

mgr inż. Mariusz Krzysztof Kopański<sup>1</sup>

Przyjęty/Accepted/Принята: 07.12.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 10.06.2015;

Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

## Fotele tapicerowane jako źródło zagrożenia pożarowego sal kinowo-widowiskowych

### Upholstered Seats in Cinemas and Theatres – Source of Fire Hazard

#### Кресла с мягкой обивкой как источник пожарной угрозы в кинозалах и аудиториях

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem publikacji jest ocena zagrożenia pożarowego sal kinowo-widowiskowych wyposażonych w siedziska tapicerowane (fotele) spełniające aktualne wymagania techniczno-prawne. Fotele w salach mieszczących powyżej 200 osób dorosłych lub 100 dzieci bada się przy użyciu źródeł ognia o małej mocy (tłący się papieros, płomień zapałki). Należy ustalić jak zareagują fotele i jaki będzie miał przebieg pożar, gdy zastosujemy inne źródło ognia (np. palącą się złożoną gazetę).

**Materiał i metody:** Badania przeprowadzono na pełnowymiarowych fotelach oraz ich układach tapicerskich, które są ogólnodostępnymi wyrobami handlowymi na rynku europejskim spełniającymi wymagania zapalności mebli tapicerowanych, które są zgodne z metodą EN-PN 1021-1 Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: tłący się papieros oraz EN-PN 1021-2 Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapałki. W celu ustalenia zagrożenia pożarowego siedzisk tapicerowanych od innych źródeł zapłonu, poddano je badaniom według wymagań normy kolejowej PN-EN 45545-2 Aneks B, C, PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2 (kalorymtr meblowy). Dodatkowo wyznaczono profile temperatur na powierzchni podpalanych foteli wykorzystując do tego celu kamerę termowizyjną.

**Wyniki:** Stopień zagrożenia pożarowego w pomieszczeniach wypełnionych fotelami spełniającymi wymagania (PN-EN 1021-1/2) wzrasta w zależności od rodzaju użytego źródła zapłonu. Fotel uważany za bezpieczny i spełniający wymagania zapalności mebli przebadano na kalorymtrze meblowym i uzyskano następujące wyniki: maksymalną intensywność wydzielania ciepła fotel 1 – 10,78 kW, fotel 2 – 356,83 kW; ciepło wydzielone przez fotel 1 – 635,8 kJ oraz fotel 2 – 81605,6 kJ; MAHRE fotel 1 – 1,62 kW, fotel 2 – 204,37 kW, które świadczą o bardzo dużym zagrożeniu pożarowym. W czasie badań laboratoryjnych zaobserwowano bardzo duże zadymienie pomieszczenia, w którym prowadzone były badania. Potwierdziły to wyniki całkowitej ilości wydzielonego dymu: fotel 1 – 5,3 m<sup>3</sup>, fotel 2 – 750,3 m<sup>3</sup>, a osłabienie wiązki światła w fotometrze wyniosło prawie 91%. W czasie pożaru fotela nr 2 temperatura jego powierzchni przekroczyła 900°C.

**Wnioski:** Zaleca się modyfikację i rozszerzenie palety źródeł zapłonu w obowiązującej normie. Za wzór można przyjąć angielską normę BS 5852, zgodnie z którą rozpatrywanych jest osiem różnych rodzajów źródeł zapłonu w zależności od rodzaju i przeznaczenia pomieszczenia. Przegląd mebli tapicerowanych pod względem oceny palności wskazuje, że powinny one być przebadane w pełnej skali z uwzględnieniem większych źródeł zapłonu, jak np. kule z gazety lub stosy z drewna.

**Słowa kluczowe:** fotel, PN-EN 1021, kalorymtr meblowy, intensywność wydzielania ciepła, pożar, zabezpieczenie p/poż, termowizja, dym, PN-EN 45545

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

#### ABSTRACT

**Aim:** The purpose of this paper is to evaluate potential fire hazards in cinemas and theatres, equipped with upholstered furniture, which satisfy prevailing technical requirements.

**Introduction:** Upholstered seating in public places, which accommodate above two hundred adults or one hundred children, are tested in laboratories with the aid of small fire sources (a smouldering cigarette or ignited match). However, it is appropriate to determine the behaviour of upholstery material and potential development of a fire when other fire sources are applied, such as a folded burning newspaper.

**Materials and methods:** The study was conducted on upholstered furniture, which is generally available on the European market and, which satisfies fire safety standards for upholstered furniture in accordance with EN-PN 1021-1. The fire source used for tests was a smouldering cigarette in accordance with EN-PN 1021-2 and the equivalent of a burning match flame. In order to determine the fire

<sup>1</sup> Sychta Laboratorium Sp.J., Police, Polska; mariusz.kopanski@zut.edu.pl;

hazard of upholstered seating from other ignition sources, research was performed in accordance with test standards; EN 45545-2, Annex B and C, PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2 (Furniture Calorimeter). Additionally, temperature profiles were identified on the surface of ignited armchairs with the aid of thermal cameras.

**Results:** The fire hazard level in premises furnished with upholstered furniture, which satisfy standards (PN-EN1021-1/2), increases, depending on the employed ignition source. Upholstered furniture, which was considered safe and satisfied fire safety standards was further exposed to tests on a furniture calorimeter with following results: The maximum intensity of heat release for armchair 1 = 10.78 kW, armchair 2 = 356.83 kW; total heat release for armchair 1 = 635.8 kJ, armchair 2 = 81605.6 kJ; MAHRE armchair 1 = 1.62 kW, MAHRE armchair 2 = 204.37 kW, which demonstrates a high risk of fire. During laboratory tests a large volume of smoke was observed in the room where research was performed. This is borne out by the total volume of smoke output for armchair 1 = 5.3 m<sup>3</sup>, armchair 2 = 750.3 m<sup>3</sup>. and the reduction in intensity of light rays, measured by the light meter, was approaching 91%. During a fire of armchair 2 the surface temperature exceeded 900°C.

**Conclusions:** It is recommended that the range of ignition tests utilised in current standards is modified and extended. United Kingdom (UK) provides such an example with the BS 5852 standard, where eight different sources of ignition are employed, depending on type and use the premises are put to (cinema, hospital, hotel, museum). An examination of upholstered furniture, involving an evaluation of flammability, should be performed within a full range of the most significant sources of ignition, such as balls of newspaper or piles of wood.

**Keywords:** upholstered seating, EN1021, furniture calorimeter, heat release rate, fire, fire protection, thermal, smoke, EN 45545

**Type of article:** original scientific article

## АННОТАЦИЯ

**Цель:** Целью публикации является оценка пожарной опасности в кинозалах и аудиториях, которые оснащены сиденьями (креслами) с мягкой обивкой, соответствующие техническим и правовым требованиям. Кресла в залах, которые могут вместить более 200 взрослых людей или 100 детей, исследуются при использовании источников возгорания малой мощности (тлеющая сигарета, пламя зажигалки). Следует определить, как поведут себя кресла и как будет развиваться пожар, если будет применён другой источник огня (например, горящая сложенная газета).

