

# Narażenie zawodowe na naturalne promieniowanie nadfioletowe w Polsce – ocena szacunkowa



Naturalne promieniowanie UV stanowi zagrożenie dla dużej grupy pracowników wykonujących prace na wolnym powietrzu. Jest ono przyczyną występowania różnego rodzaju chorób oczu i skóry, w tym nowotworów skóry. Choć promieniowanie nadfioletowe jest uważane za czynnik szkodliwy dla zdrowia, to jedynie ekspozycja na sztuczne źródła tego promieniowania podlega szczególnej uwadze – istnieją odpowiednie wartości NDN, a także obligatoryjnie dokonywana ocena ryzyka zawodowego pracowników ekspozowanych na ich promieniowanie.

Dotychczas nie zajmowano się oceną zagrożenia pracowników ekspozowanych na naturalny nadfiolet, choć ich liczba jest znacznie większa niż pracowników ekspozowanych na sztuczne UV, a w okresie wiosenno-letnim dzienne dawki naturalnego UV otrzymywane przez pracowników są bardzo duże. Pomijanie tego szkodliwego czynnika przy ocenie ryzyka zawodowego pracowników zatrudnionych na zewnętrznych stanowiskach pracy jest zjawiskiem powszechnym.

## Occupational exposure to solar ultraviolet radiation in Poland – estimation

Solar ultraviolet radiation constitutes hazard for significant group of outdoor workers. It can be the cause of various eyes and skin ailments, including skin cancers. Even though ultraviolet radiation is considered a threat to one's health, exposure to artificial sources only is under particular attention. Exposure limit values to artificial UV are specified and the occupational risk assessment is carried out unconditionally.

Risk assessment for workers exposed to solar ultraviolet radiation has been not carried out yet, however daily radiant exposure (doses) of natural UV in Spring & Summer seasons are very high and the number of workers exposed to natural UV and is much higher than workers exposed to artificial UV radiation. In general this hazardous factor is omitted in risk assessment for outdoor workers.

## Wstęp

Według danych GUS o zatrudnionych na stanowiskach pracy, usytuowanych na zewnątrz pomieszczeń (w przestrzeni otwartej) w sektorach: budownictwo, leśnictwo, rybołówstwo i rolnictwo, a tym samym potencjalnie ekspozowanych na groźne dla zdrowia, naturalne promieniowanie nadfioletowe (UV) wynika, że w 2007 roku na takich stanowiskach pracowało ok. 2,84 mln osób, co stanowiło około 20,5% wszystkich zatrudnionych w Polsce [1]. Uwzględniając fakt, że w Polsce znacząca ilość naturalnego nadfioletu występuje w okresie wiosenno-letnim, czynnik ten powinien być brany pod uwagę zarówno przy ocenie ryzyka zawodowego, jak i przy działaniach prewencyjnych. Wyniki badań przeprowadzonych przez Światową Organizację Zdrowia (*World Health Organization* – WHO), zawarte m.in. w raporcie pt. *“Solar ultraviolet radiation. Global burden of diseases from solar ultraviolet radiation”* [2] wskazują, że nadmierna ekspozycja na naturalny nadfiolet w XXI w. jest rocznie przyczyną ok. 66 tys. przedwczesnych zgonów na skutek różnego rodzaju nowotworów skóry, w tym czerniaka.

Obecnie czynnik szkodliwy, jakim jest naturalne promieniowanie nadfioletowe nie jest uwzględniany ani przy ocenie ryzyka zawodowego, ani w działaniach prewencyjnych. Istniejących wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) i metod ich pomiaru stosowanych do oceny zagrożenia sztucznym UV nie można stosować do ekspozycji na naturalne promieniowanie UV, ze względu na dużą zmienność tego promieniowania w czasie. Taka sytuacja przyczyniła się do podjęcia przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy działań w celu opracowania metody badania ekspozycji oraz oceny ryzyka zawodowego pracowników ekspozowanych na naturalne promieniowanie nadfioletowe. Artykuł przedstawia wyniki szacunkowej analizy zagrożeń naturalnym promieniowaniem nadfioletowym dla wybranych grup zawodowych w Polsce.

