

Lucyna HEMKA  
Lech PIOTROWSKI  
Joanna LEWARTOWSKA  
Wiesława LOTA

## OPRACOWANIE METODYKI BADAŃ ORAZ KRYTERIÓW OCENY WŁAŚCIWOŚCI BARIEROWYCH DLA UV MATERIAŁÓW WYPOSAŻENIA WNĘTRZ I DO BUDOWNICTWA<sup>\*)</sup>

**STRESZCZENIE** *Do ochrony przed promieniowaniem słonecznym w pomieszczeniach mieszkalnych, użyteczności publicznej (biura, archiwa, muzea) wykorzystuje się wyroby włókiennicze – tkaniny i dzianiny, rzadziej włókniny, w postaci rolet, zasłon, żaluzji wewnątrz budynku oraz markiz na zewnątrz nad oknami. Brak jest kryteriów oceny właściwości barierowych dla promieniowania ultrafioletowego tych materiałów. W celu opracowania metodyki badań i kryteriów oceny ww. właściwości wykonane zostały pomiary transmitancji promieniowania UVA i UVB na spektrometry oraz próby starzeniowe z wykorzystaniem różnych aparatów. Po określonym czasie ekspozycji na promieniowanie UV została oceniona zmiana właściwości barierowych dla UV, różnica barwy oraz stopień obniżenia wskaźników wytrzymałościowych dla 10 próbek wytypowanych wyrobów włókienniczych przeznaczonych do budownictwa i wyposażenia wnętrz. Zaproponowano kryteria oceny właściwości barierowych dla UV dla tych materiałów oraz metodykę badań.*

**Słowa kluczowe:** *transmitancja UV, UPF, właściwości barierowe dla UV*

---

<sup>\*)</sup> Praca naukowa finansowana ze środków POIG 01.03.01-00-006/08 w latach 2007–2013 jako projekt kluczowy Envirotex.

---

**dr Lucyna HEMKA, inż. Lech PIOTROWSKI**  
e-mail: l.hemka@iel.waw.pl, l.piotrowski@iel.waw.pl  
Instytut Elektrotechniki w Warszawie

**mgr inż. Joanna LEWARTOWSKA, mgr inż. Wiesława LOTA**  
e-mail: lewartowska@iw.lodz.pl, labchem@iw.lodz.pl  
Instytut Włókiennictwa w Łodzi

## 1. WSTĘP

---

Jednym z kierunków badań rozwojowych są tekstylia o właściwościach barierowych dla promieniowania UV przeznaczone na odzież ochronną oraz do zastosowań w budownictwie i wyposażeniu wnętrz.

W naszej strefie klimatycznej okno o wymiarach 1,5 x 1,0 m wychodzące na południe lub południowy zachód może być interpretowane jak grzejnik o mocy 1 kW. Obok energii cieplnej przekazywana jest również energia promieniowania słonecznego z zakresu UV i VIS. Do ochrony przed promieniowaniem słonecznym w pomieszczeniach mieszkalnych, użyteczności publicznej (biura, archiwa, muzea) wykorzystuje się wyroby włókiennicze – tkaniny i dzianiny (rzadziej włókniny) w postaci rolet, zasłon, żaluzji wewnątrz budynku oraz markiz na zewnątrz nad oknami. Jak wiadomo, promieniowanie optyczne może powodować duże zmiany, zarówno w materiałach osłonowych, jak również w przedmiotach znajdujących się wewnątrz budynków, często o bezcennej wartości. Ze względu na destrukcyjne oddziaływanie promieniowania optycznego na eksponaty muzealne, szczególnie groźne są niektóre zakresy promieniowania optycznego: nadfiolet (UV) o długości fali poniżej 380 nm i promieniowanie podczerwone (IR) o długości powyżej 780 nm. Promieniowanie nadfioletowe z uwagi na wysoką energię może wywołać w oświetlanym obiekcie reakcje fotochemiczne, które zachodzą tym szybciej, im krótsza jest długość fali padającego promieniowania. Natomiast promieniowanie podczerwone, o mniejszej energii, może wpływać na zwiększenie temperatury obiektów ponad panującą we wnętrzu. Proces ten jest tym silniejszy, im ciemniejsze są barwy eksponatów. Uszkodzenia eksponatów mogą polegać na zmianie barwy obrazów i papieru (żółknięcie), kruszeniu i pękaniu warstw malarskich oraz na rwaniu się włókien tkanin.

Wyroby włókiennicze do zastosowań osłonowych można podzielić według: zastosowanego surowca, splotu, rodzaju impregnacji, właściwości technicznych. Najczęściej stosuje się włókna poliestrowe lub szklane, rzadziej akrylowe, wiskozowe, bawełniane lub ich mieszanki. Włókiennicze wyroby osłonowe, takie jak rolety, żaluzje, markizy, zasłony, mogą być gładkie – mieć splot płócienny, satynowy, prążkowy lub zakardowy.

Wymienione wyżej materiały osłonowe poddaje się wykończeniu w celu uzyskania dodatkowych właściwości, takich jak:

- niepalność w odniesieniu do markiz zewnętrznych potwierdzona certyfikatem wydawanym przez Instytut Techniki Budowlanej;

- trudnopalność (obligatoryjny wymóg dla pomieszczeń użyteczności publicznej);
- właściwości zaciemniające;
- odblaskowość;
- dźwiękochłonność;
- barierowość dla promieniowania UV – dotychczas nie ma opracowanych wymagań i norm przedmiotowych dotyczących takich właściwości.