**Материал и метод:** Исследования проводились на креслах с обивками реальных размеров, которые являются общедоступными изделиями на европейском рынке и соответствуют стандартам воспламеняемости мебели с обивкой согласно EN-PN 1021-1 „Оценка воспламеняемости мебели с мягкой обивкой. Источник возгорания: тлеющая сигарета”, а также PN-EN 1021-2 „Оценка воспламеняемости мебели с мягкой обивкой. Источник возгорания: эквивалент пламени спички”. Для того, чтобы определить угрозу пожара сидений с мягкой обивкой, вызванных другими источниками возгорания, они были подвержены исследованиям в соответствии с требованием железнодорожного стандарта PN-EN 45545-2 приложение B,C, PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2 (мебельный калориметр). Дополнительно были определены температурные профили на поверхности поджигаемых кресел с использованием тепловизионной камеры.

**Результаты:** Уровень пожарной опасности в помещениях с креслами, соответствующими требованиям (PN-EN 1021-1/2), растёт в зависимости от вида источника возгорания. Кресло, которое считается безопасным и соответствует требованиям возгораемости мебели, было испытано при помощи мебельного калориметра. Следовательно, были получены следующие результаты: максимальная интенсивность выделения тепла: кресло 1 – 10,78 кВт, кресло 2 – 356,83 кВт; тепло выделенное креслом 1 – 635,8 кДж и креслом 2 – 81605,6 кДж; кресло MAHRE 1 – 1,62 кВт, кресло 2 – 204,37 кВт, которые свидетельствуют об очень большой пожарной опасности. Во время лабораторных тестов была отмечена очень большая задымлённость помещения, в котором были проведены исследования. Это подтверждают результаты общего количества выделенного дыма: кресло 1 – 5,3 м<sup>3</sup>, кресло 2 – 750,3 м<sup>3</sup>, а ослабление луча света в фотометре составило почти 91%. Во время пожара кресла номер 2 температура его поверхности превысила 900°C.

**Выводы:** Авторы рекомендуют изменить и расширить перечень источников возгорания в действующем стандарте. Следуя примеру британского стандарта BS 5852, где рассматривается 8 разных источников возгорания в зависимости от вида и назначения помещения. Исследования мебели с мягкой обивкой с точки зрения оценки её воспламеняемости должны проводиться на образцах реальных размеров с учётом больших источников возгорания, таких как, например, шары из газеты или стопки древесины.

**Ключевые слова:** кресло, PN-EN 1021, мебельный калориметр, интенсивность выделения тепла, пожар, пожарная защита, тепловизия, дым, PN-EN 45545

**Вид статьи:** оригинальная научная статья

## 1. Wstęp

Zgodnie z aktualnymi dokumentami wykonawczymi (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1], Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [2]), zharmonizowanymi z dokumentami Unii Europejskiej [3], budynek i znajdujące się w nim elementy wyposażenia powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób,

aby w razie pożaru umożliwiły: przeprowadzenie szybkiej ewakuacji ludzi, ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i produktów rozkładu termicznego oraz spalania (dymu) wewnątrz obiektu objętego pożarem, zachowanie nośności konstrukcji przez czas wynikający z rozporządzenia, a także ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie budynki. Z punktu widzenia zapobiegania rozprzestrzenianiu się pożaru w pomieszczeniu budynku i w całym obiekcie, przedmiotem zainteresowania są między innymi odporność materiału tapicerowanego na działanie zewnętrznych źródeł zapłonu oraz analiza możliwości wywołania przez

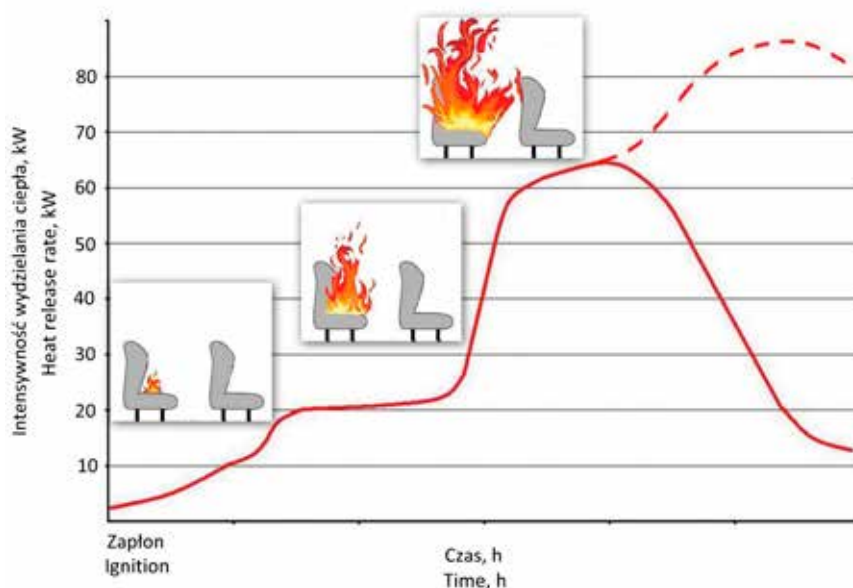
ten materiał pożaru innych, sąsiadujących z nim materiałów wyposażenia wnętrz w następstwie indukcji. Aktualnie stosowane wymagania techniczne, zgodnie z polską normą oceny zapalności mebli tapicerowanych, badania przeprowadza się w „małej skali” z „małym” źródłem zapłonu w postaci żarzącego się papierosa (PN-EN 1021-1) [4], równoważnika płonącej zapalniczki (PN-EN 1021-2) [5], co jest niewystarczające do oceny zapalności zestawów tapicerskich stosowanych w pomieszczeniach widowiskowo-kinowych i teatralnych. Na podstawie normy PN-EN 1021-1/2 ocenia się zapalność materiałów takich jak materiały pokryciowe, wypełnienia, stosowanych w siedziskach tapicerowanych oraz w materiałach i tkaninach pościelowych (ISO 12952, PN-EN 597-1, FTP część 9 IMO) stosowanych w indywidualnych gospodarstwach domowych. Najczęstsze przyczyny powstania pożaru w budynkach (lokalach) mieszkalnych to: niedbalstwo, lekkomyślność lub nieostrożność ludzi.

10 marca 2014 roku w jednym z mieszkań w bloku w Gorzowie Wielkopolskim wybuchł nieduży pożar – spalił się fotel. Po ugaszeniu ognia okazało się, że siedział na nim człowiek. Według doniesień prasowych zasnął w fotelu z zapalonym papierosem [6].

