

**Bezpieczeństwo strażaków w działaniach ratowniczych**

## Pellet jako materiał stwarzający zagrożenie pożarowe dla strażaków

**Kamila Miżera, Jan Przybyś, Monika Borucka, Agnieszka Gajek**  
 Kontakt: kamila.mizera@ciop.pl

Warszawa, Akademia Pożarnicza 17-18.10.2023

## Pellet – co to jest?

Pellet jest paliwem w postaci granulatu o kształcie sprasowanych wałków wielkości 6-8 mm i maksymalnej długości 30 mm. Produkuje się go z biomasy, czyli sprasowanych pod wysokim ciśnieniem produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej, leśnej oraz powiązanych gałęzi przemysłu, które łatwo ulegają rozkładowi. Wydajna są kilka rodzajów:

- pellet drzewny z trocin, zrębek i innych odpadów drzewnych;
- pellet z agrow, słomy, siano, biomasy roślin energetycznych;
- pellet z łusek słonecznika;
- pellet z innych odpadów.

Pellet to bardzo wydajne paliwo, ponieważ jego wartość energetyczna wynosi średnio 19500 kJ/kg przy zawartości popiołu 0,5%.

Charakterystyka klas jakości pelletu drzewnego do zastosowań komercyjnych i domowych wg standardu ENplus®:

- **Klasa wiścisłości A1** – to najwyższej jakości pellet do stosowania w kotłach i piecach ogzewających gospodarstwa domowe. Spalanie pelletu w tej klasie charakteryzuje się niską ilością powstającego popiołu oraz zmiernym parametrem spalania (ścisłości).
- **Klasa wiścisłości A2** – obejmuje pellet do zastosowań w większych instalacjach, m.in. ze względu na większą ilość powstającego popiołu i sazon.
- **Klasa wiścisłości B** – pellet tej klasy może być wytwarzany z nieprzetworzonego chemicznie drewna szklkowego dzięki nie zawieraniu metali ciężkich i związków chlorowcoporganicznych w ilości większej niż wartości w typowym oryginalnym materiale lub większej niż wartości typowe dla klasy pochodzenia.

## Zagrożenia

**Practical cases by country**

- nieprawidłowe wykorzystanie znaku towarowego ENplus w działaniach marketingowych: **37%**
- nadrukcia produktowe, nieuczciwe dane plomby ENplus na workach na pellety i drugi najczęstszy rodzaj oszustwa, **23%**
- pozostałe, nieujęte w ww. kategoriach: **17%**
- fałszywe certyfikaty: **23%**

Badany materiał	Symbol	Jednostka	Pellet z trocin	Pellet z gwałtów gospodarskich
Sprowadzić kłosa	W	g/m <sup>3</sup>	99,2	85,2
	CCO	mg/kg	26,4	27,6
Wysokość zawieszczonego w spalinach pyłu (średnio na 10 proc. O <sub>2</sub> )	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,0	186,3
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	26,6	266,4
	CO	mg/m <sup>3</sup>	55,0	81,7
Zawieszczenie azotanowe (średnio na 10 proc. O <sub>2</sub> )	CO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	63,0	132,3
CO <sub>2</sub> (średnio na 10 proc. O <sub>2</sub> )	CO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	5,7	6,2

## Metodyka badawcza

### Kalorymetr stożkowy

Symulowane warunki pożaru

- Masa próbki: 90 g
- Szybkość wydzielenia ciepła: 25-50 kW/m<sup>2</sup> (558-730°C)

**Parametry pomiaru:**

- czas do zapłonu – TTI (s)
- średnia szybkość wydzielenia ciepła – HRR (kW/m<sup>2</sup>);
- maksymalna szybkość wydzielenia ciepła – pHR (kW/m<sup>2</sup>);
- czas do uzyskania maksymalnej szybkości wydzielenia ciepła – t-pHR (s);
- maksymalny średni współczynnik wydzielenia ciepła – MABE (kW/m<sup>2</sup>);
- całkowite wydzielenie ciepła – THR (MJ/m<sup>2</sup>);
- całkowita ilość wydzielenego dymu – TSR (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).

