

DOBRZYŃSKA Renata<sup>1</sup>

## Zagrożenie toksyczne podczas pożaru pomieszczeń mieszkalnych

### WSTĘP

Podczas pożaru człowiek narażony jest na działanie toksycznych gazów wydzielających się podczas rozkładu termicznego i spalania materiałów zastosowanych do wyrobu mebli, pościeli, zasłon, firan itp. Gazy te tworzą mieszaninę niebezpieczną dla zdrowia i życia człowieka. Ich emisja zależy od zastosowanych materiałów oraz warunków i fazy pożaru. Najczęściej do oceny toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów bierze się pod uwagę emisję tlenku węgla, dwutlenku węgla, dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, chlorowodoru, cyjanowodoru, bromowodoru i fluorowodoru. Szczególny problem stanowią jednak wymagania stawiane materiałom wyposażeniowym stosowanym w pomieszczeniach mieszkalnych. Nie zawsze są one wystarczające dla zapewnienia toksycznego bezpieczeństwa pożarowego. Są one jednak bardzo istotne z punktu widzenia bezpiecznej ewakuacji z pomieszczenia objętego pożarem. Od odpowiedniego doboru materiałów zależy, czy ludzie zdążą wydostać się z płonącego pomieszczenia niezależnie od tego, czy będzie to pomieszczenie mieszkalne na statku pasażerskim, wagon sypialny w pociągu, czy dom. Ten właściwy dobór powinny zapewniać wymagania administracyjne stawiane producentom materiałów i odpowiednio dobrane kryteria. Pomimo dostępności wielu metod badawczych, nie zawsze wyniki badań są wykorzystywane do oceny toksycznego zagrożenia pożarowego w wystarczającym stopniu. W dodatku inne kryteria zostały przyjęte w okrętownictwie, inne w kolejnictwie, a jeszcze inne w budownictwie lądowym.

### 1. KRYTERIA OCENY TOKSYCZNOŚCI PRODUKTÓW ROZKŁADU TERMICZNEGO MATERIAŁÓW STANOWIĄCYCH WYPOSAŻENIE POMIESZCZEŃ MIESZKALNYCH

Materiały stosowane w okrętownictwie powinny spełniać wymagania określone w Międzynarodowej Konwencji o Bezpieczeństwie Życia na Morzu – SOLAS. Toksyczność produktów rozkładu termicznego określa się dla takich materiałów jak [3]:

- ścianki działowe, sufity i okleiny,
- materiały pierwszych pokryć pokładów,
- wykładziny podłogowe,
- rurociągi z tworzyw sztucznych,
- kable elektryczne.

Badania toksyczności należy wykonać zgodnie z Międzynarodowym kodeksem stosowania procedur prób ogniowych FTP 2010, Część 2, IMO, (Resolution MSC.307 (88)). Materiał spełnia wymagania morskie w zakresie toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania, jeżeli stężenia gazów mierzone w komorze dymowej podczas badania nie przekraczają wartości granicznych przedstawionych w tabeli 1. Niestety wymagania te nie dotyczą materiałów stosowanych do wyposażenia pomieszczeń mieszkalnych w postaci np. mebli tapicerowanych, składników pościeli czy zawieszonych tekstyliów. Tego typu materiały muszą jedynie spełniać wymagania w zakresie odporności na działanie małych źródeł podpalania. Jednak wyniki badań własnych wskazują, że materiały, które pozytywnie przejdą test zapalności, mogą wydzielać podczas pożaru gazy w ilościach śmiertelnych dla człowieka.