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1021: 2007 część pierwsza (Ocena zapalności mebli tapicerowanych) w ramach badań układ tapicerski lub gotowy wyrób poddawany jest oddziaływaniu tłącego się papierosa, który położony jest na zgięciu pomiędzy siedziskiem a oparciem minimum 5 cm od krawędzi wyrobu. Po zakończeniu każdej próby po upływie 60 minut rozbiera się badany układ celem ustalenia ewentualnego wewnętrznego postępującego tlenia. Natomiast zgodnie z drugą częścią metody według PN-EN 1021: 2007 palnik zasilany jest butanem, a wysokość płomienia powinna wynosić 35 mm. Czas oddziaływania „małego płomienia” jest zróżnicowany, dla budownictwa lądowego to 15 sekund, a w budownictwie okrętowym i offshore 20 sekund. W czasie badań obserwuje się sposób spalania się układu tapicerskiego

(palenie się płomieniem, postępujące tlenie, żarzenie). Po zakończeniu każdej próby, po upływie 2 minut rozbiera się badany układ celem ustalenia ewentualnego wewnętrznego postępującego tlenia. Jeżeli żadne z wyżej wymienionych zjawisk nie występuje, układ tapicerski spełnia wymagania norm i może być stosowany w praktyce.

Ryzyko powstania pożaru istnieje zawsze, nawet w budynkach zaprojektowanych zgodnie z zasadami bezpieczeństwa pożarowego. Źródłem pożaru mogą być zjawiska fizyczne, chemiczne oraz biologiczne powodujące niekontrolowane wydzielanie się ciepła, w wyniku którego następuje zapalenie materiałów w bezpośrednim sąsiedztwie źródła promieniowania cieplnego. Przyczyną powstania pożaru może być też podpalenie przypadkowe lub umyślne, m.in. sabotaże czy działania terrorystyczne. Wspecjalizowani „podpalacze” stosują zapalniki pirotechniczne chemiczne (nadmanganian potasu + gliceryna) lub opóźniające zapłon (papieros + zapalniczka) [7]. Zapalnik owinięty np. w gazetę położoną na fotelu opóźni zainicjowanie pożaru, a osobie podpalającej pozwoli na bezpieczne oddalenie się od celu zniszczenia. W związku z tym odporność fotela w sali widowiskowo-kinowej określona tylko na podstawie badania odporności na działanie żarzącego się papierosa lub równoważnika płonącej zapalniczki może okazać się niewystarczająca. Potwierdziły to badania w pełnej skali metodą kalorymetru meblowego (PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2, PN-EN 45545-2). Zapalenie się łatwopalnego układu tapicerskiego (fotela) spowoduje spłonienie wyrobu tapicerowanego, który może być źródłem dalszego rozprzestrzeniania się i obejmowania swoim zasięgiem otaczających go materiałów, co zobrazowano na schemacie zamieszczonym na rycinie 1. W pierwszej fazie pożaru, w pomieszczeniu następuje wzrost strumienia ciepła, który oddziałuje na sąsiednie materiały znajdujące się w pobliżu zarzewia ognia. Krzywa przerywana teoretycznie ukazuje wzrost intensywności wydzielania ciepła spowodowanego zapłonem materiałów będących w pobliżu palącego się fotela.



Ryc. 1. Rozwój pożaru w pomieszczeniu z meblami

Fig. 1. The development of a fire in a room with upholstered furniture

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

## 2. Metoda badawcza

### 2.1. Badanie reakcji na ogień mebli metodami według PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2

#### i PN-EN 45545-2 Aneks B (kalorymetr meblowy)

W normie badawczej wg PN-EN 45545-2 aneks B [8] opisany jest sposób oceny reakcji na ogień pełnowymiarowych siedzeń stosowanych w kolejnictwie (z podłokietnikami, podglówkami, oparciem i konstrukcją nośną) oraz wyposażenia wnętrz w postaci mebli. Celem badania jest określenie odporności mebla na działanie potencjalnego źródła podpalenia w postaci palnika o przekroju kwadratu i mocy 7 kW. Płomień palnika podpalającego (źródło zapłonu) zasilany jest propanem o ustalonym przepływie 5 l/min. Wydziela on moc cieplną, jaką emituje paląca się gazeta. Podstawą badań w kalorymetrze meblowym jest określanie szybkości wydzielania ciepła metodą ubytku tlenu, wykorzystując zasadę kalorymetrii opracowaną przez Thortona. Zakłada ona, że ciepło powstałe w wyniku spalania materiału jest proporcjonalne do ilości zużytego tlenu.

W skład stanowiska do badania mebli w pełnej skali metodami wg PN-EN 45545-2 aneks B z wykorzystaniem norm PN ISO 9705, ISO/TR 9705-2 wchodzi:

- układ kominowy do odprowadzania spalin z regulatorem natężenia przepływu gazów,
- układ do pomiaru natężenia przepływu objętościowego gazów w przewodzie kominowym,
- źródło podpalania palnik o przekroju kwadratu na wysięgniku,
- układ zasilania palnika gazowego z masowym regulatorem przepływu,
- układ do pomiaru temperatury spalin w przewodzie kominowym,
- układ do pomiaru ubytku masy i szybkości jej zmian,
- układ do pomiaru stężenia tlenu, dwutlenku węgla i tlenku węgla w spalinach
- układ do pomiaru intensywności wydzielania ciepła,
- układ do poboru spalin do analizy chemicznej,
- układ do pomiaru dymotwórczości materiałów,
- układ do kontroli bieżącej i kalibracji stanowiska,
- wielopunktowy układ pomiarowy do automatycznej rejestracji i przetwarzania danych.

### 2.2. Przebieg badania

Po ustabilizowaniu się warunków termicznych stanowiska i przygotowaniu próbki do badań zgodnie z wymaganiami norm PN ISO 9705, ISO/TR 9705-2 i PN-EN 45545-2 aneks B, przygotowany fotel – zgodnie z wymaganiami normatywnymi – przymocowuje się do platformy

z izolacyjnego materiału niepalnego, a następnie umieszcza na wadze stanowiska. Natępnie mocuje się na statywie palnik gazowy, który opuszcza się na powierzchnię badanego siedziska. Masa nacisku palnika na siedzisko powinna wynosić 100 g. Przed badaniem zwraca się uwagę na:

- natężenie przepływu spalin, które powinno wynosić  $(0,6 \pm 0,05) \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- wskazania analizatora tlenu, dwutlenku i tlenku węgla,
- wskazania fotometru.

W czasie badań system kontrolno-pomiarowy stanowiska mierzy:

- czas,
- temperaturę otoczenia,
- temperaturę spalin w przewodzie do odprowadzania spalin,
- różnicę ciśnienia na dwukierunkowej sondzie do pomiaru natężenia przepływu gazów w przewodzie do odprowadzania spalin,
- objętościowe natężenie przepływu gazów,
- ubytek masy badanego wyrobu,
- transmitancję światła,
- całkowitą szybkość wydzielania dymu,
- stężenie tlenu,
- stężenie dwutlenku i tlenku węgla,
- intensywność wydzielania ciepła,
- ciepło wydzielone przez próbkę,
- wartość średniej całkowitej intensywności wydzielania ciepła badanego wyrobu (fotela) – ARHE.

W trakcie badania uważnie obserwuje się zachowanie palącej się próbki/wyrobu.