Ilość promieniowania ultrafioletowego przechodzącego przez wyrób włókienniczy zależy od masy powierzchniowej, absorpcji własnej surowca, porowatości wyrobu, dodatków substancji matujących, barwy i intensywności wybarwienia, obecności w wyrobie rozjaśniaczy optycznych, a także specyficznego wykończenia wyrobu włókienniczego, w szczególności absorberami UV.

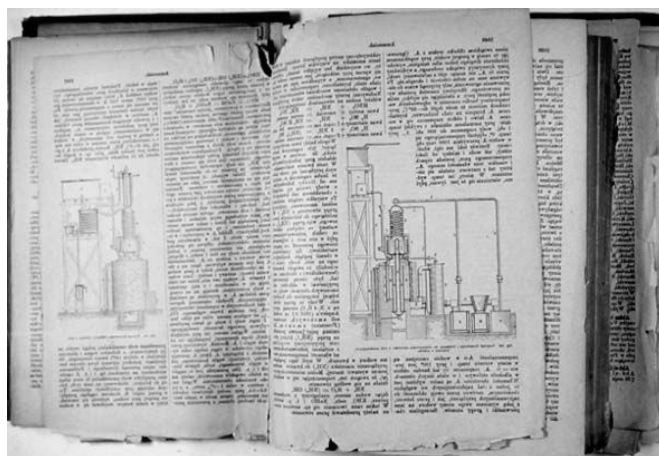
## 2. ANALIZA ZAGROŻEŃ NA PROMIENIOWANIE UV DLA WYROBÓW MUZEALNYCH I SPOSOBÓW ZABEZPIECZEŃ

---

Promieniowanie ultrafioletowe odznacza się dużą aktywnością biologiczną (działa m.in. mutagennie, bakteriobójczo, wyzwała wydzielanie pigmentu), oraz silnie oddziałuje na materiały – wywołuje m.in. reakcje fotochemiczne (utlenianie, redukcje, rozkład, polimeryzację), powoduje też fotoluminescencję niektórych substancji. Działanie promieniowania UV na materię związane jest z procesami fotolizy, tzn. rozszczepienia (rozrywania) wiązań chemicznych na skutek absorpcji promieniowania. Proces ten powoduje pęknięcie wiązań chemicznych i powstanie dwóch związków posiadających po jednym niesparowanym elektronie, co stymuluje powstawanie bardzo reaktywnych wolnych rodników. Reagują one z innymi związkami powodując powstanie nowego związku i kolejnego wolnego rodnika. W wyniku kilku takich reakcji na końcu łańcucha zachodzi reakcja utleniania, tzn. przyłączenia tlenu do atomu jednego z pierwiastków. Z naukowego punktu widzenia proces utleniania jest jednoznaczny z procesem starzenia się danego materiału. Reakcje rodnikowe prowadzą do szeregu zmian w budowie chemicznej materiału, dlatego uznawane są za silnie destrukcyjne.

Procesy fotolizy są tymi niszczącymi procesami, z którymi borykają się konserwatorzy, bibliotekarze i muzealnicy na całym świecie, pragnący chronić powierzone ich pieczy zbiory przed postępującą destrukcją czynników otaczającego je środowiska. Tak jest w przypadku prób ratowania zabytkowych

druków i zbiorów bibliotecznych. W miarę upływu czasu każdy nawet najlepszy papier ulega procesom naturalnego starzenia. Nabiera charakterystycznej żółtawej barwy, następnie żółknie coraz bardziej i traci odporność na uszkodzenia mechaniczne. Efektem tego procesu jest najpierw zwiększona kruchość papieru, a następnie zupełny rozpad jego struktury i powstanie ubytków w miejscach najbardziej dotkniętych destrukcją. Innym problem, z jakim spotykają się konserwatorzy, jest zmiana barwy niektórych pigmentów, na przykład zielonych zawierających miedź, oraz ich niszczący wpływ na podłoże papierowe. Ich działanie powoduje początkowo zmiany kolorystyczne w obrębie pokrytej nimi powierzchni, a następnie destrukcję podłoża. Rozkładowi chemicznemu podlegają zarówno pigmenty, jak i celuloza. Prowadzi to do szybkiego niszczenia stron, które zmieniają barwę i kruszeją. Duże naświetlenie sal bibliotecznych wpływa też negatywnie na intensywność barwy druku.



**Rys. 1. Przykład destrukcyjnego oddziaływania promieniowania optycznego na starodruk**

W związku z powyższym, należy dążyć do eliminacji lub ograniczania szkodliwego wpływu promieniowania optycznego, zarówno naturalnego (słońce), jak i sztucznych źródeł światła. Można to osiągnąć następującymi sposobami:

- wybór źródeł światła o małej emisji szkodliwego promieniowania;
- stosowanie filtrów UV i IR zakładanych na oprawy oświetleniowe, umieszczanych w oknach lub świetlikach oraz w gablotach;
- unikanie zbyt wysokich poziomów natężenia oświetlenia;
- ograniczenie czasu wystawienia obiektu na światło;
- stosowanie we wnętrzach klimatyzacji.