<sup>1</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu, Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki, Laboratorium Badań Cech Pożarowych Materiałów;  
71-065 Szczecin; al. Piastów 41. Tel./fax: 91 433 98 77, Renata.Dobrzynska@zut.edu.pl

**Tab.1.** Stężenia graniczne produktów rozkładu termicznego i spalania [1]

Analizowany gaz	Stężenie graniczne, ppm
CO	1450
HCl	600
HF	600
NO <sub>x</sub>	350
HBr	600
HCN	140
SO <sub>2</sub>	120 (200 ppm dla podłóg)

W kolejnictwie, do wyposażenia wagonów stosować można materiały, które spełniają wymagania normy EN 45545-2:2013. Wymagania stawiane wybranym rodzajom materiałów stanowiących wyposażenie wnętrza zestawiono w tabeli 2 [5].

**Tab. 2.** Kryteria dla materiałów wyposażeniowych stosowanych w kolejnictwie [5]

Rodzaj materiału	Wymóg	Odniesienie do metody badawczej	Parametr i jednostka	Kryteria			
				Maksymalna czy minimalna	HL1	HL2	HL3
Zasłony i markizy w obszarach pasażerskich oraz służbowych, przedziałach służbowych;  Stoły, dolne powierzchnie stolików składanych	R1	ISO 5658-2	CFE kWm <sup>-2</sup>	Minimalna	20 <sub>a</sub>	20 <sub>a</sub>	20 <sub>a</sub>
		ISO 5660-1: 50 kWm <sup>-2</sup>	MARHE kWm <sup>-2</sup>	Maksymalna	<sup>a</sup> -	90	60
		EN ISO 5659-2: 50 kWm <sup>-2</sup>	D <sub>s</sub> (4) bezwymiarowe	Maksymalna	600	300	150
		EN ISO 5659-2: 50 kWm <sup>-2</sup>	VOF4 min	Maksymalna	1200	600	300
		EN ISO 5659-2: 50 kWm <sup>-2</sup>	CIT <sub>G</sub> bezwymiarowe	Maksymalna	1,2	0,9	0,75
Kompletne fotele pasażerskie	R18	ISO 9705-2	MARHE kW	Maksymalna	75	50	20
		ISO 9705-2	Szczyt RHR kW	Maksymalna	350	350	350
Pościel łóżek i kuszetek (poduszki, koce, poduszeczki, kołdry, prześcieradła itp.)	R20	EN ISO 12952-2	Czas po paleniu s	Maksymalna	10	10	10
		ISO 5660-1: 25 kWm <sup>-2</sup>	MARHE kWm <sup>-2</sup>	Maksymalna	50	50	50
		EN ISO 5659-2: 25 kWm <sup>-2</sup>	D <sub>s</sub> max. bezwymiarowe	Maksymalna	200	200	200
		EN ISO 5659-2: 25 kWm <sup>-2</sup>	CIT <sub>G</sub> bezwymiarowe	Maksymalna	0,75	0,75	0,75
Tapicerka foteli pasażerskich i zagłóweków;  Materace	R21	ISO 5660-1: 25 kWm <sup>-2</sup>	MARHE kWm <sup>-2</sup>	Maksymalna	75	50	50
		EN ISO 5659-2: 25 kWm <sup>-2</sup>	D <sub>s</sub> max. bezwymiarowe	Maksymalna	300	300	200
		EN ISO 5659-2: 25 kWm <sup>-2</sup>	CIT <sub>G</sub> bezwymiarowe	Maksymalna	1,2	0,9	0,75

<sup>a</sup> Jeśli zaobserwowane zostaną palące się krople/cząsteczki zgodne z 5.3.7 podczas badania według ISO 5658-2, lub dla szczególnego przypadku materiałów, które nie zapalają się teście wg ISO 5658-2, i są dodatkowo uznane za nieklasyfikowane, należy dodać następujące wymogi:

Badanie pod kątem wymogów EN ISO 11925-2 przy przyłożeniu płomienia 30 s. Wymagania akceptujące to:

- rozprzestrzenienie płomienia < 150 mm w ciągu 60 s;
- brak palących się kropli/cząsteczek.