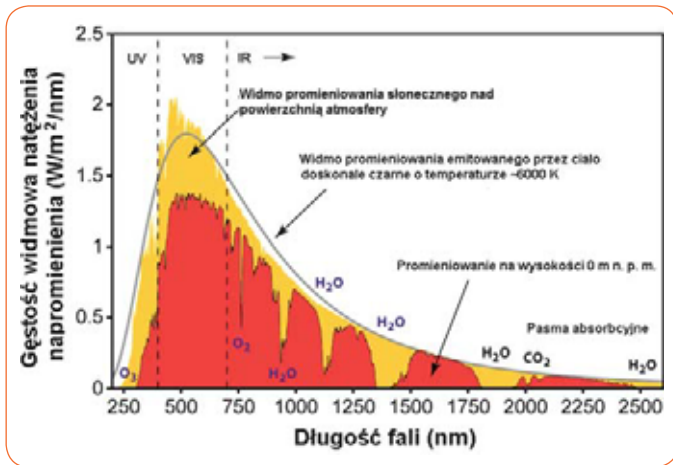
## Charakterystyka naturalnego promieniowania nadfioletowego

Naturalnymi źródłami promieniowania nadfioletowego są: Słońce, nieboskłon, Księżyc, planety oraz gwiazdy. Najważniejszym z punktu widzenia wpływu na życie na Ziemi naturalnym

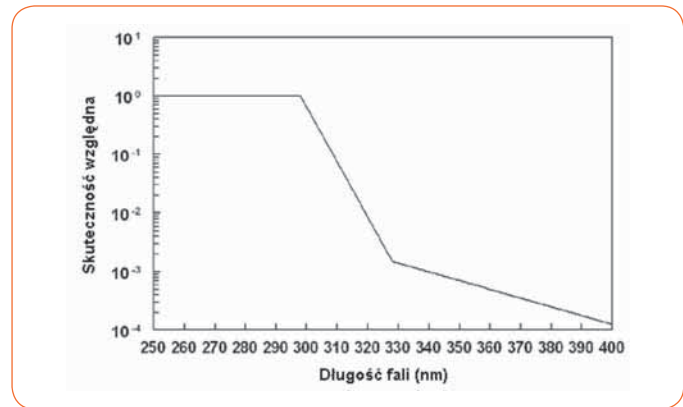
źródłem promieniowania UV jest Słońce. Widmo emitowanego przez tę gwiazdę promieniowania jest zbliżone do widma ciała doskonale czarnego, którego temperatura powierzchni wynosi ~6000 K, co przedstawiono na rys. 1.

Przy bezchmurnym niebie energia promieniowania UV stanowi około 7% całkowitej energii promieniowania emitowanego przez Słońce.

Słoneczne promieniowanie UV przechodząc przez atmosferę jest pochłaniane przez cząsteczki ozonu i tlenu. Na skutek tego procesu struktura widmowa promieniowania słonecznego ulega znacznemu zubożeniu. Atmosfera ziemska pochłania bowiem 100% promieniowania z zakresu UV-C (promieniowanie o długościach fali z zakresu 100-280 nm) oraz 90% promieniowania z zakresu UV-B (promieniowanie o długościach fali z zakresu 280-315 nm). Niemniej jednak w tych rejonach globu ziemskiego, gdzie występuje dziura ozonowa (Australia, Arktyka) przy powierzchni Ziemi rejestruje się większe niż w innych rejonach kuli ziemskiej natężenia promieniowania z zakresu UV-B [4, 5]. W związku z tym do powierzchni Ziemi dociera głównie promieniowanie o zakresie długości fal od 290 do 400 nm (UV-A i częściowo UV-B).



Rys. 1. Widmo promieniowania emitowanego przez Słońce [3]  
Fig. 1. Solar radiation spectrum [3]



Rys. 2. Krzywa względnej skuteczności erytemalnej opublikowana przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (CIE) [6]. (Funkcja skuteczności erytemalnej przyjmuje wartość maksymalną równą 1 dla promieniowania o długości fali  $\lambda > 297$  nm)  
Fig. 2. The CIE (International Commission on Illumination) reference action spectrum for erythema in human skin [6] (Function of erythemal efficiency equals 1 for wavelengths  $\lambda > 297$  nm)

**Skutki biologiczne oddziaływania nadfioletu**

Działanie promieniowania nadfioletowego na człowieka ma charakter fotochemiczny, a jego skutek biologiczny zależy od ilości pochłoniętego promieniowania, długości fali i rodzaju ekspozowanej tkanki. Ilość pochłoniętego przez tkankę promieniowania jest zależna od jej napromienienia oraz współczynników odbicia i przepuszczania ekspozowanej tkanki. Promieniowanie nadfioletowe może spowodować zarówno korzystne, jak i szkodliwe skutki dla zdrowia człowieka.