### 2.3. Zakres badań i materiały

W celu określenia zagrożenia pożarowego materiałów tapicerowanych w budynkach użyteczności publicznej bada się gotowe meble tapicerowane na działanie zewnętrznych źródeł podpalania oraz analizuje możliwości wywołania przez nie pożaru sąsiednich materiałów w następstwie indukcji. Przeprowadzono własne badania palności foteli tapicerowanych będących wyrobami handlowymi, dostępnymi na europejskim rynku, które mogą stanowić wyposażenie sal kinowych lub teatralnych.

Badaniu poddano dwa rodzaje foteli i ich układów tapicerskich najczęściej stosowanych w obiektach użyteczności publicznej, a mianowicie w wyposażeniu sal kinowo-widowiskowych i w pasażerskich wagonach transportu kolejowego. Do badań użyto klimatyzowanych próbek materiału wg PN-EN 13238: 2011 punkt 4.2 w temperaturze  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  oraz wilgotności  $50 \pm 5\%$  do osiągnięcia stałej masy.

**Tabela 1.** Opis badanych próbek materiału  
**Table 1.** Description of material samples to be tested

Badany materiał / Test material	Zastosowanie / Use	Skład / Composition
Fotel 1/ Armchair 1	pociąg / train	wysokoelastyczna pianka poliuretanowa trudnopalna o gęstości ok. 31 kg/m <sup>3</sup> , materiał obiciowy – tkanina raszlowana z okrywą runową o składzie 100% poliester, konstrukcja stalowa malowana proszkowo
Układ tapicerski 1/ Upholstery system 1		Highly elastic polyurethane foam flame retardant – 31 kg/m <sup>3</sup> , upholstery fabric 100% polyester, the steel frame
Fotel 2 / Armchair 1	kino / cinema	pianka poliuretanowa o gęstości ok. 29,5 kg/m <sup>3</sup> , Tkanina obiciowa o składzie surowcowym 100 % poliester i gramaturze ok. 420 g/m <sup>2</sup>
Układ tapicerski 1/ Upholstery system 1		Polyurethane foam – 29,5 kg/m <sup>3</sup> , upholstery fabric 100% polyester – 420 g/m <sup>2</sup>

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

### 3. Wyniki badań według normy PN-EN 1021-1/2

Badania przeprowadzono w akredytowanym (nr AB 1501) Laboratorium Badań Palności Materiałów. Wyniki

badania mebli tapicerowanych poddawanych działaniu tłącego się papierosa i równoważnika płomienia zapalki przedstawiono w tabeli 2, natomiast rezultaty badania z kalorymetru meblowego ukazano na ryc. 2 i ryc. 3 oraz w tabeli 3.

**Tabela 2.** Wyniki badań wg PN-EN 1021-1/2  
**Table 2.** Test results in compliance with standard EN 1021-1/2

Kryteria/ Materiał Criteria/ Material	Fotel 1 Armchair 1	Fotel 2 Armchair 2	Układ tapicerski 1 / Upholstery structure 1	Układ tapicerski 2 / Upholstery structure 2
Kryteria tlenia wg PN-EN 1021-1 Smouldering cigarette PN-EN 1021-1				
Niebezpieczne narastające spalanie Dangerous smouldering progression	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Układ próbny strawiony przez ogień Test sample completely burnt	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Tli się do końca Smouldering sample smouldering up to the end of test	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Tli się na wskroś grubości Smouldering across the full thickness	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Tli się dłużej niż godzinę Smouldering in excess of one hour	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Dalej niż 100 mm od źródła zapłonu Smouldering in excess of 100 mm from ignition source	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Kryteria palenia się płomieniem wg PN-EN 1021-2 Burning criteria according to PN-EN 1021-2 (approximating to the calorific value of a burning match)				
Niebezpieczne narastające spalanie Dangerous smouldering progression	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Układ próbny strawiony przez ogień Test sample completely burnt	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Palenie się do skrajów próbki Burning to the edge of sample	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Palenie się na wskroś grubości Burning across the full thickness	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Pali się dłużej niż 120 s Burning lasted in excess of 120 s	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Oznaczenie: TAK/YES – kryteria są przekroczone/contravene regulation NIE/NO – kryteria są spełnione/satisfy regulations				

**Źródło:** Opracowanie własne.

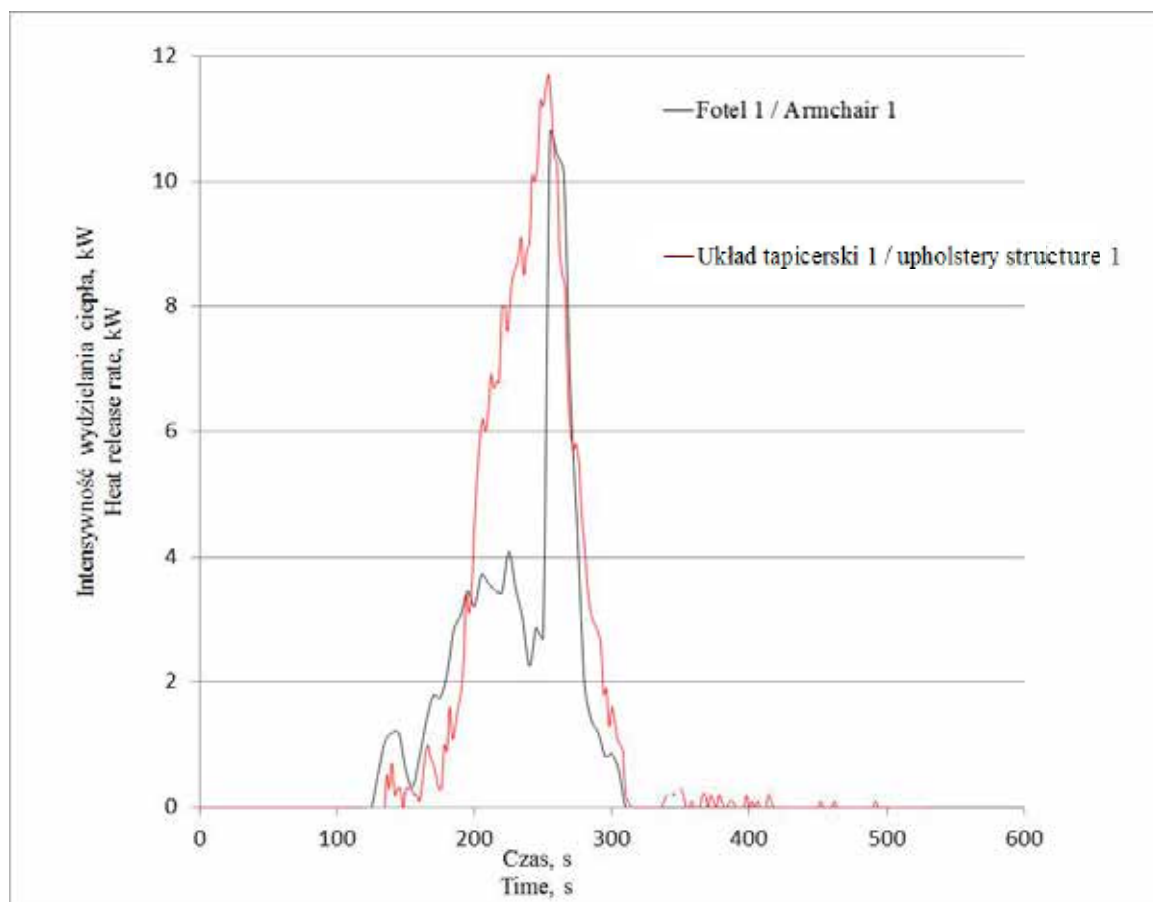
**Source:** Own elaboration.

