

## 643

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ<sup>1)</sup>

z dnia 27 maja 2010 r.

**w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne<sup>2)</sup>**

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.<sup>3)</sup>) 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 metalohalogenowe, rtęciowe, ksenonowe, deuterowe i inne,
    - źródła luminescencyjne i termiczne, które emitują promieniowanie optyczne jako produkt uboczny wykonywanego procesu tech-

<sup>1)</sup> Minister Pracy i Polityki Społecznej kieruje działem administracji rządowej — praca, na podstawie § 1 ust. 2 pkt 1 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 16 listopada 2007 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Pracy i Polityki Społecznej (Dz. U. Nr 216, poz. 1598).

<sup>2)</sup> Przepisy niniejszego rozporządzenia wdrażają postanowienia dyrektywy 2006/25/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym) (dziewiętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG) (Dz. Urz. UE L 114 z 27.04.2006, str. 38) — w zakresie art. 1, 2, 3 (częściowo), 4—7, 8 (częściowo).

<sup>3)</sup> Zmiany tekstu jednolitego wymienionej ustawy zostały ogłoszone w Dz. U. z 1998 r. Nr 106, poz. 668 i Nr 113, poz. 717, z 1999 r. Nr 99, poz. 1152, z 2000 r. Nr 19, poz. 239, Nr 43, poz. 489, Nr 107, poz. 1127 i Nr 120, poz. 1268, z 2001 r. Nr 11, poz. 84, Nr 28, poz. 301, Nr 52, poz. 538, Nr 99, poz. 1075, Nr 111, poz. 1194, Nr 123, poz. 1354, Nr 128, poz. 1405 i Nr 154, poz. 1805, z 2002 r. Nr 74, poz. 676, Nr 135, poz. 1146, Nr 196, poz. 1660, Nr 199, poz. 1673 i Nr 200, poz. 1679, z 2003 r. Nr 166, poz. 1608 i Nr 213, poz. 2081, z 2004 r. Nr 96, poz. 959, Nr 99, poz. 1001, Nr 120, poz. 1252 i Nr 240, poz. 2407, z 2005 r. Nr 10, poz. 71, Nr 68, poz. 610, Nr 86, poz. 732 i Nr 167, poz. 1398, z 2006 r. Nr 104, poz. 708 i 711, Nr 133, poz. 935, Nr 217, poz. 1587 i Nr 221, poz. 1615, z 2007 r. Nr 64, poz. 426, Nr 89, poz. 589, Nr 176, poz. 1239, Nr 181, poz. 1288 i Nr 225, poz. 1672, z 2008 r. Nr 93, poz. 586, Nr 116, poz. 740, Nr 223, poz. 1460 i Nr 237, poz. 1654 oraz z 2009 r. Nr 6, poz. 33, Nr 56, poz. 458, Nr 58, poz. 485, Nr 98, poz. 817, Nr 99, poz. 825, Nr 115, poz. 958, Nr 157, poz. 1241 i Nr 219, poz. 1704.

nologicznego, w szczególności: luki 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 identyfikuje źródła promieniowania, które mogą stwarzać zagrożenie w miejscu pracy, a następnie ustala poziom promieniowania na podstawie:

- 1) pomiarów odpowiednich parametrów promieniowania wykonanych na stanowisku pracy lub
- 2) danych od producenta urządzenia, zawierających wyniki pomiarów emitowanych poziomów promieniowania, lub
- 3) obliczeń odpowiednich parametrów promieniowania występujących na stanowisku pracy, gdy obliczenia takie są możliwe do wykonania, przykładowo na podstawie znajomości praw i reguł stosowanych dla promieniowania optycznego.

2. Pracodawca wyznacza poziom ekspozycji w sposób określony w załączniku do rozporządzenia, uwzględniając wszystkie czynności związane z eksploatacją źródła promieniowania w miejscu pracy w zakresie: obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym.

