

**RAPORT Z REALIZACJI EKSPERTYZY**  
**„BADANIE MOŻLIWOŚCI FOTODEGRADACJI POLIMERÓW**  
**PODCZAS PROCESU DEZYNFEKCJI PRZY ZASTOSOWANIU**  
**PROMIENIOWANIA UVC”.**

Wykonany na zlecenie ZURAD sp. z.o.o

Wykonał zespół pod kierunkiem

prof. dr. hab. inż. Stanisława Kłosowicza

Celem przeprowadzonych badań była ocena fotostabilności typowych tworzyw sztucznych oraz produktów z nich wykonanych wobec promieniowania UVC w związku z możliwością wykorzystania tego zakresu promieniowania do dezynfekcji pomieszczeń medycznych.

Jak wiadomo, tworzywa sztuczne narażone na promieniowanie UV ulegają powolnemu rozkładowi w wyniku reakcji fotochemicznych. Objawia się to m.in. zmianą barwy w przypadku tworzyw barwionych objętościowo lub odbarwieniem i uszkodzeniami mechanicznymi warstw powłokowych. Na ogół takie zjawiska obserwuje się w przypadku ciągłego i długotrwałego narażenia na promieniowanie UV, np. w wyniku działania promieniowania słonecznego.

Na wstępie należy wyraźnie podkreślić, że polimery wykorzystywane jako produkty dostępne handlowo mogą się różnić wrażliwością na działanie promieniowania UVC ze względu na następujące czynniki:

- różne technologie otrzymywania i różne standardy technologiczne, czego skutkiem może być obecność nieprzereagowanych półproduktów i zanieczyszczeń mogących powodować lub katalizować reakcje fotodegradacji polimeru,
- obecność domieszek modyfikujących właściwości tworzywa, np. plastyfikatorów lub barwników, mogących wpływać na fotoreaktywność polimeru,
- różnego rodzaju powłoki, farby, lakiery, których odporność na działanie promieniowania UVC może być znacząco niższa niż samego polimeru.

Jako źródło promieniowania UVC do przeprowadzenia testów zastosowano lampę kolumnową produkcji firmy ZURAD wyposażoną w 4 świetlówki PHILIPS TUV 75W HO G75 T8. W trakcie badań do naświetlania próbek wykorzystywano jednostronną parę tych świetlówek.

Ze względu na oświetlenie obszaru badanego ( $0,3 \times 0,3$  m) przez parę lamp przyjęto, że rozkład promieniowania na targecie (próbkach) jest z dobrym przybliżeniem jednorodny.

Traktując świetlówki jako liniowe źródła promieniowania przyjęto, że efektywna moc promieniowania emitowanego w doświadczeniu w kierunku powierzchni, na której umieszczano próbki, wynosiła około 36 W.

Próbki umieszczono w odległości 0,3 m od świetlówek. Na podstawie wyników zamieszczonych w raporcie Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej przyjęto, że natężenie promieniowania UVC na powierzchni pomiarowej wynosiło około  $240\text{W/m}^2$ .

Czas naświetlania wszystkich zestawów próbek wynosił 40 h, przy czym ze względu na konstrukcję lampy proces naświetlania przebiegał cyklicznie w etapach po 30 minut.

W celu zilustrowania zależności między odległością targetu od lampy a natężeniem promieniowania UVC na jego powierzchni w Tabl. 1 podano przykładowe czasy naświetlania, ekwiwalentne energetycznie względem warunków, w jakich prowadzono eksperyment.

Tabl. 1. Przykładowe czasy naświetlania dla różnych odległości targetu od lampy odpowiadające natężeniu promieniowania UVC stosowanemu w warunkach pomiaru.

Odległość od lampy [cm]	Ekwiwalentny czas naświetlania [h]
30	40
60	~270
90	~960
150	~2400

