

Grażyna BARTKOWIAK  
Agnieszka WOLSKA  
Grzegorz OW CZAREK

## ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ DO OCHRONY PRACOWNIKÓW PRZED ZAGROŻENIAMI WYWOŁANYMI NATURALNYM UV

**STRESZCZENIE** *W niniejszym artykule przedstawiono zagadnienia z zakresu oceny zagrożeń naturalnym promieniowaniem nadfioletowym, czynników wpływające na zagrożenia i ochronę przed tym promieniowaniem oraz metodyki oceny włókienniczych materiałów barierowych. Próbkki badanych materiałów barierowych zostały poddane warunkom kondycjonowania odpowiadającym symulacji działania promieniowania słonecznego i opadów atmosferycznych, cykлом prania i suszenia oraz działaniu zmiennych czynników atmosferycznych.*

**Słowa kluczowe:** *środki ochrony indywidualnej, zagrożenia, promieniowanie nadfioletowe*

---

**dr inż. Grażyna BARTKOWIAK**  
e-mail: grbar@ciop.lodz.pl

**dr inż. Agnieszka WOLSKA**  
e-mail: agwol@ciop.pl

**dr inż. Grzegorz OW CZAREK**  
e-mail: growc@ciop.lodz.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
(Zakład Ochron Osobistych)

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 244, 2010

## 1. WSTĘP

---

Analizując typowe stanowiska pracy na wolnej przestrzeni, gdy pracownicy są narażeni na zagrożenia wywołane naturalnym promieniowaniem UV, stosowana jest odzież ochronna chroniąca przed zagrożeniami typowymi dla określonych stanowisk pracy. Odzież taka używana jest m.in. przez: kamieniarzy, dekarzy, monterów linii elektrycznych i telekomunikacyjnych. W wielu przypadkach może ona stanowić również barierę przed UV. Należy jednak sprawdzić w jaki sposób materiały te zabezpieczają przed szkodliwym promieniowaniem nadfioletowym. Projektowanie odzieży barierowej, chroniącej przed UV odnosi się zarówno do wytypowania materiału zapewniającego odpowiedni do danego poziomu zagrożenia wskaźnik barierowości UV oraz konstrukcji odzieży jako całości. Ponadto z uwagi na fakt, że będzie to odzież stosowana najczęściej podczas prac w miesiącach letnich, powinna ona zapewniać również wysoki komfort biofizyczny i użytkowy [1, 2]. Materiały na odzież chroniącą przed UV do przestrzeni otwartej, powinna charakteryzować się następującymi właściwościami:

- współczynnikiem protekcji UV odpowiednim do zagrożenia,
- niską masą powierzchniową,
- wysoką przepuszczalnością powietrza,
- niskim oporem cieplnym i oporem pary wodnej.

W przypadku ochrony oczu przed promieniowaniem nadfioletowym używane są zazwyczaj okulary. Z uwagi na charakter prac wykonywanych na wolnej przestrzeni, bardzo często stosuje się okulary chroniące również przed olśnieniem (okulary przeciwsłoneczne). Jednym z materiałów, który powszechnie wykorzystywany jest do konstrukcji filtrów chroniących przed UV jest poliwęglan. Charakteryzuje go naturalna zdolność pochłaniania promieniowania nadfioletowego oraz możliwość zabarwienia materiału w masie, nadając tym samym barwionemu materiałowi odpowiednie właściwości filtracyjne.