<sup>b</sup> - podczas próby, rozprzestrzenianie ognia nie może sięgnąć krawędzi powierzchni siedziska fotela ani jego oparcia;

- podczas próby, wysokość płomienia nad najwyższym punktem powierzchni fotela nie może osiągnąć 1000 mm;
- jeśli wartości szczytowe emisji ciepła są zbyt wysokie dla bezpieczeństwa wyposażenia badawczego, to produkt nie jest zgodny.

Wymagania dla materiałów ze względu na toksyczność produktów rozkładu termicznego i spalania określone są za pomocą tzw. konwencjonalnego wskaźnika toksyczności  $CIT_G$ . Wskaźnik ten jest wartością bezwymiarową. Składa się on z dwóch wyrażen:

$$CIT_G = [\text{Składnik Pierwotny}] \times [\text{Składnik Sumaryczny}] \quad (1)$$

Składnik pierwotny określa model pożaru: powierzchnię produktu, która ma ulec spłonięciu, objętość przestrzeni, do której przedostaną się lotne produkty spalania, natomiast składnik sumaryczny jest stosunkiem emisji gazu do jego stężenia referencyjnego:

$$CIT_G = 0,0805 \cdot \sum_{i=1}^{i=8} \frac{c_i}{c_{iref}} \quad (2)$$

gdzie:

$c_i$  – stężenie  $i$ -tego składnika toksycznego w pomiarowej komorzy dymowej,  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

$c_{iref}$  – stężenie referencyjne  $i$ -tego składnika toksycznego (tabela 3.) w pomiarowej komory dymowej,  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

**Tab. 3.** Stężenia referencyjne analizowanych gazów [5]

Gaz	Stężenie referencyjne $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$
CO <sub>2</sub>	72 000
CO	1 380
HBr	99
HCl	75
HCN	55
HF	25
NO <sub>x</sub>	38
SO <sub>2</sub>	262

W budownictwie lądowym w Polsce stosowane są wymagania Ministra Infrastruktury w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [8]. Według rozporządzenia, stosowanie do wykończenia wnętrz materiałów łatwo zapalnych, których produkty rozkładu termicznego są bardzo toksyczne lub intensywnie dymiące, jest zabronione. Niestety wymagania te dotyczą materiałów znajdujących się w pomieszczeniach użyteczności publicznej (strefy pożarowe ZLI, ZLII, ZLIII i ZLV). Pomieszczenia mieszkalne nie są w tych wymaganiach ujęte. W związku z tym materiały stosowane do wyposażenia wnętrz w pomieszczeniach mieszkalnych nie muszą ich spełniać.

## 2. BADANIA TOKSYCZNOŚCI PRODUKTÓW ROZKŁADU TERMICZNEGO I SPALANIA MATERIAŁÓW STOSOWANYCH DO WYPOSAŻENIA POMIESZCZEŃ MIESZKALNYCH

W celu dokonania oceny pożarowego zagrożenia toksycznego materiałami stosowanymi do wyposażenia pomieszczeń mieszkalnych wykonano badania własne pianek poliuretanowych oraz gotowych wyrobów w postaci foteli tapicerowanych, składających się z tkaniny tapicerskiej,

wypełnienia – pianki poliuretanowej, sklejki stanowiącej szkielet siedziska i oparcia. Dla porównania wykonano również badania krzesła z polipropylenu.

Przed przystąpieniem do badań toksyczności dokonano wstępnej selekcji materiałów. Próbkę poddane zostały badaniom zapalności wg. PN-EN 1021-1:2007 oraz PN-EN 1021-2:2007. Badania polegają na próbie podpalenia próbki za pomocą znormalizowanego rozżarzonego papierosa oraz płomienia równoważnego płomieniowi zapalki [6, 7]. Do dalszego etapu badań wytypowano tylko te materiały, które pozytywnie przeszły ten test. Wykaz badanych materiałów zestawiono w tabela 4.

