

## Paliwa opałowe przyszłości – badania kotła centralnego ogrzewania zasilanego alkoholem etylowym

### Heating fuels of the future - tests of a central heating boiler fed by ethyl alcohol

Maciej Basiura, Mateusz Rataj

*Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

**STRESZCZENIE:** W pierwszej części opisano prace badawcze podejmowane w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym w związku ze stopniowym odchodzeniem rozwiniętych gospodarek światowych od paliw kopalnych. Przedstawiono prace dotyczące zagospodarowania biogazu rolniczego oraz jego mieszanek z wysokometanowym gazem ziemnym i LPG na potrzeby zasilania urządzeń gazowych do użytku domowego oraz przemysłowych urządzeń gazowych. Opisano również trwające badania nad wykorzystaniem wodoru jako medium umożliwiającego zagospodarowanie i magazynowanie nadwyżek energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii (ang. *power to gas*, P2G). Prace te skupiają się na bezpieczeństwie użytkownika mieszanin wodoru z wysokometanowym gazem ziemnym, a także na wpływie domieszek wodoru na wszystkie elementy systemu przesyłowego. Przedstawiono także prace dla sektora transportu opisujące wykorzystanie bioetanolu jako dodatku do benzyn lub oleju napędowego. Pozwala to na zmniejszenie zużycia stosowanych paliw konwencjonalnych również w transporcie. Zaprezentowano też analizy, na podstawie których stwierdzono możliwość wykorzystania alkoholu etylowego jako paliwa opałowego do urządzeń grzewczych. W celu potwierdzenia wyników tych analiz przeprowadzono badania kotła centralnego ogrzewania wyposażonego w olejowy palnik nadmuchowy. Kocioł c.o. przebadano w cyklu badawczym, podczas którego temperatura wody zasilającej instalację c.o. wynosi 80°C, a temperatura wody wracającej do kotła – 60°C. W takich warunkach pracy urządzenia zmierzono parametry energetyczne kotła, tj. sprawność i obciążenie cieplne, oraz zmierzono ilość produkowanego kondensatu. Badania przeprowadzono, używając do zasilania kotła lekkiego oleju opałowego oraz alkoholu etylowego technicznego 96-procentowego. Na tej podstawie wyciągnięto następujące wnioski: obciążenie cieplne osiągnięte przez układ grzewczy uległo zmniejszeniu pomimo regulacji dostępnych parametrów urządzenia (ciśnienie na palniku oraz ilość powietrza do spalania); sprawność urządzenia nie uległa pogorszeniu; zawartość substancji niepożądanych w spalinach uległa obniżeniu; ilość produkowanego kondensatu w palniku zasilanym alkoholem etylowym uległa zwiększeniu względem tego samego palnika pracującego na oleju opałowym. W końcowej części usystematyzowano i przedstawiono wnioski z przeprowadzonych badań.

**Słowa kluczowe:** paliwa opałowe, alkohol etylowy, kocioł centralnego ogrzewania.

**ABSTRACT:** The first part describes the research work undertaken at the Oil and Gas Institute – National Research Institute in connection with the gradual transition of the developed world economies away from fossil fuels. Works on the management of agricultural biogas and its mixtures with high-methane natural gas and LPG for the purposes of supplying domestic and industrial gas appliances were presented. Works on the use of hydrogen as a medium enabling the management and storage of electricity surplus from renewable energy sources (P2G – Power to Gas) were also presented. These works focus on the safe use of mixtures of hydrogen with high-methane natural gas, as well as the influence of hydrogen admixtures on all elements of the transmission system. Another works presented are those related to the transport sector, describing the use of bioethanol as an additive to petrol or diesel. This allows to reduce the consumption of conventional fuels used also in transport. Analyses based on which the feasibility of using ethanol as heating fuel for heating appliances were also presented. In order to confirm the results of these analyses, tests were carried out on a central heating boiler equipped with an oil-fired burner. Central heating boiler was tested in the test cycle during which the temperature of water supplying the central heating installation was 80°C and the temperature of water returning to the boiler – 60°C. Under such operating conditions, the boiler's energy parameters, i.e. efficiency and thermal load, as well as the amount of produced condensate were measured. The tests were carried out using light fuel oil and 96% technical ethyl alcohol to power the boiler. Based on this, the following conclusions were drawn: the thermal load achieved by the heating system has decreased, despite the adjustment of the available parameters of the device (pressure on the burner and the amount of air for combustion); the efficiency of the device does not deteriorate; the content of undesirable substances in the exhaust gas has decreased; the amount of produced condensate in the ethanol-fired burner increases compared to the same burner running on oil. In the final part, the conclusions of the research were systematized and presented.

**Key words:** heating fuels, ethyl alcohol, central heating boiler.

---

Autor do korespondencji: M. Basiura, e-mail: [maciej.basiura@inig.pl](mailto:maciej.basiura@inig.pl)

Artykuł nadesłano do Redakcji: 21.02.2022 r. Zatwierdzono do druku: 09.09.2022 r.

## Wprowadzenie

Rosnące zapotrzebowanie na szeroko rozumianą czystą energię powoduje, że poszukiwane są paliwa nisko- i zero-emisyjne, których spalanie przyczynia się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w porównaniu ze spalaniem paliw kopalnych. W poszukiwanie nowych, niskoemisyjnych paliw, a także redukcji wpływu na środowisko paliw kopalnych od lat zaangażowany jest Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy (INiG – PIB). W tym zakresie Pion Gazownictwa INiG – PIB prowadzi badania nad wykorzystaniem różnych gazów palnych, mogących w całości lub częściowo zastąpić kopalne paliwa gazowe. Pracownicy Instytutu od lat prowadzą badania, które wykazują, że z powodzeniem można spalać biogaz rolniczy w mieszaninie z gazem LNG po regazyfikacji lub LPG zarówno w urządzeniach do użytku domowego, jak i do zastosowań przemysłowych (Wojtowicz, 2014; Siuda i Wojtowicz, 2016).

Kolejnym aspektem związanym z ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych podczas spalania paliw gazowych jest komercyjne wykorzystanie wodoru. W tym zakresie Instytut prowadzi badania w zakresie magazynowania i przesyłu wodoru w postaci mieszaniny z gazem ziemnym (Jaworski et al., 2019). Zatlaczanie wodoru do istniejących sieci gazowych będzie miało wpływ na poszczególne elementy sieci, aparaturę kontrolno-pomiarową oraz system rozliczeniowy, w tym na wyznaczenie współczynnika ściślności (Łach, 2016; Jaworski i Dudek, 2020; Jaworski et al., 2020). Instytut wykonywał również badania dotyczące wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę wybranych urządzeń domowych. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem trzech mieszanin gazu ziemnego wysokometanowego z wodorem o zawartości wodoru odpowiednio: 10%, 15% i 23% (Wojtowicz, 2019).

Kolejną substancją, tym razem ciekłą, która może stanowić nośnik energii, jest etanol (alkohol etylowy), w tym bioetanol produkowany z biomasy. Alkohol etylowy charakteryzuje się wyższym wskaźnikiem emisji CO<sub>2</sub> w przeliczeniu na jednostkę energii zawartą w paliwie w porównaniu z gazem ziemnym wysokometanowym oraz gazami ciekłymi LPG (propan-butan). Paliwo to z kolei posiada dużo niższy wskaźnik emisji CO<sub>2</sub> w stosunku do paliw stałych takich jak węgiel, drewno, pellet (Basiura et al., 2019). Etanol otrzymywany z biomasy można uznać za paliwo odnawialne, w takim przypadku CO<sub>2</sub> powstający z jego spalania nie jest wliczany do bilansu emisji gazów cieplarnianych. Niewątpliwą zaletą etanolu jako paliwa jest znikoma ilość siarki, co przekłada się na znikomą emisję tlenku siarki(IV) SO<sub>2</sub> do atmosfery. Nad wykorzystaniem etanolu jako nośnika energii od lat pracują pracownicy Pionu Technologii Nafty INiG – PIB. Między innymi dzięki tym pracom dość dobrze poznany jest wpływ domieszek etanolu

do paliwa na silniki samochodowe (Żółty i Stępień, 2016; Pałuchowska i Stępień, 2017; Żółty i Sacha, 2018). Paliwo z dodatkiem etanolu (do 10%) dostępne jest na stacjach benzynowych w krajach Unii Europejskiej. Przewidywane jest rozszerzenie wykorzystania bioetanolu jako dodatku do benzyn lub oleju napędowego, ponieważ pozwala to na zmniejszenie zużycia paliw konwencjonalnych.

W 2019 r. pracownicy Zakładu Użytkowania Paliw INiG – PIB rozpoczęli prace prowadzące do wykorzystania etanolu również w innym obszarze – jako paliwa opałowego w urządzeniach grzewczych (Basiura et al., 2019). Przeprowadzone analizy wskazały wstępnie na możliwość wykorzystania etanolu jako paliwa, które może zastąpić olej opałowy.

## Badania kotła centralnego ogrzewania

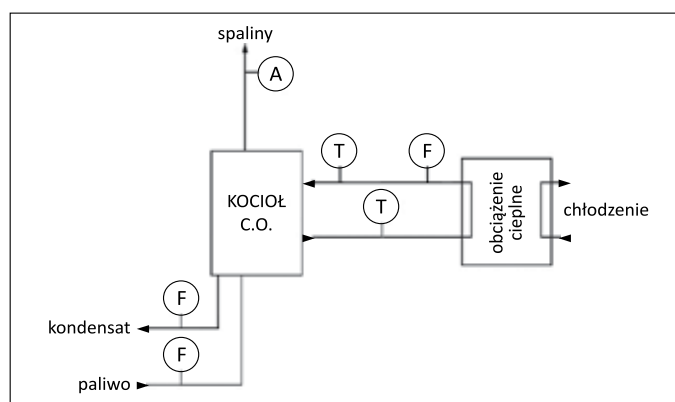
W celu sprawdzenia poprawności wyżej wymienionych wniosków zaplanowano i przeprowadzono serię badań z zastosowaniem kotła c.o. z olejowym palnikiem nadmuchowym.

Do testów wybrano olejowy kocioł c.o. charakteryzujący się:

- małą mocą, do 20 kW;
- systemem kontroli płomienia wyposażonym w optyczne czujniki płomienia, działające w zakresie m.in. światła widzialnego niebieskiego i promieniowania ultrafioletowego.

Schemat testowanego stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 1.

Kocioł został zainstalowany na stanowisku badawczym w Laboratorium Badań Urządzeń Gazowych i Grzewczych Zakładu Użytkowania Paliw INiG – PIB. Instalację kotła na stanowisku oraz jego uruchomienie przeprowadzono zgodnie z wytycznymi producenta zawartymi w instrukcji.



**Rysunek 1.** Schemat stanowiska badawczego; T – pomiar temperatury, F – pomiar strumienia masy, A – analiza składu (tu: O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

**Figure 1.** Layout of the test stand; T – temperature measurement, F – mass flow measurement, A – composition analysis (here: O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

W celu dokładnego określenia właściwości paliw stosowanych w badaniach ich próbki zostały poddane analizie w laboratoriach INiG – PIB, gdzie wyznaczono ich wartość opałową, skład oraz właściwości fizyczne. Wartość opałowa paliw użytych w badaniach (Hi) wynosiła odpowiednio: 43 005 kJ/kg dla lekkiego oleju opałowego oraz 24 320 kJ/kg dla etanolu technicznego 96-proc. Parametry energetyczne kotła określono względem wyznaczonej wartości opałowej stosowanego paliwa.

Do przeprowadzenia testów z wykorzystaniem obu rodzajów paliwa wybrano cykl pomiarowy trwający 600 s, podczas którego temperatura wody zasilającej instalację c.o. wynosi 80°C, a temperatura wody wracającej do kotła – 60°C, tzw. cykl badawczy 80/60. Cykl ten jest używany podczas badań typu większości rodzajów kotłów i jest on stosowany do określania sprawności kotła przy obciążeniu znamionowym.

Dla każdego z paliw plan badań przewidywał:

- pomiar ilości wydzielającego się kondensatu;
- pomiar jakości spalin podczas pracy kotła w warunkach badania;
- badanie pełnego obciążenia cieplnego.

Zgodnie z przyjętym planem badań w pierwszej kolejności przeprowadzono badania z użyciem kotła zasilanego lekkim olejem opałowym, a następnie jako paliwo wykorzystano etanol techniczny 96-proc.

Po wymianie paliwa urządzenie wyregulowano tak, aby uzyskana moc grzewcza kotła była możliwie wysoka, a proces spalania przebiegał prawidłowo – płomień nie odrywał się od palnika oraz nie przeskakiwał.

Podczas regulacji urządzenia pod uwagę brano również skład powstających spalin, minimalizując w nich zawartość CO i NO<sub>x</sub>.

### Omówienie uzyskanych wyników

Pierwszym z analizowanych parametrów była ilość wydzielającego się kondensatu, czyli wydzielania się ze spalin skondensowanej pary wodnej podczas procesu spalania. Otrzymane podczas badań ilości wyprodukowanego kondensatu odniesiono do czasu pracy urządzenia, ilości wyprodukowanej energii cieplnej oraz masy zużytego paliwa (tabela 1).

Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że ilość kondensatu powstająca podczas spalania etanolu jest znacznie wyższa niż podczas spalania lekkiego oleju opałowego. Różnice te są szczególnie widoczne, gdy ilość powstającego kondensatu odniesiona jest do wyprodukowanej energii cieplnej – w tym przypadku ilość kondensatu wytworzona podczas spalania etanolu jest 3,2-razy większa niż podczas spalania oleju opałowego.

**Tabela 1.** Zestawienie ilości wydzielającego się kondensatu podczas pracy kotła dla badanych paliw

**Table 1.** Summary of the amount of released condensate during boiler operation for the tested fuels

Paliwo		Lekki olej opałowy	Etanol 96%
Ilość kondensatu w czasie pracy w warunkach badania	[g/min]	2,58	4,81
Ilość kondensatu w przeliczeniu na 1 kWh wyprodukowanej energii cieplnej	[g/kWh]	8,11	25,88
Ilość kondensatu w przeliczeniu na ilość zużytego paliwa	[g/kg]	93,59	165,44

Pomiar składu spalin prowadzono w 10-minutowych seriach pomiarowych, których wykonano po pięć dla każdego paliwa. W tabeli 2 zaprezentowano średnie wartości zawartości poszczególnych produktów spalania otrzymane w każdej z serii. Emisję gazów spalinowych dla każdego rodzaju paliwa obliczono na podstawie ich składu, stosując metody obliczeniowe

**Tabela 2.** Zestawienie średnich wartości wyników pomiaru składu spalin w poszczególnych seriach badawczych dla badanych paliw w przeliczeniu na czyste, nierozcieńczone spaliny

**Table 2.** Summary of average exhaust gas composition measurement values in individual test series for the tested fuels in terms of pure raw exhaust gas

Paliwo	Lekki olej opałowy			
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
Nr serii	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[% vol.]
	1	19,01	1,97	25,84
2	19,94	2,64	25,07	14,79
3	19,03	3,38	23,92	14,79
4	17,64	3,54	18,59	14,81
5	16,46	3,78	16,17	14,81
Wartość średnia	<b>18,42</b>	<b>3,06</b>	<b>21,92</b>	<b>14,80</b>
Emisja	[mg/kWh]	[mg/kWh]	[mg/kWh]	[g/kWh]
	<b>104,3</b>	<b>31,1</b>	<b>115,83</b>	<b>269,3</b>
Paliwo	Etanol 96%			
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
Nr serii	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[% vol.]
	1	16,77	1,74	22,79
2	17,77	2,35	22,35	13,18
3	17,03	3,03	21,40	13,23
4	15,35	3,08	16,17	12,89
5	14,02	3,22	13,78	12,62
Wartość średnia	<b>16,19</b>	<b>2,68</b>	<b>19,30</b>	<b>12,99</b>
Emisja	[mg/kWh]	[mg/kWh]	[mg/kWh]	[g/kWh]
	<b>27,6</b>	<b>6,3</b>	<b>20,0</b>	<b>261,3</b>

zawarte w normie PN-EN 267 *Palniki z wentylatorem na paliwa ciekłe*.

W ramach wyznaczania sprawności urządzenia wykonano po trzy 10-minutowe pomiary dla każdego z analizowanych paliw (tabele 3 i 4).

Podsumowanie wyników przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 5.

Na podstawie wyników zawartych w tabeli 5 wyraźnie widać, że podczas zmiany rodzaju paliwa z lekkiego oleju opałowego na etanol techniczny 96-proc.:

**Tabela 3.** Parametry energetyczne zmierzone podczas cykli badawczych. Paliwo: lekki olej opałowy

**Table 3.** Energy parameters measured during the test cycles. Fuel: light fuel oil

Nr	Paliwo: Lekki olej opałowy				Energia obiegu c.o.	Sprawność, Hi
	Masa	Wartość opałowa, Hi	Energia, Hi			
	[kg]	[kJ/kg]	[kJ]	[kWh]		
1	0,27540	43005	11843,5770	3,2899	3,2009	97,3
2	0,27560	43005	11852,1780	3,2923	3,1986	97,2
3	0,27195	43005	11695,3497	3,2487	3,1239	96,2
Wartość średnia	<b>0,27432</b>		<b>11797,0349</b>	<b>3,2770</b>	<b>3,1745</b>	<b>96,9</b>

**Tabela 4.** Parametry energetyczne zmierzone podczas cykli badawczych. Paliwo: alkohol etylowy techniczny 96-proc.

**Table 4.** Energy parameters measured during the test cycles. Fuel: technical ethyl alcohol 96%

Nr	Paliwo: Etanol 96%				Energia obiegu c.o.	Sprawność, Hi
	Masa	Wartość opałowa, Hi	Energia, Hi			
	[kg]	[kJ/kg]	[kJ]	[kWh]		
1	0,28327	24320	6889,1780	1,9137	1,8729	97,9
2	0,28310	24320	6884,9920	1,9125	1,8550	97,0
3	0,27830	24320	6768,2560	1,8801	1,8463	98,2
Wartość średnia	<b>0,28156</b>		<b>6847,4753</b>	<b>1,9021</b>	<b>1,8581</b>	<b>97,7</b>

**Tabela 5.** Zestawienie wyników badań – wartości średnie

**Table 5.** Summary of test results – average values

Badana cecha		Paliwo: olej opałowy Hi = 43005 kJ/kg	Paliwo: alkohol etylowy 96% Hi = 24320 kJ/kg
Moc (80/60)	[kW]	19,00	11,2
Zużycie paliwa	[kg/h]	1,65	1,74
Sprawność (80/60)	[%]	96,90	97,70
Produkty spalania (w przeliczeniu na nierozcieńczone spaliny)			
CO	[ppm]	35,75	21,92
CO <sub>2</sub>	[%]	15,01	14,80
NO <sub>x</sub>	[ppm]	56,66	18,42
SO <sub>2</sub>	[ppm]	12,16	3,06
Emisje gazów spalinowych			
CO	[mg/kWh]	115,83	20,0
CO <sub>2</sub>	[mg/kWh]	269,3	261,3
NO <sub>x</sub>	[mg/kWh]	104,3	27,6
SO <sub>2</sub>	[g/kWh]	31,1	6,3
Kondensat			
Ilość w czasie pracy	[g/min]	2,58	4,81
Ilość w przeliczeniu na ilość wyprodukowanej mocy użytecznej	[g/kWh]	8,11	25,88
Ilość w przeliczeniu na ilość zużytego paliwa	[g/kg]	93,59	165,44



- pomimo dokonanej regulacji moc osiągnięta przez układ grzewczy uległa zmniejszeniu;
- sprawność urządzenia nie uległa pogorszeniu;
- zawartość substancji niepożądanych w spalinach uległa obniżeniu;
- ilość produkowanego kondensatu uległa zwiększeniu.

### Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że zmiana paliwa ciekłego stosowanego do zasilania kotłów c.o. powoduje zmianę mocy osiągniętej przez układ grzewczy. Zmiana paliwa z lekkiego oleju opałowego na etanol techniczny 96-proc. powoduje zmniejszenie mocy w przybliżeniu proporcjonalnie do zmiany kaloryczności paliwa. Poprzez zastosowanie dostępnego w urządzeniu zakresu regulacji ilości podawanego paliwa do palnika możliwe było tylko nieznaczne podniesienie mocy użytecznej kotła.

Sprawność badanego urządzenia opalanego etanolem nie tylko nie uległa pogorszeniu, ale nawet nieznacznie zwiększyła się względem lekkiego oleju opałowego. Zdaniem autorów wzrost sprawności w przypadku etanolu jest związany z tym, że w badaniach wykorzystano urządzenie kondensacyjne, w związku z czym wzrost ilości uzyskanego kondensatu przełożył się na wzrost sprawności.

Otrzymane wyniki w zakresie emisji spalin wyraźnie wskazują, że zastosowanie etanolu jako paliwa w kotłach przystosowanych do spalania lekkiego oleju opałowego może przynieść wymierny efekt w postaci redukcji emisji  $\text{NO}_x$  i  $\text{SO}_2$ . Redukcję emisji tych substancji można powiązać ze zwiększoną zawartością pary wodnej w spalinach powstających podczas spalania alkoholu, w której tlenki azotu i siarki mogą się łatwo rozpuszczać. Dodatkowo spadek emisji  $\text{SO}_2$  można również powiązać z samym alkoholem, w którego składzie znajdują się znacznie mniejsze ilości siarki w porównaniu z olejem opałowym.

Zmniejszenie emisji  $\text{NO}_x$  i  $\text{SO}_2$  ma bardzo pozytywny wpływ na środowisko, jako że tlenki azotu są podstawowym składnikiem smogu fotochemicznego, a wraz z tlenkami siarki stanowią składniki kwaśnych deszczy.

Wykonane badania potwierdziły hipotezy stawiane we wnioskach opracowań teoretycznych (Basiura et al., 2019) dotyczące możliwości stosowania alkoholu jako paliwa w domowych urządzeniach grzewczych z pozytywnym wpływem na środowisko zaproponowanej zamiany paliwa.

Obecnie alkohol etylowy nie jest uznawany za paliwo opałowe mogące być nośnikiem energii na potrzeby grzewcze zarówno w gospodarstwach domowych, jak też w procesach przemysłowych. W ocenie autorów należy propagować

zastosowanie etanolu, zwłaszcza otrzymywanego z procesów fermentacji (bioetanol), jako paliwa opałowego. Czystość paliwa, jego odnawialny charakter oraz możliwość ograniczenia emisji szkodliwych substancji do atmosfery przemawiają za tym, aby etanol był jednym z „zielonych” paliw przyszłości.

Należy przy tym zaznaczyć, że na rynku brak jest komercyjnych rozwiązań umożliwiających wykorzystanie etanolu technicznego jako paliwa opałowego.

Dalsze prace rozwojowe zmierzające do konstrukcji innowacyjnych kotłów c.o. i urządzeń grzewczych pozwalających na wykorzystanie pełnego potencjału tej substancji wydają się uzasadnione i mogą przynieść wymierne korzyści zarówno dla środowiska naturalnego, jak i dla gospodarki energetycznej kraju.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Możliwości wykorzystania destylatów alkoholowych jako paliwa opałowego*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0083/GU/2019, nr archiwalny: DK-4100-0072/2019.

### Literatura

- Basiura M., Żyjewska U., Siuda T., 2019. Możliwości wykorzystania destylatów alkoholowych jako paliwa opałowego. *Nafta-Gaz*, 75(3): 186–191. DOI: 10.18668/NG.2020.03.05.
- Jaworski J., Dudek A., 2020. Study of the effects of changes in gas composition as well as ambient and gas temperature on errors of indications of thermal gas meters. *Energies*, 13: 5428. DOI: 10.3390/en13205428.
- Jaworski J., Kukulska-Zajac E., Kułaga P., 2019. Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na elementy systemu gazowniczego. *Nafta-Gaz*, 75(10): 625–632. DOI: 10.18668/NG.2019.10.04.
- Jaworski J., Kułaga P., Błacharski T., 2020. Study of the effect of addition of hydrogen to natural gas on diaphragm gas meters. *Energies*, 13: 3006. DOI: 10.3390/en13113006.
- Łach M., 2016. Dokładność wyznaczania współczynnika ściśliwości gazu z podwyższoną zawartością wodoru – porównanie metod obliczeniowych. *Nafta-Gaz*, 72(5): 329–338. DOI: 10.18668/NG.2016.05.04.
- Pałuchowska M., Stępień Z., 2017. Oceny paliw etanolowych w testach silnikowych i eksploatacyjnych. *Nafta-Gaz*, 73(2): 97–104. DOI: 10.18668/NG.2017.02.04.
- Siuda T., Wojtowicz R., 2016. Badania możliwości współspalania biogazu rolniczego i LNG lub LPG w urządzeniach użytku domowego oraz w urządzeniach do zastosowań przemysłowych. *Nafta-Gaz*, 72(9): 747–754. DOI: 10.18668/NG.2016.09.10.
- Wojtowicz R., 2014. Współspalanie biogazu rolniczego i LNG lub LPG jako alternatywa dla zatłaczaniu biogazu do sieci. Praca statutowa INiG – PIB, nr zlec. 0013/GU/14, *Archiwum Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego, Kraków*.
- Wojtowicz R., 2019. Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę urządzeń gazowych. *Nafta-Gaz*, 75(8): 465–473. DOI: 10.18668/NG.2019.08.03.
- Żółty M., Sacha D., 2018. Influence of E85 ethanol fuel composition on engine oil properties. *Nafta-Gaz*, 74(4): 308–318. DOI: 10.18668/NG.2018.04.07.

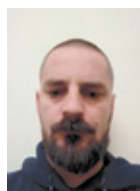
Żółty M., Stępień Z., 2016. Paliwa etanolowe w zastosowaniu do silników o zapłonie iskrowym. *Nafta-Gaz*, 72(9): 761–769. DOI: 10.18668/NG.2016.09.12.

### Akty prawne i dokumenty normatywne

PN-EN 267:2011 Palniki automatyczne z wentylatorem na paliwa ciekłe.



Mgr inż. Maciej BASIURA  
Asystent w Zakładzie Użytkowania Paliw  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [maciej.basiura@inig.pl](mailto:maciej.basiura@inig.pl)



Mgr inż. Mateusz RATAJ  
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Użytkowania Paliw  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [mateusz.rataj@inig.pl](mailto:mateusz.rataj@inig.pl)

## OFERTA BADAWCZA ZAKŁADU UŻYTKOWANIA PALIW

- badania typu urządzeń spalających paliwa gazowe według norm odniesienia w celu potwierdzenia zgodności z Rozporządzeniem UE 2016/426 (GAR);
- badania sprawności kotłów wodnych zasilanych paliwami gazowymi i olejowymi na zgodność z Dyrektywą 92/42/EWG;
- badania instalacji elektrycznych urządzeń gazowych i drobnego sprzętu domowego na zgodność z Dyrektywą 2014/35/UE „Niskie napięcia”;
- badania urządzeń grzewczych typu kominki oraz kuchnie i kotle na paliwo stałe, w oparciu o normy zharmonizowane z Rozporządzeniem UE CPR 305/2011;
- badania zapalniczek gazowych i ich zgodności z wymaganiami normy PN-EN ISO 9994 oraz ich zabezpieczenia przed uruchomieniem przez dzieci, zgodnie z normą PN-EN 13869;
- badania kominów metalowych i ceramicznych na zgodność z normami zharmonizowanymi z Rozporządzeniem UE CPR 305/2011;
- badania i wydawanie opinii technicznych o możliwości bezpiecznego użytkowania przemysłowych urządzeń zasilanych gazem;
- projektowanie i wykonanie mieszalni gazów oraz badanie zamienności paliw;
- ekspertyzy sądowe w zakresie użytkowania gazu;
- ekspertyzy termograficzne instalacji technicznych, maszyn i urządzeń mechanicznych, elektrycznych gazowych i grzewczych.



Kierownik: mgr inż. Robert Wojtowicz    Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków  
Telefon: 12 617 74 65    Faks: 12 653 16 65    E-mail: [robert.wojtowicz@inig.pl](mailto:robert.wojtowicz@inig.pl)



INSTYTUT NAFTY I GAZU  
– Państwowy Instytut Badawczy