Na dzień dzisiejszy nie istnieją żadne oficjalne kryteria, czy dokumenty normatywne pozwalające na określenie dawek promieniowania UV czy wartości

natężenia napromienienia i oświetlenia dopuszczalnych przy oświetlaniu eksponatów muzealnych. Na mocy wewnętrznych ustaleń pomiędzy przedstawicielami największych muzeów europejskich ustalono, że:

- zbiory muzealne nie powinny być wystawiane na ekspozycję światłem naturalnym (słonecznym);
- przy oświetlaniu światłem sztucznych wartość składowej UV nie powinna przekraczać: 75  $\mu\text{W}/\text{lm}$ ;
- głównym wyznacznikiem przy doborze źródeł światła do oświetlania zbiorów kultury narodowej jest maksymalnie dobre oddawanie barw.

Bardzo istotnym jest oświetlenie magazynów, w których przechowywane są zbiory. W magazynach, w których są okna, przeważnie instaluje się żaluzje (ok. 60%), zasłony (ok. 25%), malowanie szyb specjalną farbą (ok. 3%) oraz specjalne szyby anty-UV (ok. 4%).

Czynnikami mającymi wpływ na bezpieczeństwo i trwałość eksponatów jest: czas wystawiania na promieniowanie, moc źródła, źródła światła zawierające promieniowanie nadfioletowe, niebieskie i podczerwone temperatura, wilgotność i zanieczyszczenia, które są większe od wartości dopuszczalnych wrażliwość obiektów na światło.

Dopuszczalne natężenie oświetlenia wynika z rodzaju oświetlanych eksponatów. Na poziomie 300 lx można oświetlić tylko te mało wrażliwe na światło, np.: metale, ceramikę, kamienie, klejnoty, szkło. Eksponaty czułe na światło, czyli: obrazy olejne, skóry naturalne, drewno, rogi, kość słoniową można oświetlić maksymalnie na poziomie 200 lx. A eksponaty szczególnie czułe na światło: akwarele, tekstylia, dywany, papiery i okazy przyrodnicze maksymalnie na poziomie 50 lx.

Zagrożenia i wpływ promieniowania UV na trwałość przedmiotów znajdujących się w środowisku człowieka jest niewątpliwy, jednakże nie można w sposób jednoznaczny podać procedury określającej klasyfikację zagrożeń, a także metody ich wyznaczania. Zależy to od rodzaju materiału, z którego te przedmioty zostały wykonane, otaczających warunków środowiskowych w tym oświetleniowych.

### 3. METODYKA BADAŃ

---

Materiały włókiennicze wybrane jako obiekty do badań, to:

- ✓ dzianina zasłonowa Nr 1 w kolorze niebieskim art. 91020, 100% poliester;
- ✓ tkanina zasłonowa Nr 2 w kolorze białym art. J3 Kollet, 100% poliester;
- ✓ tkanina zasłonowa Nr 3 w kolorze szarym art. D9 Kinoman, 100% poliester;

- ✓ plusz kotarowy Nr 4 w kolorze żółtym art. 0014, 100% bawełna;
- ✓ tkanina roletowa w kolorze błękitnym art. Lazur, 100, poliester;
- ✓ tkanina roletowa w kolorze pomarańczowym art. D7 Tadeo, 100% poliester;
- ✓ tkanina roletowa w kolorze białym art. Len, 100% poliester;
- ✓ włóknina roletowa art. Vigofil, 100% polipropylen;
- ✓ tkanina markizowa w kolorze zielonym art. Sunprof, 100% poliester;
- ✓ tkanina markizowa w kolorze żółtym Unity Marfil, 100% akryl.

Zastosowane metody oceny:

- masę powierzchniową według PN –ISO 3801:1998 Metoda 5;
- pomiar transmitancji promieniowania UV, także w celu wyznaczenia wskaźnika UPF\*, wykonywano na jednokomorowym, siatkowym spektrometrze Monospek 600 (USA), stosując, jako źródło oświetlające żarówkę halogenową 50 W/230 V. Opracowanie i pomiar parametrów transmitancji według normy PN-EN 169 "Filters for welding and related with techniques. Transmittance requirements and recommended use";
- współczynnik UPF ochrony przed promieniowaniem UV wyrobów włókienniczych (zgodnie z normą PN-EN 13758-1:2007) wykonywano przy użyciu dwuwiązkowego spektrofotometru Jasco 550 (Japonia) – IW.

Współrzędne barwy w układzie Lab i LCH wyznaczano na:

- a) spektrofotometrze Datacolor 650 prod. Datacolor Int. o geometrii pomiaru d/8, przy świetle D65;
- b) kolorymetrze DIGI 03 firmy Spectro Color oświetlając próbki symulatorem D65 w geometrii pomiaru 45/0.

Pomiar barwy i obliczenie różnicy barwy według warunków w normach PN-89/E-04042/01 Ark. 01 "Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary kolorymetryczne. Postanowienia ogólne". Ark. 05 „Metody wyznaczania charakterystyk widmowych i kolorymetrycznych materiałów”, Ark. 06 „Pomiary kolorymetrem trójchromatycznym”. PN-EN ISO 105-A05 „Badania odporności wybarwień. Instrumentalna ocena zmiany barwy i jej wyrażenie w stopniach szarej skali”.