Korzystny wpływ nadfioletu polega między innymi na działaniu przeciwkrzywiczym (powstawanie witaminy D<sub>3</sub>), a także przyczynia się do wzrostu odporności organizmu, obniżenia ilości cholesterolu, szybszego gojenia się ran, ustępowania infekcji i niektórych chorób skóry (w tym m.in. łuszczyca czy egzema), poza tym do leczenia żółtaczki u noworodków. W wymienionych przypadkach ekspozycja na promieniowanie UV odbywa się pod kontrolą medyczną, a stosunek korzyści płynących z tego typu terapii do ewentualnego ryzyka jej efektów ubocznych jest sprawą oceny medycznej. Jednak nadmierna ekspozycja na promieniowanie nadfioletowe może prowadzić do skutków szkodliwych w odniesieniu do oczu i skóry, a także negatywnie wpływać na system immunologiczny człowieka.

Tabela 1. Klasyfikacja efektów szkodliwych dla skóry i oczu wywołanych ekspozycją na naturalne promieniowanie nadfioletowe, ze względu na czas ich wystąpienia po ekspozycji

Table 1. Hazardous effects for skin and eyes following an exposure to UV radiation in respect of time of their occurrence after the exposure

Rodzaj skutku	Efekty szkodliwe w odniesieniu do skóry	Efekty szkodliwe w odniesieniu do oczu
Ostre	erytema (rumień) fotodermatozy poparzenie słoneczne	zapalenie rogówki zapalenie spojówki łączne zapalenie rogówki i spojówki
Przewlekłe	pigmentacja (piegi) fotostarzenie skóry keratozy słoneczne zmiany przednowotworowe i nowotworowe rak skóry (czerniak; podstawno- i kolczystokomórkowy)	skrzydlik zaćma rak oka

Efekty szkodliwe ze względu na czas ich wystąpienia po ekspozycji skóry lub oczu na promieniowanie nadfioletowe dzielimy na ostre i przewlekłe (tabela 1.). Ostre występują maksymalnie do 24 godzin po ekspozycji, natomiast przewlekłe znacznie później, często po wieloletniej ekspozycji.

Z uwagi na przedstawione wyżej skutki szkodliwe oddziaływania promieniowania nadfioletowego na organizm człowieka promieniowanie to zaliczane jest do czynników szkodliwych w środowisku pracy.

Danemu rodzajowi skutku biologicznego odpowiada charakterystyczny, właściwy mu, względny rozkład widmowy skuteczności biologicznej promieniowania optycznego (krzywa skuteczności biologicznej promieniowania optycznego). Na podstawie wielu badań eksperymentalnych opracowano krzywe skuteczności biologicznej nadfioletu, w tym:

- krzywą skuteczności w wywoływaniu rumienia skóry (krzywa erytemalna, rys. 2.)
- krzywą skuteczności wytwarzania witaminy D<sub>3</sub>
- krzywą skuteczności w wywoływaniu raka skóry
- krzywą skuteczności uszkodzenia DNA
- krzywą skuteczności w wywoływaniu zapalenia rogówki
- krzywą skuteczności w wywoływaniu zapalenia spojówki.

W praktyce powszechnie stosowana jest krzywa skuteczności erytemalnej (rys. 2.), gdyż przy jej pomocy wyznaczony jest przez wszystkie stacje meteorologiczne na świecie indeks UV. Indeks UV jest to względna jednostka miary naturalnego promieniowania UV, dotycząca jego erytemalnego oddziaływania na skórę człowieka.

**Ekspozycja na naturalne promieniowanie nadfioletowe**

Natężenie i częstotliwość ekspozycji ludzi ekspozowanych zawodowo na naturalne promieniowanie nadfioletowe jest różna dla różnych grup zawodowych. Wartości natężenia i częstotliwości ekspozycji mają bezpośredni wpływ na poziom ryzyka wystąpienia skutków ubocznych dla zdrowia człowieka.