**Tabela 3.** Wybrane wyniki badań wg PN-EN 45545-2 Anex B  
**Table 3.** The test results of the standard PN-EN 45545-2 Anex B

Parametr/ Materiał Criteria/ Material	Fotel 1 Armchair 1	Fotel 2 Armchair 2	Układ tapicerski 1 Upholstery structure 1	Układ tapicerski 2 Upholstery structure 2
Minimalny czas zapłonu / Minimum ignition time, s	166	138	136	129
Czas końca palenia / end of burning, s	305	1500	306	598
Ciepło wydzielone przez próbkę, kJ Heat release, kJ	635,8	81605,6	841,5	19772,5
Max intensywność wydzielania ciepła, kW Maximum heat release, kW	10,78	356,83	11,71	259,05
MAHRE, kW	1,62	204,37	5,73	65,22
Całkowita ilość wydzielonego dymu, m <sup>2</sup> The total amount of smoke, m <sup>2</sup>	5,3	750,3	48	86,1
Maksymalna szybkość emisji dymu, m <sup>2</sup> /s Maximum speed of smoke emission, m <sup>2</sup> /s	0,0401	4,4849	0,7143	0,7857
Emisja właściwa CO, mg/g Appropriate emission CO, mg/g	0,005	3,918	0,01	15,056
Emisja właściwa CO <sub>2</sub> , mg/g Appropriate emission CO <sub>2</sub> , mg/g	0,353	1,485	0,125	3,273
Maksymalne osłabienie światła, % Maximum impairment of light, %	2,6	91,05	38,79	31,75

**Źródło:** Opracowanie własne.

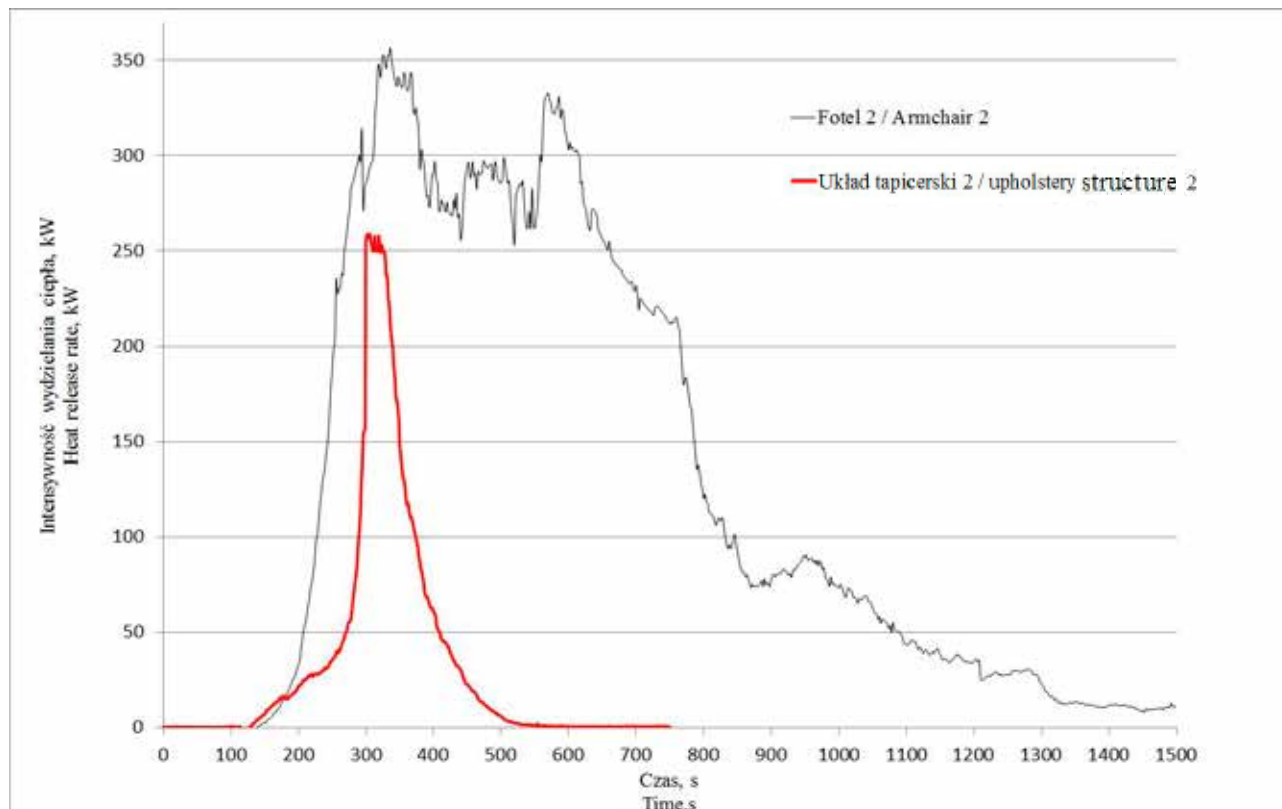
**Source:** Own elaboration.



**Ryc. 2.** Zależność intensywności wydzielania ciepła od czasu – fotel 1, układ tapicerski 1  
**Fig. 2.** Intensity relationship between heat release and time – armchair 1 and upholstery structure 1

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

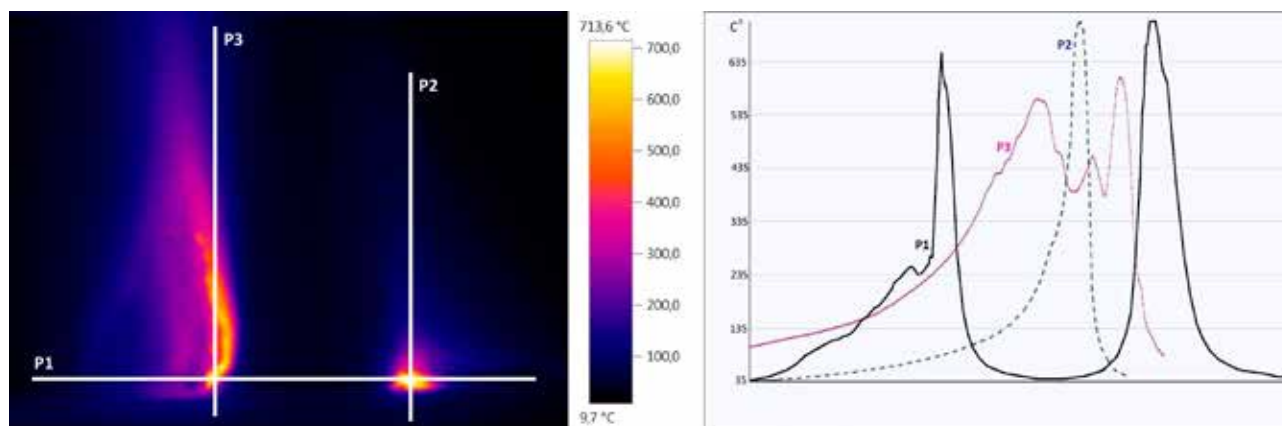


Ryc. 3. Zależność intensywności wydzielania ciepła od czasu – fotel 2, układ tapicerski 2  
 Fig. 3. Intensity relationship between heat release and time – armchair 2 and upholstery structure 2