Siłę zrywającą i wydłużenie przy zerwaniu wyznaczano wg PN-EN ISO 13934-1:2002, z odstępstwem w zakresie wymiaru badanej próbki: 9 cm x 5 cm, z uwagi na rozmiar próbek użytych do naświetlania w aparacie UV 2000 Atlas.

Wytrzymałość na przebicie kulką (tylko dla dzianin) wg PN-79/P-04738.

Urządzenia starzeniowe:

- **Xenotest Alpha +** wyposażony w lampę ksenonową chłodzoną powietrzem, emitującą światło sztuczne o długości 300 – 800 nm (Fot. 1).

Próbki umieszcza się na obrotowej karuzeli.

Badania wykonano zgodnie z dwiema normami:

a) PN-EN ISO 105-B02:2006 „Tekstylia. Badania odporności wybarwień. Część B02: Odporność wybarwień na działanie światła sztucznego: Test płowienia w świetle łukowej lampy ksenonowej” – metoda 2. Jest to standardowa metoda stosowana przy badaniu odporności wybarwień wyrobów włókienniczych na działanie światła sztucznego będącego odpowiednikiem naturalnego światła dziennego.

Warunki wykonania badania:

- warunki naświetlenia normalne;
- długość fali 300 – 400 nm;
- temperatura BST 50°C;
- temperatura w komorze 30°C;
- wilgotność 50%.

b) PN-EN ISO 105-B06:2006 „Tekstylia. Badania odporności wybarwień. Część B06: Odporność wybarwień na światło i starzenie pod wpływem sztucznego światła w wysokich temperaturach: Test płowienia w świetle łukowej lampy ksenonowej”. Norma ta jest stosowana do badania wyrobów włókienniczych narażonych na działanie wysokich temperatur i światła sztucznego symulującego naturalne światło dzienne, np. wyroby tapicerskie stosowane w przemyśle samochodowym poddawane działaniu światła i ciepła.

Warunki wykonania badania:

- warunki naświetlenia nr 3;
- długość fali 300 – 400 nm;
- składnik IR promieniowania normalny;
- temperatura BST 100°C;
- temperatura w komorze 65°C;
- wilgotność 30 %.

• **UV 2000 Atlas** wyposażony w zestaw promienników UV emitujących promieniowanie o dł. 300 – 400 nm (Fot. 1).

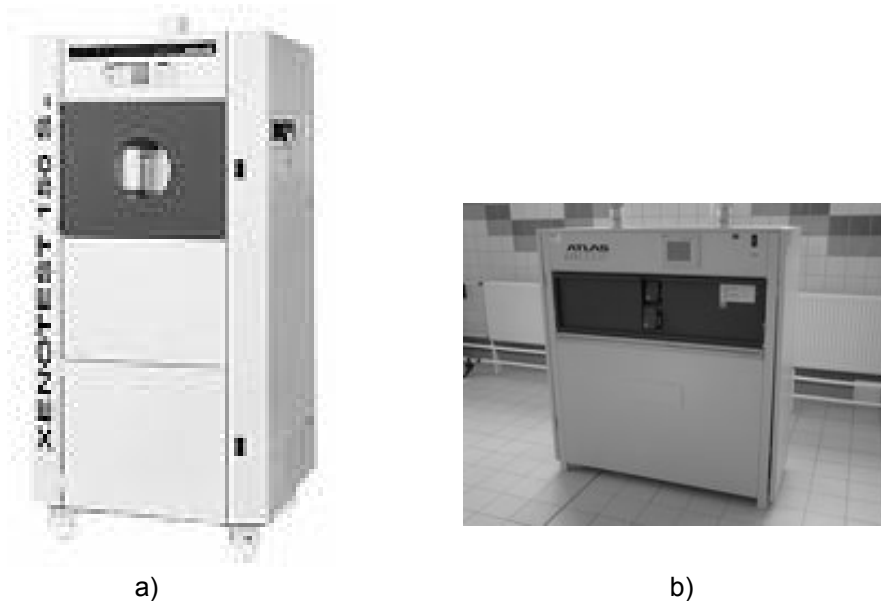
Próbki pozostają nieruchome.

Badania wykonano zgodnie z normą:

a) PN-EN ISO 4892 – 2 „Farby i lakiery. Ekspozycja powłok lakierowych na sztuczne działanie atmosferyczne. Ekspozycja na promieniowanie fluorescencyjne UV i wodę”.

Warunki wykonywania badań:

- dwa rodzaje niskoprężnych promienników UV o maksimum emisji przypadającym na linie 340 nm (symulujący światło słoneczne) i 351 nm (symulujący światło słoneczne przechodzące przez szybę okienną);
- temperatura w komorze 50°C;
- wilgotność 30%.



Fot. 1. Komory starzeniowe Xenotest Alpha (a) i UV 2000 Atlas (b)

## 4. WYNIKI BADAŃ

### 4.1 Wyniki badań właściwości ochronnych przed UV i użytkowych wytypowanych wyrobów włókienniczych z sektora osłonowego

W niniejszej pracy przedstawiono rezultaty badań dla dziesięciu wybranych z grupy dwudziestu pięciu wcześniej zbadanych wyrobów włókienniczych branży osłonowej. Kryteriami wyboru był surowiec włókienniczy oraz powszechność stosowania na zasłony, rolety i markizy.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań masy powierzchniowej, odporności wybarwień na światło oraz współczynnika ochrony przed promieniowaniem UV – UPF.

