

**ROZPORZĄDZENIE  
MINISTRA PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ**

z dnia 27 maja 2010 r.

**w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją  
na promieniowanie optyczne**

(tekst jednolity)

Na podstawie art. 237<sup>15</sup> § 1 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. - Kodeks pracy (Dz. U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94, z późn. zm.) zarządza się, co następuje:

**§ 1.** 1. Rozporządzenie określa minimalne wymagania dotyczące:

- 1) wyznaczania poziomu ekspozycji,
  - 2) oceny ryzyka zawodowego,
  - 3) unikania lub ograniczania ryzyka zawodowego,
  - 4) informowania i szkolenia pracowników
- przy pracach, przy których może wystąpić ekspozycja pracownika na promieniowanie optyczne w postaci promieniowania nielaserowego lub promieniowania laserowego.

2. Przepisów rozporządzenia nie stosuje się przy pracach związanych z ekspozycją na naturalne promieniowanie optyczne.

**§ 2.** Użyte w rozporządzeniu określenia oznaczają:

- 1) grupy szczególnego ryzyka - pracowników, którzy:
  - a) podlegają szczególnej ochronie zdrowia na podstawie odrębnych przepisów, w szczególności kobiety w ciąży oraz młodociani,
  - b) mają stwierdzone schorzenia powodujące nadwrażliwość na promieniowanie optyczne lub stosują środki fotouczulające;
- 2) poziom promieniowania - wartość parametrów charakteryzujących promieniowanie optyczne jako fizyczny czynnik szkodliwy dla zdrowia w środowisku pracy, określonych w pkt 1.2 załącznika do rozporządzenia dla promieniowania nielaserowego oraz w pkt 2.3 załącznika do rozporządzenia dla promieniowania laserowego;
- 3) poziom ekspozycji - poziom promieniowania po uwzględnieniu środków ochrony zbiorowej, zastosowanych w celu ograniczenia ekspozycji pracownika na promieniowanie optyczne;
- 4) promieniowanie optyczne - wszelkie promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali w przedziale od 100 nm do 1 mm, występujące jako:
  - a) promieniowanie nadfioletowe (UV) czyli nadfiolet - promieniowanie optyczne o długości fali w przedziale od 100 nm do 400 nm; zakres nadfioletu dzieli się na pasma: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) oraz UVC (100-280 nm),
  - b) promieniowanie widzialne (VIS) czyli światło - promieniowanie optyczne o długości fali w przedziale od 380 nm do 780 nm,
  - c) promieniowanie podczerwone (IR) czyli podczerwień - promieniowanie optyczne o długości fali w przedziale od 780 nm do 1 mm; zakres podczerwieni dzieli się na pasma: IRA (780-1400 nm), IRB (1400-3000 nm) oraz IRC (3000 nm-1 mm);
- 5) wartości MDE - maksymalne dopuszczalne ekspozycje na promieniowanie optyczne, określone w przepisach w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy;

- 6) źródło promieniowania - za źródła promieniowania optycznego uznaje się:
- a) w przypadku promieniowania nielaserowego:
    - źródła elektryczne, w szczególności: promienniki nadfioletu (UV), podczerwieni (IR), żarówki, świetlówki, lampy metalohalogenkowe, rtęciowe, ksenonowe, deuterowe i inne,
    - źródła luminescencyjne i termiczne, które emitują promieniowanie optyczne jako produkt uboczny wykonywanego procesu technologicznego, w szczególności: łuki elektryczne, palniki plazmowe i gazowe, paleniska, piece, roztopione metale lub inne materiały oraz wszelkie obiekty rozgrzane do wysokiej temperatury,
  - b) w przypadku promieniowania laserowego:
    - lasery, czyli każde urządzenie wytwarzające lub wzmacniające promieniowanie optyczne w procesie kontrolowanej emisji wymuszonej,
    - urządzenia laserowe, czyli każde urządzenie zawierające jeden albo więcej laserów w złożonym układzie optycznym, elektrycznym lub mechanicznym,
    - laserowe systemy transmisji światłowodowej, w tym światłowodowe systemy telekomunikacyjne,
    - źródła promieniowania wykorzystujące głównie emisję spontaniczną, lecz charakter wytwarzanego promieniowania i stwarzane przez niego zagrożenia uzasadniają traktowanie takiego źródła na równi z laserami, w szczególności diody elektroluminescencyjne (LED) dużych mocy.

**§ 3.** 1. Pracodawca ustala poziom promieniowania na podstawie pomiarów, wykonywanych zgodnie z przepisami w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, a następnie wyznacza poziom ekspozycji w sposób określony w załączniku do rozporządzenia.