## 2. KRYTERIA OCENY ZAGROŻEŃ PROMIENIOWANIEM OPTYCZNYM W ZAKRESIE NADFIOLETU

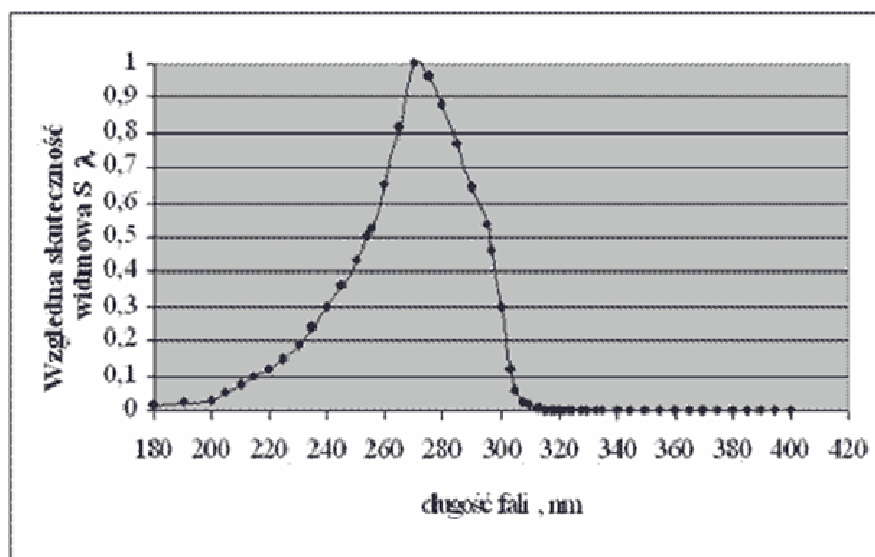
---

Kryteria oceny zagrożenia oraz wartości graniczne ekspozycji na promieniowanie optyczne określa rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy ze zm. [4].

Jako kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym przyjęto niedopuszczenie do powstania rumienia skóry, zapalenia rogówki i spojówki oka, rozwoju zmian nowotworowych skóry i zaćmy soczewki. Obowiązują następujące wartości NDN:

- najwyższe dopuszczalne napromienienie skuteczne  $N_s$  promieniowaniem nadfioletowym oka i skóry w ciągu dobowego wymiaru czasu pracy bez względu na długość jego trwania wynosi  $30 \text{ J/m}^2$ , wyznaczone według krzywej skuteczności  $S_\lambda$  w zakresie  $180 \div 400 \text{ nm}$ ;
- w celu niedopuszczenia do powstania zaćmy UV, dodatkowo ograniczono całkowite nieselektywne napromienienie  $N_c$  oczu promieniowaniem pasma  $315 \div 400 \text{ nm}$  do wartości  $10\,000 \text{ J/m}^2$  w ciągu dobowego wymiaru czasu pracy bez względu na długość jego trwania [4].

Przy ocenie zagrożenia zdrowia promieniowaniem nadfioletowym, gdzie skutki szkodliwe występują na skutek reakcji fotochemicznych, sumuje się wszystkie dawki promieniowania, jakie pracownik otrzymuje w ciągu zmiany roboczej i dopiero wartość sumarycznej dawki porównuje się z wartościami NDN. W polskiej normie PN-T-06589: 2002 [3] określono tabelarycznie rozkład widmowy względnej skuteczności biologicznej promieniowania powodującego powstanie rumienia skóry oraz stanów zapalnych rogówki i spojówki oka, którego postać graficzną przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Względna skuteczność widmowa  $S_\lambda$  zagrożenia oczu i skóry promieniowaniem UV

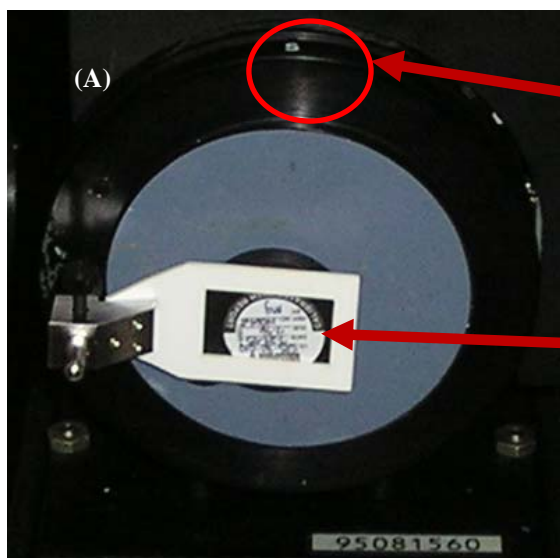
Przyjęte kryteria oceny zagrożenia oraz wartości NDN związane z promieniowaniem optycznym dotyczą ekspozycji pracowników tylko na sztuczne