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

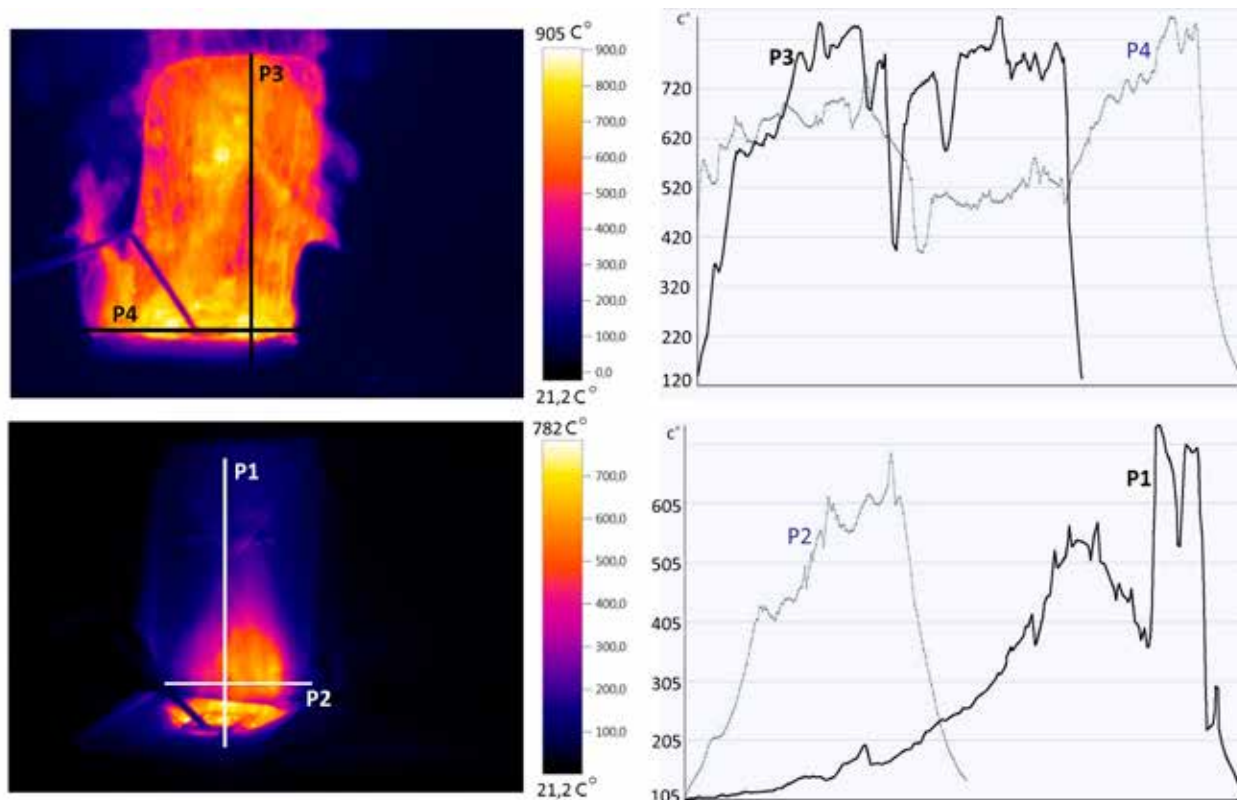
#### 4. Analiza wyników badań



Ryc. 4. Obraz termowizyjny z profilami temperatur podczas trwania badania PN-EN 1021-1/2 (fot. M. Kopański)

Fig. 4. Thermal image of the temperature profile during the test according to the PN-EN 1021-1/2 standard (fot. By M. Kopański)





**Ryc. 5.** Obraz termowizyjny z profilami temperatur podczas oddziaływania palnika przez 3 minuty wg badania PN-EN 45545-2 (a – fotel wykonany z pianki poliuretanowej, obity tkaniną trudno zapalną; b – fotel numer 1 wykonany z pianki poliuretanowej trudno zapalnej, tkaniny obiciowej trudno zapalnej) (fot. M. Kopański)

**Fig. 5.** Thermal image of the temperature profile during the test according to EN 45545-2 (a – armchair 2 made of polyurethane foam, flame-resistant fabric-covered; b – armchair 1 made of polyurethane foam flame-resistant, flame-resistant fabric-covered (fot. by M. Kopański)

Fotel oznaczony numerem jeden w badaniach na kalorymetrze meblowym wykazywał najlepsze właściwości przeciwpożarowe. Po odjęciu palącego się palnika próbek natychmiast gasła, podobnie zachowywał się układ tapicerski 1. Maksymalna intensywność wydzielania ciepła z fotela nr 1 podczas badań na kalorymetrze meblowym wyniosła ponad 10 kW. W obrazie termowizyjnym, który został wykonany w 290 sekundzie pomiaru badania (ryc. 5), materiał obiciowy trudno zapalny z pianką trudno zapalną nie zapalił się w obrębie oddziaływania palnika, choć rozgrzał się do ponad 780°C. Pianka poliuretanowa jedynie się stopiła. Dla porównania zrobiono zdjęcie palącego się siedziska fotela 2, który po upływie również 290 sekund całkowicie spłonął, osiągając moc ponad 350 kW i temperaturę na powierzchni próbki ponad 900 stopni Celsjusza. Zarejestrowano ją przy użyciu kamery termowizyjnej i emisyjności ustawionej na 0,94.

Na zdjęciu termowizyjnym (ryc. 4) zrobionym podczas badania wg normy PN-EN 1021-1/2 można zauważyć, że zarejestrowane maksymalne temperatury na powierzchni fotela nr 1 są zbliżone i wynoszą ok 700 stopni Celsjusza. Tkanina obiciowa odporna na krótkotrwałe oddziaływanie promieniowania cieplnego (żar z papierosa, płomienia typu zapalki) nie zapala się, lecz wystarczy przedłużyć

czas oddziaływania i fotel (układ tapicerski) zaczyna się intensywnie palić.