**Metodyka badawcza**

**Komora dymotwórcza**

Symulowane warunki pożaru


- Masa próbki: 40 g
- Szybkość wydzielenia ciepła: 25 kW/m<sup>2</sup> (550°C)

Parametry pomiaru:

- Czas do zapłonu – TTI (s)
- maksymalna gęstość optyczna dymu – D<sub>0</sub>
- gęstość optyczna dymu w 1,5 minucie testu – SOD 1,5
- gęstość optyczna dymu po 4 minutach testu – SOD 4
- gęstość optyczna dymu po 10 minutach testu – SOD 10
- gęstość dymu w ciągu pierwszych 4 minut – VOF4



**Wyniki badań**

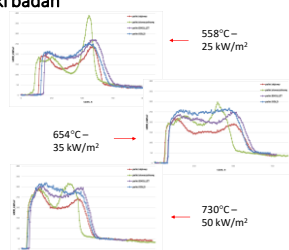


Pellet dębowy – trociny drzewa dębowego

Pellet ENKOLET – trociny drzew iglastych i liściastych

Pellet GOLD – 97% trociny drzewa sosnowego i w 3% opał utworzony z drzew liściastych

Pellet słonecznikowy – 85% łuski ze słonecznika i w 15% łuski słonecznikowy



558°C – 25 kW/m<sup>2</sup>

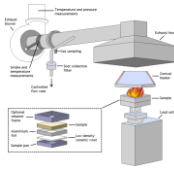
654°C – 35 kW/m<sup>2</sup>

730°C – 50 kW/m<sup>2</sup>

**Wyniki badań**

Tabela. Wyniki badań na kalorymetrze stołowym

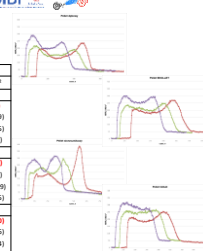
Material	TTI	HRR	pHRR	t-pHRR	ΔABRHE	THR	TSR
	s	kW/m <sup>2</sup>	kW/m <sup>2</sup>	s	kW/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
<b>HF = 25 kW/m<sup>2</sup></b>							
pellet dębowy	142 (1)	125 (5)	234 (11)	588 (8)	132 (2)	100 (1)	318 (8)
pellet ENKOLET	174 (16)	148 (3)	247 (12)	600 (5)	148 (3)	120 (0)	1041 (59)
pellet GOLD	178 (5)	140 (12)	260 (10)	545 (7)	155 (1)	120 (0)	1365 (55)
pellet słonecznikowy	128 (1)	133 (12)	387 (1)	550 (7)	152 (3)	105 (3)	750 (10)
<b>HF = 35 kW/m<sup>2</sup></b>							
pellet dębowy	61 (4)	135 (1)	216 (2)	143 (4)	151 (1)	97 (1)	728 (7)
pellet ENKOLET	80 (1)	166 (5)	242 (0)	485 (0)	186 (4)	115 (2)	1834 (2)
pellet GOLD	84 (2)	184 (0)	271 (9)	458 (15)	203 (2)	123 (2)	2715 (109)
pellet słonecznikowy	63 (4)	137 (0)	298 (3)	425 (35)	185 (1)	108 (1)	1423 (25)
<b>HF = 50 kW/m<sup>2</sup></b>							
pellet dębowy	35 (2)	151 (1)	288 (5)	115 (7)	220 (11)	112 (4)	1266 (90)
pellet ENKOLET	51 (2)	196 (2)	331 (7)	140 (0)	236 (2)	123 (1)	2132 (86)
pellet GOLD	47 (4)	214 (2)	315 (4)	140 (35)	253 (5)	124 (2)	2946 (24)
pellet słonecznikowy	33 (2)	122 (3)	314 (2)	323 (6)	221 (3)	114 (1)	1607 (4)