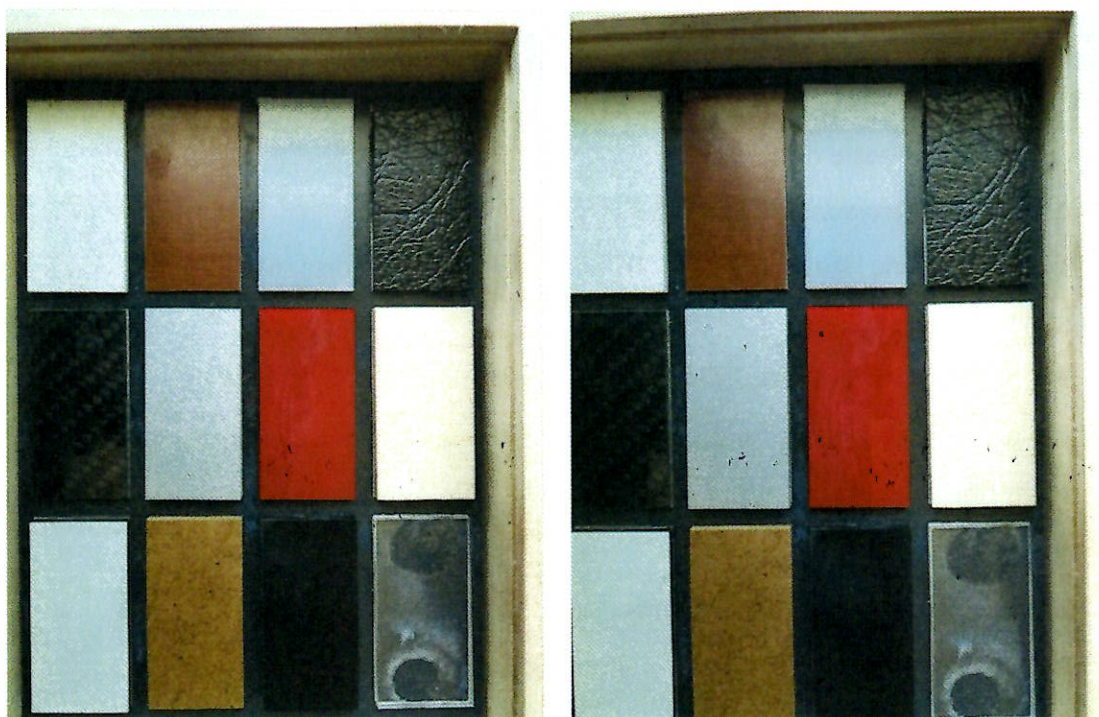
Badaniom poddano następujące grupy materiałów:

1. Tkaniny impregnowane otrzymane od Zamawiającego.
2. Powierzchnie lakierowanych mebli drewnianych.
3. Tworzywa sztuczne stosowane do produkcji wyrobów dostępnych handlowo, w tym kompozytowe:
  - poli(metakrylan metylu) przezroczysty (plexiglas),
  - poli(metakrylan metylu) barwiony,
  - teflon
  - tekstolit
  - poli(chlorek winylu) spieniony
  - kompozyt polietylenu i aluminium (dibond)
  - laminat impregnowany żywicami fenolową i melaminową (kronolit)
  - żywica epoksydowa zbrojona włóknem węglowym (Carbon),
  - polietylen wysokiej gęstości.

4. Polimery czyste, niepoddane obróbce technologicznej:

- poliwęglan,
- poli(chlorek winylu) medyczny
- poli(chlorek winylu) plastyfikowany
- polistyren
- polipropylen
- polietylen niskociśnieniowy
- polietylen wysokociśnieniowy
- teflon

Obserwacja wzrokowa próbek po 40 godzinach naświetlania nie wykazała żadnych zmian stanu powierzchni ani zmian zabarwienia (blaknięcie pokryć barwnych lub tworzyw barwionych, żółknięcie tworzyw niebarwionych, co pokazuje rys.1. W szczególności nie stwierdzono takich zmian w przypadku tworzyw i tkanin barwionych oraz pokryć lakierniczych drewna.



Rys. 1. Porównanie próbek polimerów technologicznych (grupa 3) przed naświetleniem UVC (zdjęcie lewe) i po naświetleniu (zdjęcie prawe).

W celu określenia czy badane polimery nie zmieniły po naświetleniu objętościowych właściwości mechanicznych tworzywa będące materiałami technologicznymi (grupa 3 próbek) poddano badaniom odporności na zrywanie, które przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Instron 8501 zmodernizowanej przez Zwick Roell z wykorzystaniem oprogramowania TestXpert III oraz głowicy pomiaru obciążenia o zakresie do 10 kN. Próbę realizowano z prędkością przemieszczania siłownika 10 mm/min. Wyniki próbek poddanych działaniu UVC porównano z wynikami dla próbek nienaświetlonymi. Dla polietylenu nie uzyskano wiarygodnych wyników ze względu na wysoką plastyczność tego tworzywa.

