

Agnieszka WOLSKA

METODA OCENY RYZYKA ZAWODOWEGO ZWIĄZANEGO ZE SZTUCZNYM PROMIENIOWANIEM OPTYCZNYM ZGODNIE Z NOWYMI WYMAGANIAMI PRAWA

STRESZCZENIE *W artykule omówiono wymagania prawa dotyczące czynników, jakie powinny być uwzględnione przy ocenie ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją zawodową na sztuczne promieniowanie optyczne. Uwzględniając powyższe, przedstawiono zakres wieloczynnikowej metody oceny ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją na sztuczne promieniowanie optyczne. Opracowana metoda i kryteria oceny uwzględnia: poziom ekspozycji narażonych części ciała, zastosowane środki ochrony indywidualnej, pracowników należących do grup szczególnego ryzyka, skutki dla zdrowia wynikające ze współwystępowania w środowisku pracy promieniowania optycznego i fotouczulających substancji chemicznych, pośrednie skutki mające wpływ na bezpieczeństwo pracowników (w szczególności zagrożeń wywołania oślnienia, pożaru lub wybuchu), czynniki organizacyjne oraz psychospołeczne.*

Słowa kluczowe: *sztuczne promieniowanie optyczne, ekspozycja zawodowa, wieloczynnikowa metoda oceny ryzyka zawodowego, wymagania prawa*

dr inż. Agnieszka WOLSKA

email: agwol@ciop.pl

Zakład Techniki Bezpieczeństwa
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 256, 2012

1. WSTĘP

Ekspozycja zawodowa na sztuczne promieniowanie optyczne (nielaserowe i laserowe) występuje na ponad 150 000 stanowiskach pracy w Polsce, z czego tylko na nadfiolet jest ekspozycjonowanych ok. 91 000. pracowników. Nadmierna ekspozycja na promieniowanie optyczne w środowisku pracy może wywoływać skutki szkodliwe dla zdrowia. Z tego względu promieniowanie to zalicza się do czynników szkodliwych w środowisku pracy i pracodawca ma obowiązek stosować się do zapisów rozporządzeń związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa i higieny pracy oraz prewencji zdrowotnej, związanych z ekspozycją na czynnik szkodliwy.

Obowiązującym w krajach Unii Europejskiej aktem prawnym dotyczącym BHP przy ekspozycji na sztuczne promieniowanie optyczne jest dyrektywa 2006/25/WE [2]. W Polsce podstawowymi aktami prawnymi wdrażającymi zapisy tej dyrektywy są cztery rozporządzenia:

- 1) Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie BHP przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [14];
- 2) Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [15];
- 3) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie przeprowadzenia badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy [16];
- 4) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [17].

Ponadto obowiązują jeszcze dwa rozporządzenia, które obejmują swym zakresem ekspozycję zawodową na promieniowanie optyczne:

- 1) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom [19];
- 2) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 2004 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac [18].

Celem artykułu jest przedstawienie opracowanej wieloczynnikowej metody oraz kryteriów oceny ryzyka zawodowego związanego z promieniowaniem optycznym, która oprócz poziomu ekspozycji narażonych części ciała uwzględnia wymagania prawa wynikające z wdrożenia zapisów Dyrektywy 2006/25/WE [2] oraz zapisy normy PN-N-18002 [12].

2. OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO

2.1. Pojęcie ryzyka zawodowego

Zgodnie z definicją rozporządzenia [13] ryzyko zawodowe jest to „prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń w związku z wykonywaną pracą, powodujących straty, w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych występujących w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy”.

Ocena ryzyka zawodowego jest procesem, w którym identyfikowane są zagrożenia związane z wykonywaną pracą, a następnie szacowane ryzyko wynikające z ich występowania i podejmowana decyzja o możliwości zaakceptowania tego ryzyka lub konieczności przeprowadzenia działań prowadzących do jego ograniczenia.

Zgodnie z PN-N-18002:2011 „Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego”, w zależności od wartości prawdopodobieństwa i stopnia utraty zdrowia przez osobę poszkodowaną (ciężkości następstw), ryzyko zawodowe może być:

- małe lub średnie – takie ryzyko można uznać za dopuszczalne;
- duże – takie ryzyko jest niedopuszczalne.

2.2. Obowiązek oceny ryzyka zawodowego

Ocena ryzyka zawodowego należy do podstawowych obowiązków pracodawcy. Zgodnie z wymaganiami art. 226 Kodeksu pracy pracodawca:

1. ocenia i dokumentuje ryzyko zawodowe związane z wykonywaną pracą oraz stosuje niezbędne środki profilaktyczne zmniejszające ryzyko,
2. informuje pracowników o ryzyku zawodowym, które wiąże się z wykonywaną pracą, oraz o zasadach ochrony przed zagrożeniami.

Prawo wymaga również konsultowania z pracownikami wszystkich działań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, w tym działań ograniczających ryzyko zawodowe.

W przypadku stwierdzenia występowania ryzyka dużego, konieczne jest podjęcie natychmiastowych działań ukierunkowanych na ograniczenie ryzyka do małego. Natomiast w przypadku ryzyka średniego, pomimo że przyjmuje się je za akceptowalne, to ze względu na bezpieczeństwo i zdrowie pracowników wskazane jest również ograniczenie go do małego, jeśli jest to możliwe technicznie lub organizacyjnie.