**Tab.4.** Zestawienie materiałów do badań

Lp.	Symbol próbki	Opis
1.	K4036	pianka poliuretanowa
2.	C2328	pianka poliuretanowa
3.	C3535	pianka poliuretanowa
4.	C4040	pianka poliuretanowa
5.	F1	fotel 1: tkanina tapicerska V, pianka wylewana siedziska, szkielet metalowy; poduszka oparcia: sklejka oparcia, szkielet poduszki sklejka, klej, gąbka wylewana poduszki oparcia, tkanina tapicerska V
6.	F2	fotel 2: poduszka siedziska: sklejka, szkielet poduszki, gąbka cięta, klej, tkanina tapicerska KF; poduszka oparcia: sklejka, szkielet poduszki, gąbka cięta, klej, tkanina tapicerska KF, osłona oparcia i siedziska ze sklejki bukowej
7.	F3	fotel 3: poduszka siedziska: tkanina tapicerska F, pianka wylewana siedziska, szkielet metalowy; poduszka oparcia: sklejka oparcia, szkielet poduszki (sklejka), klej, gąbka wylewana poduszki oparcia, tkanina tapicerska F; noga krzesła: szkielet metalowy, HDF, gąbka cięta, tkanina tapicerska F, podłokietnik drewniany
8.	F4	fotel 4: poduszka siedziska: sklejka, pianka wylewana siedziska E, klej + aktywator, tkanina tapicerska C; poduszka oparcia: sklejka, pianka wylewana siedziska E, klej + aktywator, tkanina tapicerska C; osłona oparcia ABS; podłokietnik: sklejka, pianka cięta, klej, tkanina tapicerska C
9.	PP	krzesło polipropylenowe odporne na promieniowanie UV z dodatkiem środka opóźniającego palenie

## 2.1. Metody badań

W celu dokonania oceny pożarowego zagrożenia toksycznego materiałami stosowanymi do wyposażenia pomieszczeń mieszkalnych wykonano badania własne metodami wg:

- PN-B-02855:1988,
- ISO 5660-1: 2002,
- PN-EN 45545-2:2013, Aneks B.

Badania metodą wg PN-B-02855:1988 polegają na poddaniu badanej próbki rozkładowi termicznemu w kwarcowej rurze, wzdłuż której przesuwa się piec z programowaną temperaturą: 450°C, 550°C oraz 750°C [4]. Wydzielające się gazy takie jak: HCl, HCN, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> pochłaniane są w płuczkach zawierających roztwór pochłaniający, który następnie poddawany jest analizie kolorymetrycznej. Natomiast wartości stężeń CO i CO<sub>2</sub> mierzone są za pomocą analizatora NDIR. Na podstawie określonych wartości oblicza się emisję właściwą badanych gazów:

$$E_i = \frac{m_i}{m_p}, \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \quad (3)$$

gdzie:

- $E_i$  – emisja właściwa i–tego toksycznego produktu rozkładu termicznego i spalania, g·g<sup>-1</sup>
- $m_i$  – masa i–tego toksycznego produktu rozkładu termicznego i spalania, g
- $m_p$  – masa próbki badanego materiału, g

Na podstawie wartości emisji właściwej oznaczonych substancji toksycznych rozkładu i spalania materiałów określa się ich wskaźniki toksykometryczne  $W_{LC50}$  ze wzoru:

$$W_{LC50i} = \frac{LC_{50i}^{30}}{E_i}, \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \quad (4)$$

gdzie:

$LC_{50i}^{30}$  - graniczne stężenie i-tej substancji toksycznej,  $g \cdot m^{-3}$

$E_i$  - wartość średnia emisji właściwej i-tej substancji toksycznej,  $g \cdot g^{-1}$