Przy przeprowadzaniu analizy zagrożeń zdrowia pracowników ekspozowanych na naturalne promieniowanie nadfioletowe uwzględnia się następujące czynniki:

- lokalne natężenia promieniowania UV określone przez indeks UV (na terenie Polski)
- szacunek liczby osób zatrudnionych na różnych zewnętrznych stanowiskach pracy
- szacunkowy czas i częstotliwość ekspozycji różnych grup zawodowych.

**Lokalne natężenia promieniowania UV w Polsce**

W Polsce pomiarami natężenia naturalnego promieniowania UV oraz wyznaczaniem indeksu UV zajmuje się Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Pomiary wykonywane są w trzech stacjach meteorologicznych znajdujących się: na południu kraju: w Zakopanem (stacja Kasprowy), w centrum kraju w Legionowie, oraz na północy w Łebie. W tabeli 2. (str. 16.) zamieszczono dane dotyczące średnich wartości indeksu UV wyznaczonych w poszczególnych miesiącach na podstawie pomiarów przeprowadzonych w stacjach meteorologicznych w latach 2000-2005.

Na podstawie danych zamieszczonych w tab. 1. i 2. oraz przy przyjęciu kryteriów katego-

Tabela 2. Średnia miesięczna wartość indeksu UV z lat 2000-2005 [8]  
 Table 2. Average monthly values of UV index ranging years 2000 – 2005 [8]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII
Łeba	0,22	0,57	1,42	2,56	3,97	4,45	4,54	3,99	2,63	1,13	0,38	0,17
Legionowo	0,32	0,78	1,73	2,82	4,36	4,71	4,85	4,15	2,79	1,43	0,52	0,25
Zakopane	0,58	1,09	2,19	3,19	4,56	4,73	4,58	4,13	2,94	1,74	0,78	0,47

ryzacji ekspozycji na promieniowanie UV można stwierdzić, że:

- największe średnie natężenie promieniowania UV w Polsce występują w okresie wiosenno-letnim, przy czym od maja do sierpnia średnie miesięczne wartości indeksu UV wynoszą co najmniej 4
- natężenie promieniowania UV w Polsce rośnie w miarę przesuwania się w kierunku niższych wartości szerokości geograficznej (na południe).

Stwierdzenia te odnoszą się do średnich miesięcznych wartości indeksu UV. Na podstawie średnich dziennych przebiegów zmienności w poszczególnych miesiącach można jednak stwierdzić, że o pewnej porze dnia w miesiącach wiosenno-letnich natężenie naturalnego promieniowania UV jest dużo większe. Na rysunkach 3. oraz 4. przedstawiono dobową zmienność indeksu UV dla Łeby (Lb), Legionowa (Lg) i Zakopanego (Za) odpowiednio dla kwietnia i czerwca.

Zgodnie z wartościami indeksu UV odczytanymi z rys. 3., średnia ekspozycja na naturalne promieniowanie nadfioletowe w Polsce w ciągu

dnia w kwietniu odpowiada kategorii ekspozycji „wysoka” (indeks UV z zakresu 6÷7) w godzinach od 9 do 14 dla stacji Zakopane oraz „umiarkowana” w położonych bardziej na północ częściach kraju. Wraz ze zmniejszaniem się wartości kąta zenitalnego Słońca wynikającym z obrotu Ziemi po orbicie okołosłonecznej, dzienny przebieg natężenia naturalnego promieniowania UV przybiera coraz większe wartości. Maksymalne natężenie tego promieniowania w Polsce obserwowane jest w czerwcu, wówczas zgodnie z wykresem zamieszczonym na rysunku 4. w całym kraju od godziny 10 do 17 występuje kategoria ekspozycji „wysoka”.

Wynika z tego, że – mimo iż średnia ekspozycja na promieniowanie UV w Polsce odpowiada kategorii ekspozycji „niska” (indeks UV z zakresu 0÷2) bądź „umiarkowana” (indeks UV z zakresu 3÷5) – to w okresie wiosenno-letnim w ciągu dnia pracownicy zatrudnieni na zewnętrznych stanowiskach pracy przez kilka godzin ekspozowani są na naturalne promieniowanie UV charakteryzujące się dużym natężeniem. Związane z tym jest wysokie ryzyko wystąpienia skutków szkodliwych dla zdrowia.