2. Pracodawca posiadający charakterystykę techniczną źródła promieniowania, umożliwiającą określenie odpowiednich parametrów promieniowania optycznego bez wykonywania badań i pomiarów w środowisku pracy:

- 1) ocenia poziom promieniowania na podstawie:
  - a) danych od producenta źródła promieniowania, zawierających wyniki pomiarów emitowanych poziomów promieniowania, lub
  - b) obliczeń odpowiednich parametrów promieniowania na stanowisku pracy, gdy takie obliczenia można wykonać, opierając się na znajomości praw i reguł dotyczących promieniowania optycznego;
- 2) wyznacza poziom ekspozycji na podstawie oceny poziomu promieniowania, w sposób określony w załączniku do rozporządzenia;
- 3) powtarza wyznaczanie poziomu ekspozycji każdorazowo, jeżeli nastąpiły zmiany w wyposażeniu technicznym, procesie technologicznym lub warunkach wykonywania pracy, które mogły mieć wpływ na poziom promieniowania lub ekspozycji, albo wystąpiły inne okoliczności, które uzasadniają jego ponowne wyznaczenie;
- 4) dokumentuje wyniki oceny poziomu ekspozycji, uzyskane na podstawie działań określonych w pkt 1-3;
- 5) na podstawie wyników oceny poziomu ekspozycji, o których mowa w pkt 4, dokonuje wpisu dotyczącego promieniowania optycznego do rejestru czynników szkodliwych dla zdrowia występujących na stanowisku pracy, prowadzonego na podstawie przepisów w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.

3. Pracodawca nie rozpatruje promieniowania optycznego jako czynnika szkodliwego dla zdrowia w środowisku pracy, jeżeli poziom ekspozycji nie przekracza 0,4 wartości MDE, a ekspozycja nie dotyczy pracowników należących do grup szczególnego ryzyka lub nie występują inne czynniki powodujące wzrost zagrożenia pracowników, o których mowa w § 4 ust. 1 pkt 4 i 5.

4. Pracodawca nie wykonuje działań określonych w ust. 1 albo 2, jeżeli stosuje:

- 1) lampy użytkowane w oświetleniu ogólnym w przeznaczonych dla nich oprawach

oświetleniowych oraz w odpowiedniej odległości od eksponowanych części ciała pracownika lub

- 2) lampy lub systemy lampowe, zaklasyfikowane do grupy wolnej od ryzyka zgodnie z Polską Normą, lub
- 3) lasery zaliczone, zgodnie z Polską Normą, do klasy 1, 1M, 2, 2M lub 3R, które pracują w warunkach określonych przez producenta urządzenia, lub
- 4) lasery zaliczone, zgodnie z Polską Normą, do klasy 3B lub 4, do których zostały zastosowane środki ochrony zbiorowej, pozwalające na zaklasyfikowanie urządzenia do klasy 1.

5. Na podstawie wyników oceny poziomu ekspozycji, o których mowa w ust. 2 pkt 4, pracodawca sporządza kartę oceny poziomu ekspozycji, w której zamieszcza następujące dane:

- 1) nazwa czynnika szkodliwego;
- 2) data wykonania oceny poziomu promieniowania;
- 3) miejsce, którego dotyczy ocena poziomu promieniowania;
- 4) imię i nazwisko wykonującego ocenę poziomu promieniowania;
- 5) metoda wykorzystana do wykonania oceny poziomu promieniowania;
- 6) oceniony poziom promieniowania i wyznaczony poziom ekspozycji;
- 7) interpretacja wyniku;
- 8) stanowisko pracy.

6. Do przechowywania wyników oceny poziomu ekspozycji oraz karty oceny poziomu ekspozycji i udostępniania pracownikom danych zawartych w tej dokumentacji stosuje się przepisy w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, dotyczące odpowiednio wyników badań i pomiarów oraz karty badań i pomiarów.

**§ 4.** 1. Pracodawca ocenia ryzyko zawodowe związane z ekspozycją pracowników na promieniowanie optyczne, wynikające z konkretnych uwarunkowań występujących w miejscu pracy, ze szczególnym uwzględnieniem:

- 1) czynników mających wpływ na skutki oddziaływania promieniowania optycznego na organizm człowieka, określonych w pkt 1.1 załącznika do rozporządzenia dla promieniowania nielaserowego oraz w pkt 2.1 załącznika do rozporządzenia dla promieniowania laserowego;
- 2) wartości MDE, w tym również wartości MDE odrębnie dla kobiet w ciąży określone w przepisach w sprawie prac szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet, oraz ograniczeń przy zatrudnianiu młodocianych wynikających z przepisów w sprawie prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac;
- 3) skutków dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, w tym należących do grup szczególnego ryzyka;
- 4) możliwych skutków dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, wynikających ze współwystępowania w środowisku pracy promieniowania optycznego i fotouczulających substancji chemicznych;
- 5) pośrednich skutków mających wpływ na bezpieczeństwo pracowników, w szczególności zagrożeń związanych z możliwością wywołania ośnienia, pożaru lub wybuchu;
- 6) istnienia urządzeń ochronnych i innego wyposażenia zabezpieczającego przed nadmiernym poziomem ekspozycji;
- 7) wiedzy medycznej w dostępnych publikacjach oraz informacji uzyskanych w wyniku profilaktycznych badań lekarskich pracowników;
- 8) przypadków ekspozycji na promieniowanie optyczne emitowane przez więcej niż jedno źródło promieniowania lub ekspozycji na promieniowanie optyczne o szerokim zakresie długości fal;
- 9) klasyfikacji laserów podanej w Polskiej Normie, a także każdej podobnej klasyfikacji źródeł promieniowania, mogących spowodować zagrożenia porównywalne z laserem

klasy 3B lub 4;

10) informacji dostarczanych przez producentów źródeł promieniowania i związanego z nimi wyposażenia, wykonywanych zgodnie z normami zharmonizowanymi i spełniających zasadnicze wymagania w rozumieniu przepisów o systemie oceny zgodności.

