: 12 h[m]: 1.6

Odległości głowa-środek źródła (w poziomie)
gz₁[m]: - gz₂[m]: - gz₃[m]: -

Całkowity czas ekspozycji [s]: 25200
Jednorazowy czas ekspozycji [s]: 1800

Rysuj Dane testowe Oblicz Reset

©2019 CIOP-PIB

Rysunek 1. Okno *Dane do oceny* – *Obiekt* (1)

Następnie przechodzimy do zakładki *Źródło 1* (rys. 2), w której oknie należy wpisać parametry źródła i wyniki pomiarów zagrożenia fotobiologicznego. Dane te można zaimportować do tego okna bezpośrednio z bazy danych za pomocą rozwijanego menu znajdującego się na samym dole okna po prawej stronie (podłużne okienko *Nazwa*). Po rozwinięciu tego menu należy kliknąć wybraną z bazy nazwę źródła. Wówczas w oknie *Źródło 1* pojawią się wszystkie jego dane zawarte w bazie. Jeżeli chcemy wprowadzić własne parametry źródła i wyniki pomiarów zagrożenia fotobiologicznego, w oknie musi być widoczna pozycja *0 Zdefiniowane* (która jest ustawiana domyślnie). W kolejnym kroku należy wpisać na podstawie pomiaru współrzędne umiejscowienia tego źródła w pomieszczeniu – X_1 , Y_1 , H_1 , gdzie H_1 – odległość źródło–podłoga. Po wprowadzeniu tych danych na rysunku w prawej części okna zobaczymy położenie tego źródła. Pojawi się też, wspomniana wcześniej, obliczona *Odległość głowa–środek źródła (w poziomie)* (gz_1).

Ocena zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym (28.10.2019)

Źródła promieniowania Pomiar Dane do oceny Ocena

Obiekt Źródło 1 Źródło 2 Źródło 3 Parametry obliczeń

Parametry źródła 1

Nazwa : Diall LED Prod. : Diall/Castorama

Trzonek : E 27 Moc : 9 Nap zas : 230V

Wsk. ob. : --- Temp. barw. : 2700 Str. św. : 806

Dł/Szr : 108 Śred : 60 Trwałość : 15000h

Cykle pracy : 30000 Kąt rozs. : 210 Reg. strum. : ---

Klasa ef. : A+ Grupa ryzyk : RG0

E_s : 0.00018 E_{uva} : 0.00016 L_b : 14.4 E_b : ---

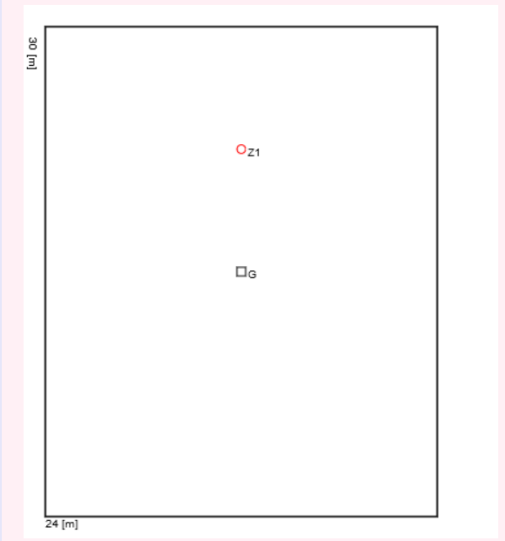
L_r : 278 L_{ir} : --- E_{ir} : 0.0038 OP_{500lx} : 0.5

Współrzędne źródła 1

X_1 [m] : 7.5 Y_1 [m] : 12 H_1 [m] : 3

Odległość od głowy w poziomie [m] : 7.50 [m]

Nazwa : 48 Diall LED



©2019 CIOP-PIB

Rysunek 2. Okno *Dane do oceny – Źródło 1*

W aplikacji można wprowadzić maksymalnie trzy źródła promieniowania. Szkic pomieszczenia z zaznaczonym położeniem trzech źródeł pokazano w oknie *Dane do oceny – Obiekt* (rys. 3). W oknie tym widoczne są obliczone *Odległości głowa–środek źródła (w poziomie) ($gz1$, $gz2$, $gz3$)* dla wszystkich wprowadzonych źródeł światła.

Ocena zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym (28.10.2019)

Źródła promieniowania Pomiary Dane do oceny Ocena

Obiekt Źródło 1 Źródło 2 Źródło 3 Parametry obliczeń

Nazwa pomieszczenia
Pomieszczenie biurowe 01

Wymiary (długość/szerokość/wysokość)
X[m]: 30 Y[m]: 24 H[m]: 3

Współrzędne punktu oceny narażenia
x[m]: 15 y[m]: 12 h[m]: 1.6

Odległości głowa-środek źródła (w poziomie)
gz₁[m]: 7.50 [m] gz₂[m]: 9.60 [m] gz₃[m]: 9.60 [m]