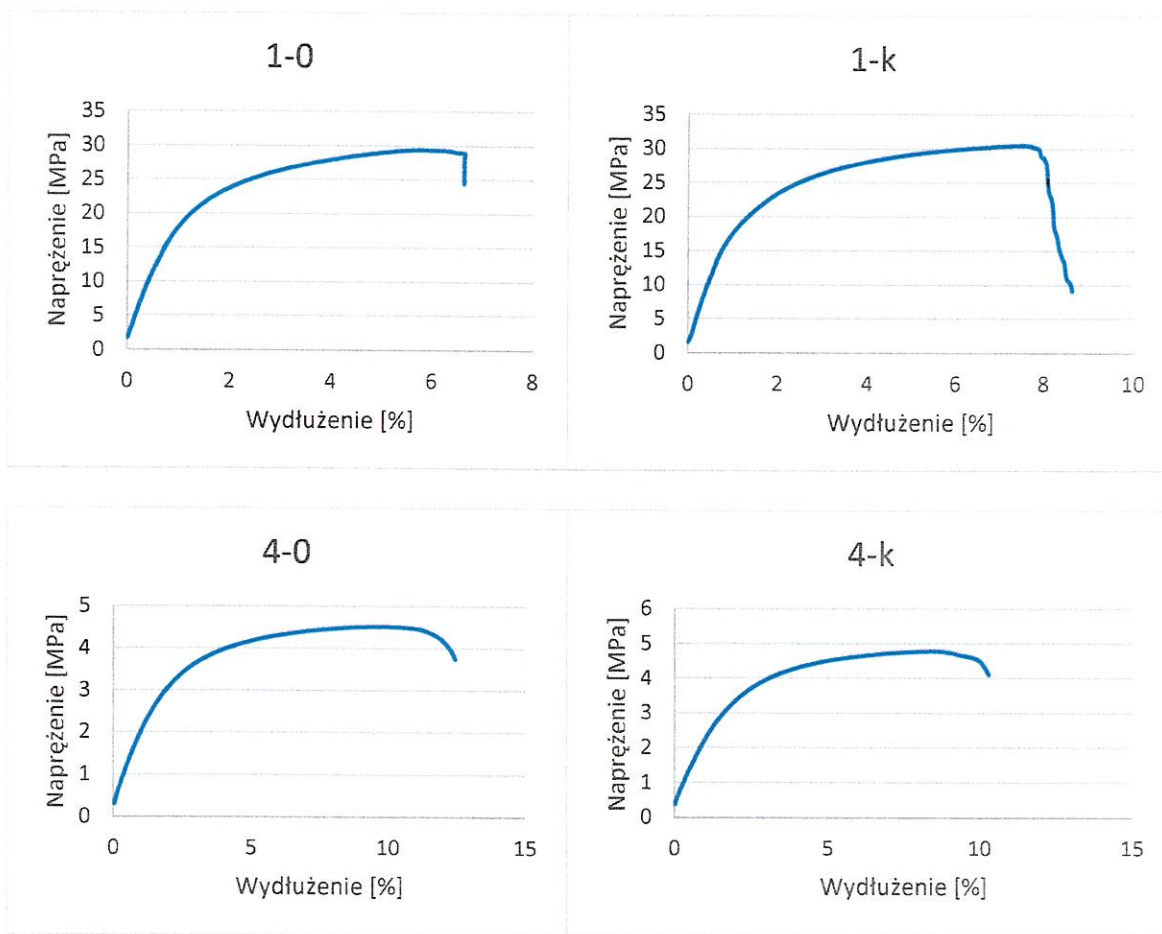
Przykładowe otrzymane wyniki zestawiono w Tabl. 2, a na rys. 2 pokazano przykładowe zależności naprężenie-wydłużenie.

Różnice wyników pomiaru naprężeń maksymalnych i wydłużenia przy zerwaniu są nieznaczne i mieszczą się w granicach błędu. Badania nie wykazały zatem istotnych zmian odporności mechanicznej badanych próbek.

Tabela 1. Zestawienie przykładowych wyników rozciągania próbek z tworzyw sztucznych.