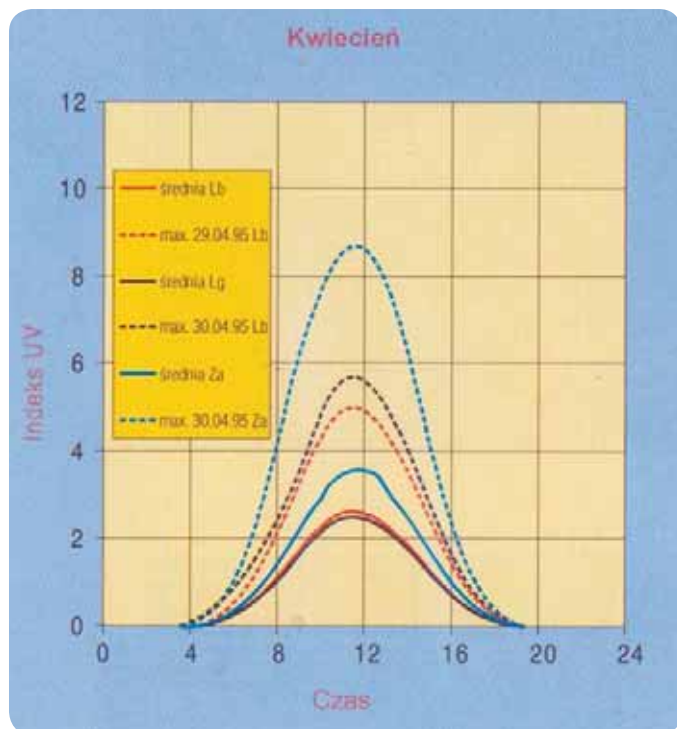
### Szacunkowa analiza zagrożeń na zewnętrznych stanowiskach pracy

Na podstawie analizy czynności wykonywanych przez różne grupy zawodowe ekspozowane na naturalny nadfiolet określono szacunkowo natężenie i częstość ekspozycji (tabela 3.).

Najbardziej narażeni na naturalne promieniowanie nadfioletowe są rolnicy, pracownicy budowlani wykonujący roboty stanu surowego, marynarze oraz ratownicy wodni. Najliczniejszą grupą zawodową spośród wymienionych są rolnicy. Biorąc pod uwagę, że czas trwania ich ekspozycji w ciągu dnia jest długi oraz fakt, iż promieniowanie UV ma w Polsce prawie dwukrotnie większy wpływ na powstawanie nowotworów skóry, niż na wywoływanie erytemy (rumienia), zagrożenie wystąpieniem skutków szkodliwych ekspozycji na naturalny nadfiolet uznaje się za duże (na podstawie danych IMGW [10]).

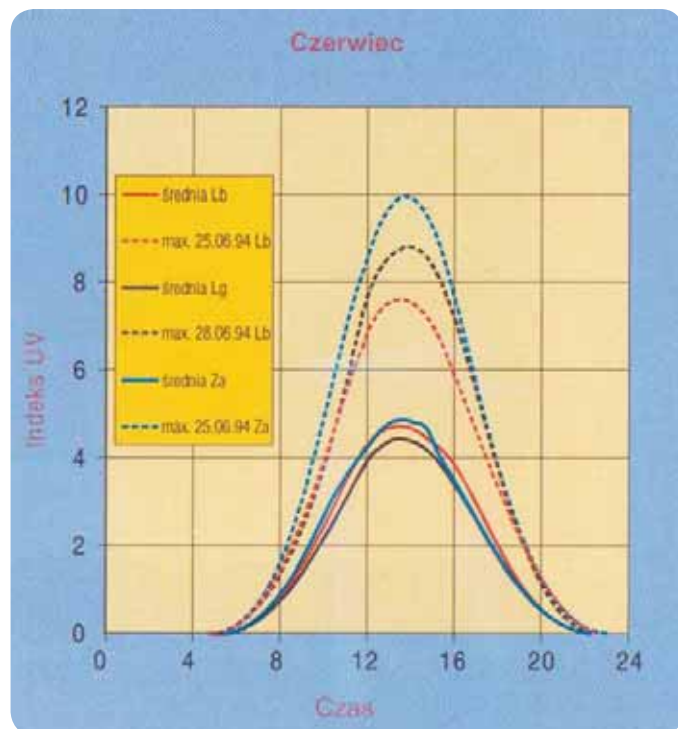
Pracownicy budowlani zazwyczaj ekspozowani są na promieniowanie o dużym natężeniu codziennie, także w sezonie zimowym. W związku z tym można ich uznać za najbardziej zagrożonych skutkami ubocznymi ekspozycji na naturalny nadfiolet.

