

Monitorowanie substancji niebezpiecznych podczas spalania tworzyw sztucznych

Monika Borucka, Kamila Mizera, Jan Przybysz, Agnieszka Gajek

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

monika.borucka@ciop.pl

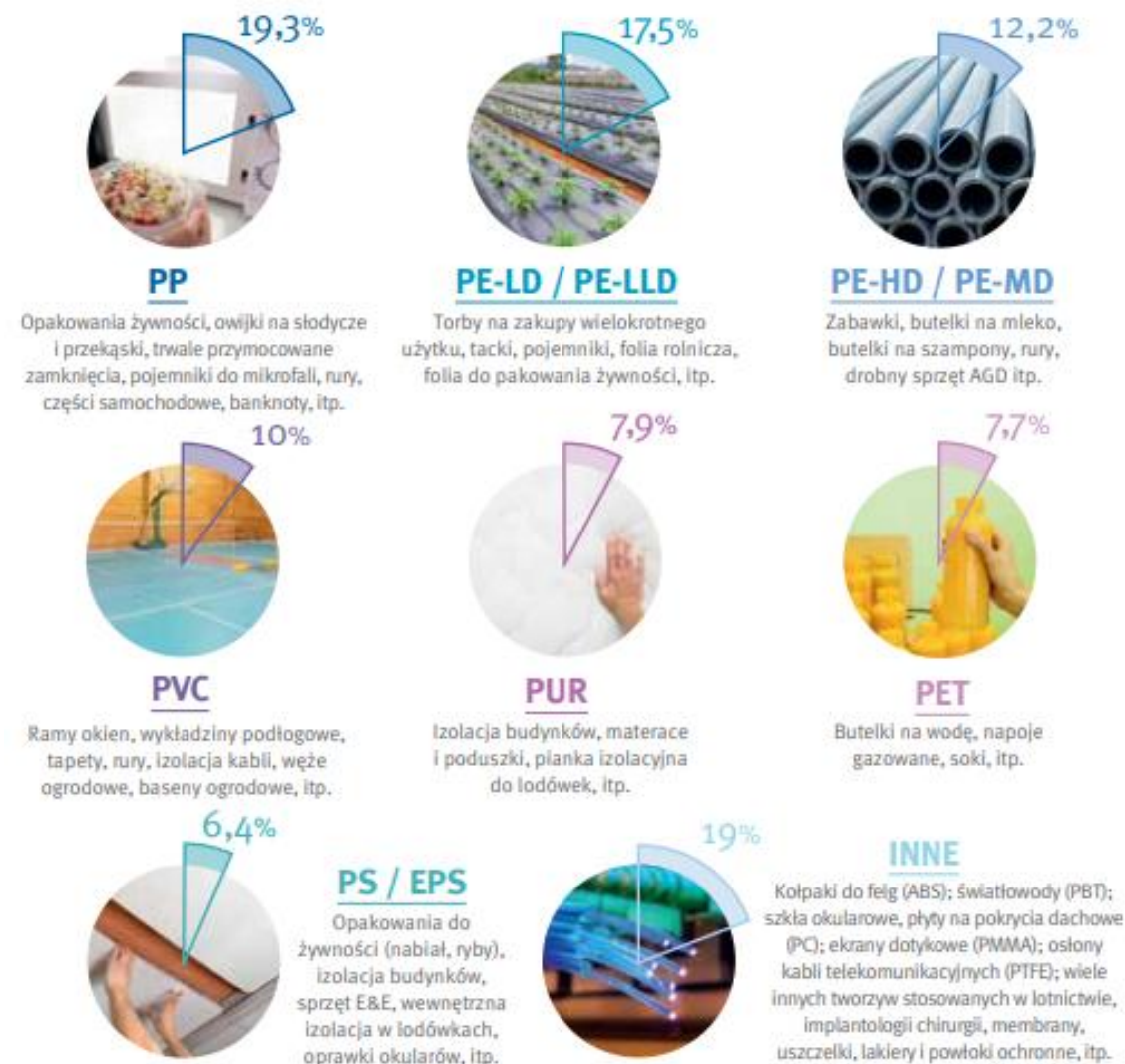
I Konferencja Ochrony Przeciwpowodziowej w Branży Sektora Górniczo-Energetycznego
Bełchatów 2 grudnia 2024 r.

Tworzywa sztuczne

Zapotrzebowanie na tworzywa ze strony przetwórców w głównych segmentach zastosowań



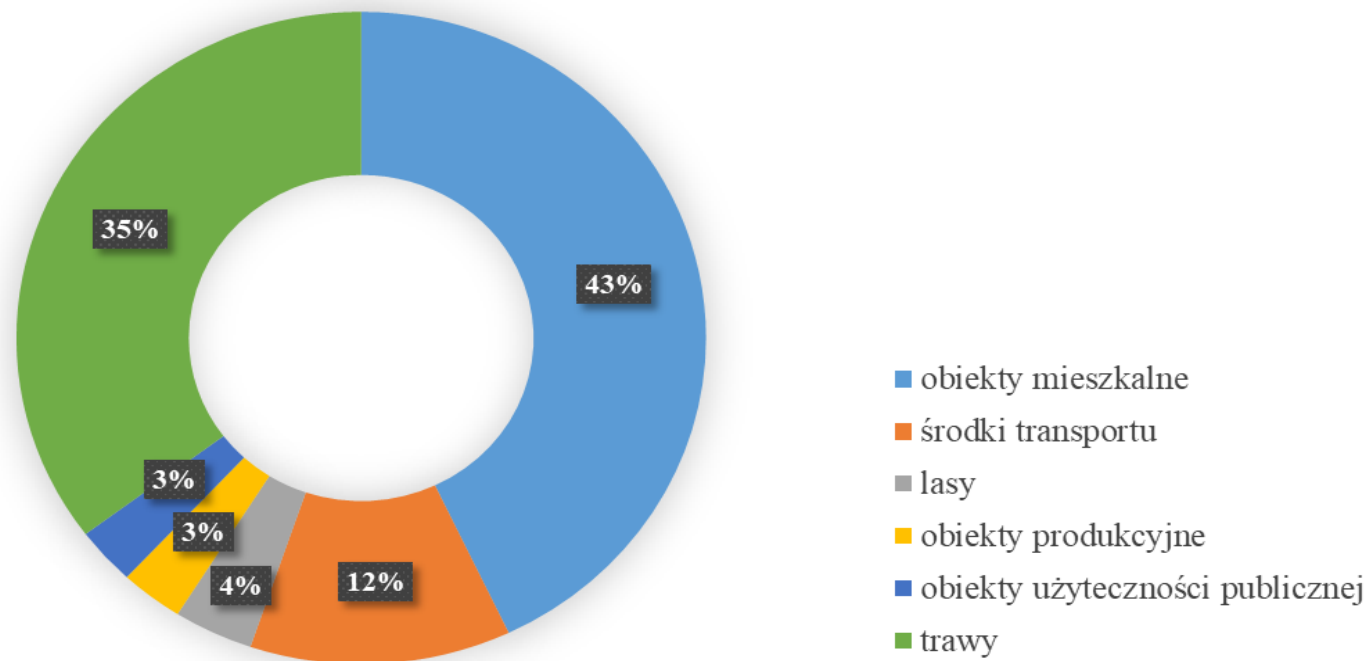
Główne segmenty zastosowań tworzyw wg typów polimerów



Pożary z udziałem tworzyw sztucznych



Liczba pożarów 2021 r.



Statystyka liczby pożarów w Polsce w 2021 r.,
łącznie w wyniku pożarów życie straciło 516 osób a ponad
2 tys. odniosły obrażenia

<https://www.mercurynews.com/2019/04/09/a-growing-problem-after-california-wildfires-toxic-chemicals/>
<https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/palenie-house-gm173940094-9761763>
<https://fineartamerica.com/featured/burning-train-shashibhushan-pandey.html>

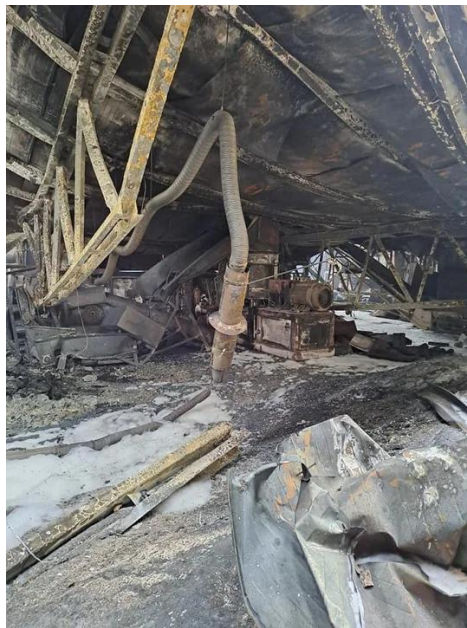
Pożary z udziałem tworzyw sztucznych

Pożar wieżowca Grenfell Tower w Londynie 14 lipca 2017 r.



- wieżowiec palił się ponad 60 h;
- zginęły 72 osoby, ponad 70 rannych;
- w akcji uczestniczył ponad 250 strażaków straży pożarnej i 70 wozów strażackich;
- 21 września 2018 r. koroner zaniepokojona stanem zdrowia ofiar i pracowników służb ratowniczych narażonych na dym i pył podczas pożaru i późniejszego sprzątanina. *Osoby mogą być bardziej narażone na choroby, takie jak: rak, pylica azbestowa, POChP i astma;*
- 2019 r. – A. Stec i wsp., *Chemosphere*, **znaczące skażenie środowiska**, w glebie i budynkach w okolicy wykryto: znaczne stężenia benzenu, benzo(a)pirenu, fosforu i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych;
- 4 września 2024 r. – Końcowy raport z dochodzenia w sprawie pożaru, medyczna przyczyna śmierci większości ofiar: *Wdychanie dymów pożarowych* (duszące gazy: CO i HCN).

Pożary z udziałem tworzyw sztucznych



Pożar w zakładzie produkcji tworzyw sztucznych w Cmolasie
25 września 2024 r.

- Pożar w hali, w której przetwarzano tworzywa sztuczne,
- 28 pojazdów,
- 100 strażaków,
- 8 h działań



Pożar fabryki tworzyw sztucznych
Polanka pod Myślenicami
8 marca 2024 r.

- 27 pojazdów,
- 128 strażaków PSP i OSP,
- 5h działań

Pożary z udziałem tworzyw sztucznych



Pożar fabryki tworzyw sztucznych
Broniewice
23 marca 2022 r.

- 46 zastępów straży pożarnej zawodowej, wojskowej i ochotniczej
- pożar bardzo szybko się rozprzestrzenił, zagrożone były: stacja paliw i budynek mieszkalny

<https://www.gov.pl/web/kppsp-kartuzy/pozar-skladowiska-tworzyw-sztucznych-na-terenie-zakladu-produkcyjnego>
<https://www.gov.pl/web/kppsp-myslenice/pozar-w-zakladzie-produkcyjnym-tworzywa-sztuczne-w-polance>



Pożar składowiska tworzyw sztucznych
w Małkowie
26 marca 2022 r.

- 13 zastępów PSP

Pożary z udziałem tworzyw sztucznych

Pożar hali targowej na ul. Marywilskiej w Warszawie 12 maja 2024 r.