źródła promieniowania [5, 6, 7]. W przypadku ekspozycji na promieniowanie słoneczne, która występuje u pracowników wykonujących prace na wolnej przestrzeni (np. w budownictwie, rybołówstwie czy rolnictwie), należy również dokonywać oceny ryzyka zawodowego związanego z tym czynnikiem, gdyż jest to czynnik szkodliwy dla zdrowia. Ocenę taką powinno dokonywać się w oparciu o aktualne dane dotyczące wskaźnika UV dla danego rejonu, a następnie zastosowanie odpowiednich działań organizacyjno-technicznych.

### 3. BADANIA SPEKTROFOTOMETRYCZNE MATERIAŁÓW PRZEZNACZONYCH DO OCHRONY PRZED NATURALNYM UV

#### 3.1. Aparatura do badań

Badania polegały na wyznaczeniu charakterystyki widmowej przepuszczenia  $\tau(\lambda)$  metodą spektrofotometryczną. Dokonywano rejestracji w zakresie widmowym od 200 nm do 400 nm z wykorzystaniem kuli całkującej zamontowanej w spektrofotometrze CARY 5000 firmy Varian. Rejestracja z wykorzystaniem kuli całkującej pozwala na pomiar całkowitego promieniowania przechodzącego. Mierzone jest zarówno przechodzące promieniowanie rozproszone na badanej próbce, jak również składowa zwierciadlana. Umieszczenie kuli całkującej w komorze pomiarowej spektrofotometru przedstawiono na rysunku 2.



W pozycji „S” mierzona jest całkowita ilość promieniowania przechodzącego przez badaną próbkę

Wzorzec odbicia zamontowany w otworze kuli całkującej służącym do umieszczania próbek podczas pomiarów odbicia



Przewód sterujący kuli całkującej połączony z gniazdem znajdującym się w komorze pomiarowej

**Rys. 2. Umieszczenie próbki materiału włókienniczego w komorze pomiarowej spektrofotometru; (A) – dobór geometrii pomiarowej i umieszczenie wzorca w kuli całkującej; (B) – kula całkująca w komorze pomiarowej spektrofotometru**

Badane próbki umieszczane są w komorze pomiarowej spektrofotometru. Sposób umieszczenia próbek przedstawiono na rysunku 3.



Miejsce, w którym umieszczana jest próbka materiału włókienniczego w otworze pomiarowym kuli całkującej

**Rys. 3. Miejsce umieszczenia próbki w otworze pomiarowym kuli całkującej**

### 3.1. Próbki badanych materiałów

Do badań spektrofotometrycznych wykorzystano tkanin i dzianin. Nazwy próbek oraz sposoby ich kondycjonowania przedstawiono w tabeli 1.

**TABELA 1**

Próbki użyte do badań spektrofotometrycznych

Lp.	Nazwa / opis próbki materiału włókienniczego	Metoda kondycjonowania				
		Nowa	Cykl 5 prań	Ksenotest (150h)	Warunki środowiskowe (1200h)	Warunki środowiskowe (2400h)
1.	<b>Tkanina</b> 80% PES, 20%CO w kolorze fluorescencyjnym żółtym, 285 g/m <sup>2</sup>	+				
2.					+	
3.						+
4.	<b>Dzianina biała</b> 100 % CO, 140 g/m <sup>2</sup>	+				
5.	<b>Tkanina</b> 80% PES, 20%CO w kolorze fluorescencyjnym pomarańczowym, 285 g/m <sup>2</sup>	+				
6.						+
7.	<b>Tkanina pikowana</b>	+				
8.	<b>Tkanina koszulowa</b> 18% CV, 81% PES, 1% CF 114 g/m <sup>2</sup>			+		
9.		+				
10.		+				
11.	<b>Tkanina koszulowa</b> 28% CO, 72% PES, 140 g/m <sup>2</sup>		+			
12.				+		
13.		+				
14.	<b>Dzianina</b> 100 % CO, 160 g/m <sup>2</sup>		+			
15.				+		
16.	<b>Dzianina</b> 100% PES, w kolorze fluorescencyjnym żółtym	+				