2.3. Zakres oceny ryzyka przy ekspozycji na sztuczne promieniowanie optyczne

W przypadku oceny ryzyka zawodowego związanego ze sztucznym promieniowaniem optycznym obowiązują ogólne zasady oceny ryzyka zawodowego przedstawione w normie PN-N-18002:2011 [12]. Zgodnie z tymi zasadami ocena ryzyka obejmować powinna wszystkie czynniki występujące na stanowiskach pracy, zarówno fizyczne, chemiczne, biologiczne, psychospołeczne jak i organizacyjne.

Przystępując do oceny ryzyka zawodowego na stanowiskach, gdzie występuje ekspozycja na sztuczne promieniowanie optyczne, należy przede wszystkim zwrócić uwagę na czynnik fizyczny, jakim jest promieniowanie optyczne i związany z nim poziom ekspozycji pracownika, a następnie na pozostałe czynniki wymienione w Dyrektywie 2006/25/WE [2] i wdrażającym ją rozporządzeniu w sprawie BHP przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [14]. Zgodnie z zapisami rozporządzenia [14], pracodawca ocenia ryzyko zawodowe wynikające z konkretnych uwarunkowań występujących w miejscu pracy, uwzględniając:

- 1) Czynniki mające wpływ na skutki oddziaływania promieniowania optycznego na organizm człowieka (czas ekspozycji, długość fali, poziom promieniowania, rozmiar obrazu na siatkówce oka, tryb pracy lasera); informacje na ten temat są uzyskiwane podczas wizji lokalnej na stanowisku pracy oraz na podstawie danych źródła promieniowania i informacji pracodawcy; wpływają na zakres badań i rozważanych zagrożeń dla zdrowia oraz służą do wyznaczania poziomu ekspozycji i wartości MDE (podrozdz. 3.1);
- 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; informacje na ten temat są uzyskiwane podczas wizji lokalnej na stanowisku pracy oraz informacji pracodawcy; uwzględnia się przy ocenie ryzyka ze względu na poziom ekspozycji (podrozdz. 3.3);
- 3) Skutki dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, w tym należących do grup szczególnego ryzyka; informacje na ten temat są uzyskiwane podczas wizji lokalnej na stanowisku pracy, informacji pracodawcy oraz na podstawie ankiety pracowniczej (podrozdz. 3.3);
 - 4) Możliwe skutki dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, wynikających ze współwystępowania w środowisku pracy promieniowania optycznego i fotouczulających substancji chemicznych; informacje na ten temat są uzyskiwane podczas wizji lokalnej na stanowisku pracy, informacji pracodawcy oraz na podstawie ankiety pracowniczej (podrozdz. 3.4);
 - 5) Pośrednie skutki mające wpływ na bezpieczeństwo pracowników, w szczególności zagrożeń związanych z możliwością wywołania ośnienia, pożaru lub wybuchu; informacje na ten temat są uzyskiwane podczas wizji lokalnej na stanowisku pracy, informacji pracodawcy oraz na podstawie pomiarów (podrozdz. 3.5);
 - 6) Istnienie urządzeń ochronnych i innego wyposażenia zabezpieczającego przed nadmiernym poziomem ekspozycji; informacje na ten temat są uzyskiwane podczas wizji lokalnej na stanowisku pracy, informacji pracodawcy oraz na podstawie listy kontrolnej. Badania poziomu ekspozycji wykonuje się przy zastosowaniu tych środków ochrony;
 - 7) Wiedzę medyczną w dostępnych publikacjach oraz informacje uzyskane w wyniku profilaktycznych badań lekarskich; informacje na ten temat są uzyskiwane na podstawie analizy literatury oraz od pracodawcy, jeśli posiada on dostępnych w formie zbiorczej wynik profilaktycznych badań lekarskich, które wskazywałyby na występowanie skutków szkodliwych dla zdrowia pracowników narażonych na promieniowanie optyczne;
 - 8) Przypadki ekspozycji na promieniowanie optyczne emitowane przez więcej niż jedno źródło promieniowania lub ekspozycji na promieniowanie optyczne o szerokim zakresie długości fal; informacje na ten temat są uzyskiwane na podstawie analizy danych o źródle lub źródłach promieniowania, a poziom ekspozycji wyznaczany jest odpowiednio do zakresów promieniowania optycznego (podrozdz. 3.1);
 - 9) Klasyfikację laserów podanej w Polskie normie PN-EN 60825-1, a także każdej podobnej klasyfikacji źródeł promieniowania, mogących spowodować zagrożenia porównywalne z laserem klasy 3B lub 4, informacje

o klasie lasera podawane są przez producenta, a urządzenia oznakowane etykietami klasy (podrozdz. 3.1.2); w czasie, gdy opracowywano zapisy dyrektywy 2006/25/WE, norma EN 60825-1 obejmowała swym zakresem również diody, stąd dla tych źródeł przyjmowano kryteria oceny zagrożenia jak dla laserów;

- 10) Informacje 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; informacje na ten temat są uzyskiwane na podstawie analizy danych o źródle promieniowania dostarczonych przez producenta lub na podstawie wyznaczonej zgodnie z normą [11] grupą ryzyka ze względu na bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp lub kategoria emisji maszyn wyznaczona zgodnie z normami zharmonizowanymi [7-9]. Informacje te mogą być wykorzystywane przy wyznaczaniu poziomu ekspozycji.