**Tab. 5.** Wartości stężeń granicznych produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów wg PN-B-02855

Produkty rozkładu termicznego i spalania		Stężenia graniczne $LC_{50i}^{30}$	
		$g \cdot m^{-3}$	ppm
Tlenek węgla	CO	3,75	2999
Dwutlenek węgla	CO <sub>2</sub>	196,4	99963
Cyjanowodór	HCN	0,16	133
Dwutlenek azotu	NO <sub>2</sub>	0,205	100
Chlorowodór	HCl	1	614
Dwutlenek siarki	SO <sub>2</sub>	0,7	245

Dla każdej temperatury badania oblicza się wypadkową wartość  $W_{LC50M}$  wskaźników toksykometrycznych  $W_{LC50}$  wszystkich oznaczanych produktów rozkładu termicznego i spalania próbek badanego materiału:

$$\frac{I}{W_{LC50M}} = \sum_{i=1}^n \frac{I}{W_{LC50i}}, m^3 \cdot g^{-1} \quad (5)$$

gdzie:

$n$  – liczba oznaczanych składników toksycznych.

Podstawę do klasyfikacji materiałów stanowi  $W_{LC50SM}$  – wartość średnia wskaźników toksykometrycznych  $W_{LC50M}$ , którą oblicza się ze wzoru:

$$W_{LC50SM} = \frac{W_{LC50M450} + W_{LC50M550} + W_{LC50M750}}{3}, g \cdot m^{-3} \quad (6)$$

Kryteria klasyfikacji produktów rozkładu termicznego i spalania badanego materiału w zależności od wartości wskaźnika toksykometrycznego  $W_{LC50SM}$  zestawiono w tabeli 6.

**Tab.6.** Kryteria klasyfikacji produktów rozkładu termicznego i spalania badanego materiału wg PN-B-02855

Wartość wskaźnika $W_{LC50SM}$	Klasyfikacja produktów rozkładu termicznego i spalania
$W_{LC50SM} \leq 15$	bardzo toksyczne
$15 < W_{LC50SM} \leq 40$	toksyczne
$W_{LC50SM} > 40$	umiarkowanie toksyczne

Badanie toksycznych produktów rozkładu termicznego i spalania przeprowadzono również metodą wg ISO 5660-1. Zasada tej metody polega na poddaniu materiału na działanie promieniowania cieplnego za pomocą stożkowego promiennika cieplnego [2]. Zważoną próbkę o wymiarach: 100 mm x 100 mm, umieszcza się na szalce wagi pod elektrycznym promiennikiem stożkowym. W wyniku działania na badany materiał promieniowania cieplnego o określonym natężeniu strumieniu ciepła, wydzielane są produkty rozkładu termicznego, które mogą ulec samozapłonowi (jeżeli promieniowanie cieplne jest wystarczająco wysokie) lub mogą być zapalone, dzięki obecności zapalarki iskrowej. Gazy wydzielające się podczas rozkładu termicznego i spalania kierowane są do układu kominowego, skąd w sposób ciągły pobierane są do analizy chemicznej przy pomocy pierścieniowej sondy. Podczas przeprowadzania badania na stanowisku kalorymetru stożkowego rejestrowane mogą być następujące parametry pomiaru:

- aktualny czas od chwili rozpoczęcia badania,
- temperatura spalin w sąsiedztwie kryzy pomiarowej,

- temperatura spalin w pobliżu ich poboru do analizy chemicznej,
- różnica ciśnień na kryzie pomiarowej,
- natężenie masowe przepływu spalin,
- stężenie tlenu,
- stężenie tlenku węgla,
- stężenie dwutlenku węgla,
- stężenie HCN, NO<sub>x</sub>, HCl, itd.,
- ubytek masy próbki,
- masowa szybkość spalania,
- intensywność wydzielania ciepła,
- gęstość optyczna dymu,
- zawartość sadzy w spalinach.