### 3.2. Oceniane parametry

Do oceny stopnia ochrony materiałów włókienniczych przed promieniowaniem nadfioletowym służy aktualnie UPF (*ang. Ultraviolet Protective Factor*). Parametr ten mierzony jest w warunkach laboratoryjnych.

Do oceny laboratoryjnej współczynnika UPF wykorzystywany jest spektrofotometr umożliwiający pomiar transmisji przez materiał włókienniczy w zakresie od 290 nm do 400 nm. O wartości współczynnika UPF decyduje transmisja widmowa promieniowania  $\tau(\lambda)$ , wartości której (dla poszczególnych fal w zakresie od 290 nm do 400 nm) ważone są iloczynem wartości widmowych oddziaływania słonecznego oraz widmem światła słonecznego. Taka definicja współczynnika – dla określenia stopnia protekcji materiału włókienniczego – uwzględnia więc efekt biologiczny, jakim jest powstanie rumienia (widmo oddziaływania rumieniotwórczego), jak również rozkład widmowy promieniowania słonecznego. Ponieważ w badaniach spektrofotometrycznych mierzona jest transmisja widmowa promieniowania, jej rozkład stanowić może bazę do zdefiniowania całego szeregu współczynników pozwalających na precyzyjne określenie stopnia protekcji materiału włókienniczego w odniesieniu do specyficznego widmowego rozkładu promieniowania dowolnego źródła UV, oraz widmowych oddziaływań biologicznych. Dla badanych próbek materiałów

włókienniczych zaproponowano nowe współczynniki służące ocenie barierowości przed promieniowaniem nadfioletowym. Współczynniki te, wraz ze znany wcześniej UPF, przedstawiono w tabeli 2.

**TABELA 2**

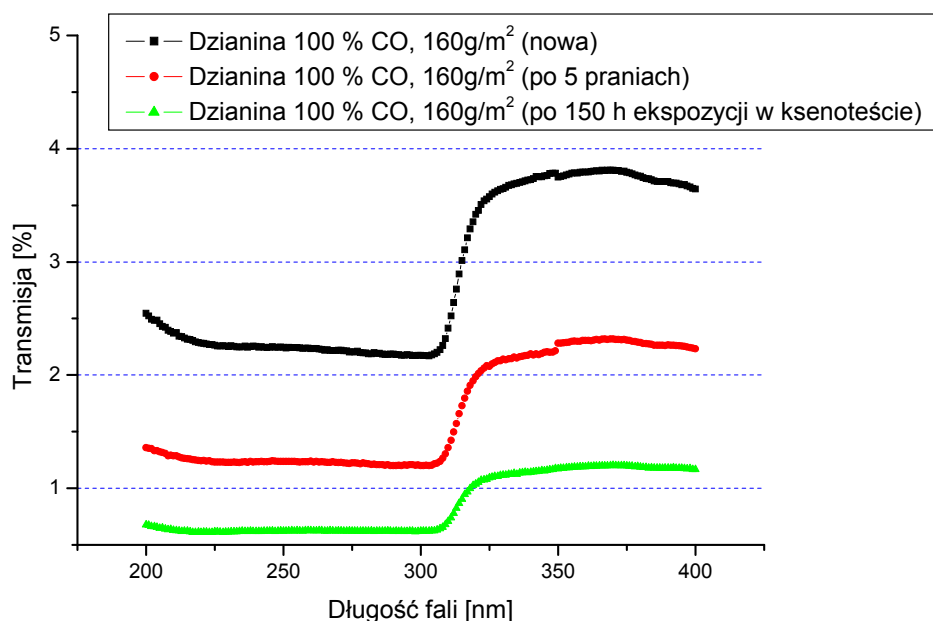
Współczynniki służące ocenie barierowości materiałów włókienniczych