Poza wymienionymi wyżej należy jeszcze uwzględnić czynniki organizacyjne i psychospołeczne, które w istotny sposób mogą wpływać na poziom ryzyka. Z powyższego wynika, że na ocenę ryzyka zawodowego ma wpływ wiele czynników, i nie jest wystarczające dokonanie takiej oceny tylko na podstawie porównania wartości poziomu ekspozycji z odpowiednią wartością maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE). Natomiast nie ma informacji, jak te czynniki uwzględniać przy ocenie ryzyka, tzn. brak kryteriów, przy których ryzyko ze względu na dany czynnik powinno być zwiększone lub zmniejszone.

Dotychczas metoda i kryteria oceny ryzyka zawodowego związanego ze sztucznym promieniowaniem optycznym sprowadzały się wyłącznie do oceny ryzyka ze względu na poziom ekspozycji pracownika [23, 24]. W opracowanym w CIOP-PIB Komputerowym Systemie Wspomagania Zarządzaniem Bezpieczeństwem i Higieną Pracy (STER) – moduł: Ryzyko uwzględniane są przy ocenie ryzyka również stosowane środki ochrony indywidualnej oraz czy zatrudnieni są na danym stanowisku młodociani lub kobiety w ciąży. Inne czynniki, które dodatkowo powinny być brane pod uwagę, nie są nigdzie w dostępnej literaturze uwzględniane. Zatem praktyczne wdrożenie w życie zapisów rozporządzenia [14] i dyrektywy [2] wymagało określenia metody i kryteriów oceny ryzyka, które mogą być stosowane przez pracodawców i pracowników służb BHP.

Uwzględniając zapisy prawa przyjęto, że zakres wieloczynnikowej metody oceny ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją na sztuczne promieniowanie optyczne powinien uwzględniać:

- poziom ekspozycji narażonych części ciała;
- zastosowane środki ochrony indywidualnej;
- pracowników należących do grup szczególnego ryzyka;

- czynniki organizacyjne;
- czynniki psychospołeczne;
- skutki dla zdrowia wynikające ze współwystępowania w środowisku pracy promieniowania optycznego i fotouczulających substancji chemicznych;
- pośrednie skutki mające wpływ na bezpieczeństwo pracowników (w szczególności zagrożeń wywołania oślnienia, pożaru lub wybuchu).

W artykule przedstawione zostały opracowane kryteria cząstkowe oceny ryzyka zawodowego dla ww. poszczególnych czynników. Uzyskane cząstkowe oceny ryzyka zawodowego są podstawą do określania sumarycznej oceny ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją na sztuczne promieniowanie optyczne, uwzględniającej łączny udział tych czynników na rozpatrywanym stanowisku pracy.

3. KRYTERIA OCENY RYZYKA ZAWODOWEGO

3.1. Poziom ekspozycji na promieniowanie optyczne narażonych części ciała

3.1.1. Wyznaczanie poziomu ekspozycji

Decydującym o stopniu ryzyka zawodowego czynnikiem jest poziom ekspozycji pracownika na promieniowanie optyczne, który może być wyznaczany na podstawie [14]:

- pomiaru odpowiednich parametrów promieniowania optycznego wykonanych na stanowisku pracy zgodnie z rozporządzeniem o badaniach czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [16] oraz metodami określonymi w normach technicznych [3, 4, 8, 9] lub
- analizy informacji dostarczonych przez producenta źródła lub maszyny, która emituje promieniowanie optyczne; w przypadku źródeł może to być grupa ryzyka ze względu na zagrożenie fotobiologiczne, a w przypadku maszyny – kategoria emisji maszyny; dane od producenta powinny zawierać wyniki pomiarów emisji promieniowania optycznego (zgodnie z przyjętymi normami technicznymi w tym zakresie [5-7, 11], lub
- obliczeń odpowiednich parametrów promieniowania optycznego występujących na stanowisku pracy, gdy obliczenia takie są możliwe do wykonania, np. przy zastosowaniu praw fizyki stosowanych dla promieniowania optycznego.

Poziom ekspozycji wyznacza się dla poszczególnych zakresów promieniowania optycznego emitowanego przez dane źródło, a gdy na stanowisku występuje więcej źródeł promieniowania to wyznacza się go dla wszystkich tych źródeł. Jeśli na stanowisku występują środki ochrony zbiorowej (np. ekrany ochronne), to poziom ekspozycji wyznacza się przy uwzględnieniu tych środków ochrony. Po określeniu poziomu ekspozycji (P_e) poszczególnych ekspozowanych części ciała (twarz, oczy, ręce itp.) należy dokonać oszacowania ryzyka zawodowego, porównując otrzymane wartości z odpowiednimi wartościami MDE wyznaczonymi zgodnie z rozporządzeniem [15]. W tym celu wyznaczamy krotności MDE – k , zgodnie ze wzorem:

$$k = \frac{P_e}{MDE} \quad (1)$$

W przypadku, gdy poziom ekspozycji przekracza wartość MDE ($k > 1$), wówczas jest to równoznaczne z występowaniem dużego ryzyka zawodowego, które jest nieakceptowalne. Jeśli na badanym stanowisku pracy nie są przekroczone wartości MDE nie jest to jeszcze jednoznaczne ze stwierdzeniem, że ryzyko jest małe. Uwzględniając niepewność rozszerzoną pomiarów parametrów promieniowania optycznego, która nie powinna przekraczać 30% [3, 4, 8, 9] w przypadku promieniowania nielaserowego i 20% w przypadku promieniowania laserowego przyjęto kryteria określania ryzyka zawodowego przedstawione w tabeli 1.