W przypadku grup zawodowych, których przedstawiciele pracują na morzu bądź w jego bliskim sąsiedztwie oraz przy zamkniętych akwenach wodnych, można mówić o dużej ekspozycji, będącej wynikiem jej dużego natężenia i częstości, a także brakiem naturalnych osłon przed promieniowaniem UV. Pewien wyjątek stanowią w tym przypadku rybacy, którzy zazwyczaj wypływają w morze w środku nocy i wracają rano, bądź pływają na dużych, nowoczesnych jednostkach, gdzie załoga



Rys. 3. Dobowa zmienność indeksu UV dla Łeby (Lb), Legionowa (Lg) i Zakopanego (Za) w kwietniu; średni przebieg z okresu 1994-1999 i w dniach z maksymalną wartością indeksu UV w tym okresie [7]

Fig.3. Daily variation of UV index in April for Łeba (Lb), Legionowo (Lg) and Zakopane (Za), average course in days of maximum UV index in years: 1994-1999 [7]



Rys. 4. Dobowa zmienność indeksu UV dla Łeby (Lb), Legionowa (Lg) i Zakopanego (Za) w czerwcu; średni przebieg z okresu 1994-1999 i w dniach z maksymalną wartością indeksu UV w tym okresie [7]

Fig.4. Daily variation of UV index in June for Łeba (Lb), Legionowo (Lg) and Zakopane (Za), average course in days of maximum UV index in years: 1994-1999 [7]

Tabela 3. Ekspozycja zawodowa na naturalne promieniowanie nadfioletowe przedstawicieli poszczególnych grup zawodowych – analiza zagrożeń [8, 9, 10]

Table 3. Occupational exposure to natural UV radiation of various work groups representatives – hazard evaluation [8, 9, 10]

Grupa zawodowa	Ekspozycja	Częstość ekspozycji
Betoniarze	duże	duża
Brukarze	duże	duża
Dekarze	duże	duża
Inżynierowie budowy	duże	duża
Marynarze	duże	duża
Monterzy rusztowań	duże	duża
Monterzy szalunków	duże	duża
Ratownicy	duże	duża
Rolnicy	duże	duża
Zbrojarze	duże	duża
Bitumiarze	średnie	duża
Cieśle	średnie	duża
Pracownicy leśni	średnie	duża
Ogrodnicy	średnie	duża
Kamieniarze	średnie	duża
Rybacy	średnie	duża
Malarze budowlani	średnie	średnia
Monterzy linii elektrycznych i telekomunikacyjnych	średnie	średnia
Operatorzy ciągników rolniczych	średnie	średnia
Operatorzy walców	średnie	średnia
Operatorzy wózków widłowych	średnie	średnia
Sportowcy	średnie	średnia
Listonosze, sprzedawcy uliczni	średnie	mała
Kelnerzy oraz pracownicy hotelowi	małe	duża
Operatorzy ładowarek	małe	średnia
Operatorzy układarek asfaltu	małe	średnia
Mechanicy konserwatorzy	małe	średnia
Kierowcy	małe	mała
Operatorzy wytwórni mas bitumicznych	małe	mała
Piloci statków powietrznych i nawigatorzy	małe	mała

większość czasu pracy spędza na swoich stanowiskach pod pokładem. W związku z tym ekspozycję zawodową rybaków i zagrożenie wystąpieniem skutków szkodliwych ocenia się jako średnie.

### Podsumowanie

Obecnie w Polsce nie prowadzi się statystyk dotyczących chorób oczu i skóry wywołanych naturalnym UV (takie dane zbiera się jedynie w przypadku ekspozycji na promieniowanie UV emitowane przez sztuczne źródła).