Kolejną metodą, która została zastosowana do badań materiałów wyposażeniowych jest metoda wg PN-EN 45545-2:2013, Aneks B. Umożliwia ona badanie mebli w pełnej skali. Próbkę, np. kompletny fotel ustawia się na wadze i podaje działaniu kwadratowego palnika, zasilanego propanem i generującym moc ok. 5 kW. Odpowiada ona mocy palącej się, zwiniętej gazety. Podczas badania rejestruje się takie parametry jak [5]:

- maksymalny ubytek masy,
- maksymalna szybkość ubytku masy,
- średnia szybkość ubytku masy,
- czas zapalenia się próbki,
- czas końca palenia się próbki,
- maksymalne stężenie CO<sub>2</sub>,
- maksymalne stężenie CO,
- maksymalny ubytek O<sub>2</sub>,
- maksymalna intensywność wydzielania ciepła,
- średnia intensywność wydzielania ciepła MARHE,
- maksymalne osłabienie światła,
- maksymalna szybkość emisji dymu,
- całkowita ilość wydzielonego dymu,
- ciepło wydzielone,
- emisja właściwa CO,
- emisja właściwa CO<sub>2</sub>.

## 2.2. Wyniki badań toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów stosowanych w pomieszczeniach mieszkalnych

Do oceny toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania badanych materiałów zastosowano krotność przekroczenia stężenia granicznego i-tego produktu rozkładu termicznego i spalania jednostki masy materiału spalonego w danych warunkach termicznych w pomieszczeniu o określonej objętości:

$$x_{kr\_i} = \frac{E_i}{V_{pom} \cdot LC_{50}^{30}}, \quad (7)$$

Ocena zagrożenia toksycznego została wykonana przy założeniu, że w wyniku pożaru w przedziale wagonu kolejowego o objętości 9 m<sup>3</sup> spalił się 1 kg badanych materiałów. Na podstawie wartości emisji właściwej poszczególnych gazów obliczono krotność przekroczenia stężenia granicznego, powodującego uszkodzenie zdrowia lub utratę życia. Wyniki badań CO i CO<sub>2</sub> wykonanych metodami wg ISO 5660-1: 2002 i PN-EN 45545-2:2013, Aneks B. zestawiono w tabeli 7. Wyniki badań całych



foteli na kalorymetrze meblowym należy potraktować jako wyniki badań wstępnych, ponieważ z powodu intensywnego palenia się próbek badania należało przerwać. W związku z tym wyniki emisji właściwej w czasie badań foteli w pełnej skali dotyczą początkowego okresu badań (przed rozgorzeniem). Reakcja foteli na działanie palnika została przedstawiona na rysunkach 1-3.



**Rys. 1.** Badania pianki poliuretanowej K4036 metodą wg PN-EN 45545-2:2013, Aneks B (fot. własna)



**Rys. 2.** Badania fotela F1 metodą wg PN-EN 45545-2:2013, Aneks B (fot. własna)



Rys. 3. Badania fotela F4 metodą wg PN-EN 45545-2:2013, Aneks B (fot. własna)

Tab. 7. Wyniki badań emisji właściwej CO i CO<sub>2</sub> oraz krotność przekroczenia stężenia granicznego  $LC_{50}^{30}$

Metoda badawcza	Badany materiał/wyrób	Emisja właściwa CO	Emisja właściwa CO <sub>2</sub>	krotność przekroczenia $LC_{50}^{30} CO$	krotność przekroczenia $LC_{50}^{30} CO_2$	Uwagi
		g/g	g/g			
ISO 5660-1 50 kW/m <sup>2</sup>	K4036	0,010	2,745	0,26	1,40	
	C2328	0,051	4,118	1,36	2,10	
	C3535	0,052	1,795	1,38	0,91	
	C4040	0,021	1,736	0,56	0,88	
PN-EN 45545-2, Aneks B	K4036	14,187	3,464	378,32	1,76	próbka spaliła się całkowicie
	C2328	0,011	0,178	0,29	0,09	próbka gaśnie po odsunięciu palnika
	C3535	0,01	0,125	0,27	0,06	próbka gaśnie po odsunięciu palnika
	C4040	0,006	0,149	0,16	0,08	próbka gaśnie po odsunięciu palnika
	F1	0,024	1,537	0,64	0,78	niebezpiecznie narastające spalanie, ugaszono wodą
	F2	0,015	0,412	0,40	0,21	niebezpiecznie narastające spalanie, ugaszono wodą
	F3	0,006	0,332	0,16	0,17	niebezpiecznie narastające spalanie, ugaszono wodą
	F4	0,015	0,885	0,40	0,45	niebezpiecznie narastające spalanie, ugaszono wodą
PP	0,001	0,084	0,03	0,04	próbka gaśnie po odsunięciu palnika	