Układ tapicerski 2 osiągnął maksymalną wartość wskaźnika MAHRE na poziomie 65 kW i został całkowicie strawiony przez ogień w ciągu 8 minut. Pianka trudno zapalna wchodząca w skład układu tapicerskiego 1 zapaliła się po 16 sekundach oddziaływania palnika i po odsunięciu palnika samoistnie zgasła.

Otrzymane wyniki z badań kalorymetru meblowego charakteryzujące dymotwórczość zostały przedstawione w tabeli 2. Uzyskane wartości zostały przekroczone w badaniu fotela nr 2 oraz przy badaniu układu tapicerskiego ze „zwykłą” pianką po piance poliuretanowej. Całkowita ilość wydzielonego dymu podczas palenia fotela nr 2 wyniosła ponad 750 m<sup>3</sup>. Dla porównania, fotel 1 z wypełnieniem pianką poliuretanową trudnopalną i tkaniną obiciową trudno zapalną wydzielił tylko 5,3 m<sup>3</sup> dymu. Intensywnie wydzielające się produkty rozkładu termicznego i spalania osłabiły wiązkę światła białego o ponad 90%, co można zauważyć na ryc. 6. Statystyki pożarowe podają, że tylko od 4 do 5 % ludzi ponosi śmierć w wyniku bezpośredniego oddziaływania promieniowania cieplnego, natomiast ponad 80% wypadków śmiertelnych w czasie pożarów spowodowane jest zagrożeniem stwarzanym przez produkty rozkładu termicznego i spalania.





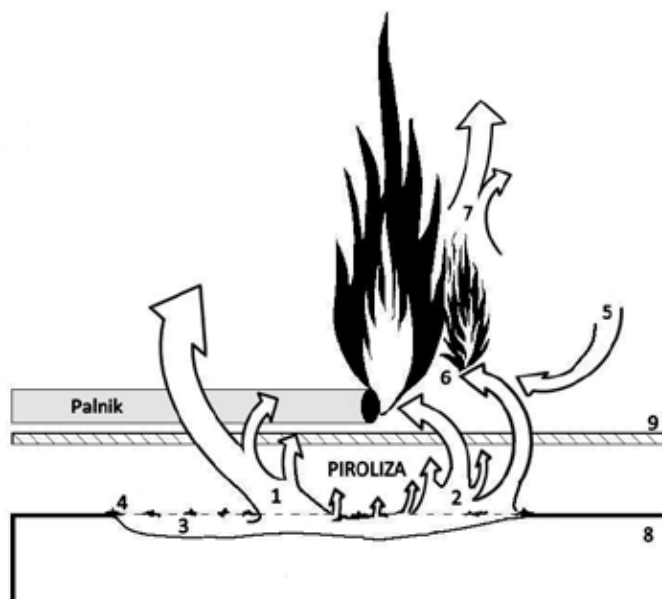
**Ryc. 6.** Bardzo duże zadymienie hali laboratorium w czasie badania fotela nr 2 na kalorymtrze meblowym (fot. M. Kopański)  
**Fig. 6.** Very large smoke in the laboratory during tests for Armchair 2 identified on the calorimeter (fot. By M. Kopański)

W pierwszych minutach trwania pożaru w obiekcie budowlanym podstawowym czynnikiem zagrożenia dla ludzi jest ograniczenie widzialności spowodowanej z obniżeniem się górnej warstwy dymu i redukcją zasięgu widzialności. W następstwie ograniczenia widoczności zwiększa się prawdopodobieństwo utraty orientacji w zadymionych pomieszczeniach, co może spowodować upadek, potknięcie się lub uderzenie o niewidoczne przedmioty. Dym, jako podstawowy nośnik ciepła w środowisku pożarowym, stanowi bardzo duże zagrożenie dla osób przebywających w środowisku pożarowym, w tym również strażaków z powodu możliwości wdychania toksycznych związków chemicznych.

## 5. Dyskusja

Badanie palności materiałów tapicerowanych jest jednym z najważniejszych testów w przemyśle wyposażenia wnętrz, ponieważ ma ono bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ludzi w przypadku zaistnienia pożaru. Dotychczasowe badania z wykorzystywaniem normy badawczej PN-EN 1021-1/2 znajdują zastosowanie do pomieszczeń o niskim wskaźniku zagrożenia pożarowego, czyli pomieszczeń mieszkalnych, w których omawiane źródła ognia są

powszechne. Zastosowanie w fotelach bardzo dobrej jakości tkaniny obiciowej, która wytrzyma oddziaływanie ciepłe wg normy oceny zapalności mebli tapicerowanych, oraz użycie łatwopalnej pianki najprawdopodobniej zapewni pozytywny wynik badania. Przedłużenie czasu oddziaływania palnika o stałej mocy o kilkanaście sekund lub zwiększenie intensywności wydzielania ciepła z materiału podpalającego układ tapicerski (np. zamiana płomienia zapalnika na złożoną gazetę) wpłynie na uzyskanie negatywnego wyniku badania. Ciepło dostarczone z materiału podpalającego przenika przez tkaninę trudno zapalną, a następnie pochłaniane jest przez piankę, powodując podwyższenie temperatury do wartości umożliwiającej zapoczątkowanie reakcji rozkładu i pirolizy, której następstwem jest gazyfikacja pianki. Gazy wytworzone podczas destylacji rozkładowej przedostają się przez tkaninę obiciową trudno zapalną i mieszają się z powietrzem tworząc mieszaninę, która spala się na powierzchni materiału trudno zapalnego, w wyniku czego następuje destrukcja – przepalenie. Ciągłe wzrastający strumień energii wydzielony podczas spalania dostarczany do wypełnienia fotela spowoduje rozszerzenie się ognia na całe siedzisko tapicerowane, co przedstawiono na ryc. 7.



Ryc. 7. Schemat spalania fotela tapicerowanego

1 – gazy niepalne; 2 – mieszanina palna; 3 – produkty ciekłe, 4 – reszta zwęglona; 5 – powietrze; 6 – mieszanka gazowa paliwo-powietrze; 7 – produkty spalania, 8 – pianka tapicerska; 9 – materiał obiciowy trudno zapalny

Fig. 7. Diagram of a burning upholstered furniture

1 – not flammable gas; 2 – combustible mixture; 3 – liquid products; 4 – carbonized product; 5 – air; 6 – a mixture of fuel and air; 7 – smoke; 8 – upholstery foam; 9 – retardant upholstery

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Niestety, dla układów tapicerskich i gotowych siedzisk nie ma jednego standardu palności zatwierzonego przez wszystkie kraje Unii Europejskiej i we wszystkich krajach na świecie. Istniejące zróżnicowanie standardów międzynarodowych odzwierciedla zaś różne podejścia do problemu palności. Próby ujednoczenia i zaostrzenia wymagań badań pożarowych mebli tapicerowanych napotykać duży opór ze strony producentów, ponieważ zwiększyłyby się wtedy koszt ekonomiczny produkcji jednostkowego fotela (siedziska). Tym samym świadomie igra się z bezpieczeństwem, zdrowiem i życiem użytkowników sal kinowych oraz teatralnych. Według rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2012 roku w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami), pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 200 osób dorosłych lub 100 dzieci,

w których miejsca do siedzenia są ustawione w rzędach, powinny mieć fotele i inne siedzenia trudno zapalne odpowiadające wymaganiom polskiej normy dotyczącej oceny zapalności mebli tapicerowanych. Z tego powodu należy zadać sobie pytanie, czy polskie i europejskie obiekty użyteczności publicznej wyposażone w fotele tapicerowane badane dotychczasowymi metodami znormalizowanymi są bezpieczne.