Wzór	Opis
$UPF = \frac{\int_{290nm}^{400nm} E(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{290nm}^{400nm} E(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot \tau(\lambda) d\lambda},$	<p><b>Ultraviolet Protective Factor</b>  <math>\varepsilon(\lambda)</math> – względna skuteczność widmowa wywoływania rumienia skóry,  <math>\tau(\lambda)</math> – transmisja widmowa promieniowania przez materiał włókienniczy  <math>E(\lambda)</math> – widmo promieniowania źródła światła (naturalne lub sztuczne),  <math>\lambda</math> – długość fali.</p>
$SCPF = \frac{\int_{270}^{370} E(\lambda) \cdot SC(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{270}^{370} E(\lambda) \cdot SC(\lambda) \cdot \tau(\lambda) d\lambda},$	<p><b>Skin Cancer Protective Factor</b>  <math>SC(\lambda)</math> – względna skuteczność widmowa wywoływania raka skóry,  <math>E(\lambda)</math> – widmo promieniowania źródła światła (naturalne lub sztuczne).</p>
$VD_3PF = \frac{\int_{252}^{330} E(\lambda) \cdot VD_3(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{252}^{330} E(\lambda) \cdot VD_3(\lambda) \cdot \tau(\lambda) d\lambda},$	<p><b>Vitamin D3 Protective Factor</b>  <math>VD_3(\lambda)</math> – względna skuteczność widmowa wytwarzania witaminy D<sub>3</sub>,  <math>E(\lambda)</math> – widmo promieniowania źródła światła (naturalne lub sztuczne).</p>
$DDPF = \frac{\int_{250}^{365} E(\lambda) \cdot DD(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{250}^{365} E(\lambda) \cdot DD(\lambda) \cdot \tau(\lambda) d\lambda}$	<p><b>DNA Damage Protective Factor</b>  <math>DD(\lambda)</math> – względna skuteczność widmowa uszkodzenia DNA,  <math>E(\lambda)</math> – widmo promieniowania źródła światła (naturalne lub sztuczne).</p>
$AUPF = \frac{\int_{180}^{400} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{180}^{400} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \tau(\lambda) d\lambda}$	<p><b>Actinic Ultraviolet Protective Factor<sup>*)</sup></b>  <math>S(\lambda)</math> – względna skuteczność widmowa szkodliwego oddziaływania nadfioletu na oczy i skórę, zgodnie z Dyrektywa 2006/25/WE (dla sztucznych źródeł nadfioletu)  <math>E(\lambda)</math> – widmo promieniowania źródła sztucznego.</p>

<sup>\*)</sup> W analizie otrzymanych wyników nie brano pod uwagę współczynnika AUPF. Widmo promieniowania słonecznego (naturalne UV) nie uwzględnia bowiem promieniowania z zakresu UV-C.

## 4. WYNIKI BADAŃ

Przykładowe wykresy obrazujące zależność transmisji od długości fali dla badanej próbki materiału włókienniczego przedstawiono na rysunku 4.



**Rys. 4.** Zależność transmisji od długości fali dla dzianiny (100% CO, 160 g/m<sup>2</sup>; próbki 13, 14 i 15) w różnych warunkach kondycjonowania (dzianina nowa, po sykle 5 prań, po 150 godzinach ekspozycji w ksenoteście)

Wartości parametrów opisanych w tabeli 2 przedstawiono w tabeli 3.