2. Pracodawca prowadzi dokumentację, zgodnie z przepisami w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, dotyczącą oceny ryzyka zawodowego:

- 1) wykonanej w zakresie określonym w ust. 1 albo
- 2) sporządzonej w formie uzasadnienia o nierozpatrzeniu promieniowania optycznego jako czynnika szkodliwego dla zdrowia w środowisku pracy, w przypadku spełnienia warunków, o których mowa w § 3 ust. 3.

3. Pracodawca ponownie ocenia ryzyko zawodowe, jeżeli nastąpiły zmiany warunków wykonywania pracy lub wystąpiły inne okoliczności, które wskazują na konieczność aktualizacji tej oceny.

4. Na podstawie wyników oceny ryzyka zawodowego pracodawca określa niezbędne działania organizacyjno-techniczne zmniejszające to ryzyko, zgodnie z przepisami § 5-9.

**§ 5.** 1. Uwzględniając dostępne rozwiązania techniczne oraz postępowanie naukowo-techniczne, pracodawca eliminuje ryzyko zawodowe związane z ekspozycją na promieniowanie optyczne albo ogranicza je w możliwie największym stopniu, w szczególności przez likwidowanie zagrożeń w miejscu ich powstawania.

2. W przypadku gdy ocena ryzyka zawodowego wykaże, że istnieje możliwość wystąpienia poziomów ekspozycji przekraczających wartości MDE, pracodawca sporządza i wprowadza w życie program działań organizacyjno-technicznych, zapobiegających przekroczeniu dopuszczalnych poziomów ekspozycji.

3. W programie pracodawca uwzględnia w szczególności działania polegające na:

- 1) wprowadzaniu procesów lub metod pracy ograniczających ryzyko zawodowe związane z promieniowaniem optycznym;
- 2) doborze urządzeń, przeznaczonych do wykonywania określonej pracy, o możliwie najniższej emisji promieniowania optycznego;
- 3) ograniczaniu emisji promieniowania optycznego środkami technicznymi, w tym przez stosowanie, w przypadkach koniecznych, urządzeń ochronnych i innych środków ochrony zbiorowej (blokad, obudów, osłon, ekranów itp.);
- 4) konserwowaniu urządzeń będących źródłem emisji promieniowania optycznego i ich wyposażenia, stosowanych urządzeń ochronnych i środków ochrony zbiorowej oraz miejsc i stanowisk pracy;
- 5) projektowaniu miejsc pracy i rozmieszczaniu stanowisk pracy w sposób umożliwiający izolowanie od źródeł promieniowania oraz ograniczający jednoczesną ekspozycję na promieniowanie optyczne emitowane przez wiele źródeł promieniowania;
- 6) ograniczaniu czasu trwania i poziomu ekspozycji;
- 7) zapewnieniu prawidłowo dobranych środków ochrony indywidualnej;
- 8) przestrzeganiu instrukcji producentów sprzętu, w szczególności w zakresie bezpiecznej obsługi, zapobiegającej powstawaniu szkodliwych emisji promieniowania optycznego lub nadmiernych poziomów ekspozycji.

**§ 6.** 1. Pracodawca oznacza znakami bezpieczeństwa miejsca pracy, w których poziom promieniowania może przekraczać wartości MDE, oraz wydziela strefy z takimi miejscami i ogranicza do nich dostęp, jeżeli jest to technicznie wykonalne.

2. Znaki bezpieczeństwa stosuje się zgodnie z przepisami w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

**§ 7.** 1. Poziom ekspozycji pracownika na promieniowanie optyczne, po uwzględnieniu wszystkich środków ochronnych zastosowanych w celu ograniczenia zagrożenia, w tym środków ochrony indywidualnej, nie może przekraczać wartości MDE.

2. Przepis ust. 1 stosuje się odpowiednio do osób fizycznych wykonujących pracę na innej podstawie niż stosunek pracy albo prowadzących na własny rachunek działalność gospodarczą w zakładzie pracy lub innym miejscu wyznaczonym przez pracodawcę, studentów lub uczniów odbywających zajęcia praktyczne, osób wykonujących krótkotrwałe prace albo czynności inspekcyjne oraz osób niebiorących udziału w procesie pracy, jeżeli prace z użyciem źródeł promieniowania są prowadzone w miejscach, do których mają dostęp te osoby.