Jak wynika z wartości wskaźnika UPF zawartych w tabeli 1, zdecydowana większość wyrobów włókienniczych posiada bardzo dobre właściwości ochronne przed promieniowaniem UV. Wpływa na to zapewne duża masa powierzchniowa, która jest wyższa dla większości prób od  $190 \text{ g/m}^2$  oraz zastosowany surowiec, a mianowicie włókno poliestrowe. Dzianina poliestrowa o masie powierzchniowej ok.  $150 \text{ g/m}^2$  posiada niższe właściwości barierowe dla promieniowania ultrafioletowego. Odporność wybarwień na światło jest dla większości badanych wyrobów większa od 5. Najwyższe odporności wybarwień stwierdzono dla obu tkanin markizowych oraz zasłonowej art. Kollet, na poziomie 7-8.



**TABELA 1**

Wyniki badań masy powierzchniowej, odporności wybarwień na światło oraz UPF wyrobów włókienniczych przeznaczonych do wyposażenia wnętrz i do budownictwa

Nr próbki	Nazwa artykułu	Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ]	Odporność wybarwień na światło (ocena wg niebieskiej skali wzorców)	UPF
<b>Dzianiny i tkaniny zasłonowe</b>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	Dzianina niebieska art. 91020	159	6	17
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>4</b>
2	Tkanina biała art. Kollet	193	7-8	>50
3	Plusz żółty art. 0014	340	4-5	>50
4	Tkanina szara art. D-9 Kinoman	426	4	>50
<b>Tkaniny roletowe</b>				
5	Tkanina niebieska art. Lazur	217	5	>50
6	Tkanina pomarańczowa art. D-7 Tadeo	180	5	>50
7	Tkanina biała art. Len	185	4-5	9
8	Włóknina żółta art. Vigofil	128	4	7
<b>Tkaniny markizowe</b>				
9	Tkanina zielona Sunprof	262	7-8	>50
10	Tkanina beżowa art. Unity Marfil	289	7-8	>50

#### 4.2. Wyniki badań współczynnika transmitancji wybranych wyrobów włókienniczych przed rozpoczęciem procesu starzeniowego i po 200 h narażenia w komorze starzeniowej Atlas 2000

Przed rozpoczęciem narażenia próbki zostały poddane badaniom spektrometrycznym w celu wyznaczenia widmowego współczynnika transmisji w zakresie długości fal 300 – 400 nm. Badania widmowego współczynnika transmisji wybranych wyrobów włókienniczych przeprowadzono na stanowisku spektrometrycznym „Monospek 600” metodą porównawczą, stosując wzorzec rozkładu widmowego natężenia napromienienia – żarówkę halogenową 50 W/230 V. Wyniki pomiarów całkowitego współczynnika transmisji przed rozpoczęciem narażenia i po 200 h narażenia w komorze starzeniowej w całym badanym obszarze widmowym UV (300 – 400 nm) oraz w poszczególnych podzakresach ultrafioletu UVB (300 – 315 nm) i UVA (315 – 400 nm) przedstawiono w tabelach nr 2 i 3.

**TABELA 2**

Współczynnik transmitancji przed rozpoczęciem narażania w komorze starzeniowej

Nr próbki	Nazwa artykułu	Współczynnik transmitancji (300 – 400) nm	Współczynnik transmitancji UVB (300 – 315) nm	Współczynnik transmitancji UVA (315 – 400) nm
<b>Dzianiny i tkaniny zasłonowe</b>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
1	Dzianina niebieska art. 91020	21,88	16,35	23,16
2	Tkanina biała art. Kollet	18,92	8,11	20,92
3	Plusz żółty art. 0014	0	0	0
4	Tkanina szara art. D-9 Kinoman	0	0	0
<b>Tkaniny roletowe</b>				
5	Tkanina niebieska art. Lazur	14,58	8,11	15,81
6	Tkanina pomarańczowa art. D-7 Tadeo	6,23	5,48	6,44
7	Tkanina biała art. Len	10,5	0	14,6
8	Włóknina beżowa art. Vigofil	15,11	13,54	15,71
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>Tkaniny markizowe</b>				
9	Tkanina zielona Sunprof	0	0	0
10	Tkanina beżowa art. Unity Marfil	0	0	0

**TABELA 3**

Współczynnik transmitancji po 200 h narażania w komorze starzeniowej

Nr próbki	Nazwa artykułu	Współczynnik transmitancji (300 – 400) nm	Współczynnik transmitancji UVB (300 – 315) nm	Współczynnik transmitancji UVA (315 – 400) nm
<b>Dzianiny i tkaniny zasłonowe</b>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
1	Dzianina niebieska art. 91020	4,94	0,47	5,73
2	Tkanina biała art. Kollet	00,7	0	0,07
3	Plusz żółty art. 0014	0	0	0
4	Tkanina szara art. D-9 Kinoman	0	0	0
<b>Tkaniny roletowe</b>				
5	Tkanina niebieska art. Lazur	0,04	0	0,04
6	Tkanina pomarańczowa art. D-7 Tadeo	0,02	0	0,02
7	Tkanina biała art. Len	1,68	0	1,44
8	Włóknina beżowa art. Vigofil	0,43	0	0,33
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>Tkaniny markizowe</b>				
9	Tkanina zielona Sunprof	0	0	0
10	Tkanina beżowa art. Unity Marfil	0	0	0