W Wielkiej Brytanii funkcjonuje norma do badania zapalności mebli metodami BS 5852: 2006, w której wyróżnia się 8 różnych rodzajów źródła zapłonu stosowanych w zależności od poziomu zagrożenia pożarowego w różnego rodzaju obiektach budowlanych. Metody przy użyciu tłącego się papierosa (PN-EN 1021-1) oraz równoważnika płonącej zapałki (PN-EN 1021-2) stosuje się do badania materiałów będących na wyposażeniu w obiektach o najniższym zagrożeniu pożarem.

Tabela 4. Zestawienie źródeł zapłonu wg normy BS 5852

Table 4. List of ignition sources according to the standard BS 5852

Źródło zapłonu Ignition source	Rodzaj podpalania Incendiary device	Źródło zapłonu Ignition source	Wydzielona energia, kWh Energy, kWh
0	Żarzenie (tlenie) Embers	Papieros Cigarette	brak / absence
1	Płomień Flame	Palnik Gas burner	0,001
2	Płomień Flame	Palnik Gas burner	0,004
3	Płomień Flame	Palnik Gas burner	0,016

Źródło zapłonu Ignition source	Rodzaj podpalania Incendiary device	Źródło zapłonu Ignition source	Wydzielona energia, kWh Energy, kWh
4	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,04
5	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,08
6	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,28
7	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,59

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

**Tabela 5.** Źródło zapłonu i rodzaj zastosowanego materiału w obiekcie budowlanym wg normy BS 5852

**Table 5.** The relationship between an ignition source and materials used in a building according to the standard BS 5852

Poziom zagrożenia pożarowego / Fire hazard level	Niski / Low	Średni / Mid	Wysoki / High
Źródło zapłonu / Ignition source	0 i 1 0 and 1	0 i 5 0 and 5	0 i 7 0 and 7
Zastosowanie materiału / Use of materials	Mieszkania, urzędy, szkoły, muzeum / Flats, offices, schools, museum	Miejsca użyteczności publicznej (teatry, kina, restauracje, hale widowiskowo-sportowe) / Theaters, cinemas, restaurants, entertainment halls	Szpitalne, więzienie, obiekty mieszkalno-noclegowe, (hotele, hostele) / Hospitals, hotels, hostels, prison

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

## 6. Wnioski

1. W normie PN-EN 1021-1/2 przewiduje się działanie energii cieplnej za pomocą równoważnika płomienia zapalki lub tlącego się papierosa oraz krótki czas ekspozycji płomienia palnika do 15 s dla wyposażenia w budownictwie lądowym lub do 20 s w budownictwie okrętowym i wtedy zestawy tapicerskie są zgodne z normą. Z badań własnych wynika, że tkanina obiciowa (trudno zapalna) wytrzymuje oddziaływanie palnika i zapewnia pozytywną ocenę, mimo że wypełnienie jest łatwopalne. Wystarczy jednak przedłużyć ekspozycję o kilka sekund, by zestaw tapicerski całkowicie spłonął.
2. Badane wyroby tapicerowane, mimo że spełniają normę (PN-EN 1021-1/2) przy użyciu tzw. „małego płomienia”, to w niektórych przypadkach, np. w podpaleniu przy użyciu palącej się gazety, następuje zapalenie się fotela i po upływie trzech minut całkowite zajęcie pożarem wyrobu tapicerowanego, który w rezultacie może być
3. źródłem dalszego rozprzestrzeniania się ognia i obejmowania swoim zasięgiem nowych materiałów.
3. Pomimo stosowania w fotelach trudno zapalnych materiałów wykończeniowych (tkanina obiciowa), ich wypełnienie pianką poliuretanową o niskiej jakości sprawia, że w wyniku oddziaływania promieniowania cieplnego zachodzi reakcja rozkładu i pirolizy, której następstwem jest gazyfikacja pianki i powstanie mieszaniny paliwowo-powietrznej, która ulega zapłonowi.
4. Badając w pełnej skali fotel i w małej skali układ tapicerski przy użyciu kalorymetru meblowego, uzyskujemy zbliżony wykres funkcji mocy w czasie.
5. Podczas oddziaływania ognia fotel (materiał tapicerowany) wydziela bardzo dużą ilość „nieprzejrzystych” gazów (osłabiając wiązkę światła w fotometrze na poziomie ponad 90%), które utrudniają będą ewakuację osób znajdujących się w pomieszczeniu oraz akcję ewakuacyjno-ratunkową.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jaki powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
- [2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2010 Nr 109, poz. 719, z późniejszymi zmianami).
- [3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR305/2011 z dnia 9 marca 2011 roku. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L88/43.
- [4] PN-EN 1021-1:2007 Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 1: źródło zapłonu: tlący się papieros.

- [5] PN-EN 1021-2:2007 Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 2: źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapałki.
- [6] Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Gorzowie Wielkopolskim, Aktualności, <http://www.straz.gorzow.pl/> [dostęp: 19.03.2014].
- [7] Kopański M., *Badania laboratoryjne pożaru siedzisk tapicerowanych starszego typu w wagonie kolejowym*, „Przeгляд komunikacyjny” Issue 2, 2013, pp. 8-10.
- [8] PN-EN 45545-2:1013 Kolejnictwo. Ochrona przeciwpożarowa w pojazdach szynowych – Część 2: Wymagania dla materiałów i elementów w zakresie właściwości palnych.
- [9] Thornton W., *The relations of oxygen to the heat of combustion of organic compounds*, “Philosophical Magazine and J. of Science”, Vol. 33 Issue 196, 1917.
- [10] BS 5852 Part 1&2, 1979/82. Fire tests for furniture – Part 1. Methods of test for the ignitability by smokers’ materials of upholstered composites for seating; – Part 2. Methods of test for the ignitability of upholstered composites for seating by flaming sources.

\* \* \*

**mgr inż. Mariusz Krzysztof Kopański** – absolwent studiów jednolitych magisterskich na Wydziale Techniki Morskiej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (Politechnika Szczecińska). Aktualnie uczestnik studiów doktoranckich na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki. Stażysta w akredytowanym laboratorium (AB 1501) badań palności materiałów – Sychta Laboratorium na stanowisku pracownik naukowo-techniczny do spraw bezpieczeństwa obiektów technicznych. Konsultant zabezpieczeń materiałów drewnopochodnych firmy Krono. Dodatkowo audytor wewnętrzny, bloger, fotograf na oficjalnej stronie miasta Szczecin ([szczecin.eu](http://szczecin.eu)), podróżnik oraz satyryk.