3. W przypadku stwierdzenia przekroczeń wartości MDE, pomimo podjętych środków zmierzających do ograniczenia poziomu ekspozycji, pracodawca:

- 1) podejmuje niezwłoczne działania w celu obniżenia poziomu ekspozycji poniżej wartości MDE;
- 2) ustala przyczyny wystąpienia przekroczeń;
- 3) wykonuje działania określone w § 10 ust. 3 w celu uniemożliwienia ponownego wystąpienia przekroczeń.

**§ 8.** Określając i podejmując działania organizacyjno-techniczne, przewidziane w § 5-7, pracodawca odpowiednio dostosowuje je do potrzeb pracowników należących do grup szczególnego ryzyka.

**§ 9.** 1. W ramach szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy pracodawca zatrudniający pracowników podlegających ekspozycji na promieniowanie optyczne zapewnia im informacje o wynikach oceny ryzyka zawodowego, w szczególności dotyczące:

- 1) podjętych na podstawie rozporządzenia środków niezbędnych do wyeliminowania lub ograniczenia ryzyka zawodowego oraz okoliczności, w jakich takie środki należy stosować;
- 2) wartości MDE i związanego z nimi potencjalnego ryzyka;
- 3) wyników wyznaczania poziomu ekspozycji, zagrożeń stwarzanych przez występujące w miejscu pracy promieniowanie optyczne oraz potencjalnych skutków dla zdrowia lub bezpieczeństwa pracowników;
- 4) przyczyn powstawania chorób powodowanych ekspozycją na promieniowanie optyczne, ich objawów i sposobów wykrywania;
- 5) profilaktycznych badań lekarskich oraz zagrożeń stwarzanych przez środki fotouczulające;
- 6) bezpiecznych sposobów wykonywania pracy, ograniczających poziom ekspozycji do możliwie najmniejszej wartości;
- 7) prawidłowego stosowania odpowiednio dobranych środków ochrony indywidualnej.

2. Pracodawca konsultuje z pracownikami lub ich przedstawicielami wszystkie działania dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne, w trybie określonym w art. 237<sup>11a</sup> ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. - Kodeks pracy.

**§ 10.** 1. Pracodawca zapewnia pracownikom podlegającym ekspozycji na promieniowanie optyczne opiekę medyczną w zakresie i na zasadach określonych w przepisach w sprawie badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy.

2. Pracodawca przekazuje lekarzowi sprawującemu profilaktyczną opiekę zdrowotną nad pracownikami informacje dotyczące czynników środowiska pracy, których współdziałanie z promieniowaniem optycznym może mieć niekorzystny wpływ na stan zdrowia pracowników, w szczególności dotyczące występowania fotouczulających substancji chemicznych.

3. W przypadku gdy w wyniku przeprowadzonych badań profilaktycznych lekarz stwierdził chorobę lub inne niekorzystne dla pracownika skutki zdrowotne, które mogły być

spowodowane ekspozycją na promieniowanie optyczne, pracodawca:

- 1) ponownie ocenia ryzyko zawodowe, zgodnie z wymaganiami określonymi w § 4,
  - 2) dokonuje przeglądu działań określonych w § 5
- i wprowadza odpowiednie zmiany, uwzględniając porady lekarza sprawującego profilaktyczną opiekę zdrowotną nad pracownikami.

**§ 11.** Rozporządzenie wchodzi w życie po upływie 14 dni od dnia ogłoszenia.

## **ZAŁĄCZNIK**

### **WYZNACZANIE POZIOMU EKSPOZYCJI NA PROMIENIOWANIE OPTYCZNE**

#### **1. Promieniowanie nielaserowe**

- 1.1. Skutki oddziaływania promieniowania nielaserowego na organizm człowieka rozpatruje się w odniesieniu do skóry oraz oka i są one zależne przede wszystkim od:
  - a) poziomu promieniowania,
  - b) długości fali promieniowania,
  - c) czasu trwania ekspozycji,
  - d) rozmiaru obrazu źródła promieniowania na siatkówce oka dla  $\lambda=300-1400$  [nm],
- 1.2. Poziom promieniowania nielaserowego, w zależności od zakresu promieniowania i rodzaju zagrożenia, określa się przez podanie wartości następujących parametrów:
  - E natężenie napromienienia określane również jako gęstość mocy: gęstość powierzchniowa strumienia energetycznego padającego na daną powierzchnię, wyrażone w watach na metr kwadratowy [ $W \cdot m^{-2}$ ], lub
  - H napromienienie: iloczyn natężenia napromienienia i czasu ekspozycji, wyrażone w dżulach na metr kwadratowy [ $J \cdot m^{-2}$ ], lub
  - L luminancja energetyczna określana również jako radiancja: iloraz strumienia energetycznego wysyłanego przez daną powierzchnię w określonym kierunku oraz iloczynowi rzutu tej powierzchni na płaszczyznę prostopadłą względem kierunku promieniowania i kąta bryłowego obejmującego kierunek promieniowania, wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian [ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ ].
- 1.3. Poziom ekspozycji na promieniowanie nielaserowe wyznacza się zgodnie z wzorami przedstawionymi w tabeli 1, przy uwzględnieniu:
  - a) poziomu promieniowania ustalonego lub ocenionego zgodnie z przepisami § 3 ust. 1 lub ust. 2 pkt 1 rozporządzenia,
  - b) tłumienia uzyskanego dzięki zastosowaniu środków ochrony zbiorowej,
  - c) czasu trwania ekspozycji, określonego zgodnie z pkt 1.4,
  - d) wszystkich czynności związanych z eksploatacją źródła promieniowania nielaserowego w miejscu pracy w zakresie: obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym.
- 1.4. Określenie czasu trwania ekspozycji:
  - a) w przypadku zagrożenia fotochemicznego (lp. 1-4 w tabeli 1) należy określić całkowity czas ekspozycji w ciągu zmiany roboczej, bez względu na długość jej trwania,
  - b) w przypadku zagrożenia termicznego (lp. 5-8 w tabeli 1) należy określić czas jednorazowej ekspozycji.
- 1.5. Wyznaczone poziomy ekspozycji porównuje się z wartościami MDE dla promieniowania nielaserowego, określonymi zgodnie z przepisami w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.