- Całkowicie zniszczone centrum handlowe ok. 1400 sklepów i punktów usługowych,
- W działaniach zaangażowanych było 88 pojazdów i 254 strażaków w tym specjalistyczna grupa ratownictwa chemiczno-ekologicznego

Substancje wydzielające się podczas pożaru przy ul. Marywilskiej w Warszawie mogą spowodować ostre zatrucie, uszkodzić płuca, wywołać zawroty głowy - były główny inspektor sanitarny Marek Posobkiewicz

<https://wydarzenia.interia.pl/mazowieckie/news-marywilska-plonie-chmura-pylu-nad-warszawa-apel-o-noszenie-m,nld,7505917>

<https://wiadomosci.onet.pl/kraj/pozar-hali-marywilska-44-stawia-szereg-pytan-eksperci-nie-maja-zludzen/t59b41b>

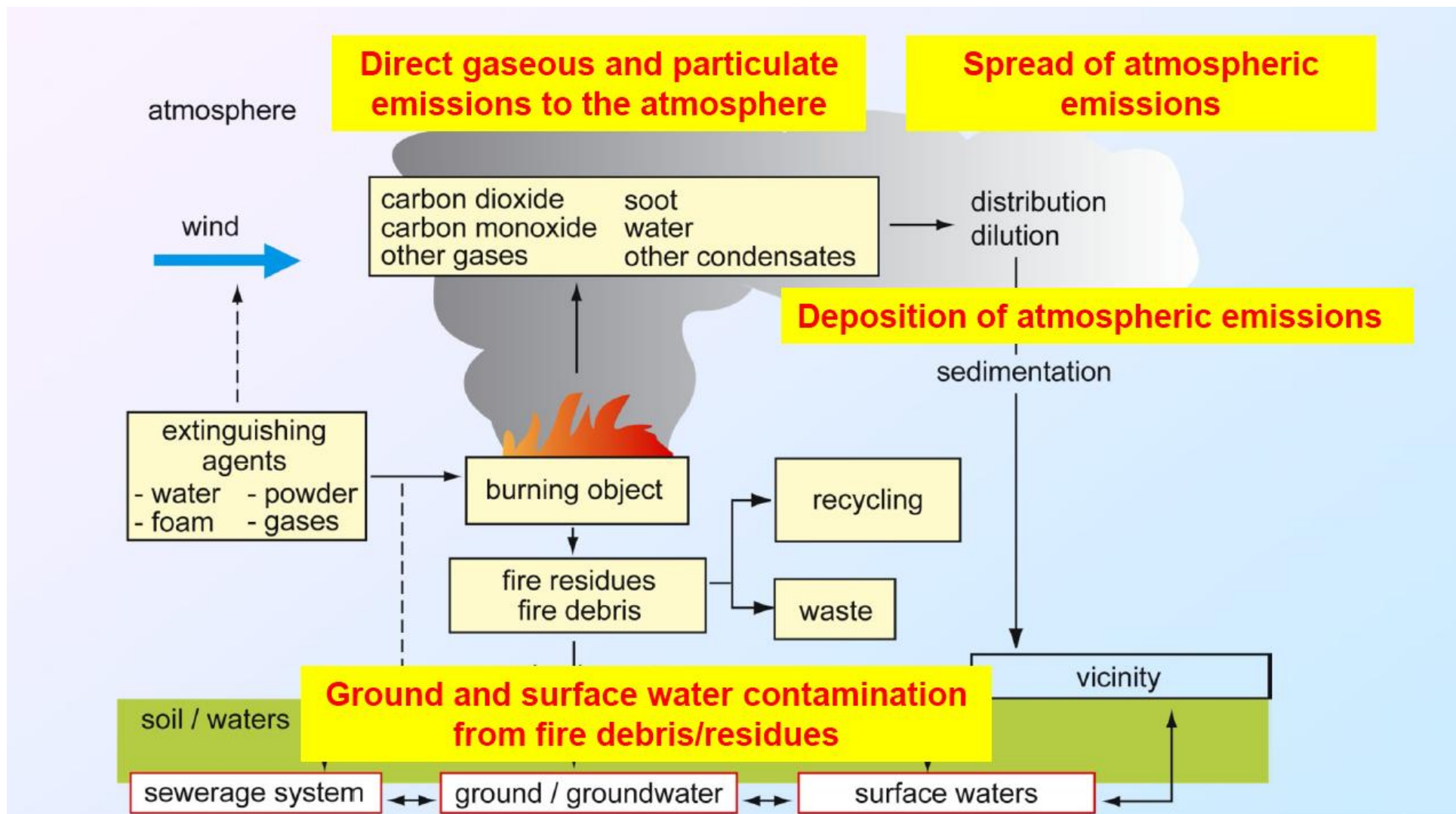
Pożary z udziałem tworzyw sztucznych

Pożar na farmie wiatrowej w okolicach Malechowa 23 listopada 2024 r.



- Przez prawie siedem godzin miejsca pożaru zabezpieczali strażacy.
- Rzecznik komendy wojewódzkiej PSP wyjaśniał: "działania straży ograniczają się tylko do zabezpieczenia miejsca zdarzenia".

Drogi emisji substancji niebezpiecznych podczas spalania



ISO TC92 SC3 - PWI 26367-2: Guidelines for assessing the adverse environmental impact of fire effluents

Pożary z udziałem tworzyw sztucznych

Można stwierdzić, że praktycznie każdy pożar w dzisiejszych czasach to pożar z udziałem tworzyw sztucznych

- duża różnorodność i powszechność tworzyw sztucznych,
- stosowanie dodatków zmieniających właściwości tworzyw m.in. plastyfikatory, stabilizatory, zmiękczacze, napęlniacze, barwniki, środków opóźniających proces zapłonu,
- zmienne warunki przebiegu procesu spalania,
- efekt synergistyczny $1+1 = 4$

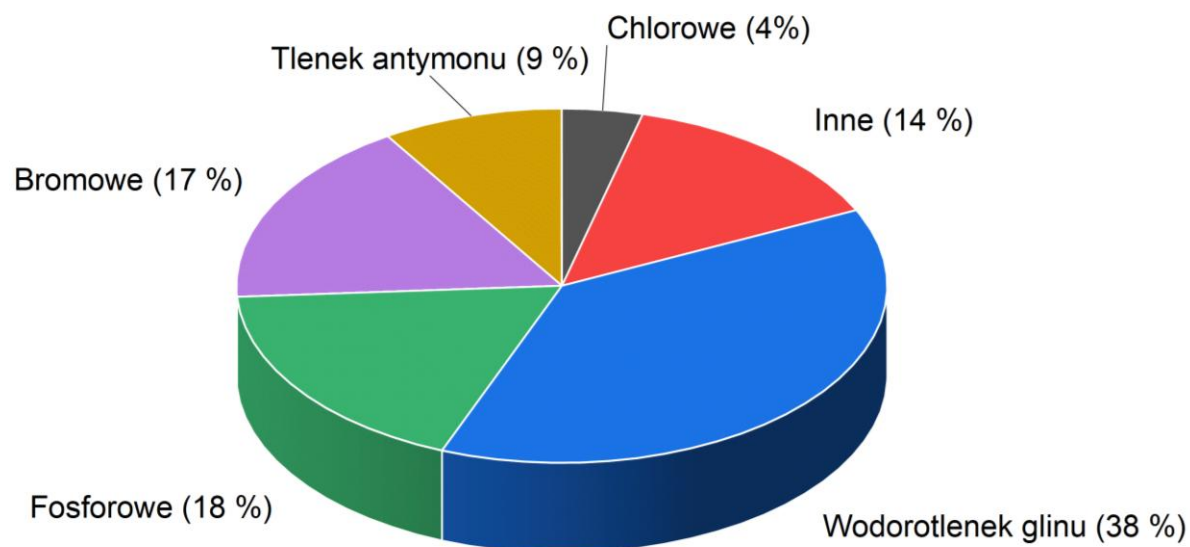
**Mieszanina
niebezpiecznych
substancji chemicznych**



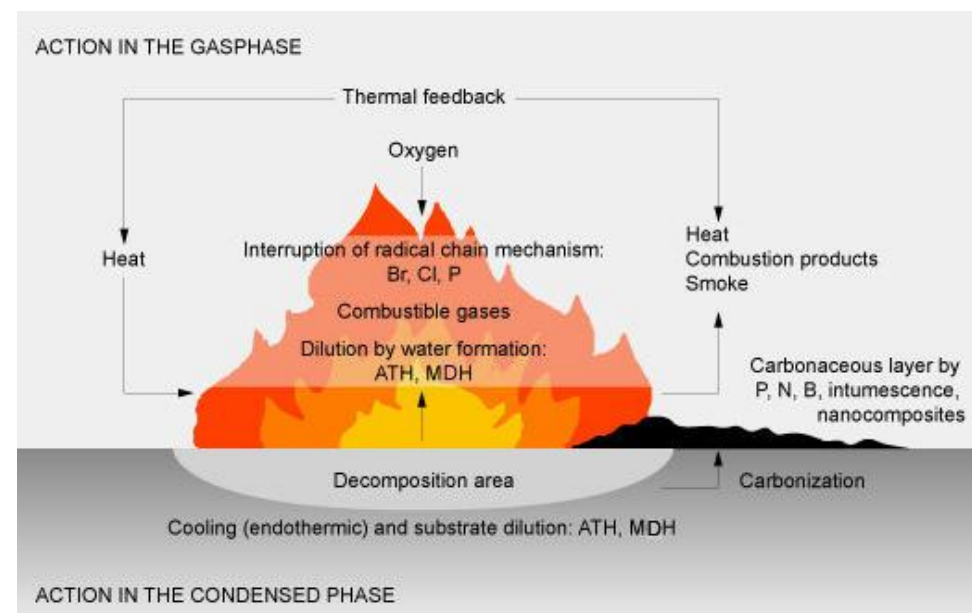
Środki opóźniające zapłon

Zadaniem opóźniających zapłon (środków uniepalniających, antypiernów, inhibitorów spalania) jest zwiększenie ognioodporności materiałów polimerowych lub zmodyfikowanie ich zachowania w płomieniu.