TABELA 1

Kryteria oceny ryzyka zawodowego na podstawie wyznaczonego poziomu ekspozycji

Ryzyko	Nielaserowe promieniowanie optyczne	Promieniowanie laserowe
duże	$k > 1$	$k > 1$
średnie	$0,7 < k \leq 1$	$0,8 < k \leq 1$
małe	$k \leq 0,7$	$k \leq 0,8$

3.1.2. Klasa lasera a wyznaczanie poziomu ekspozycji

W przypadku urządzeń laserowych nie zawsze występuje konieczność wyznaczania poziomu ekspozycji, gdyż w wielu przypadkach promieniowanie to albo jest całkowicie osłonięte obudową urządzenia (np. drukarki laserowe, czytniki płyt CD w komputerach) lub nie stanowi o zagrożeniu dla zdrowia (np. czytniki kodów). O tym, czy dany laser jest bezpieczny w użytkowaniu,

mówi jego klasa bezpieczeństwa. Lasery dzieli się na siedem klas (1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B, 4), a każdej z klas odpowiada opis umożliwiający jej zidentyfikowanie [10]. Lasery klasy 1 są najbezpieczniejsze dla użytkownika, podczas gdy lasery klasy 4 stwarzają największe zagrożenie i przy ich obsłudze należy stosować szczególne środki bezpieczeństwa. Uwzględniając rodzaj zagrożeń, jakie potencjalnie mogą stwarzać lasery z poszczególnych klas, przyjęto kryteria oceny ryzyka ze względu na klasę lasera, które zestawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Kryteria oceny ryzyka zawodowego z uwzględnieniem klasy lasera lub urządzenia laserowego

Klasa lasera lub urządzenia laserowego	Ryzyko	
1, 1M, 2, 2M, 3 R	Małe – pod warunkiem, że urządzenia są eksploatowane zgodnie z wymaganiami określonymi przez producenta	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1), jeśli urządzenia nie są eksploatowane zgodnie z wymaganiami określonymi przez producenta
3B, 4	Małe – pod warunkiem, że zostały zastosowane środki ochrony zbiorowej, pozwalające na zaklasyfikowanie urządzenia laserowego do klasy 1	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1)

3.2. Stosowanie środków ochrony indywidualnej

Istnieje wiele sytuacji, gdy poziom ekspozycji nie może być ograniczony środkami technicznymi i organizacyjnymi. Wówczas konieczne jest zastosowanie odpowiednich środków ochrony indywidualnej. W przypadku stwierdzenia, że wyznaczony poziom ekspozycji przekracza wartości MDE, konieczne jest sprawdzenie, czy pracownik posiada takie środki ochrony i czy są one odpowiednio dobrane. Jeśli pracownik wyposażony jest w środki ochrony indywidualnej oczu i twarzy (okulary, gogle, przyłbice, tarcze itp.), to należy sprawdzić prawidłowość dobrania tych środków:

- w przypadku ekspozycji na nielaserowe promieniowanie optyczne –
– względem wyznaczonego poziomu ekspozycji (określa się współczynnik tłumienia ochron, zgodnie z [3];
- w przypadku obsługi urządzeń laserowych – względem parametrów wiązki promieniowania laserowego.

Na tej podstawie należy ocenić, czy zastosowanie tych środków ochrony zapewni ograniczenie tego ryzyka do małego ze względu na poziom ekspozycji.

Podczas oględzin środków ochrony indywidualnej powinno również zwrócić się uwagę na to, czy nie są one uszkodzone oraz czy pracownik je stosuje podczas wykonywania czynności pracy w narażeniu.

3.3. Skutki dla zdrowia pracowników należących do grup szczególnego ryzyka

Zgodnie z rozporządzeniem [14] do grup szczególnego ryzyka zalicza się pracowników, którzy:

- 1) podlegają szczególnej ochronie zdrowia na podstawie odrębnych przepisów, w szczególności kobiety w ciąży oraz młodociani;
- 2) mają stwierdzone schorzenia powodujące nadwrażliwość na promieniowanie optyczne lub stosują środki fotouczulające.

Dla grupy 1) odrębne rozporządzenia [18, 19] określają szczegółowe zapisy odnośnie dopuszczalnego narażenia. W przypadku kobiet w ciąży, przy ekspozycji na nadfiolet stosuje się zmniejszone czterokrotnie wartości MDE przyjęte w rozporządzeniu [15]. Natomiast w przypadku młodocianych, zabroniona jest praca w narażeniu na nadfiolet, zwłaszcza emitowany przez technologiczne urządzenia przemysłowe, w tym w szczególności przy spawaniu, cięciu i napawaniu metali oraz prace w warunkach narażenia na promieniowanie podczerwone, w tym w szczególności przy piecach hutniczych i grzewczych oraz spiekaniu, odlewaniu, walcowaniu i kuciu metali.

W przypadku grupy 2) brak jest jakichkolwiek dodatkowych zapisów prawnych, które by szczegółowo regulowały wykaz chorób, które powodują nadwrażliwość na promieniowanie optyczne czy też specjalne traktowanie osób biorących leki fotouczulające. Nadwrażliwość ta odnosi się w szczególności do ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe i częściowo na promieniowanie widzialne. W grupie schorzeń, które powodują nadwrażliwość na światło, występują przede wszystkim fotodermatozy, które są chorobami związanymi z nadwrażliwością na promieniowanie UV.