#### **Tabela 1: Wzory do wyznaczania poziomu ekspozycji na promieniowanie nielaserowe**

Lp.	Długość fali $\lambda$ [nm] i zakres promieniowania	Wzory do wyznaczania poziomu ekspozycji <sup>1)</sup>	Uwagi
1	<b>180-400</b> <b>(UVA, UVB i UVC)</b>	$H_S = \int_0^t \int_{\lambda=180\text{ nm}}^{\lambda=400\text{ nm}} E(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$	czas (t) zgodny z pkt 1.4 lit. a
2	<b>315-400</b> <b>(UVA)</b>	$H_{UVA} = \int_0^t \int_{\lambda=315\text{ nm}}^{\lambda=400\text{ nm}} E(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	
3	<b>300-700</b> <b>(Światło niebieskie)<sup>2)</sup></b>	$L_B = \int_{\lambda=300\text{ nm}}^{\lambda=700\text{ nm}} L(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	dla $\alpha \leq 11$ [mrad]
4		$E_B = \int_{\lambda=300\text{ nm}}^{\lambda=700\text{ nm}} E(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	dla $\alpha < 11$ [mrad] <sup>3)</sup>
5	<b>380-1400</b> <b>(VIS i IRA)</b>	$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	$\lambda_1 = 380$ [nm] $\lambda_2 = 1400$ [nm]
6	<b>780-1400</b> <b>(IRA)</b>		$\lambda_1 = 780$ [nm] $\lambda_2 = 1400$ [nm]

			(pomiarowe pole widzenia: 11 mrad) <sup>4)</sup>
7	780-3000 (IRA i IRB)	$E_{IR} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E(\lambda) \cdot d\lambda$	-
8	380-3000 (VIS, IRA i IRB)	$H_{skóra} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	czas (t) zgodny z pkt 1.4 lit. b dla t < 10 s  (dla t ≥ 10 s należy dokonać oceny obciążenia termicznego organizmu - jak dla mikroklimatu gorącego)

- 1) Przedstawione w tej kolumnie wzory całkowe można zastąpić wzorami sumacyjnymi z zastosowaniem wielkości dyskretnych.
- 2) Zakres od 300 do 700 [nm] obejmuje część nadfioletu UVB, cały nadfiolet UVA i większość światła VIS; zakres ten określa się jako "światło niebieskie" i wyodrębnia do oceny zagrożenia fotochemicznego siatkówki oka, przykładowo przy ekspozycji na promieniowanie optyczne emitowane przez łuk elektryczny. Światło niebieskie w wąskim znaczeniu obejmuje jedynie zakres w przybliżeniu od 400 do 490 [nm].
- 3) W odniesieniu do stałej obserwacji bardzo małych źródeł, których kąt widzenia < 11 [mrad], można przekształcić skuteczną luminację energetyczną  $L_B$  na skuteczne natężenie napromienienia  $E_B$ . Zwykle dotyczy to jedynie narzędzi okulistycznych lub unieruchomienia oka podczas znieczulenia. Maksymalny "czas patrzenia" oblicza się za pomocą wzoru:  $t_{\max} = 100/E_B$ , gdzie  $E_B$  jest wyrażone w  $[W \cdot m^{-2}]$ . Ze względu na ruch oczu podczas wykonywania zwykłych zadań wzrokowych wartość ta nie przekracza 100 s.
- 4) Pomiarowe pole widzenia - kąt przestrzenny widziany przez detektor, taki jak radiometr/spektrometr, z którego detektor odbiera promieniowanie, wyrażany w steradianach [sr].

Uwaga 1: Pola widzenia nie należy mylić z kątem widzenia  $\alpha$  (rozmiarem kątowym źródła obserwowalnego).

Uwaga 2: Czasami do opisu kąta przestrzennego pola widzenia o symetrii kołowej stosuje się kąt płaski [mrad].