**Wyniki badań**

Tabela. Wyniki badań na kalorymetrze stołowym

Material	TTI	HRR	pHRR	t-pHRR	ΔABRHE	THR	TSR
	s	kW/m <sup>2</sup>	kW/m <sup>2</sup>	s	kW/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
<b>HF = 25 kW/m<sup>2</sup></b>							
pellet dębowy	142 (1)	125 (5)	234 (11)	588 (8)	132 (2)	100 (1)	318 (8)
pellet ENKOLET	174 (16)	148 (3)	247 (12)	600 (5)	148 (3)	120 (0)	1041 (59)
pellet GOLD	178 (5)	140 (12)	260 (10)	545 (7)	155 (1)	120 (0)	1365 (55)
pellet słonecznikowy	128 (1)	133 (12)	387 (1)	550 (7)	152 (3)	105 (3)	750 (10)
<b>HF = 35 kW/m<sup>2</sup></b>							
pellet dębowy	61 (4)	135 (1)	216 (2)	143 (4)	143 (4)	97 (1)	728 (7)
pellet ENKOLET	80 (1)	166 (5)	242 (0)	485 (0)	186 (4)	115 (2)	1834 (2)
pellet GOLD	84 (2)	184 (0)	271 (9)	458 (15)	203 (2)	123 (2)	2715 (109)
pellet słonecznikowy	63 (4)	137 (0)	298 (3)	425 (35)	185 (1)	108 (1)	1423 (25)
<b>HF = 50 kW/m<sup>2</sup></b>							
pellet dębowy	35 (2)	151 (1)	288 (5)	115 (7)	220 (11)	112 (4)	1266 (90)
pellet ENKOLET	51 (2)	196 (2)	331 (7)	140 (0)	236 (2)	123 (1)	2132 (86)
pellet GOLD	47 (4)	214 (2)	315 (4)	140 (35)	253 (5)	124 (2)	2946 (24)
pellet słonecznikowy	33 (2)	122 (3)	314 (2)	323 (6)	221 (3)	114 (1)	1607 (4)



Wskazane krzywe wykazują wzbudzenie ciepła w funkcji czasu otrzymane dla próbek z trzech różnych surowców drzewnych (25 kW/m<sup>2</sup> – czarna, 35 kW/m<sup>2</sup> – niebieska, 50 kW/m<sup>2</sup> – czerwona)

**Wyniki badań**

Tablica. Wyniki badań w komorze dymostojczącej

Materiał	D <sub>s</sub>	HF – 25 kW/m <sup>2</sup>				Ubytek masy, %
		SOD 1.5	SOD 4	SOD 10	VOF4	
pellet dębowy	964 (16)	11 (0)	235 (13)	970 (15)	247 (20)	47 (6)
pellet EKOLLET	859 (5)	5 (1)	99 (4)	855 (7)	104 (13)	30 (2)
pellet GOLD	972 (28)	6 (2)	79 (13)	968 (28)	78 (17)	34 (8)
pellet słonecznikowy	849 (9)	12 (2)	436 (9)	846 (13)	494 (11)	46 (2)

9

**Wyniki badań**

Tablica. Wyniki badań w komorze dymostojczącej

Materiał	D <sub>s</sub>	HF – 25 kW/m <sup>2</sup>				Ubytek masy, %
		SOD 1.5	SOD 4	SOD 10	VOF4	
pellet dębowy	964 (16)	11 (0)	235 (13)	970 (15)	247 (20)	47 (6)
pellet EKOLLET	859 (5)	5 (1)	99 (4)	855 (7)	104 (13)	30 (2)
pellet GOLD	972 (28)	6 (2)	79 (13)	968 (28)	78 (17)	34 (8)
pellet słonecznikowy	849 (9)	12 (2)	436 (9)	846 (13)	494 (11)	46 (2)

10

**Dalsze badania**

- 2024 rok: wytwarzanie i analiza produktów rozkładu:

STA/FT-IR

Chromatogram 3D

Wykres liniowy

Piec rurowy Pursera/FT-IR

Materiał: TPC					
Wzrost	Waga	Wzrost	Waga	Wzrost	Waga
100000	100000	100000	100000	100000	100000
100000	100000	100000	100000	100000	100000
100000	100000	100000	100000	100000	100000
100000	100000	100000	100000	100000	100000