Opracowane kryteria oceny ryzyka zawodowego uwzględniające skutki zdrowotne dla grup szczególnego ryzyka przedstawiono w tabeli 3.

Przy dokonywaniu oceny ryzyka związanej z tym czynnikiem istotne jest uzyskanie informacji o zatrudnionych pracownikach na danym stanowisku od pracodawcy oraz przeprowadzenie ankiety pracowniczej, w której będą zagadnienia dotyczące stwierdzenia, czy jakkolwiek pracownik może być zakwalifikowany do grup szczególnego ryzyka.

TABELA 3

Kryteria oceny ryzyka zawodowego uwzględniająca grupy szczególnego ryzyka

Rodzaj grupy szczególnego ryzyka	Ryzyko			
	Ekspozycja na UV	Ekspozycja na VIS	Ekspozycja na IR	Ekspozycja na promieniowanie laserowe
Kobiety w ciąży	Duże, jeśli $k > 0,25$	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1)	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1)	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1)
	Średnie, jeśli $0,125 < k \leq 0,25$			
	Małe, jeśli $k \leq 0,125$			
Młodociani	Duże (zatrudnianie zabronione)	Duże	Duże (zatrudnianie zabronione)	Duże (zatrudnianie zabronione)
Osoby ze schorzeniami powodującym nadwrażliwość na światło lub stosujące środki fotouczulające (leki, kosmetyki)	Duże	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1)	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1)	Stopień ryzyka wynikający z krotności MDE (podrozdz. 3.1), a w przypadku promieniowania laserowego z zakresu nadfioletu – ryzyko duże

3.4. Skutki dla zdrowia wynikające ze współwystępowania w środowisku pracy promieniowania optycznego i fotouczulających substancji chemicznych

W środowisku pracy mogą występować fotouczulające lub fototoksyczne substancje chemiczne, które przy współdziałaniu promieniowania nadfioletowego, zwłaszcza z zakresu UVA mogą wywoływać reakcje fototoksyczne lub fotoalergiczne. Są to tzw. fotodermatozy egzogenne. Substancje te mogą być wchłaniane do organizmu drogą pokarmową, oddechową lub deponowane na skórze, a jednoczesna ekspozycja na promieniowanie UV, zwłaszcza z zakresu UVA, może prowadzić do wystąpienia zmian skórnych.

W dostępnej literaturze brak kryteriów oceny ryzyka przy łącznej ekspozycji na sztuczne promieniowanie UV i poszczególne substancje chemiczne. W zastosowaniach medycznych do badania reakcji uczuleniowych naświetla się nielaserowym promieniowaniem UVA o dawce 2 J/cm^2 skórę ze zdeponowaną na niej próbką substancji fotouczulającej. Przy określeniu kryteriów przyjęto, że jeśli w środowisku pracy występuje jednocześnie promieniowanie UVA

i substancja fotouczulająca, to ryzyko wystąpienia reakcji fototoksycznych lub fotouczuleniowych może wystąpić, jeśli dzienna dawka (napromienienie) nie-laserowym promieniowaniem UVA lub promieniowaniem laserowym rozproszonym (nie wiązką bezpośrednią!) wynosi co najmniej $2 \text{ J/cm}^2 = 20\,000 \text{ J/m}^2$. Przyjmując, analogicznie jak przy ocenie ryzyka na podstawie poziomu ekspozycji, niepewności pomiaru określono kryteria oceny ryzyka ze względu na ten czynnik, które przedstawiono w tabeli 4.

TABELA 4

Kryteria oceny ryzyka zawodowego na podstawie wyznaczonego poziomu ekspozycji na promieniowanie UVA

Ryzyko	Nielaserowe promieniowanie z zakresu UVA	Promieniowanie laserowe rozproszone długości fali z zakresu UVA	Warunek dodatkowy konieczny do wystąpienia reakcji fototoksycznych lub fotoalergiczych
duże	$H_{UVA} \geq 20000 \text{ J/m}^2$	$H_{UVA} \geq 20000 \text{ J/m}^2$	Występowanie w środowisku pracy substancji fotouczulającej lub fototoksycznej, która jest wykrywalna metodami pomiarowymi
średnie	$14\,000 \text{ J/m}^2 \leq H_{UVA} < 20000 \text{ J/m}^2$	$16\,000 \text{ J/m}^2 \leq H_{UVA} < 20000 \text{ J/m}^2$	
małe	$H_{UVA} < 14\,000 \text{ J/m}^2$	$H_{UVA} < 16\,000 \text{ J/m}^2$	

Przy dokonywaniu oceny ryzyka związanej z tym czynnikiem istotne jest uzyskanie od pracodawcy lub służb BHP informacji odnośnie:

- występowania substancji fotouczulającej w danym pomieszczeniu lub stanowisku pracy;
- wyników pomiarów środowiskowych określających jej obecność w powietrzu;
- możliwości bezpośredniego kontaktu pracownika z substancją.

Ponadto wskazane jest przeprowadzenie ankiety pracowniczej, w której będą zagadnienia dotyczące stwierdzenia, czy u pracownika występują objawy reakcji fototoksycznych lub fotoalergiczych.