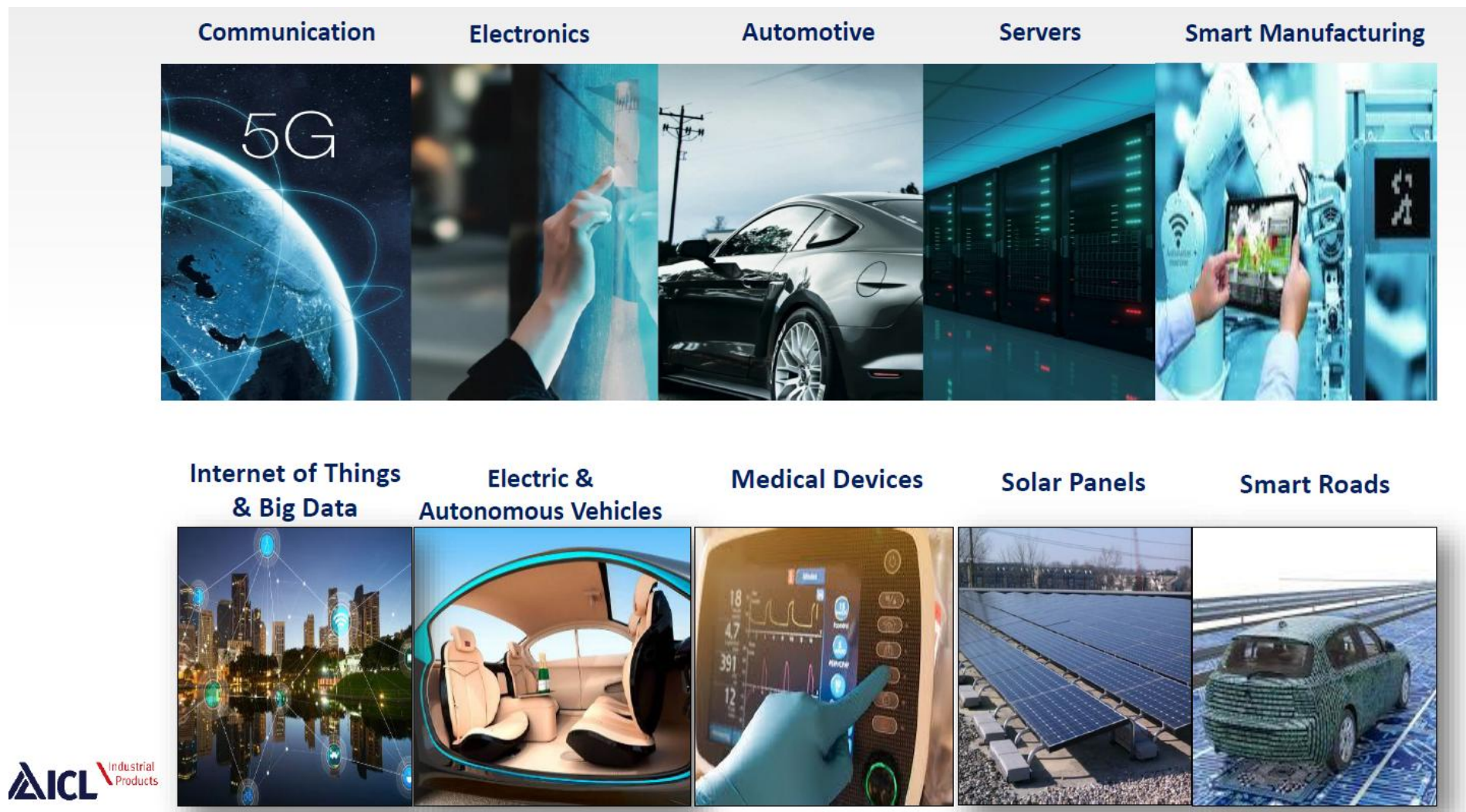
Środki opóźniające zapłon mogą spowolnić lub nawet przerwać proces spalania materiałów palnych. Działają one w różny sposób, w zależności od swojego składu chemicznego.



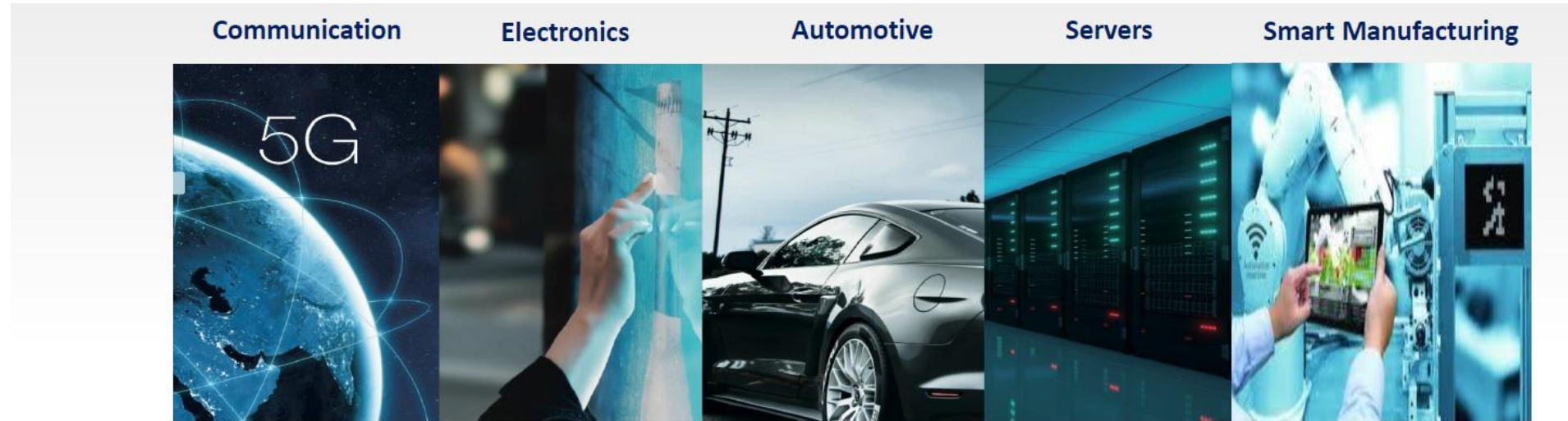
Światowe zużycie antypirenów w 2019 r.
z podziałem na typy, % mas



Środki opóźniające zapłon



Środki opóźniające zapłon



**Internet of Things
& Big Data**



**Electric
Autonomous**



Categories	Fire safety standard
Consumer equipment and household appliances	IEC 60335 (International); EN 60065 (Europe)
Wire & cables	ISO 6722 (International); ASTM D2863 (US); EN 50265; EN 50266 (Europe)
Fire Hazard Tests for Electrotechnical Products	IEC 60695-2-10; IEC 60695-2-12; IEC 60695-2-13 (International)
Evaluation of Materials for Electrical End Products	UL 746A (US); ASTM D 3638-85 (US); IEC 112 (International)
Heat and Smoke release	UL 2043 (US)
Corrosion Damages	IEC 60695-5 (International)
General for E&E equipment	UL 94

Środki opóźniające zapłon

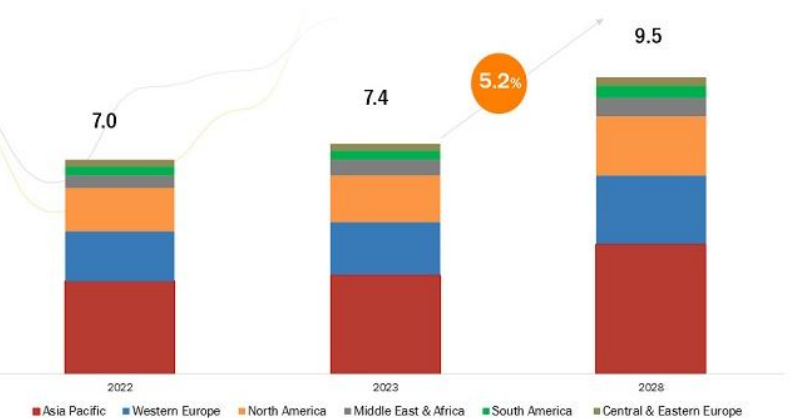


FLAME RETARDANTS MARKET GLOBAL FORECAST TO 2028 (USD BN)



CAGR OF
5.2%

The global flame retardants market is expected to be worth USD 9.5 billion by 2028, growing at a CAGR of 5.2% during the forecast period.

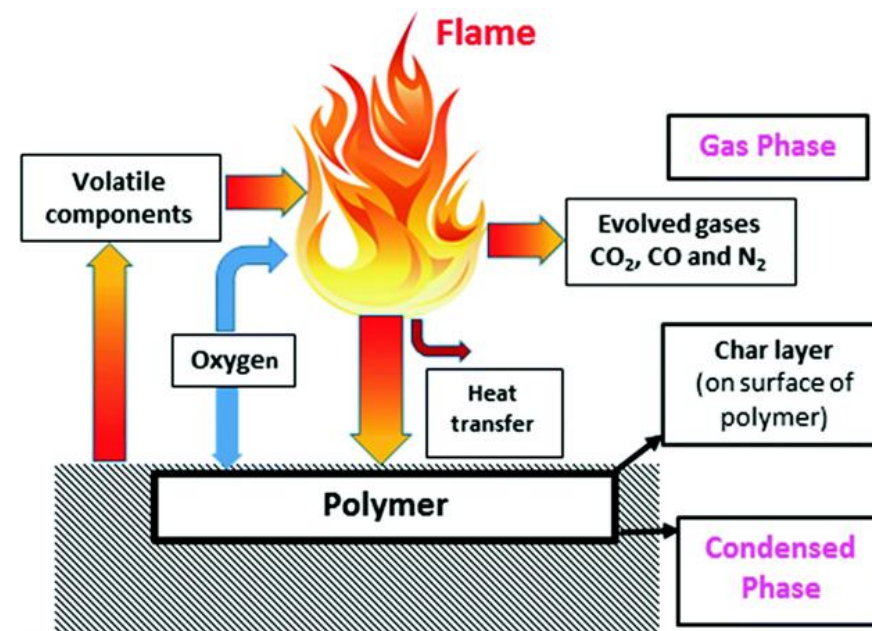


Pożary z udziałem tworzyw sztucznych

Spośród wszystkich zgonów
w wyniku pożarów:

- 51 % jest spowodowana wyłącznie toksycznym oddziaływaniem produktów rozkładu i spalania,
- 23 % umiera w wyniku poparzeń i zatrucia dymem,
- 25 % z powodu poparzeń odniesionych w wyniku pożaru

[A.A. Stec, T.R. Hull, Building and Energy, 2010]

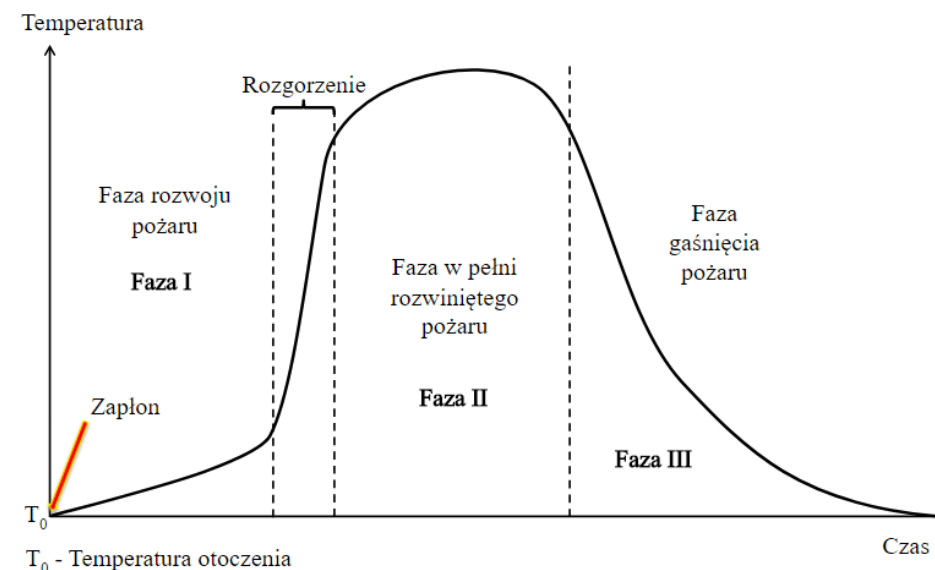


Rodzaj toksycznych produktów rozkładu i spalania	Gazowy produkt spalania	Wartości LC ₅₀ (wg ISO 13344)	Jednostka
Duszące	O ₂	5.4	%
	CO ₂	–	–
	CO	5700	ppm
	HCN	165	ppm
Drażniące	HF	2900	ppm
	HCl	3800	ppm
	HBr	3800	ppm
	NO _x	170	ppm
	SO ₂	1400	ppm
	Formaldehyd	750	ppm
	Akroleina	150	ppm

Klasyfikacja pożaru

Ilość i skład chemiczny produktów rozkładu termicznego i spalania tworzyw sztucznych zależą od:

- właściwości fizycznych i chemicznych materiału,
- warunków w jakich przebiega pożar (rodzaj spalania, wentylacja, geometria pomieszczenia).