Wykres liniowy

**Dalsze badania**

- 2025 rok: wytwarzanie i analiza produktów rozkładu:

Piec rurowy Pursera z analizatorami

Piec rurowy Pursera z analizatorami


Chromatogram 3D

Wykres liniowy

Piec rurowy Pursera z analizatorami

Materiał: TPC					
Wzrost	Waga	Wzrost	Waga	Wzrost	Waga
100000	100000	100000	100000	100000	100000
100000	100000	100000	100000	100000	100000
100000	100000	100000	100000	100000	100000
100000	100000	100000	100000	100000	100000

Wykres liniowy


  
**Podsumowanie**

Pelet stosowany w gospodarstwach domowych to przeważnie pelet drzewny. Produkuje się go z odpadów pochodzących z tartaków, stolarni i zakładów drzewnych. Muszą one jednak być pozbawione zanieczyszczeń chemicznych i mineralnych.

W wyniku wstępnych badań palności i emisji dymów różnych rodzajów pelletu zaobserwowano, że:

- wyniki uzależnione są rodzaju użytego drewna do wytworzenia pelletu.
- zwiększenie wartości strumienia ciepła przyspiesza moment zapłonu oraz występowanie piku szybkości wydzielania ciepła.
- zwiększenie strumienia ciepła prowadzi do wcześniejszego zmniejszenia się wartości szybkości wydzielanego ciepła.
- w przypadku spalania pelletu ilość całkowitego wydzielonego dymu wzrasta wraz z wzrostem wartości strumienia ciepła.

13


  
**Podsumowanie**

Pelet stosowany w gospodarstwach domowych to przeważnie pelet drzewny. Produkuje się go z odpadów pochodzących z tartaków, stolarni i zakładów drzewnych. Muszą one jednak być pozbawione zanieczyszczeń chemicznych i mineralnych.

W wyniku wstępnych badań palności i emisji dymów różnych rodzajów pelletu zaobserwowano, że:

- wyniki uzależnione są rodzaju użytego drewna do wytworzenia pelletu.
- zwiększenie wartości strumienia ciepła przyspiesza moment zapłonu oraz występowanie piku szybkości wydzielania ciepła.
- zwiększenie strumienia ciepła prowadzi do wcześniejszego zmniejszenia się wartości szybkości wydzielanego ciepła.
- w przypadku spalania pelletu ilość całkowitego wydzielonego dymu wzrasta wraz z wzrostem wartości strumienia ciepła.



Pelet stosowany w gospodarstwach domowych to przeważnie pelet drzewny. Produkuje się go z odpadów pochodzących z tartaków, stolarni i zakładów drzewnych. Muszą one jednak być pozbawione zanieczyszczeń chemicznych i mineralnych.

W wyniku wstępnych badań palności i emisji dymów różnych rodzajów pelletu zaobserwowano, że:

- wyniki uzależnione są rodzaju użytego drewna do wytworzenia pelletu.
- zwiększenie wartości strumienia ciepła przyspiesza moment zapłonu oraz występowanie piku szybkości wydzielania ciepła.
- zwiększenie strumienia ciepła prowadzi do wcześniejszego zmniejszenia się wartości szybkości wydzielanego ciepła.
- w przypadku spalania pelletu ilość całkowitego wydzielonego dymu wzrasta wraz z wzrostem wartości strumienia ciepła.

14


  
**Bezpieczeństwo strażaków w działaniach ratowniczych**

Dziękuję za uwagę

Opracowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Bezpieczeństwa i Wsparcia Polityki” finansowanego ze środków budżetu państwa w ramach Ministerstwa Rolnictwa i Polityki Spożywczej

Zadanie nr 3.2.03.08\_p3. Analiza emisji zanieczyszczeń do powietrza podczas spalania glików drewnoakumulacyjnych powstających z nich pelletu.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa, Akademia Pożarnicza 17-18.10.2023

Źródło: <https://www.katowice.gov.pl/portal/strona-glowna/aktualnosci/wydarzenia/akt-17102023>

