

Tadeusz Dziedzic  
*Instytut Nafty i Gazu, Kraków*

## Koszty stosowania gazowych kotłów grzewczych kondensacyjnych, w stosunku do kotłów gazowych niskotemperaturowych i kotłów opalanych paliwami stałymi

### Wstęp

W ostatnich latach w Polsce można zauważyć tendencję do odchodzenia od stosowania w wodnych układach grzewczych centralnego ogrzewania obiektów mieszkalnych kotłów zasilanych gazem ziemnym i zastępowanie ich kotłami zasilanymi paliwami stałymi, takimi jak: miał węglowy, ekogroszek, węgiel, koks oraz drewno. Zjawisko to spowodowane jest przede wszystkim coraz wyższymi cenami gazu, w stosunku do cen węgla.

Często główną przyczyną wysokich rachunków, a także braku komfortu cieplnego są przestarzałe systemy grzewcze. Ich działanie oparte jest na technice i materiałach, których efektywność nie przynosi oczekiwanych korzyści grzewczych i finansowych, a przede wszystkim, które nadmiernie zużywają kopalne nośniki energii. W tym wypadku inwestycja w modernizację kotłowni i zastosowanie najnowszych urządzeń grzewczych wydaje się jedynym rozsądnym rozwiązaniem.

W tradycyjnych kotłach (tzw. niskotemperaturowych) znaczna część wytworzonego ciepła tracona jest bezpowrotnie, w postaci gorących spalin wydalanych do atmosfery. Spaliny mają bardzo wysoką temperaturę (minimum 100°C do 200°C). Zastosowanie kotłów kondensacyjnych pozwala odzyskać znaczną część energii cieplnej ze spalin. Ta dodatkowa ilość ciepła jest pozyskiwana dzięki wykropleniu pary wodnej ze spalin. Uwzględniając ten efekt oraz nowoczesne rozwiązania techniczne, kocioł kondensacyjny może być oszczędniejszy od tradycyjnego o ok. 15–20%, zaś jego sprawność, w odniesieniu do wartości opałowej,

dochodzi w praktyce do 108%. Wydaje się to niemożliwe. Jeszcze kilka lat temu, ustalając normy obliczania sprawności kotłów grzewczych nie przewidywano, że będzie możliwe skraplanie pary wodnej ze spalin bez uszczerbku dla konstrukcji kotła. Dlatego też jako odniesienie 100% przyjęto ciepło zawarte w spalinach suchych. Konstrukcja produkowanych kotłów kondensacyjnych jest odporna na działanie kwaśnego kondensatu.

Wobec rosnących cen paliw, czy braku wystarczającej ilości surowców energetycznych, powinniśmy się bliżej przyjrzeć urządzeniom grzewczym w naszych kotłowniach. Czy nie jest tak, że sztucznie przedłużamy ich żywot – kosztem wysokich rachunków, małej efektywności cieplnej i wysokiej emisji CO<sub>2</sub>? Kotły kondensacyjne w maksymalny sposób wykorzystują gaz, niejako wyciskając dodatkowe 8% ciepła z produktów ubocznych procesu spalania – z uwalnianych spalin. Modernizacja kotłowni i zastosowanie kotłów kondensacyjnych stanowi alternatywne rozwiązanie dla przestarzałych kotłów gazowych. Atrakcyjność zakupu kotła kondensacyjnego jest coraz wyższa. Pozwala to uzyskać komfort ciepła przy wykorzystaniu mniejszej ilości gazu, a tym samym zaoszczędzić pieniądze.

Oprócz widocznych zalet ekonomicznych, stosowanie kotłów kondensacyjnych przyczynia się nie tylko do zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>, ale także do obniżenia temperatury emitowanych spalin, przez co redukuje ich negatywny wpływ na środowisko naturalne.

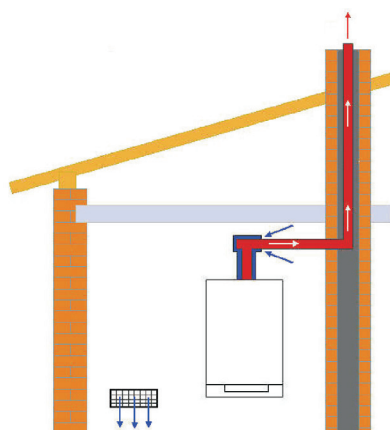
Przegląd aktualnie najczęściej stosowanych kotłów grzewczych na paliwa gazowe i stałe (węgiel, koks drewno) w Polsce

**Kotły grzewcze gazowe**

Kotły gazowe to cała rodzina urządzeń grzewczych, które mają jedną, wspólną cechę – rodzaj paliwa, jakim są zasilane, i co najmniej kilka takich, które je dzielą na:

- stojące i wiszące – ze względu na usytuowanie,
- jedno- i dwufunkcyjne – pod względem funkcjonalnym,
- kotły z otwartą i z zamkniętą komorą spalania – ze względu na budowę komory spalania i związany z tym sposób pobierania powietrza do spalania oraz sposób odprowadzania spalin,
- tradycyjne i kondensacyjne – ze względu na sposób działania.