Model rozwoju pożaru pomieszczenia według PN-EN 60695-7-1

Ogólna klasyfikacja pożaru na podstawie PN-EN 60695-7-1

Faza pożaru		Tlen %	Stosunek CO/CO ₂	Temp. °C	Natężenie promieniowania kW/m ²
FAZA 1	Rozkład bezpłomieniowy				
	Tlenie (samopodtrzymujące)	21	Nie dotyczy	< 100	Nie dotyczy
	Bezpłomieniowy utleniający	5 do 10	Nie dotyczy	< 500	< 25
	Bezpłomieniowy (pirolityczny)	< 5	Nie dotyczy	< 1000	Nie dotyczy
FAZA 2	Pożar rozwijający się (palący się płomieniem)	10 do 15	100 do 200	400 do 600	20 do 40
FAZA 3	Pożar całkowicie rozwinięty (palący się płomieniem)				
	Względnie małe przewietrzenie	1 do 5	< 10	600 do 900	40 do 70
	Względnie duże przewietrzenie	5 do 10	< 100	600 do 1200	50 do 150

Metoda analiza substancji niebezpiecznych podczas spalania

Rodzaje pożarów - toksyczność emitowanych produktów według ISO 197006

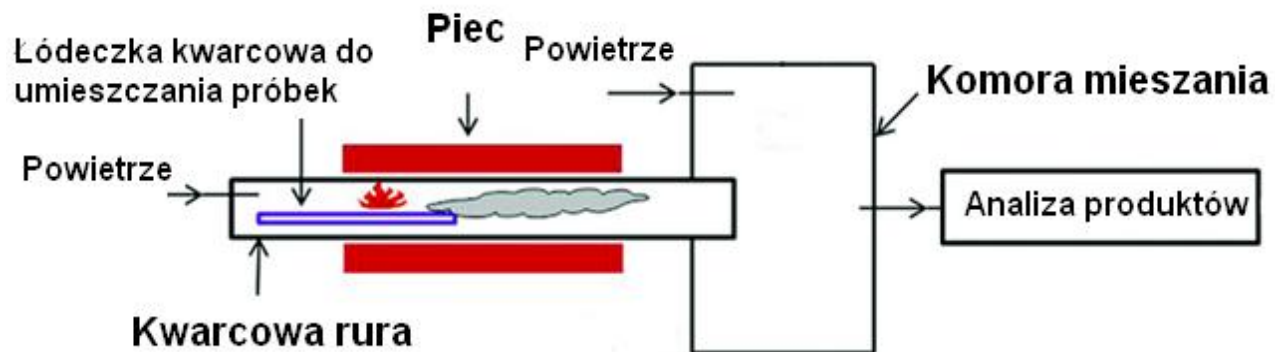
Rodzaj/faza pożaru		Maks. Temp. [°C]		Współczynnik nadmiaru powietrza λ	Wydajność spalania [%]	Objętość powstających gazów i dymów pożarowych	Toksyczność powstających produktów
		Paliwo	Dym				
1. Rozkład bezpłomieniowy	1a. Tlenie (samopodtrzymujące)	450-800	25-85	-	50-90	Mała	Wysoka
	1b. Utleniający	300-600		-			
	1c. Pirolityczny	100-500		-			
2. Pożar w warunkach dobrej wentylacji (rozwijający się)		350-650	50-500	> 1	> 95	Mała	Niska
3. Pożar w warunkach słabej wentylacji	3a. Pożar w zamkniętych pomieszczeniach	300-600	50-500	< 1	70-80	Duża	Duża
	3b. Warunki porozgorzeniowe (Post-flashover)	360-650	>600	< 1	70-90	Bardzo duża	Duża

Współczynnik nadmiaru powietrza λ – stosunek rzeczywistej ilości powietrza doprowadzonego do procesu spalania do teoretycznej ilości powietrza niezbędnego do przeprowadzenia spalania całkowitego i zupełnego.

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_2}$$

Metoda analiza substancji niebezpiecznych podczas spalania

Ta metoda umożliwia zastosowanie różnych warunków temperatury i dostępności tlenu w różnych stadiach rozwoju pożaru, co pozwala na wygenerowanie próbek gazów i dymów pożarowych odpowiadających rzeczywistym warunkom spalania.



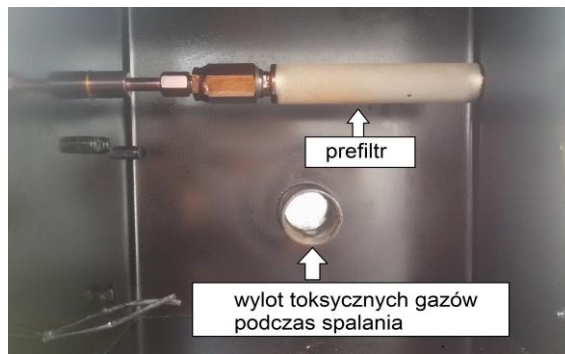
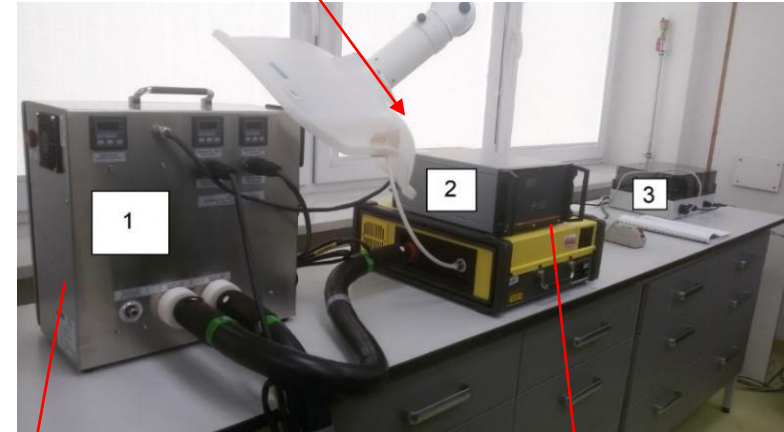
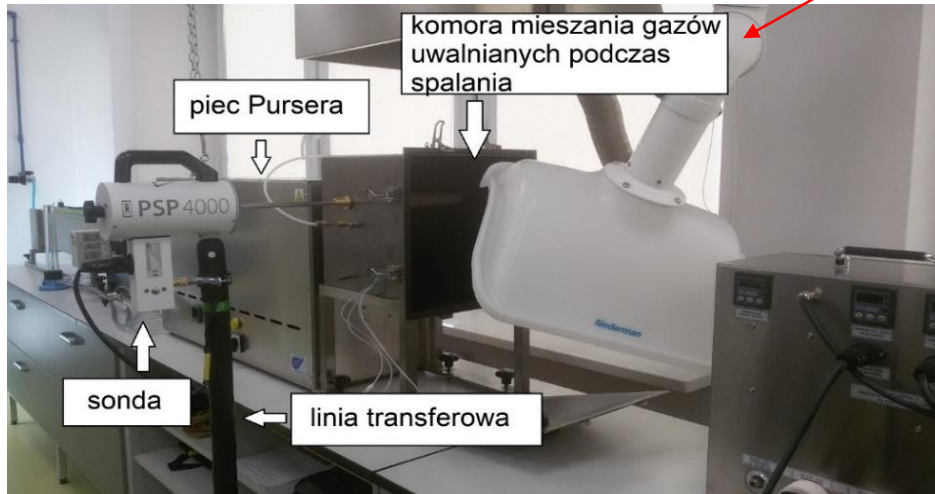
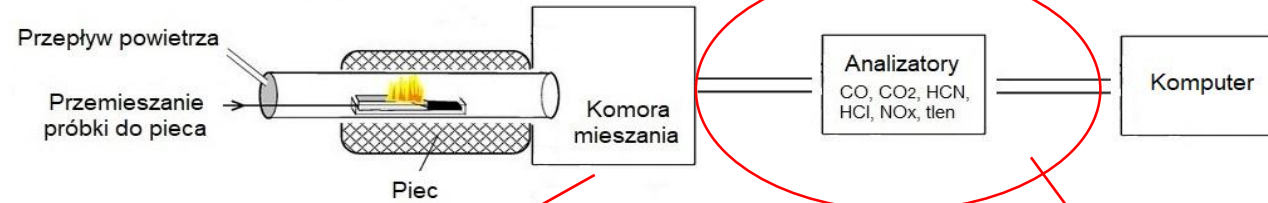
Schemat ideowy stacjonarnego pieca rurowego

[ISO/TS 19700:2007, Controlled equivalence ratio method for the determination of hazardous components of fire effluents, International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland]