W Polsce w 2007 r. na zewnętrznych stanowiskach pracy w Polsce zatrudnionych było około

2,84 mln osób, z czego największą grupę stanowili rolnicy oraz robotnicy budowlani (odpowiednio 2,09 mln i 690 tys. pracowników). Przedstawiciele tych grup zawodowych są często ekspozowani na naturalne promieniowanie nadfioletowe o dużych natężeniach. Pomimo, że średnie roczne natężenie promieniowania UV w Polsce jest małe, to w ciągu dnia, w okresie wiosenno-letnim – roślinie, a największe wartości występują w czerwcu przez kilka godzin pomiędzy godziną 10 a 17. W konsekwencji może to prowadzić do związanych z tą ekspozycją chorób oczu i skóry.

Spśród zatrudnionych na zewnętrznych stanowiskach pracy przez co najmniej 50% czasu

pracy najbardziej ekspozowane na naturalne promieniowanie UV grupy zawodowe to: betoniarze, brukarze, dekarze, inżynierowie budowy, marynarze, monterzy rusztowań i szalunków, ratownicy, rolnicy, zbrojarze, wobec czego u tych pracowników często może występować duże ryzyko zawodowe związane z ekspozycją na naturalne promieniowanie UV.

Pracownicy zatrudnieni na zewnętrznych stanowiskach pracy powinni być świadomi zagrożeń powodowanych przez nadfiolet i poinformowani o środkach technicznych i organizacyjnych ograniczających ryzyko zdrowotne związane z tymi zagrożeniami.

Na podstawie wyników pomiarów dawek promieniowania UV otrzymywanych przez pracowników na różnych stanowiskach pracy, w CIOP-PIB opracowane zostaną kryteria oraz metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z tym czynnikiem, których wprowadzenie powinno przyczynić się do wzrostu świadomości zarówno pracodawców, jak i pracowników co do konieczności podejmowania działań ograniczających stwierdzone ryzyko zawodowe.

### PIŚMIENICTWO

- [1] *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*, GUS, 2008 r.
- [2] r. Lucas, T. McMichael, W. Smith, B. Armstrong *Solar Ultraviolet Radiation. Global burden of disease from solar ultraviolet radiation*, Environmental Burden of Diseases Series, No 13. WHO Geneva 2006
- [3] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Solar\\_Spectrum.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Solar_Spectrum.png)
- [4] E. C. De Fabo: *Ultraviolet-B radiation and stratospheric ozone loss: potential impacts on human health in the arctic.* "Int J Circumpolar Health" Vol. 59, Issue 1, pp. 4-8, Jan. 2000
- [5] <http://www.theozonehole.com/consequences.htm>
- [6] A. F. McKinley, B. L. Diffey *A reference action spectrum for ultra-violet induced erythema in human skin.* CIE J, 6: 17-22, 1987
- [7] Z. Lityńska, B. Łapeta, H. Wolska *Indeks UV a człowiek, przewodnik przeznaczony do praktycznego stosowania i interpretacji słonecznego indeksu UV opracowany przez czwartą Grupę Roboczą Akcji COST-713 „Prognoza UV-B”.* Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2001
- [8] A. Wolska, E. Flaspöler, D. Reinert, M. Hietanen, S. Kaluza, L. Udovicic, L. Eeckelaert, M. Tajedor, N. Cavalle, B. de Diego, S. Salsi *Project P-06-07 Emerging risks report on ultraviolet radiation*, 2006
- [9] *Ultraviolet Radiation & Health*, afsset, afsapps 2005
- [10] J. Biszczuk, Z. Lityńska, A. Curyło *Wpływ promieniowania UV na zdrowie człowieka – Funkcja czułości spektralnej: erytemalna, prowitamina D<sub>3</sub>, SCUP-H.* Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 234, 2008 r.
- [11] A. Wolska, Ł. Gałęcki, P. Głogowski, A. Pawlak, B. Sułowicz *Analiza zagrożeń naturalnym promieniowaniem UV dla wybranych grup zawodowych w Polsce. Sprawozdanie z 1 etapu zadania 4. S.10 pt.* „Monitorowanie ekspozycji na naturalne promieniowanie nadfioletowe u pracowników zatrudnionych na zewnętrznych stanowiskach pracy” realizowanego w ramach programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, etap I

*Publikacja przygotowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*