3. Pracodawca nie rozpatruje promieniowania optycznego jako czynnika szkodliwego dla zdrowia w środowisku pracy, jeżeli w trakcie eksploatacji źródła promieniowania zgodnej z jego przeznaczeniem poziom ekspozycji nie przekracza 0,4 wartości MDE, a w szczególności jeżeli:

- 1) w celu oświetlenia pomieszczeń lub stanowisk pracy stosuje źródła światła w przeznaczonych dla nich oprawach oświetleniowych oraz w odpowiedniej odległości od ekspozycyjnych części ciała pracownika lub
- 2) eksploatuje lasery klasy 1, 1M, 2, 2M lub 3R zgodnie z wymaganiami określonymi przez producenta urządzenia, lub

3) eksploatuje lasery klasy 3B lub 4, do których zostały zastosowane środki ochrony zbiorowej, pozwalające na zaklasyfikowanie urządzenia do klasy 1

— oraz ekspozycja nie dotyczy pracowników należących do grup szczególnego ryzyka i nie występują inne czynniki wpływające na wzrost zagrożenia pracowników przez promieniowanie optyczne, o których mowa w § 4 ust. 1 pkt 4 i 5.

4. Wyznaczanie poziomu ekspozycji przeprowadza się co najmniej:

- 1) raz do roku — jeżeli ostatnio wyznaczony poziom ekspozycji przekraczał:
  - a) 0,7 wartości MDE dla promieniowania nielaserowego,
  - b) 0,8 wartości MDE dla promieniowania laserowego;
- 2) raz na dwa lata — jeżeli ostatnio wyznaczony poziom ekspozycji zawierał się w granicach:
  - a) powyżej 0,4 do 0,7 wartości MDE dla promieniowania nielaserowego,
  - b) powyżej 0,4 do 0,8 wartości MDE dla promieniowania laserowego;
- 3) każdorazowo — jeżeli nastąpiły zmiany warunków wykonywania pracy, które mogły mieć wpływ na zmianę poziomu ekspozycji lub wystąpiły okoliczności, które uzasadniają jego ponowne wyznaczenie.

5. Pracodawca prowadzi dokumentację dotyczącą wyznaczania poziomu ekspozycji i przechowuje ją:

- 1) zgodnie z przepisami w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy — jeżeli podstawą ustalenia poziomu promieniowania jest pomiar;
- 2) wraz z dokumentacją dotyczącą oceny ryzyka zawodowego, o której mowa w § 4 ust. 2 — jeżeli podstawą ustalenia poziomu promieniowania są dane od producenta urządzenia lub obliczenia.

§ 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 wzbudzonych 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 oślnienia, 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 PN-EN 60825-1, 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 dokumentuje ocenę ryzyka zawodowego, w tym wykonaną w przypadku, o którym mowa w § 3 ust. 3, w sposób określony w przepisach w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

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 postęp naukowo-techniczny, 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 wykaze, 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 uwzględni 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 współoddziaływanie 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.

Minister Pracy i Polityki Społecznej: *J. Fedak*

Załącznik do rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. (poz. 643)