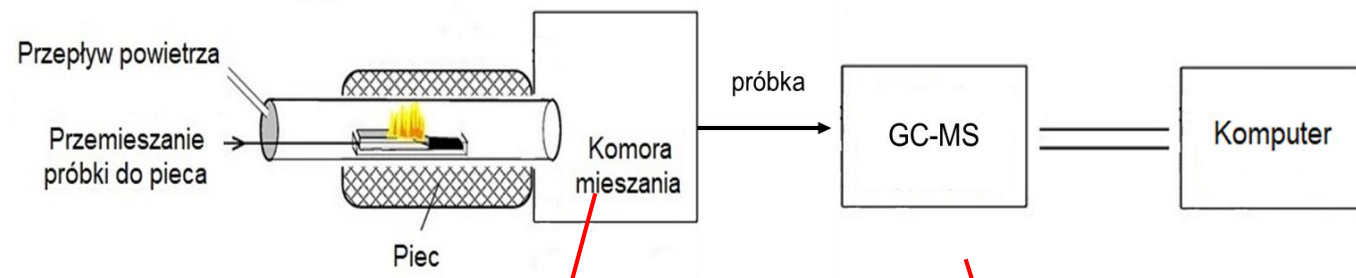


Zdjęcie stacjonarnego pieca rurowego

Analiza gazów duszących oraz drażniących



Analiza lotnych substancji organicznych

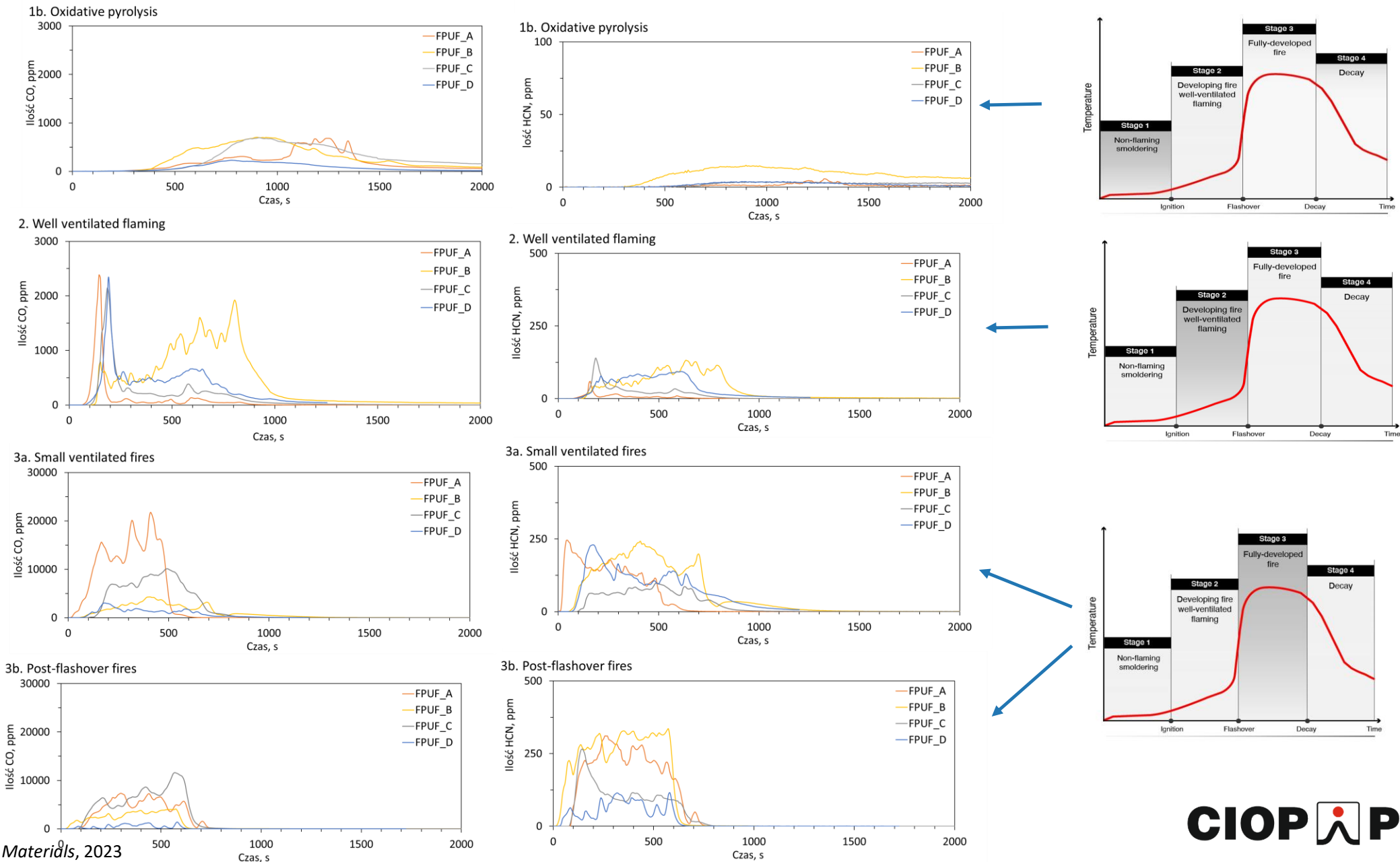


Elastyczne pianki poliuretanowe

- Elastyczna pianka poliuretanowa (Typ T) – kolor biały, gęstość ok. 23 kg/m³ (FPUF_A)
- Elastyczna pianka poliuretanowa (Typ T) – kolor czarny, trudnopalna, gęstość ok. 26 kg/m³ (FPUF_D)
- Elastyczna pianka poliuretanowa wtórnie spieniona (Typ R) – kolor szary, gęstość ok. 81 kg/m³ (FPUF_B)
- Elastyczna pianka poliuretanowa wtórnie spieniona (Typ R) – kolor mieszany, gęstość ok. 108 kg/m³ (FPUF_C)

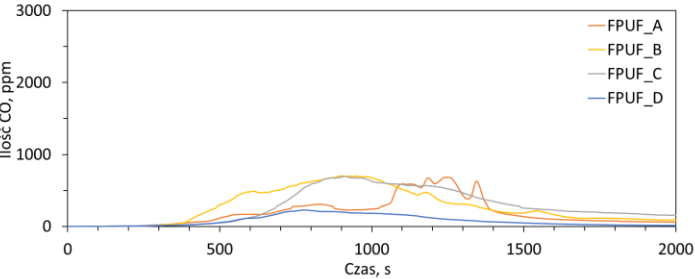


Emisja gazów duszących i drażniących

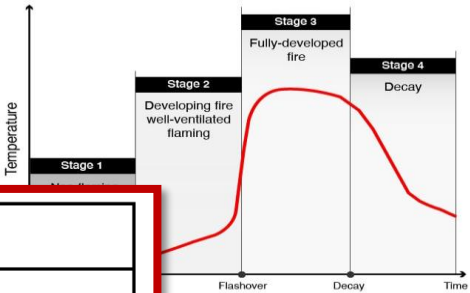


Emisja gazów duszących i drażniących

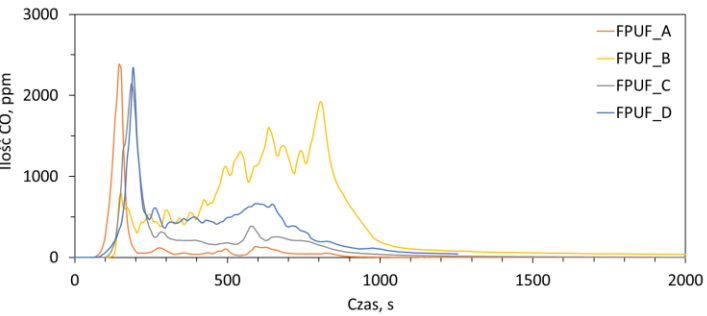
1b. Oxidative pyrolysis



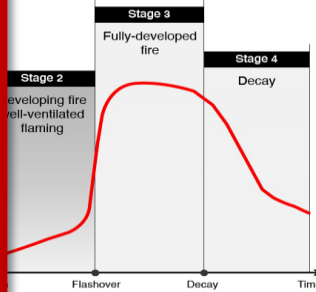
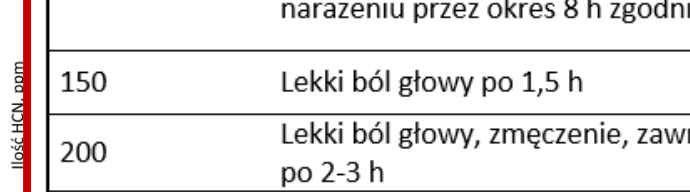
1b. Oxidative pyrolysis



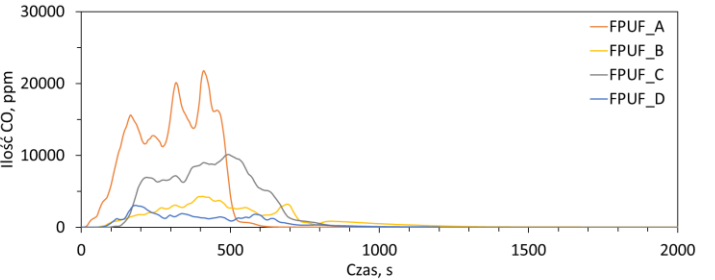
2. Well ventilated flaming



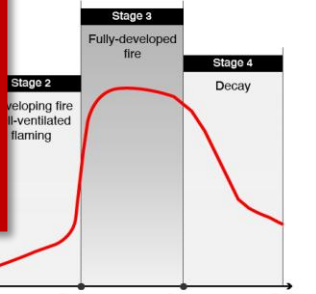
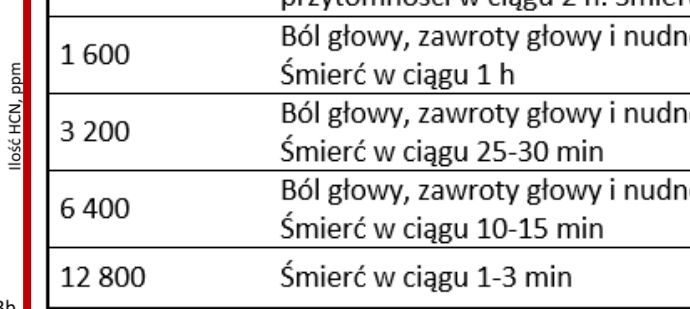
2.



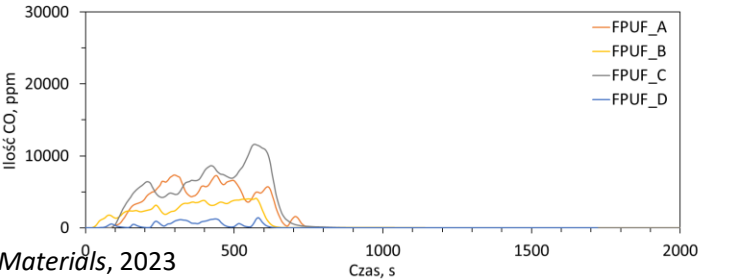
3a. Small ventilated fires



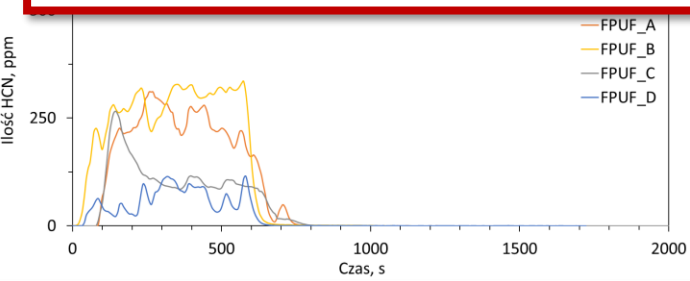
3a



3b. Post-flashover fires



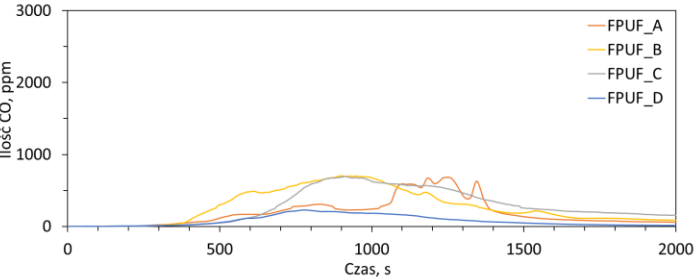
3b.