Całkowity czas ekspozycji [s]: 25200
Jednorazowy czas ekspozycji [s]: 1800

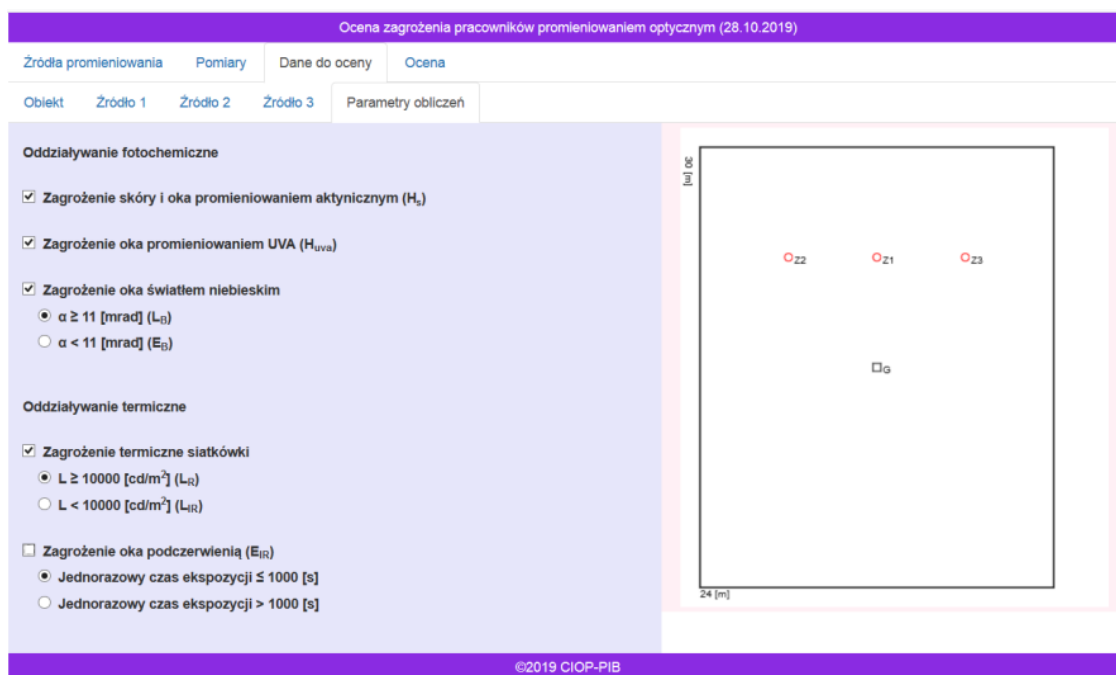
Rysuj Dane testowe Oblicz Reset

h[m] 3
24 [m]

©2019 CIOP-PIB

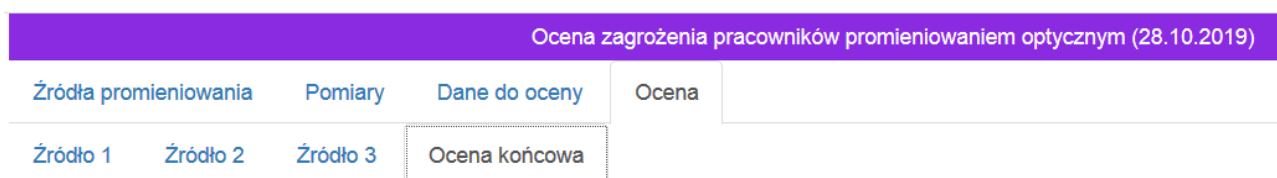
Rysunek 3. Okno *Dane do oceny – Obiekt (2)*

W trakcie wprowadzania danych i wyników pomiarów można je skorygować za pomocą przycisków *Reset* lub *Rysuj*. Po zakończeniu wprowadzania danych należy przejść do zakładki *Parametry obliczeń* znajdującej się na tym samym pasku co zakładki *źródła* (rys. 4). Przy każdym parametrze znajduje się pole wyboru, a w przypadku trzech parametrów konieczne jest jeszcze zaznaczenie bardziej szczegółowego wyboru – przedziału wartości: kąta widzenia źródła światła, luminancji świetlanej źródła oraz czasu jednorazowej ekspozycji. W przypadku źródeł światła, które mają wymiary znacznie większe niż przykładowy łuk spawalniczy, w praktyce zawsze będzie zaznaczana wartość tego kąta (α) większa od 11 mrad. Wartość ta jest potrzebna do obliczenia niektórych wartości MDE, więc oblicza ją aplikacja. Można ją zobaczyć w raporcie z wyników obliczeń generowanych dla każdego źródła osobno.



Rysunek 4. Okno *Dane do oceny – Parametry obliczeń*

Ostatni krok to naciśnięcie przycisku *Oblicz*, który znajduje się w oknie *Dane do oceny – Obiekt*. Następnie należy przejść do zakładki *Ocena* na górnym pasku. Na pasku poniżej można wybrać podgląd oceny każdego z trzech źródeł LED (*Źródło 1*, *Źródło 2*, *Źródło 3*), które były wykorzystane w tej symulacji, lub przejść do zakładki *Ocena końcowa* (rys. 5).



Dane zbiorcze

Raport z wynikami zbiorczymi oceny ryzyka

Zagrożenie skóry i oka promieniowaniem aktywnym : ryzyko małe
Zagrożenie oka promieniowaniem UVA : ryzyko małe
Zagrożenie termiczne siatkówki ($\geq 10000[\text{cd}/\text{m}^2]$) : ryzyko małe
Zagrożenie oka światłem niebieskim ($\geq 11[\text{mrad}]$) : ryzyko brak danych
Zagrożenie oka podczerwienią : ryzyko małe

Dane testowe

©2019 CIOP-PIB

Rysunek 5. Okno *Ocena – Ocena końcowa*