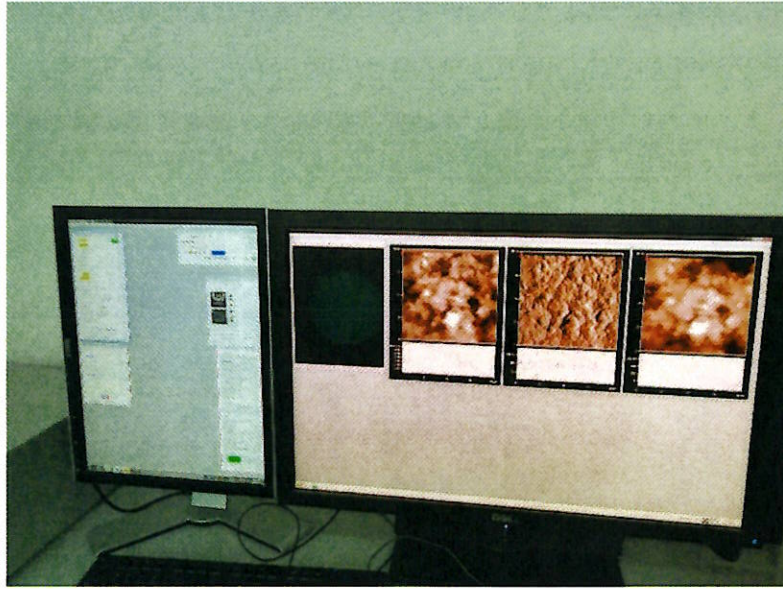
Oznaczenie próbki	Grubość [mm]	Szerokość [mm]	Granica plastyczności $\sigma_y$ [MPa]	Naprężenie maksymalne $\sigma_m$ [MPa]	Naprężenie końcowe $\sigma_b$ [MPa]	Wydłużenie przy granicy plastyczności $\epsilon_y$ [%]	Wydłużenie przy zerwaniu $\epsilon_b$ [%]
Teflon-0	3,08	10,10		29,5			6,7
Teflon k	3,08	9,90		30,6			8,1
PMM kolor 0	3,25	8,50	26,5	26,5	16,7	12,7	148
PMM kolor k	3,35	9,25	25,4	25,4	18,4	16,2	157
Dibond 0	2,93	9,10		65,2			7,6
Dibond k	2,95	9,52		37,9			5,5
PCV spien 0	2,94	11,7		4,5			12,5
PCV spien k	2,92	11,78		4,8			10,3
Kronolit 0	3,12	8,05		127			3,25
Kronolit k	3,10	7,6					