**TABELA 3**

Wartości współczynników służących do oceny barierowości materiałów włókienniczych, wyznaczone dla badanych próbek

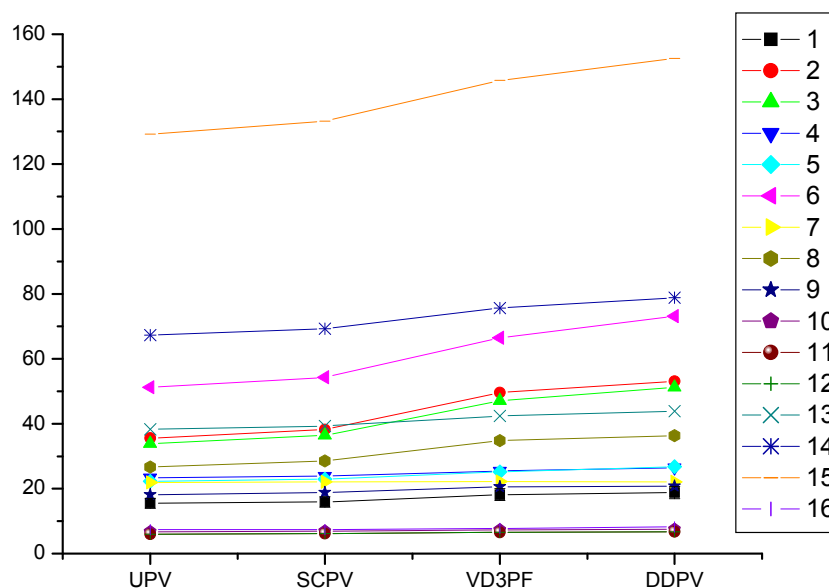
Numer próbki <sup>1)</sup>	UPF	SCPF	VD3PF	DDPF
1	15,5	15,9	18,2	18,8
2	35,6	38,16	49,6	53,1
3	33,9	36,4	47,1	51,2
4	23,4	23,9	25,5	26,5
5	22,3	22,9	25,2	26,8
6	51,2	54,3	66,5	73,1
7	21,9	22,1	22,2	22,1
8	26,7	28,6	34,8	36,3
9	18,2	18,8	20,6	20,8
10	6,7	6,9	7,3	7,5
11	6,0	6,2	6,6	6,7
12	6,0	6,2	6,6	6,7
13	38,3	39,3	42,4	43,94
14	67,3	69,3	75,6	78,86
15	129,2	133,2	145,8	152,48
16	7,4	7,4	7,8	8,2

<sup>1)</sup> Charakterystykę materiałów i warunki kondycjonowania przedstawiono w tabeli 1.



## 5. WNIOSKI

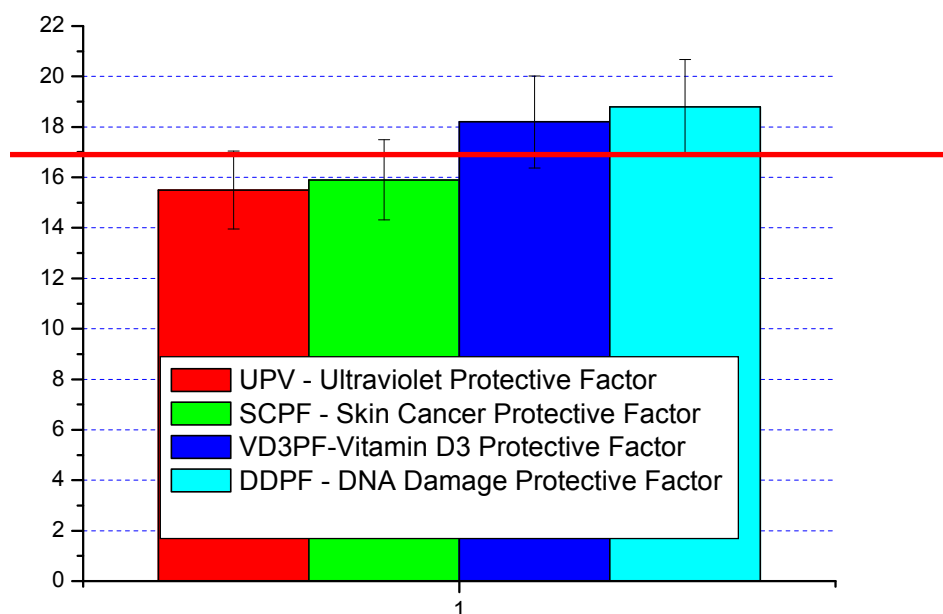
Badania zdefiniowanych wskaźników służących ocenie barierowości przed promieniowaniem nadfioletowym wykazały, że dla wszystkich badanych materiałów najmniejszą wartość ma **UPF**. Wartości **SCPF**, **VD<sub>3</sub>PF** oraz **DDPF** są większe lecz nie różnią się o więcej niż o 10 % wartości **UPF**. Wyniki zawarte w tabeli 3 przedstawiono w formie graficznej na rysunku 5.