### 4.3. Wyniki badań zmiany barwy wyrobów włókienniczych po procesie starzenia w różnych warunkach

Do badań odporności na zmiany barwy wytypowano kolejny zestaw próbek. Wytypowane dziesięć wyrobów włókienniczych przeznaczonych do wyposażenia wnętrz na zasłony i markizy poddano działaniu promieniowania optycznego w różnych warunkach. W tabeli 4 przedstawiono warunki techniczne dla aparatów starzeniowych, w których poddawano ekspozycji lamp o różnych zakresach widmowych wyroby włókiennicze.

**TABELA 4**

Zmiana barwy wyrobów włókienniczych po procesie starzenia wg czterech różnych procedur w aparatach Xenotest Alpha + i UV 2000 Atlas

Lp.	Nazwa próbki	Zmiana barwy po 200 godz. 340 nm Atlas		Zmiana barwy po 400 godz. 340 nm Atlas		Zmiana barwy wg BO2 Xenotest		Zmiana barwy wg BO6 Xenotest	
		$\Delta E_f$	GS	$\Delta E_f$	GS	delE	GS	delE	GS
<b>Zasłonowe</b>									
1.	Dzianina. 91037	7,48	2	35,43	1	4,97	2,5	15,22	1
2.	Tkanina Kollet	6,24	2	45,43	1	1,25	4,5	1,70	4
3.	Plusz żółty	7,26	2	-	-	8,28	1,5	16,36	1
4.	Tkanina Kinoman trudnopalny	27,95	1	56,13	1	4,35	2,5	21,18	1
<b>Roletowe</b>									
1.	Lazur	8,12	2	39,29	1	5,20	2,5	15,12	1
2.	Tadeo	22,16	1	49,54	1	3,40	3	6,93	2
3.	Len	3,93	2,5	50,05	1	6,10	2	10,12	1,5
4.	Vigofil	3,75	3	23,28	1	2,28	3,5	5,30	2,5
<b>Markizowe</b>									
1.	PES	4,46	2,5	37	1	2,13	4	10,44	1,5
2.	Akryl	7,89	1,5	43,6	1	2,75	3,5	6,48	2

gdzie:

$\Delta E_f$  – całkowita różnica barwy obliczona wg wzoru zawartego w normie PN-EN ISO 105-A05:2000

delE – całkowita różnica barwy obliczona z użyciem programu Datacolor Tools, zgodnie z PN-EN ISO 105-A05:2000

GS – ocena wg pięciostopniowej szarej skali, do określenia zmiany barwy, w której 5 oznacza brak zmiany barwy, a 1 zmianę bardzo dużą.

Można stwierdzić, że warunki starzenia mają duży wpływ na zmianę barwy próbek. Największe różnice barwy stwierdzono po 400 godzinach starzenia w aparacie UV 2000 Atlas, następnie po 200 godzinach, dla których zmiana barwy była dla wielu przypadków porównywalna z wynikami pomiaru różnicy barwy po starzeniu w Xenoteście Alpha + (badania wykonane według normy PN-EN ISO 105 B06, stosowanej m.in. w przemyśle samochodowym). Najmniejsze zmiany barwy wystąpiły po naświetlaniu w Xenoteście wykonywanym według standardowej procedury odporności wybarwień na światło sztuczne.

Dla wyżej wytypowanych dziesięciu wyrobów włókienniczych wykonano badanie właściwości wytrzymałościowych przed i po 200 godzinach starzenia w aparacie UV 2000 Atlas. Zbadano również właściwości barierowe dla promieniowania UV charakteryzowane przez współczynnik UPF\* dla tych samych próbek przed i po 200 godzinach naświetlania. W tabeli 5 przedstawiono wartości współczynników UPF\*, spadku wytrzymałości na zrywanie po 200 godzinach ekspozycji na promieniowania UV a także ocenę różnicy barwy  $\Delta E_f$  oraz w stopniach szarej skali GS, dla badanych próbek wyrobów włókienniczych.

**TABELA 5**

Charakterystyka właściwości wytrzymałościowych, barierowych dla UV oraz zmiana barwy próbek wyrobów włókienniczych po 200 godz. starzenia w aparacie UV 2000 Atlas

Nr próbki	Nazwa próbki	Masa pow.	UPF*		Spadek wytrzymałości na rozciąganie po 200 godz. naświetlania [%]				Zmiana barwy $\Delta E_f$ po 200 godz.	Ocena wg szarej skali
			przed	Po napr. 200 godz.	Siła zryw.		Wydłużenie			
					k. wzdłużny	k. poprzeczny	k. wzdłużny	k. poprzeczny		
<b>Zasłonowe</b>										
1.	Dzianina zasłonowa	159	8,75	28,4	Zmiana wytrzymałości na przebicie kulką: 21				8,99	1,5
2.	Tkanina Kollet	193	12,62	>50	30	28	40	47	6,24	2
3.	Plusz kotarowy	340	>50	>50	14	9	20	bz		
4.	Tkanina Kinoman	426	>50	>50	28	15	37	27	27,95	1
<b>Roletowe</b>										
1.	Lazur	217	22,72	>50	26	24	32	34	8,12	2
2.	Tadeo	180	41,74	>50	32	21	11	41	22,16	1
3.	Len	185		9	27	22	27	40		
4.	Vigofil	128	8,15	>50	20	51	45	74	3,75	3
<b>Markizowe</b>										
1.	PES	262	>50	>50	7	bz	7	bz	4,46	2,5
2.	Akryl	289	>50	>50	5	4	bz	bz	7,89	1,5