#### Opis wielkości występujących w tabeli 1:

- $\lambda$  długość fali promieniowania, wyrażona w nanometrach [nm];  
 $t$  czas trwania ekspozycji, wyrażony w sekundach [s];  
 $\alpha$  kąt widzenia: kąt widzenia źródła promieniowania, wyrażony w miliradianach [mrad];  
 $H_s$  skuteczne napromienienie oka lub skóry promieniowaniem UV: suma natężenia napromienienia oka lub skóry wyznaczonego według rozkładu widmowego  $S(\lambda)$  w zakresie długości fali od 180 do 400 [nm], liczona dla danego czasu trwania ekspozycji, wyrażone w dżulach na metr kwadratowy



$E(\lambda, t), E(\lambda)$	$[J \cdot m^{-2}]$ ; widmowe natężenie napromienienia: strumień energetyczny o określonej długości fali padający na daną powierzchnię, wyrażone w watach na metr kwadratowy na nanometr $[W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}]$ ;
$S(\lambda)$	rozkład widmowy skuteczności aktywności nadfioletu: względna skuteczność widmowa wywoływania uszkodzeń oczu i skóry przez promieniowanie UV z zakresu $\lambda = 180-400$ [nm] (podana w tabeli 2) [bezwymiarowa];
$H_{UVA}$	napromienienie oka promieniowaniem UVA: suma natężenia napromienienia liczona dla danego czasu trwania ekspozycji w zakresie długości fali od 315 do 400 [nm], wyrażone w dżulach na metr kwadratowy $[J \cdot m^{-2}]$ ;
$L_B$	skuteczna luminancja energetyczna źródła wyznaczona według rozkładu widmowego $B(\lambda)$ , wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian $[W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ ;
$L(\lambda)$	widmowa luminancja energetyczna źródła: luminancja energetyczna źródła dla określonej długości fali promieniowania, wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian na nanometr $[W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}]$ ;
$B(\lambda)$	rozkład widmowy skuteczności fotochemicznego uszkodzenia siatkówki: względna skuteczność widmowa wywoływania uszkodzeń fotochemicznych siatkówki oka przez światło niebieskie z zakresu $\lambda = 300-700$ [nm] (podana w tabeli 3) [bezwymiarowa];
$E_B$	skuteczne natężenie napromienienia: natężenie napromienienia wyznaczone według rozkładu widmowego $R(\lambda)$ , wyrażone w watach na metr kwadratowy $[W \cdot m^{-2}]$ ;
$L_R$	skuteczna luminancja energetyczna źródła wyznaczona według rozkładu widmowego $R(\lambda)$ , wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian $[W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}]$ ;
$R(\lambda)$	rozkład widmowy skuteczności termicznego uszkodzenia siatkówki: względna skuteczność widmowa wywoływania uszkodzeń termicznych siatkówki oka przez promieniowanie widzialne i IRA z zakresu $\lambda = 380-1400$ [nm] (podana w tabeli 3) [bezwymiarowa];
$E_{IR}$	natężenie napromienienia oka promieniowaniem IR: natężenie napromienienia oka w zakresie długości fali promieniowania podczerwonego od 780 do 3000 [nm], wyrażone w watach na metr kwadratowy $[W \cdot m^{-2}]$ ;
$H_{skóra}$	napromienienie skóry: suma natężenia napromienienia skóry liczona dla danego czasu trwania ekspozycji w zakresie długości fal promieniowania widzialnego i podczerwonego od 380 do 3000 [nm], wyrażone w dżulach na metr kwadratowy $[J \cdot m^{-2}]$ .

**Tabela 2: Rozkład widmowy skuteczności aktywności nadfioletu  $S(\lambda)$**

$\lambda$ [nm]	$S(\lambda)$	$\lambda$ [nm]	$S(\lambda)$	$\lambda$ [nm]	$S(\lambda)$	$\lambda$ [nm]	$S(\lambda)$	$\lambda$ [nm]	$S(\lambda)$
180	<b>0,0120</b>	<b>224</b>	<b>0,1444</b>	<b>268</b>	<b>0,9192</b>	<b>312</b>	<b>0,0081</b>	<b>356</b>	<b>0,000153</b>
<b>181</b>	<b>0,0126</b>	<b>225</b>	<b>0,1500</b>	<b>269</b>	<b>0,9587</b>	<b>313</b>	<b>0,0060</b>	<b>357</b>	<b>0,000147</b>

182	0,0132	226	0,1583	270	1,0000	314	0,0042	358	0,000141
183	0,0138	227	0,1658	271	0,9919	315	0,0030	359	0,000136
184	0,0144	228	0,1737	272	0,9838	316	0,0024	360	0,000130
185	0,0151	229	0,1819	273	0,9758	317	0,0020	361	0,000126
186	0,0158	230	0,1900	274	0,9679	318	0,0016	362	0,000122
187	0,0166	231	0,1995	275	0,9600	319	0,0012	363	0,000118
188	0,0173	232	0,2089	276	0,9434	320	0,0010	364	0,000114
189	0,0181	233	0,2188	277	0,9272	321	0,000819	365	0,000110
190	0,0190	234	0,2292	278	0,9112	322	0,000670	366	0,000106
191	0,0199	235	0,2400	279	0,8954	323	0,000540	367	0,000103
192	0,0208	236	0,2510	280	0,8800	324	0,000520	368	0,000099
193	0,0218	237	0,2624	281	0,8568	325	0,000500	369	0,000096
194	0,0228	238	0,2744	282	0,8342	326	0,000479	370	0,000093
195	0,0239	239	0,2869	283	0,8122	327	0,000459	371	0,000090
196	0,0250	240	0,3000	284	0,7908	328	0,000440	372	0,000086