3.5. Skutki pośrednie mające wpływ na bezpieczeństwo pracowników

3.5.1. Zagrożenie pożarem lub wybuchem

Ocena ryzyka ze względu na wystąpienie pożaru lub wybuchu przy eksploatacji źródeł promieniowania optycznego może być wykonana tylko na podstawie oceny, czy w środowisku wybuchowym lub w strefach zagrożonych

pożarem (jak np. w lakierniach, galwanizerniach, zakładach farmaceutycznych, spirytusowych, chemicznych i petrochemicznych), zostały przewidziane odpowiednie środki bezpieczeństwa. Dotyczyć to będzie stosowania źródeł promieniowania w oprawach przeciwwybuchowych, oznaczonych symbolem „Ex”. Jeśli źródła promieniowania nie znajdują się w odpowiednio dobranych oprawach przeciwwybuchowych lub niespełnione są inne wymogi bezpieczeństwa przeciwwybuchowego, wówczas przyjmujemy, że ryzyko jest duże.

Zagrożenie pożarem może występować również przy eksploatacji niektórych technologicznych źródeł promieniowania (jak np. podczas spawania elektrycznego, przy rozlewaniu lub spuszczeniu rozgrzanego metalu, czy masy szklarskiej) lub przy eksploatacji laserów klasy 4, jeśli jest możliwość emisji promieniowania laserowego w wolną przestrzeń, a w otoczeniu źródeł znajdują się będą przedmioty łatwopalne (np. na sali operacyjnej czy gabinecie zabiegowym). Wtedy przyjmujemy, że występuje ryzyko duże zagrożenia pożarowego.

3.5.2. Zagrożenie olśnieniem

Olśnienie jako czynnik zagrożenia w środowisku pracy występuje tylko w przypadku ekspozycji oczu na źródła promieniowania widzialnego o bardzo wysokiej luminancji (w tym lasery). Ekspozycja oczu na bardzo jaskrawe źródło promieniowania może spowodować olśnienie przeszkadzające lub oślepiające i tym samym ograniczona jest lub utracona zdolność spostrzegania na krótki, ale zauważalny czas. Może to przyczynić się do wypadku przy pracy. Jako wartość minimalną luminancji, przy której może wystąpić olśnienie przeszkadzające, przyjęto $10\,000\text{ cd/m}^2$ (przy obserwacji źródeł o luminancji powyżej $10\,000\text{ cd/m}^2$ występuje już maksymalne zwężenie średnicy źrenicy do 2-3 mm [1, 22]). Wartość luminancji źródła wynosząca co najmniej $10\,000\text{ cd/m}^2$ przyjmowana jest również przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki jako kryterium silnego bodźca świetlnego.

Zgodnie z danymi literaturowymi, całkowite „wybielenie” receptorów występuje przy natężeniu oświetlenia na siatkówce oka wynoszącym 10 mln Td [10, 21], co oznacza, że po ekspozycji siatkówki na źródła światła wywołujące takie natężenie, występuje czasowe „oślepienie” – utrata zdolności spostrzegania przez pewien zauważalny czas, dopóki nie nastąpi regeneracja barwnika w receptorach. Przyjęto, że ryzyko jest średnie przy olśnieniu przeszkadzającym, a duże przy olśnieniu oślepiającym. W przypadku olśnienia przeszkadzającego i oślepiającego, istotny jest poziom adaptacji oczu do luminancji otoczenia przed ekspozycją na źródło olśnienia. Na podstawie analizy natężenia oświetlenia na siatkówce oka, przy różnym początkowym zwężeniu średnicy źrenicy oka, które zależy od luminancji tła [20-22] stwierdzono,

że olśnienie oślepiające może wystąpić przy luminancji źródła już powyżej 260 000 cd/m², jeśli luminancja tła (adaptacyjna) nie przekraczała 10 cd/m². Wraz ze wzrostem luminancji tła wzrasta wartość luminancji źródła, przy której może wystąpić olśnienie oślepiające. Na podstawie analizy zmian średnicy źrenicy, w zależności od luminancji źródła oraz czasu latencji przy jej zwiężaniu, określono szacunkowe kryteria występowania olśnienia przeszkadzającego i oślepiającego, które przedstawiono w tabeli 5.

TABELA 5

Kryteria oceny ryzyka zawodowego ze względu na olśnienie w zależności od luminancji źródła olśnienia i luminancji tła

Maksymalna luminancja źródła, cd/m ²	Średnia luminancja tła w polu zadania, cd/m ²				
	< 10	10÷100	100÷500	500÷10 000	> 10 000
≤ 10 000	małe				–
10 000÷260 000	średnie	średnie	średnie	średnie	średnie
> 260 000	duże	średnie	średnie	średnie	średnie
> 350 000	duże	duże	średnie	średnie	średnie
> 500 000	duże	duże	duże	średnie	średnie
> 800 000	duże	duże	duże	duże	średnie
> 1 400 000	duże	duże	duże	duże	duże

Zmierzone w miejscu pracy wartości maksymalnych luminancji źródeł promieniowania widzialnego, które występują w polu widzenia pracownika podczas wykonywania przez niego czynności pracy, oraz średniej luminancji tła w polu zadania (do której zaadaptowany jest wzrok pracownika) porównuje się z wartościami zestawionym w tabeli 5 i na tej podstawie dokonuje oceny ryzyka ze względu na olśnienie.

Opracowane kryteria odnoszą się wyłącznie do nielaserowego promieniowania optycznego. Promieniowanie laserowe z zakresu widzialnego jest najniebezpieczniejsze dla siatkówki oka i wiązka o niewielkiej gęstości mocy zostaje silnie wzmocniona przez układ optyczny oka tak, że padając na siatkówkę oka może wywołać jednocześnie olśnienie i uszkodzenie siatkówki.