UPF\* – współczynnik transmitancji widmowej liczony w odniesieniu do krzywej erytemalnej według wzoru:

$$UPF^* = \frac{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot \Delta\lambda}$$

gdzie:  $E(\lambda)$  – promieniowanie słoneczne;

$\varepsilon(\lambda)$  – rumieniotwórcze działanie widma;

$\Delta\lambda$  – przedział długości fali, z jakim wykonano pomiary;

$T(\lambda)$  – transmitancja widmowa dla długości fali  $\lambda$ .

Na podstawie wyników badań przedstawionych w tabeli 5 można stwierdzić, że proces przyspieszonego starzenia w czasie 200 godzin próbek wyrobów włókienniczych w warunkach stacjonarnych (próbki nieruchome) spowodował spadek wytrzymałości na rozciąganie, zgodnie z przewidywaniem, wyższy dla próbek o mniejszej masie powierzchniowej. Dla tkanin zasłonowych zawierał się między 14 – 30% dla kierunku wzdłużnego (osnowa). Duży spadek wytrzymałości stwierdzono dla tkaniny Kinoman, która była wykończona trudno-palnie. Dla tkanin roletowych spadek wytrzymałości był mniej zróżnicowany, zawierał się w granicach 26 – 32 dla kierunku wzdłużnego. Wszystkie badane wyroby z branży osłonowej po procesie 200 godzin starzenia w aparacie UV 2000 Atlas zmieniły barwę w różnym stopniu. Zmiana barwy zawierała się od 1-3 wg szarej, pięciostopniowej skali do oceny zmiany barwy. Efekt płowienia wyrobów włókienniczych zależy od poziomu deklarowanej odporności na światło zastosowanych barwników zawieszinowych do barwienia wyrobów poliesterowych i reaktywnych, bezpośrednich bądź kadziowych do wyrobów bawełnianych.

## 5. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy literatury naukowej, norm przedmiotowych oraz przedstawionych wyników badań właściwości barierowych i użytkowych wyrobów włókienniczych sektora osłonowego, takich jak:

- transmitancji promieniowania o długości fal w zakresie UV,
- wpływu procesu starzenia na właściwości barierowe dla UV,
- wpływu procesu starzenia na zmianę barwy,
- wpływu procesu starzenia na właściwości mechaniczne,

zaproponowano następującą metodykę oraz kryteria oceny właściwości barierowych wyrobów włókienniczych przeznaczonych, jako elementy osłonowe w szczególności obiektów muzealnych i zbiorów archiwalnych przed szkodliwym promieniowaniem UV słonecznym i pochodzącym ze sztucznych źródeł światła:

1. Transmitancja promieniowania UV (300 nm – 400 nm) przez włókiennicze materiały osłonowe nie powinna być większa niż 2% (redukcja promieniowania powyżej 98%).
2. Współczynnik ochrony przed promieniowaniem UPF dla wyrobów włókienniczych zasłonowych, roletowych, markizowych chroniących przed promieniowaniem słonecznym w zakresie UV powinien być większy niż 50.
3. Czas wykonywania prób starzeniowych włókienniczych materiałów osłonowych ograniczyć do 200 godzin lub dawki promieniowania, przy której zmiana barwy wyrobów włókienniczych po procesie starzenia nie powinna być niższa niż 2-3 wg szarej skali. Komora starzeniowa UV typu Atlas powinna być wyposażona w lampy o maksimum emisji przy 340 nm dla wyrobów włókienniczych przeznaczonych do eksploatacji na zewnątrz (markizy) oraz w lampy o maksimum emisji przy 351 nm dla wyrobów włókienniczych przeznaczonych do wewnątrz (zasłony, rolety).
4. Opracowanie i pomiar parametrów transmitancji, pomiar barwy i obliczenie różnicy barwy według warunków w normach PN-89/E-04042/01 Ark.01 "Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary kolorymetryczne. Postanowienia ogólne". Ark.05 „Metody wyznaczania charakterystyk widmowych i kolorymetrycznych materiałów”, Ark. 06 „Pomiary kolorymetrem trójchromatycznym”. PN-EN 169 "Filters for welding and related techniques. Transmittance requirements and recommended use"; PN-EN ISO 105-A05 „Badania odporności wybarwień. Instrumentalna ocena zmiany barwy i jej wyrażenie w stopniach szarej skali”.

## LITERATURA

1. Alvarez J.: Barierowość tekstyliów przed szkodliwym oddziaływaniem promieniowania UV na skórę człowieka. *Przegląd Włókienniczy* nr 4, s. 30-34, 2003.
2. Bartkowiak G., Marszałek A.: Użytkowanie nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej – komfort pracy. *Bezpieczeństwo Pracy* Nr 3, s. 22-25, 2007.
3. Bąk P.: Przepuszczalność pary wodnej wyrobów odzieżowych według znormalizowanych w kraju metod badań porównanie i interpretacja wyznaczanych wskaźników. *Przegląd – WOS* nr 6, s. 38-41, 2007.
4. Brennon P.J.: *Plastics Comprunding*. III/IV 1987.