Podczas badania materiałów metodą wg PN-B02855:1988 wyznaczono emisję właściwą CO, CO<sub>2</sub>, HCN, HCl, NO<sub>2</sub>, i SO<sub>2</sub>. W tabeli 8 przedstawiono wyniki badań emisji właściwej układów tapicerskich wchodzących w skład foteli F1 – F4 oraz krzesła polipropylenowego, natomiast w tabeli 9 obliczoną krotność przekroczenia stężenia granicznego.

Tab. 8. Wyniki badań emisji właściwej produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów

Badany układ	Temperatura badania	CO	CO <sub>2</sub>	HCN	NO <sub>2</sub>	HCl	SO <sub>2</sub>
		g·g <sup>-1</sup>	g·g <sup>-1</sup>	g·g <sup>-1</sup>	g·g <sup>-1</sup>	g·g <sup>-1</sup>	g·g <sup>-1</sup>
F1	450	0,073	0,095	0,0002	0,0000	0,0004	0,00000
	550	0,294	0,917	0,0026	0,0000	0,0002	0,00000
	750	0,032	2,158	0,0006	0,0001	0,0000	0,00002



F2	450	0,062	0,130	0,0013	0,0000	0,0018	0,00001
	550	0,125	1,373	0,0057	0,0000	0,0037	0,00001
	750	0,137	1,982	0,0041	0,0000	0,0012	0,00001
F3	450	0,086	0,133	0,0009	0,0000	0,0022	0,00001
	550	0,153	1,024	0,0029	0,0000	0,0011	0,00002
	750	0,039	1,986	0,0016	0,0000	0,0027	0,00004
F4	450	0,103	0,130	0,0003	0,0000	0,0000	0,00001
	550	0,096	1,574	0,0012	0,0001	0,0000	0,00001
	750	0,044	2,131	0,0005	0,0000	0,0000	0,00001
PP	450	0,136	0,044	0,0004	0,0000	0,0000	0,00005
	550	0,277	1,615	0,0007	0,0000	0,0000	0,00014
	750	0,420	1,324	0,0013	0,0000	0,0000	0,00020

**Tab. 9.** Krotność przekroczenia stężenia granicznego  $LC_{50}^{30}$  produktów rozkładu termicznego i spalania metodą wg PN-B02855:1988

Badany układ	Temperatura badania	CO	CO <sub>2</sub>	HCN	NO <sub>2</sub>	HCl	SO <sub>2</sub>
F1	450	1,9	0,0	0,1	0,003	0,04	0,0001
	550	7,9	0,5	1,7	0,003	0,02	0,0001
	750	0,9	1,1	0,4	0,030	0,00	0,0031
F2	450	1,6	0,1	0,8	0,003	0,18	0,0007
	550	3,3	0,7	3,5	0,006	0,37	0,0007
	750	3,6	1,0	2,6	0,013	0,12	0,0007
F3	450	2,3	0,1	0,6	0,004	0,22	0,0007
	550	4,1	0,5	1,8	0,006	0,11	0,0036
	750	1,0	1,0	1,0	0,008	0,27	0,0053
F4	450	2,8	0,1	0,2	0,008	0,00	0,0007
	550	2,6	0,8	0,7	0,030	0,00	0,0007
	750	1,2	1,1	0,3	0,017	0,00	0,0007
PP	450	3,6	0,0	0,2	0,003	0,00	0,0071
	550	7,4	0,8	0,4	0,003	0,00	0,0199
	750	11,2	0,7	0,8	0,003	0,00	0,0279