## 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:
- poziomu promieniowania,
  - długości fali promieniowania,
  - czasu trwania ekspozycji,
  - rozmiaru obrazu źródła promieniowania na siatkówce oka (dla  $\lambda = 300\text{--}1400\text{ nm}$ ).
- 1.2. Poziom promieniowania, w zależności od zakresu promieniowania i rodzaju zagrożenia, jest charakteryzowany przez następujące parametry:
- natężenie napromienienia (E) — gęstość powierzchniowa strumienia energetycznego padającego na daną powierzchnię, wyrażone w watach na metr kwadratowy ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ), albo
  - napromienienie (H) — iloczyn natężenia napromienienia i czasu ekspozycji, wyrażone w dżulach na metr kwadratowy ( $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ), albo
  - luminancja energetyczna (L) — iloraz strumienia energetycznego wysyłanego przez daną powierzchnię w określonym kierunku oraz iloczynu rzutu tej powierzchni na płaszczyznę prostopadłą względem kierunku promieniowania i kąta bryłowego obejmującego kierunek promieniowania, wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ ).
- 1.3. Poziom ekspozycji wyznacza się zgodnie z wzorami przedstawionymi w tabeli 1, przy uwzględnieniu:
- poziomu promieniowania ustalonego zgodnie z przepisem § 3 ust. 1 rozporządzenia,
  - tłumienia uzyskanego dzięki zastosowaniu środków ochrony zbiorowej,
  - czasu trwania ekspozycji, określonego zgodnie z pkt 1.4.
- 1.4. Określenie czasu trwania ekspozycji:
- 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,
  - w przypadku zagrożenia termicznego (lp. 5—8 w tabeli 1) należy określić czas jednorazowej ekspozycji.
- Definicje pojęć i metody określania czasu trwania ekspozycji są podane w Polskich Normach PN-T-05687 lub PN-T-06589.
- 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 określania poziomu ekspozycji <sup>1)</sup>	Uwagi	Narząd	Rodzaj zagrożenia
1	180÷400 (UVA, UVB i UVC)	$H_s = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$	czas (t) zgodny z pkt 1.4 lit a	Oko: - rogówka	zapalenie rogówki, skrzydlik
				- spojówka - soczewka	zapalenie spojówki zaćma fotochemiczna
	Skóra				rumień, fotostarzenie, nowotwory skóry
2	315÷400 (UVA)	$H_{UVA} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$		Oko - soczewka	zaćma fotochemiczna
3	300÷700 (Światło niebieskie) <sup>2)</sup>	$L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	dla $\alpha \geq 11$ [mrad]	Oko - siatkówka	fotochemiczne uszkodzenie siatkówki
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	380÷1 400 (VIS i IRA)	$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	$\lambda_1 = 380$ [nm] $\lambda_2 = 1400$ [nm]	Oko - siatkówka	termiczne uszkodzenie siatkówki
6	780÷1 400 (IRA)		$\lambda_1 = 780$ [nm] $\lambda_2 = 1400$ [nm] (pomiarowe pole widzenia: 11 mrad) <sup>4)</sup>		
7	780÷3 000 (IRA i IRB)	$E_{IR} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E(\lambda) \cdot d\lambda$	-	Oko: - rogówka - soczewka	oparzenie rogówki zaćma podczerwienią
8	380÷3 000 nm (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 $t \geq 10$ s należy dokonać oceny obciążenia termicznego organizmu - jak dla mikroklimatu gorącego)	Skóra	oparzenie

1) Przedstawione w tej kolumnie wzory całkowe można zastąpić wzorami sumacyjnymi z zastosowaniem wielkości dyskretnych.

2) Zakres od 300 do 700 nm obejmuje część promieniowania UVB, całe promieniowanie UVA i większość promieniowania widzialnego; jednakże związane z nim zagrożenie określa się powszechnie mianem zagrożenia „światłem niebieskim”. 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, wyrażony w steradianach [sr].

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

Uwaga 2: Czasami do opisu kąta przestrzennego pola widzenia  $\alpha$  (symetrii kołowej stosuje się kąt płaski [mrad]).

Definicje wielkości występujących w tabeli 1:

$\lambda$	<i>długość fali promieniowania</i> , wyrażona w nanometrach [nm];	$E_B$	<i>skuteczne natężenie napromienienia</i> : natężenie napromienienia ważone według rozkładu widmowego $B(\lambda)$ , wyrażone w watach na metr kwadratowy [ $W \cdot m^{-2}$ ];
t	<i>czas trwania ekspozycji</i> , wyrażony w sekundach [s];	$L_R$	<i>skuteczna luminancja energetyczna</i> : luminancja energetyczna źródła promieniowania ważona według rozkładu widmowego $R(\lambda)$ , wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian [ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ ];
$\alpha$	<i>kąt widzenia</i> : kąt widzenia źródła promieniowania, wyrażony w miliradianach [mrad];	$R(\lambda)$	<i>względna skuteczność widmowa</i> wywoływania uszkodzeń termicznych siatkówki oka przez promieniowanie widzialne i IRA (podana w Polskiej Normie PN-T-05687) [bezwymiarowa];
Hs	<i>skuteczne napromienienie oka lub skóry promieniowaniem nadfioletowym</i> : suma natężenia napromienienia oka lub skóry ważonego 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 [ $J \cdot m^{-2}$ ];	$E_{IR}$	<i>natężenie napromienienia oka</i> promieniowaniem podczerwonym w zakresie długości fal od 780 do 3000 nm, wyrażone w watach na metr kwadratowy [ $W \cdot m^{-2}$ ];
$E(\lambda, t), E(\lambda)$	<i>widmowe natężenie napromienienia lub widmowa gęstość mocy</i> : strumień energetyczny o określonej długości fali padający na daną powierzchnię, wyrażone w watach na metr kwadratowy na nanometr [ $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$ ];	$H_{skóra}$	<i>napromienienie skóry</i> : 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 [ $J \cdot m^{-2}$ ].
$S(\lambda)$	<i>względna skuteczność widmowa</i> wywoływania uszkodzeń oczu i skóry przez promieniowanie UV (podana w Polskiej Normie PN-T-06589) [bezwymiarowa];		
$H_{UVA}$	<i>napromienienie oka promieniowaniem UVA</i> : suma natężenia napromienienia liczona dla danego czasu trwania ekspozycji w zakresie długości fali UVA od 315 do 400 nm, wyrażone w dżulach na metr kwadratowy [ $J \cdot m^{-2}$ ];		
$L_B$	<i>skuteczna luminancja energetyczna</i> : luminancja energetyczna źródła ważona według rozkładu widmowego $B(\lambda)$ , wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian [ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ ];		
$L(\lambda)$	<i>widmowa luminancja energetyczna źródła</i> , wyrażona w watach na metr kwadratowy na steradian na nanometr [ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}$ ];		
$B(\lambda)$	<i>względna skuteczność widmowa</i> wywoływania uszkodzeń fotochemicznych siatkówki oka przez światło niebieskie (podana w Polskiej Normie PN-T-05687) [bezwymiarowa];		