197	0,0262	241	0,3111	285	0,7700	329	0,000425	373	0,000083
198	0,0274	242	0,3227	286	0,7420	330	0,000410	374	0,000080
199	0,0287	243	0,3347	287	0,7151	331	0,000396	375	0,000077
200	0,0300	244	0,3471	288	0,6891	332	0,000383	376	0,000074
201	0,0334	245	0,3600	289	0,6641	333	0,000370	377	0,000072
202	0,0371	246	0,3730	290	0,6400	334	0,000355	378	0,000069
203	0,0412	247	0,3865	291	0,6186	335	0,000340	379	0,000066
204	0,0459	248	0,4005	292	0,5980	336	0,000327	380	0,000064
205	0,0510	249	0,4150	293	0,5780	337	0,000315	381	0,000062
206	0,0551	250	0,4300	294	0,5587	338	0,000303	382	0,000059
207	0,0595	251	0,4465	295	0,5400	339	0,000291	383	0,000057
208	0,0643	252	0,4637	296	0,4984	340	0,000280	384	0,000055
209	0,0694	253	0,4815	297	0,4600	341	0,000271	385	0,000053
210	0,0750	254	0,5000	298	0,3989	342	0,000263	386	0,000051

211	0,0786	255	0,5200	299	0,3459	343	0,000255	387	0,000049
212	0,0824	256	0,5437	300	0,3000	344	0,000248	388	0,000047
213	0,0864	257	0,5685	301	0,2210	345	0,000240	389	0,000046
214	0,0906	258	0,5945	302	0,1629	346	0,000231	390	0,000044
215	0,0950	259	0,6216	303	0,1200	347	0,000223	391	0,000042
216	0,0995	260	0,6500	304	0,0849	348	0,000215	392	0,000041
217	0,1043	261	0,6792	305	0,0600	349	0,000207	393	0,000039
218	0,1093	262	0,7098	306	0,0454	350	0,000200	394	0,000037
219	0,1145	263	0,7417	307	0,0344	351	0,000191	395	0,000036
220	0,1200	264	0,7751	308	0,0260	352	0,000183	396	0,000035
221	0,1257	265	0,8100	309	0,0197	353	0,000175	397	0,000033
222	0,1316	266	0,8449	310	0,0150	354	0,000167	398	0,000032
223	0,1378	267	0,8812	311	0,0111	355	0,000160	399	0,000031
								400	0,000030

**Tabela 3: Rozkład widmowy skuteczności fotochemicznego uszkodzenia siatkówki**

**B( $\lambda$ ) i rozkład widmowy skuteczności termicznego uszkodzenia siatkówki R( $\lambda$ )**

$\lambda$ [nm]	B( $\lambda$ )	R( $\lambda$ )
300Ł $\lambda$ <380	0,01	-
<b>380</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>
<b>385</b>	<b>0,013</b>	<b>0,13</b>
<b>390</b>	<b>0,025</b>	<b>0,25</b>
<b>395</b>	<b>0,05</b>	<b>0,5</b>
<b>400</b>	<b>0,1</b>	<b>1</b>
<b>405</b>	<b>0,2</b>	<b>2</b>
<b>410</b>	<b>0,4</b>	<b>4</b>
<b>415</b>	<b>0,8</b>	<b>8</b>
<b>420</b>	<b>0,9</b>	<b>9</b>
<b>425</b>	<b>0,95</b>	<b>9,5</b>
<b>430</b>	<b>0,98</b>	<b>9,8</b>
<b>435</b>	<b>1</b>	<b>10</b>

<b>440</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>445</b>	<b>0,97</b>	<b>9,7</b>
<b>450</b>	<b>0,94</b>	<b>9,4</b>
<b>455</b>	<b>0,9</b>	<b>9</b>
<b>460</b>	<b>0,8</b>	<b>8</b>
<b>465</b>	<b>0,7</b>	<b>7</b>
<b>470</b>	<b>0,62</b>	<b>6,2</b>
<b>475</b>	<b>0,55</b>	<b>5,5</b>
<b>480</b>	<b>0,45</b>	<b>4,5</b>
<b>485</b>	<b>0,32</b>	<b>3,2</b>
<b>490</b>	<b>0,22</b>	<b>2,2</b>
<b>495</b>	<b>0,16</b>	<b>1,6</b>
<b>500</b>	<b>0,1</b>	<b>1</b>
500 <math>\lambda \leq 600</math>	<b>10</b> $0,02 \cdot (450 - \lambda)$	<b>1</b>