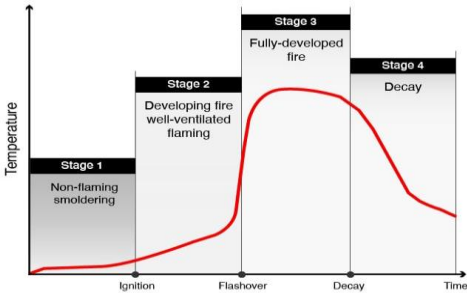
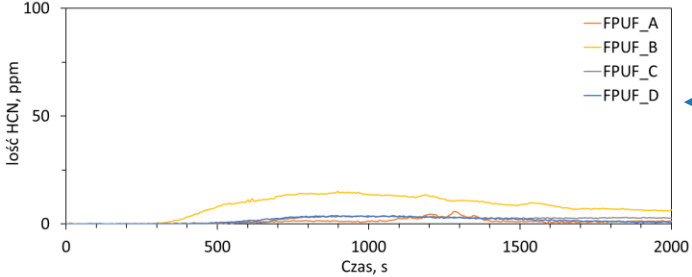
Stężenie [ppm]	Czas wdychania i rozwój objawów
35	Maksymalne dopuszczalne stężenie przy ciągłym narażeniu przez okres 8 h zgodnie z OSHA
150	Lekki ból głowy po 1,5 h
200	Lekki ból głowy, zmęczenie, zawroty głowy, nudności po 2-3 h
400	Ból z przodu głowy po 1-2 h, zagrożenie życia po 3 h
800	Zawroty głowy, nudności i konwulsje po 45 min. Utrata przytomności w ciągu 2 h. Śmierć w ciągu 2-3 h
1 600	Ból głowy, zawroty głowy i nudności w ciągu 20 min. Śmierć w ciągu 1 h
3 200	Ból głowy, zawroty głowy i nudności w ciągu 5-10 min. Śmierć w ciągu 25-30 min
6 400	Ból głowy, zawroty głowy i nudności w ciągu 1-2 min. Śmierć w ciągu 10-15 min
12 800	Śmierć w ciągu 1-3 min

Emisja gazów duszących i drażniących

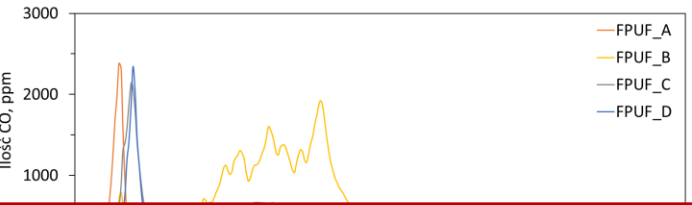
1b. Oxidative pyrolysis



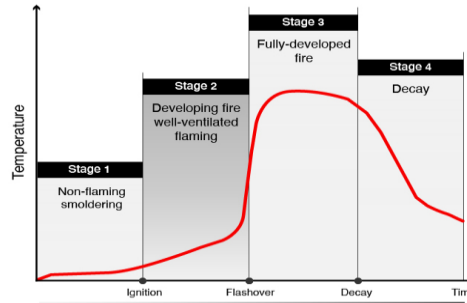
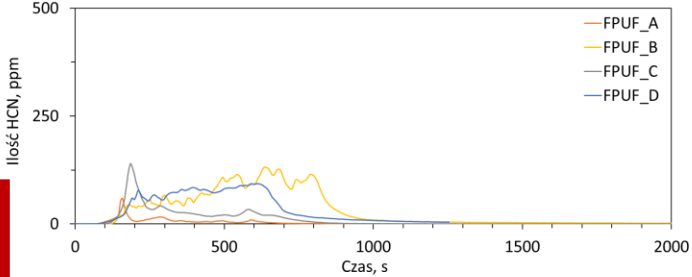
1b. Oxidative pyrolysis



2. Well ventilated flaming

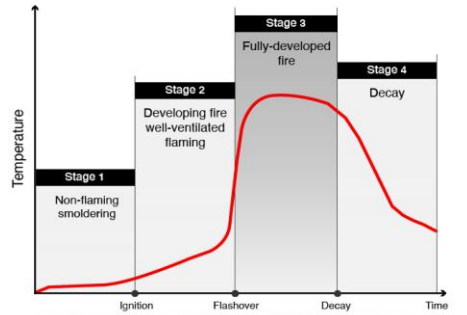
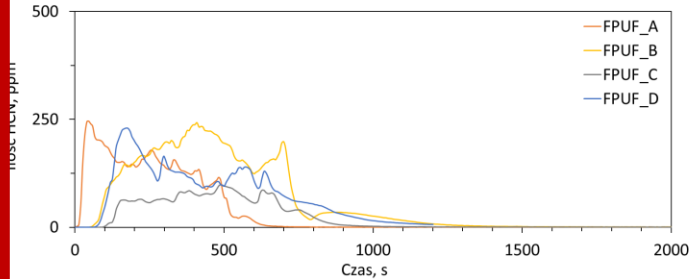


2. Well ventilated flaming

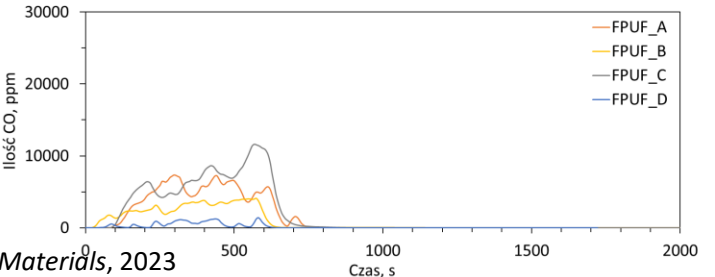


Stężenie [ppm]	Czas wdychania i rozwój objawów
20-40	Ból głowy, senność, zawroty głowy, słaby i szybki puls, przyspieszony oddech
100	Śmierć w przeciągu 1 h
135	Śmierć w przeciągu 30 min
180	Śmierć w przeciągu 10 min
270	Natychmiastowa śmierć

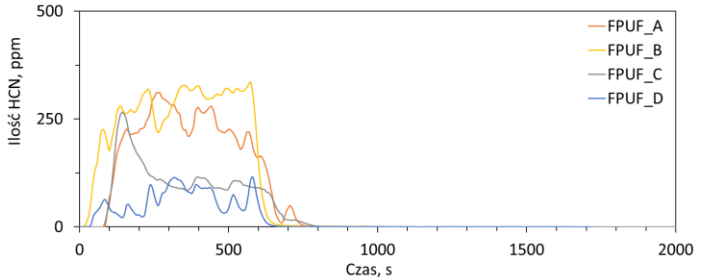
3a. Small ventilated fires



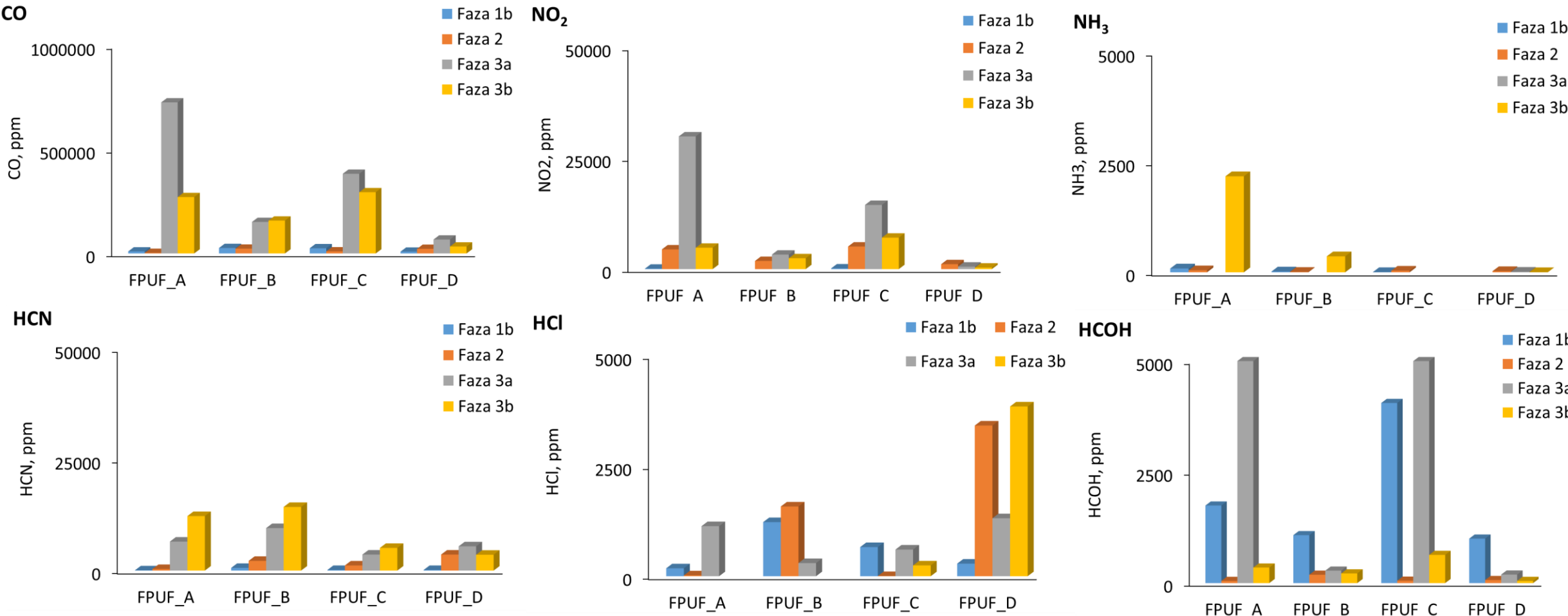
3b. Post-flashover fires



3b. Post-flashover fires

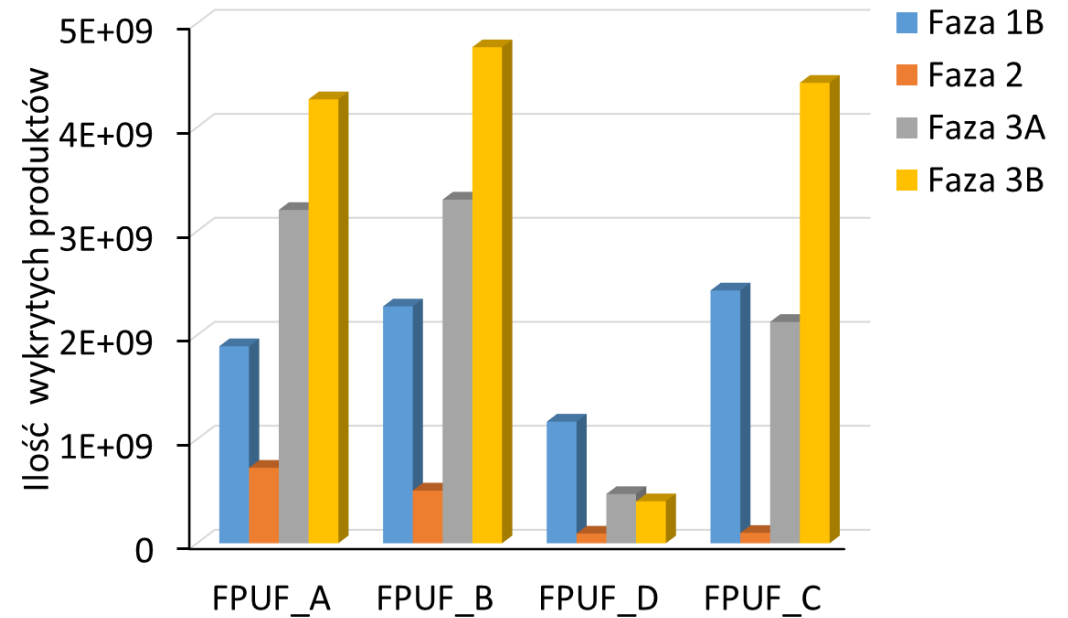
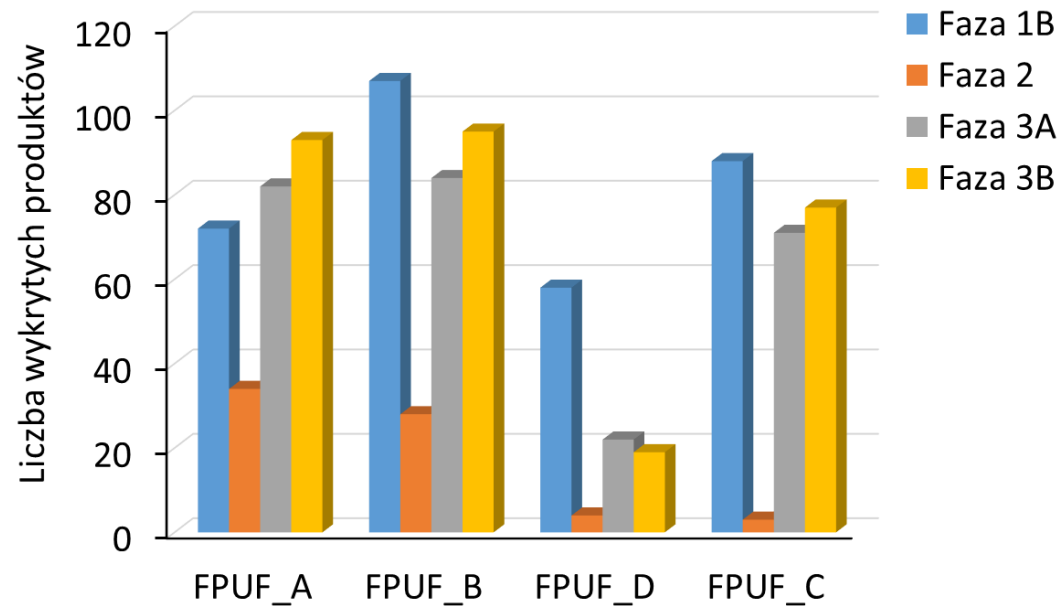