## 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:

- poziomu promieniowania,
- długości fali promieniowania,
- czasu ekspozycji lub czasu trwania impulsu,
- rozmiaru obrazu źródła promieniowania na siatkówce oka (dla  $\lambda = 400 - 1400$  nm).

2.2. Rodzaje rozpatrywanych zagrożeń przy promieniowaniu laserowym są przedstawione w tabeli 2.

**Tabela 2: Rodzaje zagrożeń dla oka i skóry związane z ekspozycją na promieniowanie laserowe**

Długość fali [nm]	Zakres	Narząd	Rodzaj zagrożenia
180-400	UV	oko	uszkodzenie fotochemiczne lub termiczne rogówki, spojówki lub soczewki
		skóra	rumień, uszkodzenie fotochemiczne lub termiczne
400-600	VIS	oko	uszkodzenie fotochemiczne siatkówki
400-700	VIS	oko	uszkodzenie termiczne siatkówki
		skóra	uszkodzenie termiczne lub fotochemiczne
700-1400	IRA	oko	uszkodzenie termiczne siatkówki
		skóra	uszkodzenie termiczne
1400-2600	IRB	oko	uszkodzenie termiczne rogówki oraz soczewki
2600-10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	oko	uszkodzenie termiczne rogówki
1400-10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	skóra	uszkodzenie termiczne

2.3. Poziom promieniowania, w zależności od zakresu promieniowania, rodzaju zagrożenia i trybu pracy lasera, jest charakteryzowany przez natężenie napromienienia ( $E$ ) albo napromienienie ( $H$ ), które można ustalić na podstawie poniższych wzorów:

$$E = \frac{dP}{dA} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$$

$$H = \int_0^1 E(t) \cdot dt [\text{J} \cdot \text{m}^{-2}]$$

gdzie:

$dP$  moc wyrażona w watach [W];

$dA$  powierzchnia wyrażona w metrach kwadratowych [ $\text{m}^2$ ];

$E(t), E$  natężenie napromienienia lub gęstość mocy: strumień promienisty (energetyczny) padający na elementarną powierzchnię, wyrażone w watach na metr kwadratowy [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ]. Wartości  $E(t), E$  pochodzą z pomiarów lub mogą być podane przez producenta sprzętu;

$H$  napromienienie: całka natężenia napromienienia liczona dla danego czasu ekspozycji, wyrażone w dżulach na metr kwadratowy [ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ ];

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

2.4. Poziom ekspozycji na promieniowanie laserowe (bezpośrednie lub odbite) wyznacza się przy uwzględnieniu:

a) poziomu promieniowania ustalonego zgodnie z przepisem § 3 ust. 1 rozporządzenia,

b) tłumienia uzyskanego dzięki zastosowaniu środków ochrony zbiorowej,

c) czasu trwania ekspozycji, określonego zgodnie z pkt 2.5.

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.