**Systemy odprowadzenia spalin i doprowadzenia powietrza spalania do kotła [4]**

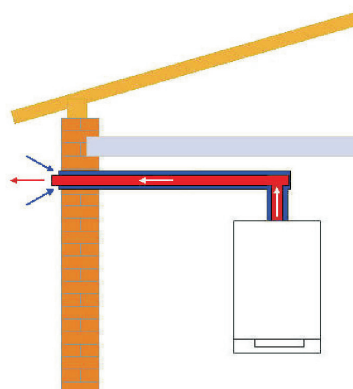


Rys. 1. Schemat podłączenia kotła gazowego z otwartą komorą spalania

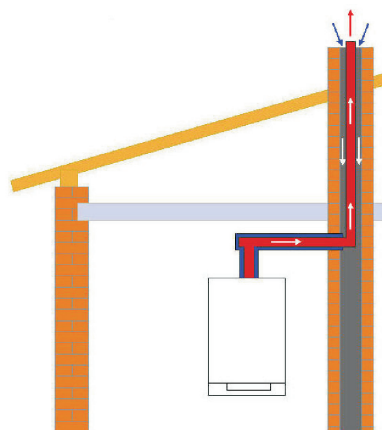
W przewodzie kominowym znajduje się tylko rura odprowadzająca spaliny z kotła. Powietrze do spalania pobierane jest przez kocioł z pomieszczenia, w którym się znajduje. W dolnej, lewej części rysunku widać kratkę kanału instalacji nawiewnej powietrza spalania, doprowadzanego z zewnątrz. Takich rozwiązań jest dotychczas w Polsce najwięcej.

Odprowadzenie spalin i doprowadzenie powietrza do kotła odbywa się systemem tzw. rura w rurze, przez ścianę zewnętrzną budynku. Środkową rurą odprowadzane są spaliny, natomiast przestrzeń pomiędzy rurą zewnętrzną a środkową doprowadzane jest powietrze do spalania.

Takie rozwiązanie jest najbezpieczniejsze i najtańsze pod względem inwestycyjnym, ale ma ograniczone zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym (*Prawo Budowlane*) – do mocy cieplnej 21 kW.



Rys. 2. Schemat podłączenia kotła gazowego z zamkniętą komorą spalania



Rys. 3. Schemat podłączenia kotła gazowego z zamkniętą komorą spalania

W przewodzie kominowym znajduje się tylko rura odprowadzająca spaliny z kotła. Przestrzeń między rurą spalinową a kominem pobierane jest powietrze spalania – z zewnątrz budynku do kotła. Takie rozwiązanie poprawia sprawność cieplną kotła, gdyż doprowadzane powietrze jest na dość długiej drodze podgrzewane od rury spalinowej.

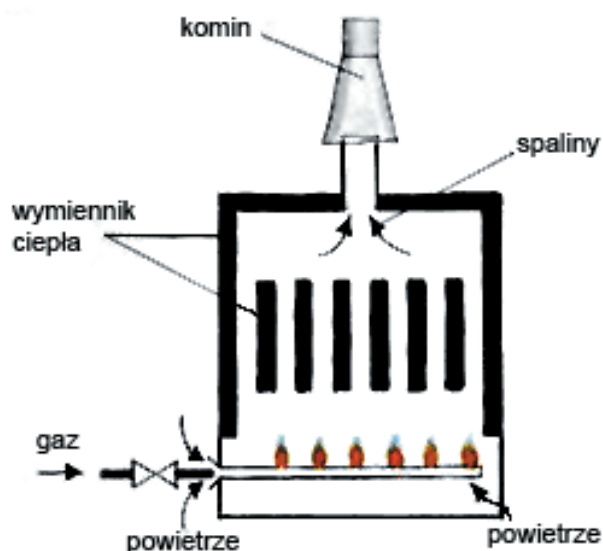
**Kotły grzewcze gazowe niskotemperaturowe z otwartą komorą spalania – jednofunkcyjne<sup>1</sup>**

Kotły grzewcze gazowe wodne, niskotemperaturowe, z otwartą komorą spalania są to kotły, w których najwyższa temperatura wody nie przekracza 100°C.