600 <math>\lambda \leq 700</math>	<b>0,001</b>	<b>1</b>
700 <math>\lambda \leq 1050</math>	-	<b>10</b> $0,002 \cdot (700 - \lambda)$
1050 <math>\lambda \leq 1150</math>	-	<b>0,2</b>
1150 <math>\lambda \leq 1200</math>	-	<b>0,2 \cdot 10</b> $0,02 \cdot (1150 - \lambda)$
1200 <math>\lambda \leq 1400</math>	-	<b>0,02</b>

## 2. Promieniowanie laserowe

2.1. Skutki oddziaływania promieniowania laserowego na organizm człowieka rozpatruje się w odniesieniu do skóry oraz oka i są one zależne przede wszystkim od:

- a) poziomu promieniowania,
- b) długości fali promieniowania,
- c) czasu ekspozycji lub czasu trwania impulsu,
- d) rozmiaru obrazu źródła promieniowania na siatkówce oka dla  $\lambda=400-1400$  [nm].

2.2. Rodzaje zagrożeń dla oka i skóry związanych z ekspozycją na promieniowanie laserowe są przedstawione w tabeli 4.

**Tabela 4: Rodzaje zagrożeń dla oka i skóry związanych z ekspozycją na promieniowanie laserowe**

Długość fali [nm]	Zakres	Narząd	Rodzaj zagrożenia
<b>180-400</b>	<b>UV</b>	<b>oko</b>	<b>uszkodzenie fotochemiczne lub termiczne rogówki, spojówki lub soczewki</b>
		<b>skóra</b>	rumień, uszkodzenie fotochemiczne lub termiczne
<b>400-600</b>	<b>VIS</b>	<b>oko</b>	<b>uszkodzenie fotochemiczne siatkówki</b>
<b>400-700</b>	<b>VIS</b>	<b>oko</b>	<b>uszkodzenie termiczne siatkówki</b>
		<b>skóra</b>	uszkodzenie termiczne lub fotochemiczne

<b>700-1400</b>	<b>IRA</b>	<b>oko</b>	<b>uszkodzenie termiczne siatkówki</b>
		<b>skóra</b>	uszkodzenie termiczne
<b>1400-2600</b>	<b>IRB</b>	<b>oko</b>	<b>uszkodzenie termiczne rogówki oraz soczewki</b>
<b>2600-10<sup>6</sup></b>	<b>IRB, IRC</b>	<b>oko</b>	<b>uszkodzenie termiczne rogówki</b>
<b>1400-10<sup>6</sup></b>	<b>IRB, IRC</b>	<b>skóra</b>	<b>uszkodzenie termiczne</b>

- 2.3. Poziom promieniowania laserowego, w zależności od zakresu promieniowania, rodzaju zagrożenia i trybu pracy lasera, określa się przez podanie wartości natężenia napromienienia E lub napromienienia H, które oblicza się na podstawie poniższych wzorów:

$$E = \frac{dP}{dA}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt$$

gdzie:

dP      moc wyrażona w watach [W];

dA      powierzchnia wyrażona w metrach kwadratowych [m<sup>2</sup>];

E(t), E    natężenie napromienienia określane również jako gęstość mocy: strumień promienisty (energetyczny) padający na elementarną powierzchnię, wyrażone w watach na metr kwadratowy [W·m<sup>-2</sup>]; wartości E(t), E pochodzą z pomiarów lub mogą być podane przez producenta sprzętu;

H      napromienienie: całka natężenia napromienienia lub gęstości mocy liczona dla danego czasu ekspozycji, wyrażone w dżulach na metr kwadratowy [J·m<sup>-2</sup>];

t, dt      czas, czas trwania ekspozycji wyrażony w sekundach [s].

- 2.4. Poziom ekspozycji na promieniowanie laserowe (bezpośrednie lub odbite) wyznacza się przy uwzględnieniu:
- poziomu promieniowania ustalonego lub ocenionego zgodnie z przepisami § 3 ust. 1 lub ust. 2 pkt 1 rozporządzenia,
  - tłumienia uzyskanego dzięki zastosowaniu środków ochrony zbiorowej,
  - czasu trwania ekspozycji, określonego zgodnie z pkt 2.5,
  - wszystkich czynności, związanych z eksploatacją źródła promieniowania laserowego w miejscu pracy, w zakresie: obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym.
- 2.5. W zależności od analizowanego zagrożenia i trybu pracy lasera za czas trwania ekspozycji przyjmuje się: czas trwania impulsu, czas jednorazowej ekspozycji (zagrożenie termiczne) lub całkowity czas ekspozycji (zagrożenie fotochemiczne).



- 2.6. Wyznaczone poziomy ekspozycji porównuje się z odpowiednimi wartościami MDE dla promieniowania laserowego, określonymi zgodnie z przepisami w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Jeżeli dla danej długości fali promieniowania laserowego istnieje więcej niż jedna wartość MDE, do porównania stosuje się wartość bardziej restrykcyjną.