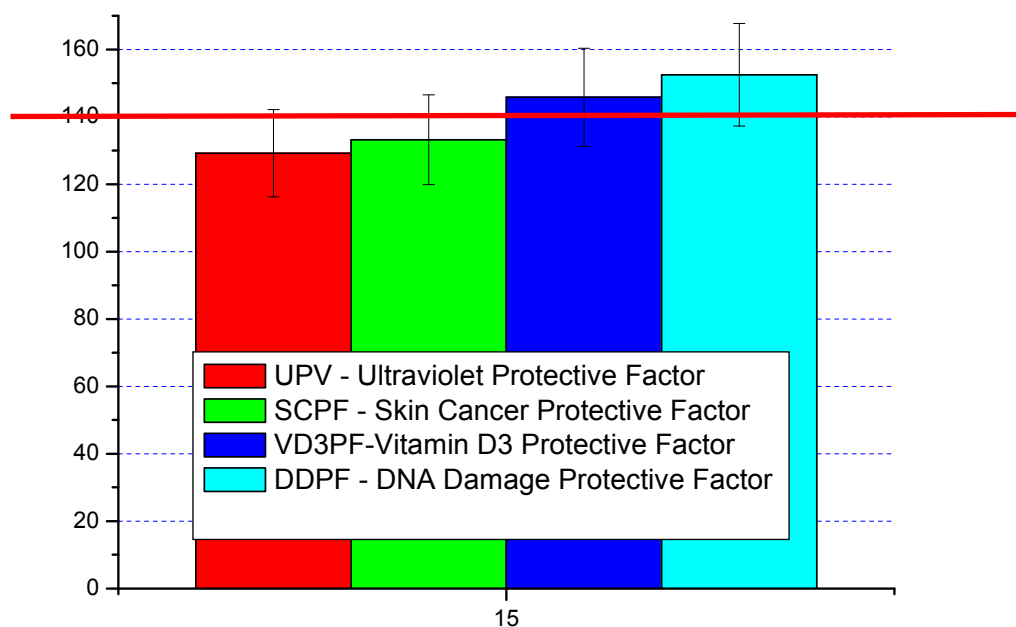
Rys. 5. Wartości UPF, SCPF, VD<sub>3</sub>PF oraz DDPF dla próbek materiałów włókienniczych

Stwierdzono, że przy założonej 10% niepewności pomiarów (niepewność pomiaru stanowi 10% wartości zmierzonej), wartości **SCPF**, **VD<sub>3</sub>PF** oraz **DDPF** dla badanych próbek są na zbliżonym poziomie. Sytuację tą przedstawiono na rysunkach 6 i 7.

Analiza wyników badań przedstawionych w tabeli 3 i na rysunku 5 wskazuje, że badane materiały zastosowane w odzieży, która może być wykorzystywana przez użytkowników podczas ekspozycji na naturalne UV, charakteryzują się bardzo zróżnicowanym wskaźnikiem protekcji w stosunku do promieniowania UV. Żaden z badanych materiałów w stanie nowym nie wykazał nawet średnio dobrych właściwości barierowych (UPF > 30), a jedynie niektóre z nich właściwości na poziomie dostatecznym (UPF > 20) zgodnie z przyjętymi w literaturze kryteriami [8]. Dwie badane tkaniny koszulowe, które w powszechnej opinii uznawane są za stanowiące ochronę przed promieniowaniem UV, w stanie nowym (wariant 9 i 10) nie wykazują właściwości ochronnych przed UV (wskaźnik UPF < 20).