Emisja gazów duszących i drażniących



Zestawienie ilości substancji duszących i drażniących emitowanych podczas stabilnego przebiegu procesu termicznego rozkładu i spalania (w czasie 5 min)

Emisja substancji organicznych



Zestawienie liczby i ilości średnio lotnych substancji organicznych emitowanych podczas stabilnego przebiegu procesu termicznego rozkładu i spalania (w czasie 5 min)

Emisja substancji organicznych

Substancja chemiczna	Zawartość (%)							
	FPUF_A				FPUF_B			
	Faza 1b.	Faza 2.	Faza 3a.	Faza 3b.	Faza 1b.	Faza 2.	Faza 3a.	Faza 3b.
Akrylonitryl	0.79		0.89	0.39	1.58	1.40	1.09	0.74
Kwas octowy	7.07		1.11		2.02		1.12	
Benzen	3.28	5.93	1.26	0.59	1.01		1.07	0.68
Toluen		2.58	0.45	0.27			0.64	0.28
Fenylacetylen	5.89	1.87					0.34	0.24
Styren		4.75	0.59	0.77	3.53	1.38	3.93	1.03
Izocyjanian fenylu			2.13	0.88	1.72	0.88	1.29	0.75
Benzaldehyd		0.61	1.19		3.06	0.97	1.33	
Benzonitryl		3.94	21.31	5.16	0.32	13.29	10.79	
Fenol		1.47			0.62	3.35		5.59
Metylenobis (fenyloisocyjanian)		0.70	5.64	0.62			2.03	
4-metylofenylo izocyjanian		0.54	5.42	0.90		0.63	2.18	0.67
Naftalen	2.79	23.22	6.15	4.60		10.61	11.72	8.84
4-Aminostyren				0.11	3.36			
Chinolina	0.79	2.53	2.31	3.18	1.43			0.15
m-fenylene diisocyjanian					1.04	0.46	2.44	6.77
2,4-diisocyjan metylenodifenylu (TDI)	11.97	2.12	8.38	0.80	7.79	2.65	3.24	1.87
Bifenyl		1.54	0.46	1.28	1.04	1.48	2.34	2.95
1-izocyjano naftalen		2.28	1.06	7.10	0.47	9.23	3.80	5.58

Badania wydzielania toksycznych produktów rozkładu i spalania (wg PN-B-02855)

Klasyfikacja produktów rozkładu termicznego i spalania badanego materiału wg PN-B-02855:1988

$W_{LC50SM} \leq 15$	produkty rozkładu i spalania bardzo toksyczne
$15 < W_{LC50SM} \leq 40$	produkty rozkładu i spalania toksyczne
$W_{LC50SM} > 40$	produkty rozkładu i spalania umiarkowanie toksyczne

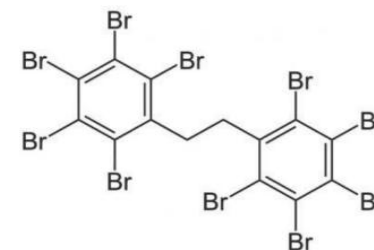
Wartości wskaźników toksykometrycznych

Materiał	Klasyfikacja materiału
FPUF_A	produkty rozkładu i spalania toksyczne
FPUF_B	produkty rozkładu i spalania toksyczne
FPUF_C	produkty rozkładu i spalania umiarkowanie toksyczne
FPUF_D	produkty rozkładu i spalania umiarkowanie toksyczne

Analiza substancji niebezpiecznych emitowanych podczas materiałów polimerowych zawierających dodatek halogenowych substancji uniepalniających

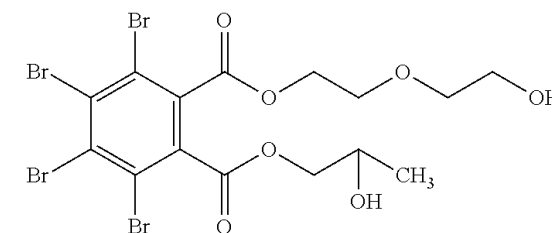
Charakterystyka środków opóźniających zapłon zawierające podstawniki halogenowe

Lp.	Nazwa chemiczna/ Akronim	CAS	Liczba zidentyfikowanych produktów rozkładu	Wykryte gazy duszące i drażniące	Główne zidentyfikowane produkty rozkładu
1	1,2-bis(pentabromofenylo)etan/ DBDPE	84852-53-9	16	CO, N ₂ O, NO, NO ₂	C ₂ H ₄ , Br ₂ , HBr, bromowane węglowodory (aromatyczne i alifatyczne)
2	Diol tetrabromofalanu/ PHT4-DIOL	77098-07-8	57	CO, N ₂ O, NO, NO ₂ , NH ₃ , CHOH, HCN	CH ₄ , C ₂ H ₈ , C ₂ H ₄ , C ₃ H ₈ , HBr, węglowodory (aromatyczne i alifatyczne), wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, bromowane węglowodory (aromatyczne i alifatyczne), bromowane wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, fenol, bromowane fenole



DBDPE

(1,2-bis(pentabromofenylo)etan)



PHT4-DIOL

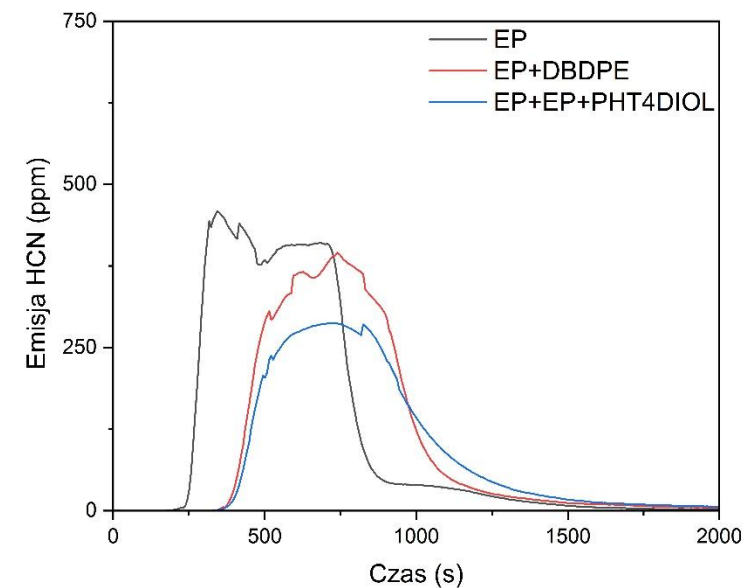
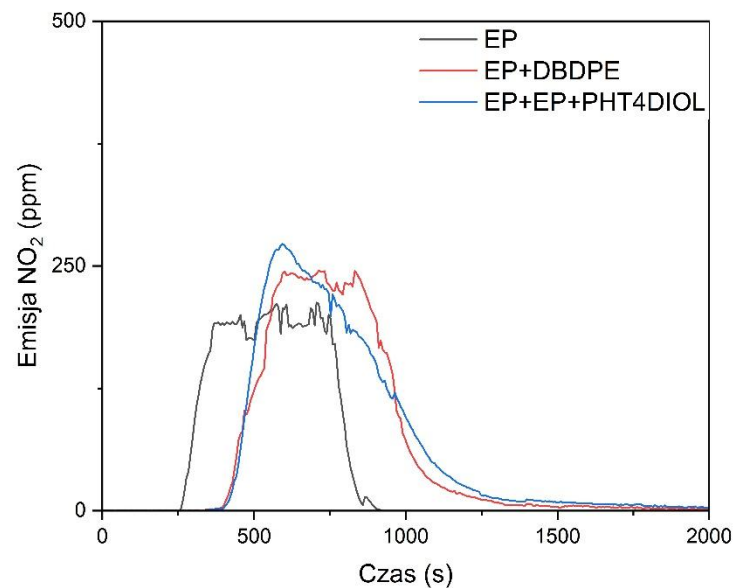
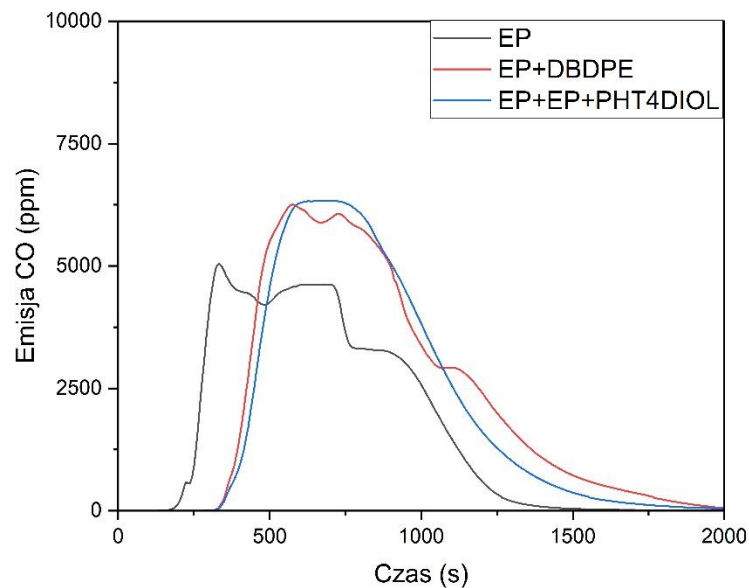
Tetrabromophthalate Diol