3.6. Czynniki organizacyjne

Ryzyko zawodowe może być ograniczone, gdy wprowadzone są w życie odpowiednie działania organizacyjno-techniczne. Jednak w przypadku, gdy występuje prawdopodobieństwo przekroczeń MDE, to brak takich działań lub nieodpowiedni ich zakres może prowadzić do zwiększenia ryzyka zawodowego.

Do działań organizacyjnych, które powinny być brane pod uwagę przy ocenie ryzyka, zalicza się przede wszystkim:

- procedury/programy działań organizacyjno-technicznych zapobiegających przekroczeniu MDE;
- prawidłowość oznakowania miejsca pracy/urządzenia znakami bezpieczeństwa.

W zależności od rodzaju źródła promieniowania i jego zastosowania, a także od wyznaczonego poziomu ekspozycji pracownika, należy stosować różnego rodzaju działania organizacyjno-techniczne, zapobiegające ewentualnemu przekroczeniu maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji. Wyposażenie pracownika w środki ochrony indywidualnej jest wskazanym działaniem organizacyjno-technicznym, gdy żadnymi innymi środkami nie można ograniczyć poziomu ekspozycji. Tak występuje na przykład w przypadku spawania.

Do działań organizacyjnych zalicza się m.in.:

- wprowadzanie procedur organizacyjnych zapobiegających nadmiernej ekspozycji, takich jak np. rotacja pracowników; tym samym, skraca się czas ekspozycji na nadfiolet w ciągu zmiany roboczej, dzięki czemu zmniejszony zostaje poziom ekspozycji;
- zastosowanie odpowiednio dobranych środków ochrony zbiorowej, zapobiegających niezamierzonej ekspozycji (osłonięcie źródła, ekrany ochronne, blokady itp.) oraz nadzór nad ich konserwacją, stanem technicznym i prawidłowym stosowaniem przez pracowników;
- oddalenie miejsca przebywania pracownika od źródła promieniowania;
- przekazywanie lekarzowi medycyny pracy wykonującemu badania profilaktyczne wyników oceny ryzyka zawodowego związanego z promieniowaniem optycznym na stanowisku pracy oraz analizowanie przekazywanych przez lekarza medycyny pracy wyników badań profilaktycznych pod względem występowania schorzeń wynikających z ekspozycji na promieniowanie optyczne;
- odpowiednie zaprojektowanie i wyposażenie stanowiska pracy tak, aby nie występowały odbicia kierunkowe promieniowania;
- szkolenie i przekazywanie pracownikom informacji o zagrożeniach i ryzyku zawodowym związanym z promieniowaniem optycznym oraz o podjętych środkach w celu ograniczenia ryzyka;
- dodatkowym działaniem organizacyjnym jest odpowiednie oznaczenie znakami bezpieczeństwa miejsca pracy, w których poziom promieniowania może przekraczać wartości MDE [5], a także urządzeń laserowych, zgodnie z normą PN-EN 60825-1 [10].

Aby określić kryteria oceny ryzyka, należy dla każdego stanowiska opracować odpowiednią listę kontrolną i każdemu z punktów listy, gdzie będzie występować niespełnienie danego wymogu, nadać odpowiedni poziom ryzyka. Spełnienie wszystkich wymogów listy kontrolnej oznacza małe ryzyko zawodowe ze względu na czynniki organizacyjne, natomiast w przypadku niespełnienia wszystkich wymagań, jako sumaryczną ocenę przyjmuje się zwykle największy poziom ryzyka wynikający z oceny dla czynników organizacyjnych.

3.7. Czynniki psychospołeczne

Błąd człowieka, głównie wynikający z braku świadomości o istniejącym zagrożeniu, w istotny sposób wpływa na poziom ryzyka. Z tego względu ważne jest właściwe szkolenie i informowanie pracowników. Pomimo spełnienia wymogu formalnego, jakim jest dokument potwierdzający udział pracownika w szkoleniu BHP, należy stwierdzić, że często pracownicy mają małą świadomość o istniejącym zagrożeniu dla ich zdrowia i lekceważą stosowanie środków ochrony indywidualnej lub nie przestrzegają ustalonych procedur bezpieczeństwa. Stąd, aby stwierdzić jaki wpływ na poziom ryzyka ma czynnik psychospołeczny, należy przeprowadzić ankietę pracowniczą oraz obserwować zachowania pracownika podczas czynności pracy.

Jeśli w wyniku oceny stwierdzono występowanie ryzyka średniego lub dużego ze względu na niespełnienie jakiegokolwiek z wymagań, skutkuje to przyjęciem odpowiednio ryzyka średniego lub dużego ze względu na czynniki psychospołeczne (np. przyjmujemy ryzyko duże przy niestosowaniu okularów ochronnych, gdy poziom ekspozycji przekracza MDE, pomimo że pracownik wyposażony jest w odpowiednie okulary ochronne).

Aby określić stopień ryzyka związany z tym czynnikiem, należy przeprowadzić ankietę wśród wszystkich pracowników zatrudnionych na danym stanowisku. Wynik przeprowadzonej ankiety wskazuje niezbędne działania korygujące, jakie należy podjąć w stosunku do każdego pracownika (np. skierować na szkolenie, badania okulistyczne, spowodować stosowanie przez niego okularów ochronnych).