## WNIOSKI

- na podstawie wyników badań stwierdzono, że materiały stosowane do wyposażenia pomieszczeń mieszkalnych mogą być źródłem emisji toksycznych produktów podczas rozkładu termicznego i spalania, głównie tlenku węgla, dwutlenku węgla i cyjanowodoru;
- stosowanie tego typu materiałów w pomieszczeniach mieszkalnych może powodować zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi przebywających w tych pomieszczeniach, o czym świadczą wartości krotności przekroczenia stężenia granicznego  $LC_{50}^{30}$  przekraczające 1;
- krotność przekroczenia stężenia granicznego  $LC_{50}^{30}$  może być parametrem pomocnym przy ocenie zagrożenia powodowanego przez wydzielanie się toksycznych gazów podczas rozkładu termicznego i spalania materiałów;
- odpowiedni dobór materiałów stanowiących wyposażenie pomieszczeń mieszkalnych umożliwi skuteczną ewakuację ludzi ze strefy objętej pożarem.

**Streszczenie**

Podczas pożaru pomieszczeń mieszkalnych, głównym czynnikiem stanowiącym zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi są toksyczne produkty rozkładu termicznego i spalania materiałów stanowiących wyposażenie wnętrz. Obecnie obowiązujące w Polsce przepisy nie stawiają wystarczających wymagań materiałom stosowanym w pomieszczeniach mieszkalnych pod względem toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania. W związku z tym w mieszkaniach mogą się znajdować materiały, które w przypadku pożaru, już w początkowej fazie, mogą stanowić śmiertelne zagrożenie. Szczególnie niebezpieczne mogą być stosowane w meblach tapicerowanych pianki poliuretanowe, które w podwyższonych temperaturach wydzielają znaczne ilości tlenku węgla, dwutlenku węgla i cyjanowodoru.

**Toxic hazard during a fire of living quarters****Abstract**

A major factor posing a threat to human health and life during a fire living quarters, are toxic thermal decomposition and combustion products of materials constituting the furnishings. The current Polish regulations do not place sufficient requirements for materials used in a living quarters in terms of toxicity of the products thermal decomposition and combustion. Therefore, the flats may located materials which, in the event of fire at an early stage, can be lethal. Particularly dangerous are used polyurethane foam in upholstered furniture, which at increased temperatures emits significant amounts of carbon monoxide, carbon dioxide and hydrogen cyanide.

**BIBLIOGRAFIA**

1. International Code for Application of Fire Test Procedures (2010 FTP CODE), Resolution MSC.307(88) IMO
2. ISO 5660-1: 2002, Reaction to fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method)
3. Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu, 1974 SOLAS - Tekst jednolity, 2014, wydanie PRS, 2014
4. PN-B-02855:1988, Ochrona przeciwpożarowa budynków - Metoda badania wydzielania toksycznych produktów rozkładu i spalania materiałów
5. PN-EN 45545-2:2013-07 Kolejnictwo - Ochrona przeciwpożarowa w pojazdach szynowych - Część 2: Wymagania dla materiałów i elementów w zakresie właściwości palnych
6. PN-EN 1021-1:2007 - Meble - Ocena zapalności mebli tapicerowanych - Część 1: Źródło zapłonu: tłący się papieros
7. PN-EN 1021-2:2007 - Meble - Ocena zapalności mebli tapicerowanych - Część 2: Źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapalniczki
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690, z późn. zm.)

Autorka dziękuje Kierownictwu Laboratorium Badań Palności Materiałów Sychta Laboratorium Sp. J. za udostępnienie kalorymetru meblowego do badań.