5. Brzeziński S., Malinowska G., Nowak T.: High-tech Sports Clothing With a High Comfort of Use Made from Multi-layer Composite Materials. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, s. 90-93, 10/12, 2005.
6. Czajkowski W., Paluszkiewicz J.: Absorbery promieniowania ultrafioletowego stosowane w przemyśle włókienniczym. XXIII Seminarium Polskich Kolorystów, s. 24-34, Elbląg, 2007.
7. Fischer R.M.: SAE Technical Paper Series, No 84 1022, 1984.
8. Hruszka P., Kędziora W.: Badania zmian barwy kształtek rynn z PCV-u pod wpływem przyspieszonego starzenia. Materiały konferencyjne III Krajowe Sympozjum Kolorymetryczne, Spała, 1999.
9. Kowalski K., Nyka M.: Wpływ rodzaju surowca na zawartość wilgoci w warstwach dzianin dwuwarstwowych. VI Międzynarodowa Konferencja n-t Knitt-Tech 2003, Szklarska Poręba, 5-7 czerwca 2003.
10. Krysiak K., Kaźmierska M.: Barwniki bariera dla promieniowania UV. Obiektywna ocena właściwości ochronnych tkanin. Konferencja N-T UVR Warszawa, 19-20.IX.2002.
11. Lewartowska J., Sójka-Ledakowicz J., Gajdzicki B., Kudzin M., Prośniak P.: Spektrofotometryczna ocena współczynnika UPF dzianin bawełnianych zgodna z normami europejskimi. POOMT 2005 I Konferencja, s.93-100, Łądek Zdrój, 19-21.X.2005.
12. Lewartowska J., Sójka-Ledakowicz J., Kudzin M.: Dżianiny o optymalnych właściwościach użytkowych i barierowych dla promieniowania UV. *Przegląd włókienniczy* nr 5, s. 38-41, 2006.
13. Mielicki J.: Zarys wiadomości o barwie – Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki, Łódź, 1997.
14. Sójka-Ledakowicz J., Lewartowska J.: Textiles Barrier Properties against UV Radiation and Microorganisms Activity. 20. IFVTCC Kongress mai Weimar.
15. Wykin-Orlikowska G., Manduk-Chuchla T., Massalska-Lipińska T.: Dobór surowców i struktury dzianin a właściwości fizjologiczne. *Przegląd Włókienniczy*, Nr 1, s. 10-12, 2003.
16. Katalog firmy Ultra Light „UV – Radiation-Sensor UVS1000: Selective Spectral Sensors for Optimal Monitoring and Control of your Curing Process”.
17. Norma DIN 5031 Teil 10 „Strahlungphysik im Optischen Bereich und Lichttechnik”.
18. Polska Norma PN79/T – 06588. „Promieniowanie nadfioletowe. Nazwy, określenia, jednostki”.
19. PN-EN ISO 4892 – 2 „Tworzywa sztuczne. Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła”, cz.2 Źródła ksenonowe o wyładowaniu łukowym.
20. PrPN-ISO 11507 „Farby i lakiery. Ekspozycja powłok lakierowych na sztuczne działanie atmosferyczne. Ekspozycja na promieniowanie fluorescencyjne UV i wodę”.
21. PN-EN 14836:2006/AC „Nawierzchnie syntetyczne odkrytych terenów sportowych. Poddanie starzeniu sztucznemu w warunkach atmosferycznych”.

*Rękopis dostarczono dnia 13.05.2010 r.*

**Opiniował: prof. dr hab. inż. Maciej Rafałowski**

CRITERIA OF EVALUATING WEAR PROPERTIES  
OF TEXTILE FABRICS PROTECTING  
AGAINST OF UV RADIATION

Lucyna HEMKA, Lech PIOTROWSKI,  
Joanna LEWARTOWSKA, Wiesława LOTA

**ABSTRACT** *The various textiles – fabrics, knitweaves in the forms of roller blinds, curtains, external and internal building window blinds are utilized to protect against the harmful solar radiation in the flats as well as public buildings (offices, archives, museums). There are the lack of standards to evaluate the UV barrier properties of the above materials. The aging tests and spectrophotometric measurements of UVA and UVB transmittance of textiles were made. The ten samples of textiles for building interior design were exposed in the certain period of time to the UV radiation. The change of UV barrier properties, colour fastness as well as durability factors were estimated. The methodology of tests and UV barrier properties factors for evaluation purposes were proposed.*



**Mgr inż. Joanna LEWARTOWSKA** w roku 1972 ukończyła Wydział Włókienniczy Politechniki Łódzkiej ze specjalnością Chemiczna Obróbka Włókna. Jest starszym specjalistą badawczo-technicznym w Zakładzie Naukowym Chemii Włókienniczej i Modyfikacji Wyrobów w Instytucie Włókiennictwa w Łodzi. Specjalność – procesy chemiczne stosowane w technologii włókienniczej, a w szczególności w takich operacjach, jak bielenie, barwienie, wielofunkcyjne wykończenie tekstyliów.