Analiza substancji niebezpiecznych emitowanych podczas materiałów polimerowych zawierających dodatek halogenowych substancji uniepalniających

Charakterystyka próbek i przebiegu procesu spalania materiałów polimerowych zawierających halogenowe środki opóźniające palność

Nazwa robocza próbki	Faza rozwoju pożaru	Temperatura spalania [°C]	Natężenie przepływu powietrza [L/min]	Masa próbki [g]	Masa pozostałości [g]	Obserwacje podczas procesu spalania
EP	FAZA 2	650	10/40	39,4	0,5	Spalanie płomieniowe $D_{O_2}=3,07\%$
EP+DPDPE	FAZA 2	650	10/40	46,6	0,5	Spalanie płomieniowe $D_{O_2}=2,77\%$
EP+PH4DIOL	FAZA 2	650	10/40	35,75	-	Spalanie płomieniowe $D_{O_2}=2,77\%$

Analiza substancji niebezpiecznych emitowanych podczas materiałów polimerowych zawierających dodatek halogenowych substancji uniepalniających



Przykładowy przebieg emisji wybranych gazów duszących i drażniących podczas spalania żywicy epoksydowej EP oraz żywic z dodatkiem diolu tetrabromoftalanu (EP+PH4DIOL) i 1,2-bis(pentabromofenylo)etanu (EP+DPDPE) w temperaturze 650 °C

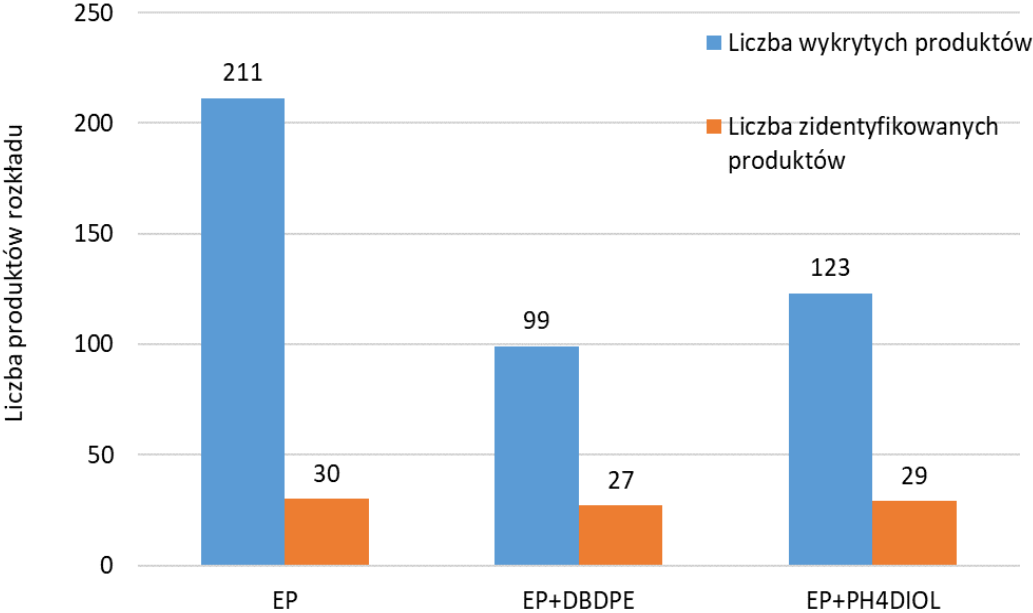
Analiza substancji niebezpiecznych emitowanych podczas materiałów polimerowych zawierających dodatek halogenowych substancji uniepalniających

Zestawienie łącznych ilości substancji emitowanych podczas spalania materiałów polimerowych zarejestrowane w czasie 5 min stabilnego rozkładu płomieniowego odzwierciedlającego fazę 2 rozwoju pożaru

Nazwa próbki	Emisja produktów rozkładu [ppm]								
	CO ₂	CO	N ₂ O	NO	NO ₂	NH ₃	HCl	CH ₂ O	HCN
EP	1906	4645	1,86	84,5	150	0	8,43	27,9	307
EP+DPDPE	64330	3368	1,44	21,5	85,3	0	0,02	6,32	163
EP+PH4DIOL	74930	6275	2,2	61	237	0	0	12,7	274

Nazwa próbki	Produkty termicznego rozkładu i spalania [ppm]				
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₆ H ₁₄
EP	1935	756	313	0	0
EP+DPDPE	913	305	96,2	0	0
EP+PH4DIOL	1788	633	312	0	0

Analiza substancji niebezpiecznych



Zestawienie liczby produktów spalania żywicy epoksydowej w temperaturze 650°C przy zastosowaniu metody GC-MS

Nazwa produktu	CAS	Obecność w dymach emitowanych podczas spalania:		
		EP	EP+DBDPE	EP+PH4DIOL
Benzen	71-43-2	+	+	+
Toluen	108-88-3	+	+	+
2,4-Pentadienonitril	1615-70-9	+	+	+
3-Metylopirydyna	108-99-6	+	-	-
Styren	100-42-5	+	+	+
Bromobenzen	108-86-1	-	-	+
Benzaldehyd	100-52-7	+	-	+
Benzonitryl	100-47-0	+	+	+
Fenol	108-95-2	+	+	+
Alkohol benzylowy	100-51-6	+	-	-
p-kresol	106-44-5	+	+	+
Naftalen	91-20-3	+	+	+
1,2-Dibromobenzen	583-53-9	-	-	+
4,7-Dimetylobenzofuran	28715-26-6	+	+	+
2-Etenylobenzofuran	7522-79-4	+	+	+
2,3-Dihydrobenzofuran	496-16-2	+	-	-
Bifenyl	92-52-4	+	+	+
Acenaftylen	208-96-8	+	+	+
1,2,4-Tribromobenzen	615-54-3	-	+	+
2-Bromonaftalen	580-13-2	-	+	+
1-Izocyjanonaftalen	09-04-1984	+	+	+
Dibenzofuran	132-64-9	+	+	+
1,2,4-Tribromo-5-metylobenzen	3278-88-4	-	+	+
Fluoren	86-73-7	+	+	+
5-Bromo-1,2-dihydro-acenaftylen	2051-98-1	-	+	+
1,2,4,5-Tetrabromobenzen	636-28-2	-	+	+
Fenantren	85-01-8	+	+	+
2,4,4'-Tribromodifenylo eter	41318-75-6	-	+	+
Fluoranten	206-44-0	+	+	+

Monika Borucka
Kamila Mizera

**SUBSTANCJE NIEBEZPIECZNE
EMITOWANE PODCZAS ROZKŁADU
TERMICZNEGO I SPALANIA
CHEMOUTWARDZALNYCH
TWORZYW SZTUCZNYCH**

CIOP  **PIB**

Monika Borucka, Kamila Mizera

**Substancje niebezpieczne
emitowane podczas
rozkładu termicznego i spalania
chemoutwardzalnych tworzyw sztucznych**

Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt nr II.PB.05 pt. *Określenie substancji niebezpiecznych emitowanych podczas rozkładu termicznego i spalania chemoutwardzalnych tworzyw sztucznych stosowanych w budownictwie i transporcie*

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

CIOP  **PIB**

Produkty spalania i rozkładu tworzyw sztucznych

Skład tworzywa	Produktu rozkładu/ spalania	
	Gazy duszące i drażniące	Pozostałe produkty rozkładu
PIR PUR	CO, CO ₂ , HCN, HCl	Izocyjaniany, poliole (żółte dymy), organo-nitryle diizocyjanian tolilenu, alkilowane benzeny i alkohole alifatyczne chlorowane związki fosforoorganiczne anilina, benzonitryl 2-metoksy-4-winylofenol, podstawione fenole, styren
Elastyczne PUR	CO, CO ₂ , HCN, NO _x	metan, etylen, acetylene, etan, propylen, etanol, acetaldehyd, propanol, 2,4-diisocyjano- metylenodifenyłu , propanonitryl, dicyjanobenzen, styren, benzonitryl, propanonitryl, metylopirydyna, inden,
Komercyjne elastyczne PUR (pianka trudnopalna)	CO, CO ₂ , HCN, NO ₂ , CHOH, HCl	formaldehyd, benzen, toluen, styren, etylobenzen, acetofenon, akrylonitryl, kwas octowy, benzaldehyd, izocyjanian fenylu, benzonitryl, fenol, izocyjanian 4-metylofenylu, 2,4-diisocyjano- metylenodifenyłu (TDI), chinolina, bifenyl, naftalen, 1-izocyjanonaftalen, fosforan 1-chloro-2-propylu (TCPP)
Żywice poliestrowe	CO, CO ₂ , NO ₂ , HCN, HCl	metan, etan, etylen, propan, heksan, formaldehyde, 2,3-butanodion, kwas fenylopropionowy, benzaldehyd
Bisfelon A z melaminą	-	bisfenol A, 4,4'-(cyklopropano-1,1-diyl)difenol, 4-izopropylofenol, 4-izopropenylofenol, fenol, benzofuran
Bisfenol A	CO, CO ₂	fenol, p-izopropylofenol, p-benzochinon, hydrochinon
Bromowane żywice epoksydowe (BER)	CO, CO ₂ , HBr	bromek metylu, akroleina, aceton, propen-1-ol, fenol, bromopropen, (metyloetenylu) fenol, bromoaceton, bezwodnik ftalowy, 2-bromofenol, izopropenylfenylowy eter glicydylowy, bisfenol A, 2,6-dibromofenol, dibromo(etylometylo)fenol, tribromobisfenol A
Żywice epoksydowe	CO, CO ₂ , HCN, HCl	metan, etan, heksan, formaldehyd

Produkty spalania i rozkładu środków opóźniających palność tworzyw sztucznych

- Podczas pożaru z udziałem tworzyw sztucznych oprócz substancji duszących i drażniących powstaje szereg niebezpiecznych substancji organicznych, które mogą stwarzać zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi.
- Podczas pożarów powstają wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Pomimo, że generowane są one w mniejszych ilościach to są niezwykle istotne w kontekście ich oddziaływania toksycznego. Ekspozycja na te substancje może prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych, takich jak nowotwory, przewlekłe choroby płuc oraz astma.
- Stosowanie dodatków do tworzyw sztucznych mających na celu ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia przyczynia się do emisji toksycznych substancji podczas rozkładu termicznego tych materiałów, m.in. halogenowych węglowodorów.
- Bromowane i chlorowane węglowodory obecne w dymie pożarowym są szczególnie niebezpieczne, ponieważ mogą powodować poważne problemy zdrowotne, w tym choroby nowotworowe, uszkodzenia układu nerwowego oraz choroby układu oddechowego.
- W planach operacyjno-ratunkowych zakładów produkujących tworzywa sztuczne uwzględnić informacje na temat niebezpiecznych produktów mogących powstać podczas rozkładu termicznego i spalania tworzyw sztucznych.

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego
„Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”,
finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt nr II.PB.05 pt. *Określenie substancji niebezpiecznych emitowanych podczas rozkładu termicznego i spalania chemoutwardzalnych tworzyw sztucznych stosowanych w budownictwie i transporcie*

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Opracowano i wydano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego
pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”,
finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej.

Zadanie nr 3.ZS.09, pt. *Analiza zanieczyszczeń powstających w trakcie spalania tworzyw sztucznych zawierających środki uniepalniające*

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy