

# Kominowe systemy odprowadzania spalin z gazowych kotłów kondensacyjnych

## Chimney exhaust systems for gas condensing boilers

Zbigniew A. Tałach, Roman Nowak\*

**Słowa kluczowe:** urządzenia z zamkniętą komorą spalania, efektywność energetyczna, sprawność cieplna, konstrukcje kominowych systemów powietrzno-spalinowych

### Streszczenie

Powszechne wprowadzenie gazowych urządzeń kondensacyjnych zapewnia wysoką efektywność energetyczną i jest zaliczane do urządzeń grzewczych z zamkniętą komorą spalania. Wysoka sprawność tych urządzeń wynika z zastosowania specjalnych koncentrycznych systemów kominowych. Efektem tego jest kominowa wymiana ciepła, gdyż ciepło z przewodu spalinowego przekazywane jest do koncentrycznego przewodu powietrznego, co powoduje, że do komory spalania dostarczane jest podgrzane powietrze. Podczas użytkowania tego typu urządzeń, równie ważne są nie tylko zagadnienia dotyczące efektywności energetycznej, ale również aspekty bezpieczeństwa ich stosowania, poprzez eliminację zagrożeń zatrucia tlenkiem węgla. W artykule przedstawiono konstrukcje systemów powietrzno-spalinowych stosowanych dla urządzeń gazowych z zamkniętą komorą spalania typu C.

**Keywords:** devices with a closed combustion chamber, energy efficiency, thermal efficiency, construction of chimney air-flue systems

### Abstract

The widespread introduction of gas condensing devices ensures high energy efficiency and is classified as a heating device with a closed combustion chamber. The high efficiency of these devices results from the use of special concentric chimney systems. The effect of this is a chimney heat exchange, because the heat from the flue is transferred to the concentric air duct, which causes the heated air to be supplied to the combustion chamber. When using this type of equipment, not only energy efficiency issues are equally important, but also the safety aspects of their use by eliminating the risk of carbon monoxide poisoning. The article presents the constructions of air-flue gas systems used for gas appliances with a closed type C combustion chamber.

## 1. Konstrukcja i zasada działania kotłów kondensacyjnych

Kotły kondensacyjne po raz pierwszy, na początku XX wieku, zastosowano w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej i były to urządzenia wykorzystujące ciepło zawarte w kondensujących spalinach. Natomiast znaczący rozwój techniki kondensacyjnej nastąpił dopiero pod koniec ubiegłego wieku, wraz z pojawieniem się nowych materiałów konstrukcyjnych, szczególnie wysokogatunkowych stali stopowych, odpornych na chemiczne działanie kondensatów. W Polsce kotły kondensacyjne znalazły pierwsze zastosowania z początkiem lat dziewięćdziesiątych i były one importowane głównie z Niemiec i innych krajów Unii Europejskiej. W latach 1990-2010 ilość montowanych gazowych kotłów kondensacyjnych, jako urządzeń grzewczych w gospodarce komunalnej naszego kraju, była niewielka. Dopiero po tym okresie nastąpił dynamiczny wzrost sprzedaży tych urządzeń i szerokie ich zastosowanie, zarówno do celów grzewczych, jak i do równoczesnego przygotowania ciepłej wody użytkowej. Wzrost zainteresowania zastosowaniem kotłów kondensacyjnych wynika z faktu wysokiej sprawności cieplnej, a w związku z tym niskimi kosztami eksploatacji. Równocześnie przepisy Unii Europejskiej wprowadziły zakaz produkcji gazowych urządzeń grzewczych z otwartą komorą spalania. Spowodowało to zwiększenie sprzedaży i montażu kotłów kondensacyjnych w naszym kraju. Warto zaznaczyć, że urządzenia te

znacznie różnią się od tradycyjnych kotłów, gdyż podczas eksploatacji występuje zjawisko kondensacji ze spalin.

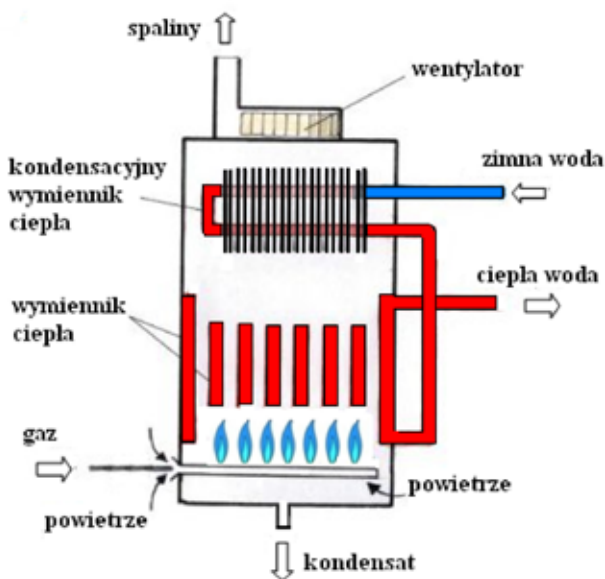
Zjawisko to polega na dodatkowym schładzaniu spalin do niskiej temperatury, w której następuje wykraplanie pary wodnej bezpośrednio w urządzeniu grzewczym lub kominowym systemie powietrzno-spalinowym, który pracuje jako dodatkowy wymiennik ciepła. Dzięki wykorzystaniu zjawiska kondensacji pary wodnej ze spalin, uzyskuje się wyraźną poprawę sprawności urządzeń grzewczych i jednocześnie uzyskuje się wysoką efektywność energetyczną.

Należy zaznaczyć, że sprawność kotłów kondensacyjnych jest odnoszona do wartości opałowej, a nie do całkowitej ilości energii powstającej przy spalaniu czyli do wartości ciepła spalania. Natomiast wartość opałowa jest mniejsza od ciepła spalania o wielkość ciepła skraplania pary wodnej, czyli o tak zwane „ciepło utajone” w spalinach. W związku z tym w danych technicznych kotłów kondensacyjnych, wykorzystujących ciepło pochodzące ze skroplenia pary wodnej zawartej w spalinach, pojawiają się sprawności większe niż 100 %.

Niektórzy producenci podają, że sprawność ich urządzeń sięga nawet wartości 107 %. Natomiast w tradycyjnych kotłach grzewczych, gdzie temperatura odprowadzanych spalin jest wysoka i znacznie przekracza temperaturę kondensacji, sprawność cieplna urządzeń grzewczych jest znacznie niższa i waha się w granicach 80-90 %.

\* Zbigniew A. Tałach, Stowarzyszenie „Kominy Polskie”, Roman Nowak, Stowarzyszenie „Kominy Polskie”

Kotły kondensacyjne to najnowocześniejsze konstrukcje gazowych urządzeń grzewczych, charakteryzujące się zwartą budową i zamkniętą komorą spalania. Ze względu na to, że komora spalania w kotłach kondensacyjnych jest komorą zamkniętą, kocioł może pobierać powietrze jedynie poprzez specjalny system kominowy zwany Systemem Powietrzno – Spalinowym (SPS). Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania konstrukcyjnego, komora spalania jest całkowicie oddzielona od otoczenia, w którym został zamontowany kocioł, a powietrze dostarczane jest przez system kominowy powietrzno – spalinowy, spełniający tutaj rolę wymiennika ciepła pracującego w przeciwnym kierunku. Na rys. 1 przedstawiono schemat ideowy działania kotła kondensacyjnego.



Rys. 1. Schemat ideowy działania kotła kondensacyjnego  
Fig. 1. Schematic diagram of the operation of a condensing boiler

W kotłach kondensacyjnych zastosowane są wentylatory małej mocy, których celem jest doprowadzanie powietrza do komory spalania i odprowadzanie spalin do przewodów spalinowych.

Według europejskiej klasyfikacji urządzeń grzewczych, kotły kondensacyjne należą do urządzeń klasy C, czyli takich, które mają zamkniętą komorę spalania, gdzie powietrze dostarczane jest koncentrycznym przewodem, a spaliny odprowadzane są przewodem wewnętrznym. Taka konstrukcja kotła i organizacja procesu spalania sprawia, że urządzenia te należy zaliczyć do jednych z najbardziej bezpiecznych dla użytkownika gazowych urządzeń grzewczych.

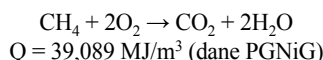
Wewnętrzna konstrukcja kotła kondensacyjnego składa się z wymiennika ciepła, zbudowanego z materiału odpornego na korozję (stal kwasoodporna lub wymiennik aluminiowy), umieszczonego w zamkniętej komorze spalania. Specjalna konstrukcja wymiennika ciepła sprawia, że spływający kondensat oczyszcza powierzchnię oraz zapewnia równomierny przepływ wody w każdym miejscu wymiennika, co powoduje eliminację lokalnego przegrzewania oraz dużą odporność na tworzenie się kamienia kotłowego.

Kotły kondensacyjne, ze względu na zwartą budowę, mają stosunkowo niewielkie wymiary gabarytowe, charakteryzują się dużą sprawnością energetyczną i niskimi kosztami eksploatacyjnymi. Natomiast palniki gazowe, stosowane w kotłach kondensacyjnych, mają różną konstrukcję, w zależności od producenta urządzenia. Wykonane są one z reguły ze stali stopowej i mają modulowaną moc cieplną w zakresie 20 – 100 % mocy nominalnej.

Odprowadzenie spalin z kotłów kondensacyjnych wymaga specjalnej konstrukcji komina, który musi być wykonany z odpowiednich materiałów konstrukcyjnych, odpornych na korozję oraz na destrukcyjne działanie kondensatu ze spalin, a także materiał stosowany na kominie powi-

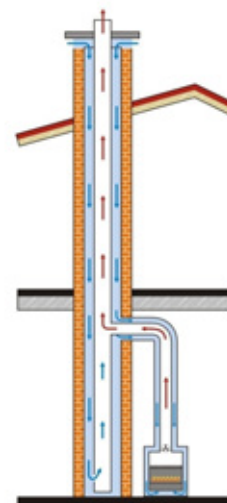
nien charakteryzować się bardzo dobrą przewodnością cieplną. Na rys. 2 przedstawiono system kominowy przeznaczony do urządzeń kondensacyjnych.

Najczęściej kotły kondensacyjne zasilane są gazem ziemnym wysokometanowym rodzaju E, zgodnie z europejską klasyfikacją paliw gazowych (dawniej GZ 50). Urządzenia te mogą być również zasilane gazem płynnym lub olejem opałowym. Gaz ziemny wysokometanowy zawiera około 97,8 % metanu ( $\text{CH}_4$ ), który w kontakcie z tlenem ulega procesowi spalania zgodnie z reakcją:



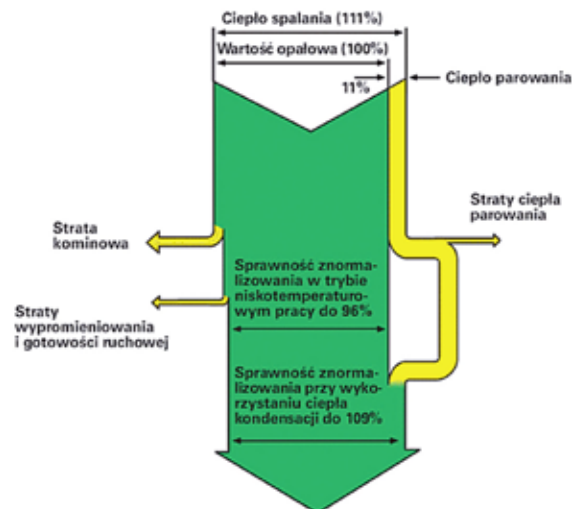
Podczas procesu spalania z  $1 \text{ m}^3$  metanu powstaje duża ilość pary wodnej ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (skroplin, kondensatu), tj. ok.  $1,6 \text{ m}^3$  kondensatu. Para wodna w spalinach kondensuje intensywnie w przewodach kominowych oraz w urządzeniach kondensacyjnych i równocześnie odzyskuje się ciepło przemiany fazowej pary wodnej (kondensatu) w ciecz.

Zjawisko skraplania pary zawartej w spalinach jest podstawą działania kotłów kondensacyjnych i sprawia, że urządzenia te charakteryzują się bardzo wysoką sprawnością cieplną, w porównaniu do tradycyjnych kotłów, co przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2. Schemat działania urządzenia typu C z wentylatorem w górnej części komory

Fig. 2. Diagram of operation of a type C device with a fan in the upper part of the chamber

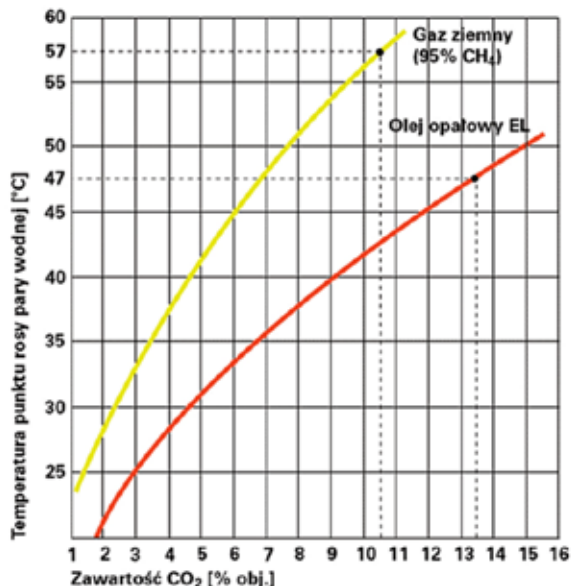


Rys. 3. Porównanie sprawności tradycyjnego kotła niskotemperaturowego z kotłem kondensacyjnym [Źródło: <http://www.fachowyinstalator.pl/ogrzewanie/kotly-i-podgrzewacze/59-wybor-kotla-gazowego-cz-2.html>]

Fig. 3. Comparison of the efficiency of a traditional low-temperature boiler with a condensing boiler.

Warunkiem poprawnej pracy kotłów kondensacyjnych, zasilanych gazem ziemnym wysokometanowym lub olejem opałowym, jest to, aby temperatura spalin na wylocie z kotła nie była wyższa niż temperatura punktu rosy dla spalin, która dla gazu ziemnego wynosi  $57^\circ\text{C}$ , a dla oleju opałowego  $47^\circ\text{C}$  (rys. 4).

Warto podkreślić, że temperatura spalin z kotłów kondensacyjnych w dużej mierze zależy od współpracy kotła z systemem centralnego ogrzewania. Przy projektowaniu centralnego ogrzewania należy tak rozbudować powierzchnię wymiany ciepła, aby w systemie c.o. tem-



Rys. 4. Wykres temperatur punktu rosy (kondensacji) dla gazu ziemnego i oleju opałowego  
 Fig. 4. Diagram of dew point (condensation) temperatures for natural gas and fuel oil

peratura wody na powrocie była jak najniższa po to, aby zapewnić intensywną kondensację w spalinach.

Zanim jednak wydzielona woda zostanie wyprowadzona z instalacji kotłowej kontaktuje się ze spalinami zawierającymi szereg zanieczyszczeń, z którymi może tworzyć roztwory o podwyższonej aktywności chemicznej.

### 3. Systemy kominowe do kotłów kondensacyjnych

Dla prawidłowej pracy kotłów kondensacyjnych należy stosować specjalne systemy kominowe zwane Systemami Powietrzno-Spalinowymi (SPS), których istotą jest odprowadzanie spalin i doprowadzanie powietrza do komory spalania urządzenia.

Systemy Powietrzno-Spalinowe mogą być stosowane zarówno w budynkach jednorodzinnych, jak i wielokondygnacyjnych. W przypadku tych pierwszych najczęściej stosuje się pojedynczy przewód powietrzno-spalinowy, który może być wykonany w kilku wariantach. Na rysunku 5 pokazano możliwości podłączenia pojedynczych urządzeń kondensacyjnych do systemów powietrzno-spalinowych.

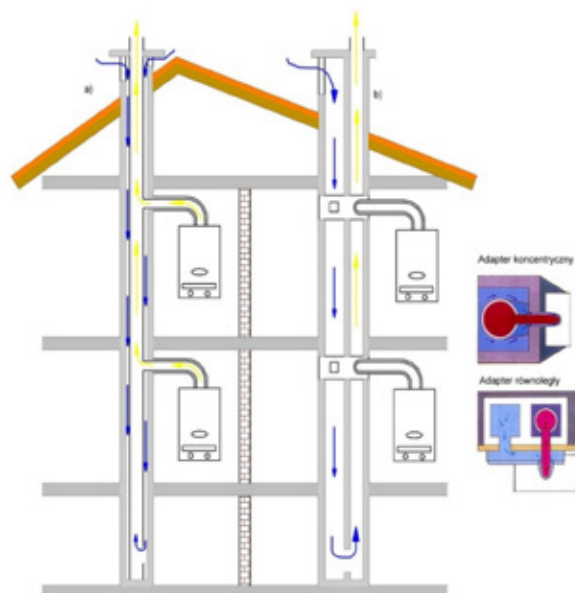


Rys. 5. Schematy możliwości podłączenia pojedynczych urządzeń kondensacyjnych do systemów powietrzno-spalinowych. Źródło: Vaillant  
 Fig. 5. Schemes of the possibility of connecting individual condensing devices to air-flue systems.

Na rys. 6 przedstawiono możliwość podłączenia zbiorczych przewodów kominowych typu SPS w budownictwie wielokondygnacyjnym, z możliwością równoczesnego podłączenia kilku urządzeń kondensacyjnych. W systemach takich wykorzystuje się dwa podstawowe rozwiązania:

- doprowadzenie powietrza i odprowadzenie spalin koncentrycznym przewodem,
- doprowadzenie powietrza i odprowadzanie spalin dwoma niezależnymi przewodami.

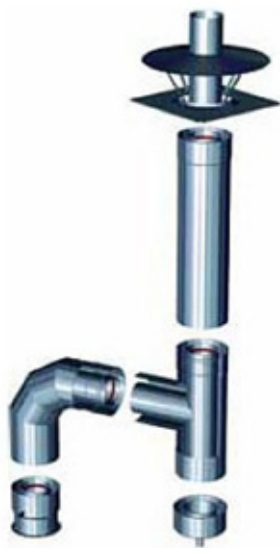
Jak już wspomniano układy koncentryczne zaliczane są do grupy kominów wielowarstwowych. Podstawowym atutem systemów koncentrycznych jest zwiększenie przez nie efektywności energetycznej urządzeń grzewczych, a ich dodatkową zaletą jest skuteczne izolowanie przewodu spalinowego, co praktycznie eliminuje ryzyko przedostawania się spalin do pomieszczeń mieszkalnych. W takich przypadkach ilość urządzeń grzewczych, podłączonych do jednego przewodu spalinowego, zależy od mocy cieplnej urządzeń kondensacyjnych oraz od wysokości i przekroju poprzecznego przewodu spalinowego. Rozwiązanie to może być stosowane w budownictwie mieszkaniowym do dziesięciu kondygnacji, zgodnie z zaleceniami producenta kominów i stosownymi obliczeniami oporów przepływów w systemie kominowym wykonanym przez projektanta budynku.



Rys. 6. Schemat możliwości podłączenia zbiorczych przewodów kominowych typu SPS w budownictwie mieszkaniowym; a) układ koncentryczny; b) układ równoległy  
 Fig. 6. Scheme of the possibility of connecting collective SPS chimney ducts in residential construction; a) concentric arrangement; b) parallel arrangement

Oprócz tradycyjnego odprowadzania spalin przez komin, może się ono również odbywać bezpośrednio przez ścianę budynku, z tym że w Polsce przepisy ograniczają maksymalną moc urządzeń do 21 kW dla domów jednorodzinnych wolnostojących oraz do 5 kW dla pozostałych budynków. Istotnym problemem jest dostosowanie układów powietrzno-spalinowych dla potrzeb powszechnego budownictwa wielokondygnacyjnego. Instalacja takich systemów jest prostsza w przypadku nowo wznoszonych budynków, natomiast trudniejsza w istniejących budynkach (wymiana urządzeń i związana z tym adaptacja istniejącego systemu spalinowego). Kluczową sprawą w przypadku adaptacji budynków wielokondygnacyjnych, w celu instalacji w nich nowoczesnych systemów powietrzno-spalinowych stosowanych dla urządzeń z zamkniętą komorą spalania, jest optymalne wykorzystanie istniejących w budynku instalacji wentylacyjnej i spalinowej. Istnieje szereg sposobów takiej adaptacji i możliwe jest wykorzystywanie tego typu rozwiązania na większą niż dotychczas skalę.

Najbardziej zalecanym materiałem na systemy powietrzno-spalinowe są kominy metalowe, wykonane ze stali austenicznej gatunku 1.4404 oraz 1.4301. Jest to stal stopowa o zawartości chromu, niklu i molibdenu. Stale austeniczne, dzięki dodatkom stopowym, charakteryzują się wysoką wytrzymałością mechaniczną i dużą odpornością na korozję, szczególnie na korozję powodowaną kwaśnym kondensatem, znajdującym się w produktach spalania. Zaletą kominów stalowych jest szybkie nagrzewanie i w związku z tym praca komina we właściwej temperaturze jest zbliżona do temperatury spalin. Ponadto kominy metalowe zapewniają dobrą wymianę ciepła i dzięki temu uzyskuje się dużą efektywność energetyczną przewodu spalinowego, przy równoczesnym zabezpieczeniu powierzchni komina przed destruktywnym działaniem kondensatu na elementy budynku. Bardzo istotną zaletą kominów metalowych są ich niskie opory przepływów, dzięki czemu stosowane w urządzeniach kondensacyjnych wentylatory nie wymagają dużej mocy pomimo, że nadciśnienie w takich systemach dochodzi do 200 Pa. Wykazują one również dużą odporność na działanie promieniowania UV, które występuje w płomieniu palników gazowych. Na rys. 7 przedstawiono elementy składowe metalowego systemu powietrzno-spalinowego typu SPS w wykonaniu koncentrycznym.



Rys. 7. Elementy składowe metalowego systemu powietrzno-spalinowego typu SPS w wykonaniu koncentrycznym. Źródło: „Komin-Flex” Sp. z o.o.

Fig. 7. Components of the SPS metal air-flue gas system in concentric execution



Rys. 8. Przykład ceramicznego komina powietrzno-spalinowego typu SPS. Źródło: Schiedel Sp. z o.o.

Fig. 8. An example of a ceramic air-flue chimney of the SPS type

Systemy Powietrzno-Spalinowe są także powszechnie stosowane jako kominy ceramiczne. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego komina ceramicznego pokazano na rys. 8.

Rozwiązania konstrukcyjne ceramicznych kominów typu SPS charakteryzują się dużą odpornością na działanie wilgoci i są przystosowane do kotłów kondensacyjnych, a także do kotłów niskotemperaturowych. Takie kominy mogą pracować zarówno w nadciśnieniu, jak i w podciśnieniu. Istotną zaletą takich kominów jest możliwość pracy urządzeń grzewczych, bez konieczności wykorzystania powietrza z pomieszczenia, w którym są zamontowane. Ponadto charakteryzują się wysoką sprawnością, a dzięki temu, że mają mały ciężar i niewielkie gabaryty są łatwe w montażu. Dla poprawy wymiany ciepła pomiędzy spalinami a zasysanym powietrzem przewód spalinowy wykonany jest z cienkościennej, unikalnie profilowanej rury ceramicznej, co znacznie podwyższa sprawność urządzeń kondensacyjnych.

W tab. 1 zamieszczono wartości współczynników oporów przepływów  $\lambda$  dla różnych materiałów konstrukcyjnych kominów.

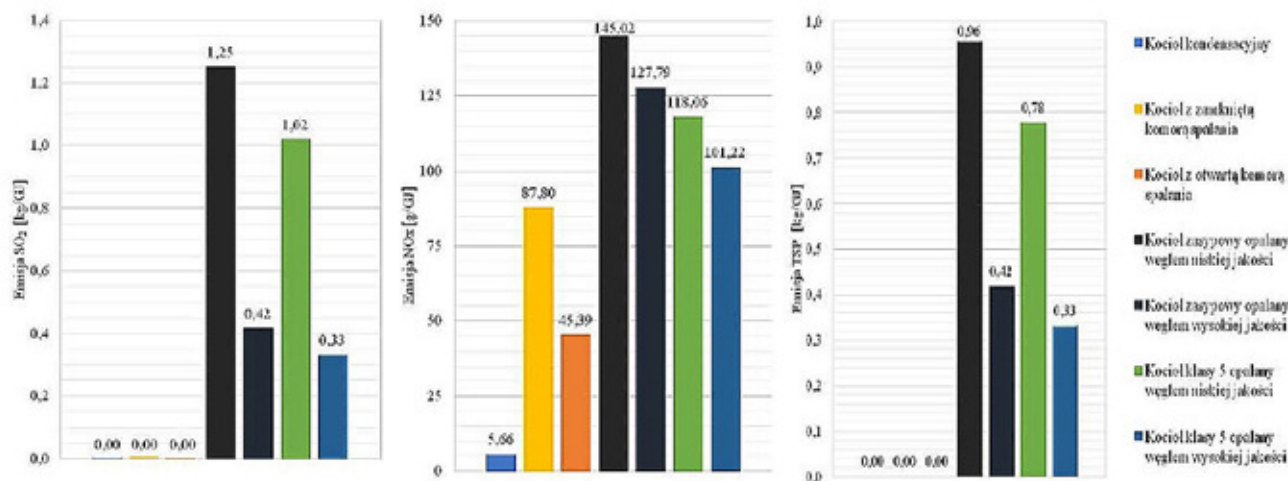
Tabela 1. Wartości współczynników przenikania ciepła  $\lambda$  dla różnych materiałów konstrukcyjnych kominów

Table 1. Values of heat transfer coefficients  $\lambda$  for various construction materials of chimneys

Lp.	Materiał konstrukcyjne kominów	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Wartość współczynnika $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
1.	Cegła o pełnej strukturze	1200	0,63
2.	Rury i kształtki ceramiczne	2000	1,0
3.	Beton lekki o otwartej strukturze	1600	0,97
4.	Polipropylen	900	0,32
5.	Stal nierdzewna	7860	17

#### 4. Wpływ systemów kominowych urządzeń kondensacyjnych na środowisko

Kotły kondensacyjne, jak każde gazowe urządzenie grzewcze, emitują do atmosfery pewien rodzaj zanieczyszczeń. Jest on jednak nieporównywalnie mniejszy od zanieczyszczeń powietrza, na skutek eksploatacji innych urządzeń grzewczych, np. na paliwa stałe i gazowe. Spaliny z kotłów kondensacyjnych nie zawierają cząstek stałych, a emisja pozostałych zanieczyszczeń jest na bardzo niskim poziomie, co potwierdziły badania i analizy przeprowadzone na Wydziale Energetyki i Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Wyniki dla wybranych zanieczyszczeń mających największy wpływ na środowisko przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Porównanie emisji wybranych zanieczyszczeń dla kotłów gazowych i węglowych

Fig. 9. Comparison of emissions of selected pollutants for gas and coal boilers

Oprócz istotnych zalet wysokiej efektywności energetycznej urządzeń kondensacyjnych, warto podkreślić, że przy ich eksploatacji zmniejsza się ilość zanieczyszczeń do środowiska, a ze względu na niską temperaturę spalin, poniżej 50 °C, zmniejsza się też ich wpływ na powstawanie efektu cieplarnianego. Równocześnie rośnie sprawność cieplna urządzenia kondensacyjnego, a co za tym idzie efektywność energetyczna.

Problem wpływu na środowisko w kotłach kondensacyjnych powstaje w momencie odprowadzania kondensatu, przy czym powszechnym zjawiskiem w Polsce jest to, że najczęściej kondensaty te odprowadzane są do kanalizacji. Jak wykazały badania, mogą one zawierać wiele związków chemicznych, które niekorzystnie oddziałują na środowisko. W tab. 2 przedstawiono wybrane parametry kondensatów powstających przy eksploatacji kotłów kondensacyjnych.