Rys. 6. Wartości UPF, SCPF, VD<sub>3</sub>PF oraz DDPF dla próbki o numerze 1 (Tkanina 80% PES, 20% CO w kolorze fluorescencyjnym żółtym, 285 g/m<sup>2</sup>)



Rys. 7. Wartości UPF, SCPF, VD<sub>3</sub>PF oraz DDPV dla próbki o numerze 15 (Dzianina 100% CO, 160 g/m<sup>2</sup>)

Zabarwienie tkanin wpływa na wskaźniki ochrony, co wykazano dla wariantu 1 i 5 (ten sam artykuł w kolorze żółtym i pomarańczowym).

Na poziom wskaźników ochrony przed UV znacząco wpływają warunki wstępnego kondycjonowania materiałów, w większości przypadków zarówno pranie jak i naświetlanie UV wpłynęło na zmniejszenie transmisji UV (rys. 4), a więc zwiększenie współczynników ochrony. Przedstawione wyniki wskazują na konieczność prowadzenia badań w kierunku zwiększenia barierowości tkanin przed UV przy zachowaniu ich dobrych właściwości biofizycznych, związanych z komfortem użytkowym.

Prace tym zakresie są prowadzone w ramach projektu kluczowego POIG.01.03.01-00-006/08-00 „Barierowe materiały nowej generacji chroniące człowieka przed szkodliwym działaniem środowiska”.



## LITERATURA

1. Dyrektywa 89/656/EWG.
2. Dyrektywa 89/686/EWG.
3. PN-T-06589: 2002: „Ochrona przed promieniowaniem optycznym -- Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy”.
4. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. nr 217, poz. 1833, zm. Dz.U. 2005 nr 221 poz. 1769.
5. Ultraviolet Radiation & Health, Working group report, afsset, afssaps 2005.
6. Wolska A, Gałęcki Ł, Głowgowski P., Pawlak A.: sprawozdanie z I etapu zadania „Monitorowanie ekspozycji na naturalne promieniowanie nadfioletowe u pracowników zatrudnionych na zewnętrznych stanowiskach pracy” realizowanego w ramach Programu Wieloletniego pn. Dostosowanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej, CIOP-PIB, 2008.
7. Wolska A., Flaspöler E., Reinert D., Hietanen M., Kaluza S., Udovicic L., Eeckelaert L., Tajedor M., Cavalle N., de Diego B., Salsi S.: Project P-06-07 “Emerging risks report on ultraviolet radiation”, 2006.
8. Jędrzejewski W.: Właściwości barierowe wyrobów włókienniczych a promieniowanie UV, Przegląd Włókienniczy 2, 2001.

*Rękopis, dostarczono, dnia 26.03.2010 r.*

**Opiniował: dr Stanisław Marzec**

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT  
TO PROTECT WORKERS AGAINST  
RISK EVOKED BY NATURAL UV RADIATION

Grażyna BARTKOWIAK, Agnieszka WOLSKA,  
Grzegorz OWCZAREK

**ABSTRACT** *The article presents the problems in the field of natural UV risk assessment, factors influence on risk and protection against UV radiation and methodology of testing and assessment of barrier textile materials. The samples of tested materials were conditioned in solar radiation, raining, washing / dry cycles and changeable atmospheric factors.*



**Dr inż. Grażyna BARTKOWIAK** – Kierownik Pracowni Odzieży Ochronnej w CIOP-PIB. Jest doświadczonym ekspertem w zakresie odzieży ochronnej.

**Dr inż. Agnieszka WOLSKA** – kierownik Pracowni Promieniowania Optycznego w CIOP-PIB. Jest doświadczonym ekspertem w zakresie oświetlenia, ergonomii widzenia i promieniowania optycznego.



**Dr inż. Grzegorz OWCZAREK** – absolwent Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej. Obecnie pracownik CIOP-PIB – Kierownik Pracowni Ochrony Oczu i Twarzy.