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule opracowana wieloczynnikowa metoda i kryteria oceny ryzyka zawodowego związanego z promieniowaniem optycznym roz-

szerzają zakres oceny ryzyka o czynniki inne, niż związane tylko z poziomem ekspozycji i stosowanymi środkami ochrony indywidualnej. Uwzględnione są inne czynniki istotnie wpływające na ryzyko zawodowe, które wymagane są w obowiązujących przepisach [2, 13-19] oraz w normie [12], dla których dotychczas nie podejmowano się określania kryteriów oceny. Opracowane kryteria oceny ryzyka dla każdego z omawianych czynników mogą być praktycznie wykorzystywane przez ekspertów, służby BHP i pracodawców.

Uwzględnienie przy ocenie ryzyka wszystkich omawianych czynników pozwala na uzyskanie pełnego obrazu sytuacji dotyczącej narażenia pracownika i daje możliwość określenia różnych niezgodności z procedurami bezpieczeństwa lub wymaganiami norm, a także innych potencjalnych zagrożeń, które mogą być uaktywnione, jeśli nie zostaną podjęte działania korygujące w miejscu pracy.

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, dofinansowywanego w latach 2011-2013 w zakresie służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: ICNIRP statement on light-emitting diodes (LEDs) and laser diodes: implications for hazard assessment, *Health Physics* 78(6):744-752; 2000.
2. Dyrektywa 2006/25/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym) Dz.U. UE L114/38 z 27.04.2006.
3. PN-T-06589: 2002. Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy.
4. PN-T-05687: 2002. Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy.
5. PN-EN 12198-1: 2010 Bezpieczeństwo maszyn. Ocena i zmniejszenie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny: Część 1. Zasady ogólne.
6. PN-EN 12198-2: 2010 Bezpieczeństwo maszyn. Ocena i zmniejszenie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny: Część 2. Sposób pomiaru emitowanego promieniowania.

7. PN-EN 12198-3: 2010 Bezpieczeństwo maszyn. Ocena i zmniejszenie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny: Część 3. Zmniejszenie promieniowania przez tłumienie lub ekranowanie.
8. PN-EN 14255-1: 2010. Pomiar i ocena ekspozycji osób na niespójne promieniowanie optyczne. Część 1: Promieniowanie nadfioletowe emitowane przez źródła sztuczne na stanowisku pracy.
9. PN-EN 14255-2: 2010. Pomiar i ocena ekspozycji osób na niespójne promieniowanie optyczne. Część 2: Promieniowanie widzialne i podczerwone emitowane przez źródła sztuczne na stanowisku pracy.
10. PN-EN 60825-1: 2010. Bezpieczeństwo urządzeń laserowych. Część 1: Klasyfikacja sprzętu i wymagania.
11. PN-EN 62471: 2010 Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych.
12. PN-N-18002: 2011: Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.
13. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (tekst jednolity Dz.U. z 2003 r. Nr 169 poz. 1650 z późniejszymi zmianami).
14. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie BHP przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne z dnia 27 maja 2010 r. (Dz.U. z 2010 r. nr 100 poz. 643).
15. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2010 r. nr 141 poz. 950).
16. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie przeprowadzenia badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (Dz.U. z 2010 r. nr 240 poz. 1611).
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2011 r. nr 33 poz. 166).
18. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 2004 r. w sprawie wykazu prac wzbro-nionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac (Dz.U. nr 200 poz. 2047 z późniejszymi zmianami).
19. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbro-nionych kobietom (Dz.U. nr 114 poz. 545 z późniejszymi zmianami).
20. Sliney DH Blue light risk and light therapy.
21. http://www.sad.co.uk/resources/SAD_Research/SAD_Risk_Of_Blue_Light_Therapy.pdf.
22. Sliney D.H.: Exposure geometry and spectral environment determine photobiological effects on the human eye, Photochemistry and Photobiology, 81: 483-489, 2005.
23. Winn B, Whitaker D., Elliott D.J., Phillips N.J.: Factors Affecting Light-Adapted Pupil Size in Normal Human Subjects, Investigative Ophthalmology & Visual Science, Vol. 35, No. 3, 1132-1137, 1994, <http://www.iovs.org/content/35/3/1132.full.pdf>.
24. Wolska A, Pawlak A.: Promieniowanie optyczne w: Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny, red. W. Zawieski, CIOP-PIB, Warszawa, 201-216, 2007.
25. Wolska A.: Promieniowanie laserowe w Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny, pod red. W. Zawieski, CIOP-PIB, Warszawa, 217-226, 2007.

Rękopis dostarczono dnia 13.04.2012 r.

METHOD OF OCCUPATIONAL RISK
ASSESSMENT ARISING FROM ARTIFICIAL RADIATION
ACCORDING TO NEW REQUIREMENTS OF LAW

Agnieszka WOLSKA

ABSTRACT *The article indicates the main factors which should be taken into account during the risk assessment related to occupational exposure to artificial optical radiation according to new requirements of law. The scope of elaborated multifactorial method of occupational risk assessment complies with these requirements. The scope and criteria of risk assessment take into consideration: exposure level for particular parts of the body, use of personal protective equipment, workers belonging to particularly sensitive risks groups, any possible effects on workers' health resulting from workplace interaction between optical radiation and photosensitizing chemical substances, any indirect effects such as blinding, explosion or fire, organizational and psychosocial factors.*

Keywords: *artificial optical radiation, occupational exposure, multifactorial method of occupational risk assessment, requirements of law*