Tabela 2. Charakterystyka kondensatów z kotłów kondensacyjnych  
Table 2. Characteristics of condensates from condensing boilers

Lp.	Oznaczany parametr	Jednostka	Średnie wyniki pomiarów
1.	pH	-	3,5
2.	Kwasowość ogólna	mmol/ dm <sup>3</sup>	2,7
3.	Kwasowość mineralna	mmol/ dm <sup>3</sup>	1,2
4.	Zawartość chlorków	mg Cl - /dm <sup>3</sup>	6,7
5.	Zawartość siarczanów	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /dm <sup>3</sup>	32
6.	Zawartość azotanów	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /dm <sup>3</sup>	15,7
7.	Zawartość azotu amonowego	mg N <sub>NH3</sub> /dm <sup>3</sup>	3,1
8.	Zawartość żelaza ogólnego	mg Fe/dm <sup>3</sup>	2,3

Wyniki badań przedstawione w tab. 2 wskazują, że kondensaty to roztwory silnie kwaśne i zawierają one wiele związków chemicznych, mogących mieć niekorzystne oddziaływanie na środowisko, jeżeli nie będą odpowiednio utylizowane, np. w oczyszczalniach ścieków lub w utylizatorach domowych. W praktyce kondensaty z kotłów kondensacyjnych odprowadzane są do instalacji kanalizacyjnych, w których ścieki komunalne mają odczyn zasadowy co umożliwia ich neutralizację, a tym samym ograniczenie niekorzystnego wpływu kondensatów na środowisko.

## Podsumowanie

Kotły kondensacyjne klasy C, jako nowoczesne urządzenia grzewcze o wysokich parametrach energetycznych, zalecane są przez Unię Europejską, które zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) NR 813/2013 z dnia 2 sierpnia 2013 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE, w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla ogrzewaczy pomieszczeń i ogrzewaczy wielofunkcyjnych, zostały wskazane i zalecone do stosowania od roku 2015 we wszystkich krajach członkowskich jako jedyne urządzenia grzewcze. Natomiast równocześnie wprowadzono zakaz produkcji kotłów gazowych z otwartą komorą spalania klasy B.

Działania legislacyjne UE są również poparte krajowymi badaniami efektywności energetycznej kotłów kondensacyjnych, a także badaniami wpływu eksploatacji kotłów kondensacyjnych na środowisko naturalne. Należy podkreślić, że tego typu urządzenia, aby były bezpieczne dla użytkowników i środowiska muszą być eksploatowane w połączeniu z nowoczesnymi i środowiskowymi kominowymi powietrzno-spalinowymi systemami typu SPS. Jak zaznaczono w artykule, istnieje szereg rozwiązań konstrukcyjnych systemów kominowych powietrzno-spalinowych.

Podsumowując należy szeroko rozpropagować możliwość stosowania kotłów kondensacyjnych w krajowym budownictwie mieszkaniowym. Równocześnie należy podjąć działania legislacyjne dotyczące zagadnień utylizacji kondensatów wodnych powstających podczas eksploatacji tego typu urządzeń. ■

## LITERATURA

- [1] Czerski Grzegorz, Zbigniew A. Tałach.2017. „Metalowe koncentryczne systemy powietrzno-spalinowe dla gazowych urządzeń grzewczych”, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, styczeń.
- [2] Materiały techniczne firmy Komin-Flex Sp. z o.o. (<http://kominflex.com.pl/>)
- [3] Materiały techniczne firmy Schiedel Sp. z o.o. (<https://www.schiedel.com/pl/>)
- [4] Rozwadowski Andrzej, Teresa Rozwadowska, Zbigniew Tałach.2014 „Kondensaty wodne z gazowych kotłów kondensacyjnych małej mocy”, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* luty.
- [5] Rozporządzeniu Komisji (UE) NR 813/2013 z dnia 2 sierpnia 2013 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla ogrzewaczy pomieszczeń i ogrzewaczy wielofunkcyjnych.
- [6] Strugała Andrzej, Grzegorz Czerski, Zbigniew A. Tałach “The concentric chimney and air supply ducts – directions of chimney systems development in housing perspective”, Scientific editor Rudolf Kania, Opole-Vienna 2011.
- [7] Tałach Zbigniew A.2015. „Europejska klasyfikacja systemów kominowych”, czasopismo Warunki Techniczne.pl, Budynki w praktyce i przepisach, nr 1 [7]