Oznaczenie 0 dotyczy próbek wzorcowych, a oznaczenie k próbek naświetlonych,

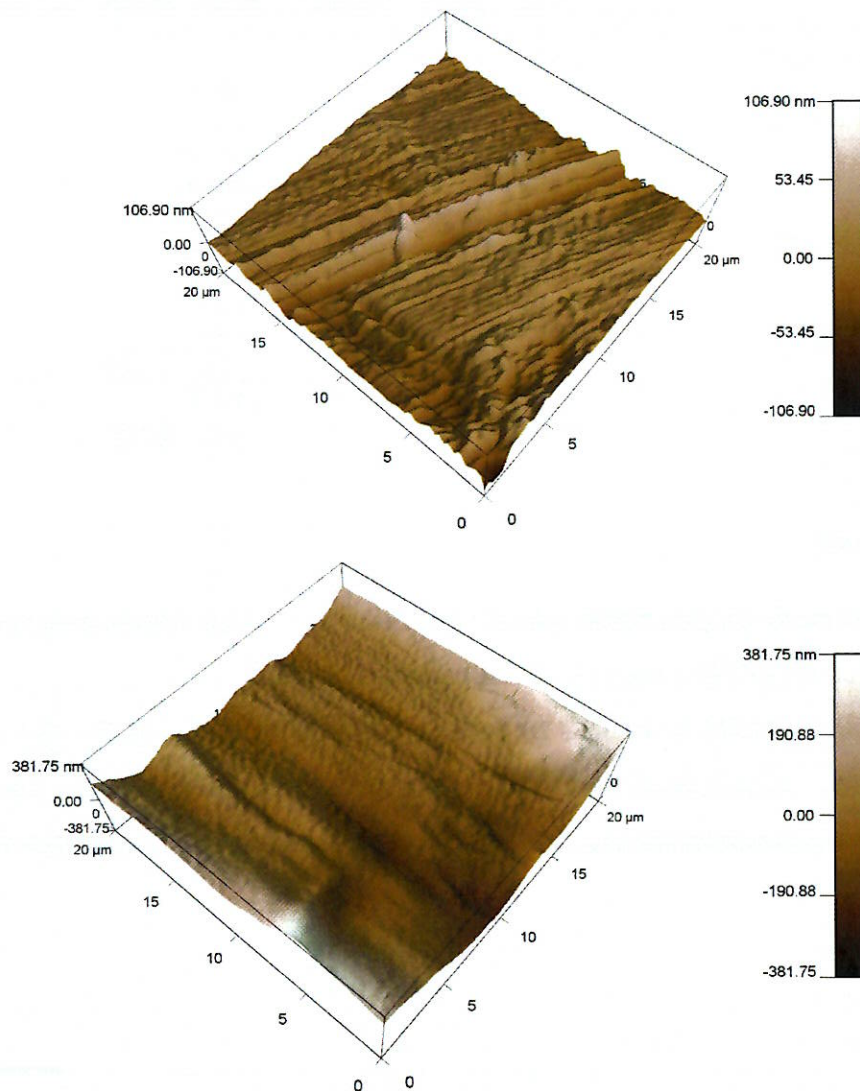


Rys. 2. Porównanie napężenia w funkcji wydłużenia próbek. Przykładowe zależności dla teflonu (wykresy górne) i PCV spienionego (wykresy dolne).

W celu oceny możliwych zmian powierzchniowych na poziomie cząsteczkowym, próbki czystych polimerów poddano badaniu metodą mikroskopii sił atomowych (AFM) z wykorzystaniem urządzenia CYPHER produkcji ASAI Research (rys. 3). Ze względu na formę próbek (granulaty lub proszki) przeprowadzenie pomiarów było utrudnione, tym niemniej również tym przypadku nie stwierdzono zmian powierzchni próbek poddanych działaniu UVC w porównaniu do próbek nienaświetlonych. Przykładowe wyniki otrzymane dla poli(etylenu) zaprezentowano poniżej w formie 3-D dla próbek nienaświetlonych i naświetlonych – ozn. light (rys.4). Topografia powierzchni nie jest identyczna, ponieważ dotyczy ona dwóch różnych próbek, natomiast dane nie wskazują na istotne zmiany charakteru powierzchni próbek..



Rys. 3. Mikroskop sił atomowych używany do badań.



Rys. 4. Powierzchnia próbek poli(etylenu): wzorcowej (rys. górny) i naświetlonej (rys. dolny).

## PET0000HeightRetrace

### RoughnessData:

Parameter Full Image Values: Mask Image Values:

Parameter	Full Image Values:	Mask Image Values:
Number Of Points:	65536	
Average:	0.000 m	nan m
Standard Deviation:	14.098 nm	nan m
Max:	78.149 nm	nan m
Min:	-85.282 nm	nan m
RMS:	14.097 nm	nan m
Average Deviation:	10.507 nm	nan m
Skew:	-0.303	nan
Kurtosis:	1.89	nan
Percent XY:	100 %	0 %
Surface Area:	400.3 $\mu\text{m}^2$	nan $\mu\text{m}^2$
Area Percent:	0.08737 %	nan %
Volume	0.0 $\mu\text{m}^3$	nan $\mu\text{m}^3$

### PET\_light0000HeightRetrace

#### RoughnessData:

Parameter Full Image Values: Mask Image Values:

Parameter	Full Image Values:	Mask Image Values:
Number Of Points:	65536	
Average:	0.000 m	nan m
Standard Deviation:	109.435 nm	nan m
Max:	424.841 nm	nan m
Min:	-226.154 nm	nan m
RMS:	109.434 nm	nan m
Average Deviation:	82.014 nm	nan m
Skew:	0.949	nan
Kurtosis:	0.914	nan
Percent XY:	100 %	0 %
Surface Area:	401.1 $\mu\text{m}^2$	nan $\mu\text{m}^2$
Area Percent:	0.2707 %	nan %
Volume	0.0 $\mu\text{m}^3$	nan $\mu\text{m}^3$

## Wnioski końcowe

1. W warunkach eksperymentu nie stwierdzono uszkodzeń fotodegradacyjnych próbek badanych materiałów we wszystkich badanych grupach.
2. Otrzymane wyniki wskazują, że badana lampa kolumnowa może być stosowana w procesach wielokrotnej dezynfekcji pomieszczeń medycznych nie powodując uszkodzeń elementów konstrukcyjnych sprzętu i wyposażenia w tych pomieszczeniach.