<sup>1</sup>Praktycznie wszystkie obecne na rynku jednofunkcyjne kotły grzewcze gazowe, niskotemperaturowe, z otwartą komorą spalania mogą współpracować z wymiennikami dla c.w.u. pełniąc drugą funkcję, tj. produkowanie ciepłej wody.

W kotłach z otwartą komorą spalania powietrze potrzebne do procesu spalania pobierane jest z pomieszczenia, w którym znajduje się kocioł, a spaliny wyprowadzane są kominem na zewnątrz (rysunek 1). Są to najpopularniejsze kotły gazowe mające zastosowanie w Polsce. Przed pokazaniem się na krajowym rynku pierwszych kotłów z zamkniętą komorą spalania oraz kotłów kondensacyjnych, pod koniec lat 80. ub. wieku tylko takie kotły były stosowane. Sprawność tradycyjnych kotłów gazowych niskotemperaturowych z otwartą komorą spalania jest na poziomie od 85–92%. Zgodnie z normami obowiązującymi w latach 80. i 90. ub. wieku (PN-87/M-35350 i PN-93/M-35350), temperatura spalin mierzona bezpośrednio za wymiennikiem ciepła, przed przerywaczem ciągu, nie mogła być mniejsza niż 150°C.

Ceny kotłów gazowych jednofunkcyjnych z otwartą komorą spalania kształtują się na poziomie 2942 zł brutto.



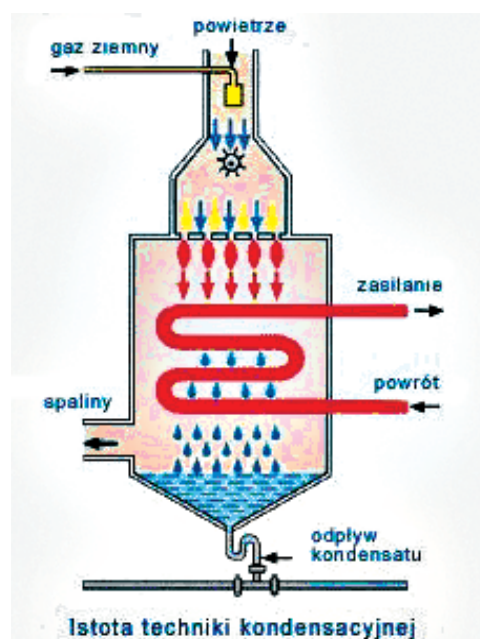
Rys. 4. Schemat zasady działania gazowego kotła niskotemperaturowego, jednofunkcyjnego, z otwartą komorą spalania

#### Kotły grzewcze gazowe kondensacyjne – jednofunkcyjne

Kotły kondensacyjne stanowią obecnie najwyższy standard techniczny w technice grzewczej, wyróżniając się nieosiągalnymi wcześniej sprawnościami pracy.

Ceny kotłów kondensacyjnych jednofunkcyjnych kształtują się na poziomie 5369 zł brutto.

Kotły kondensacyjne to niemal wyłącznie kotły gazowe. Wynika to z dwóch powodów. Po pierwsze, przy spalaniu gazu ziemnego ilość pary wodnej jest około 2-krotnie większa niż przy spalaniu oleju opałowego, a więc większe są możliwości uzyskania wysokiej sprawności pracy



Rys. 5. Schemat ideowy zasady działania gazowego kotła kondensacyjnego [3]

gazowego kotła kondensacyjnego. Po drugie, w parze wodnej powstającej przy spalaniu oleju opałowego zawarte mogą być związki siarki, co wymusza stosowanie bardziej odpornej i przez to droższej stali nierdzewnej.

Rosnące koszty energii cieplnej i świadomość potrzeby ochrony środowiska naturalnego owocuje wciąż nowymi rozwiązaniami technicznymi. Wyrazem tego jest nowa generacja kotłów gazowych, nazywanych kondensacyjnymi. Jak już wspomniano wcześniej, technika kondensacyjna polega na pozyskiwaniu ciepła ze spalin, które w dotychczasowych, konwencjonalnych kotłach unoszone są do otoczenia wraz z innymi gazowymi produktami spalania zanieczyszczającymi atmosferę, będąc przyczyną „kwaśnych deszczy”. Skutki skraplania się takiej mieszanki spalin ze spalania węgla, koksu, czy gazu sieciowego lub z butli, co następuje już w pionie kominowym, to uszkodzenie jego wymurowania po 2–4 latach użytkowania, prowadzące nawet do rozsypania komina. Dla optymalnego wykorzystania energii cieplnej uzyskiwanej ze spalania, temperatura spalin trafiających do atmosfery powinna być jak najniższa, co świadczy o tym, że ciepło nie jest tracone bezproduktywnie. Procesowi temu towarzyszy wydzielenie pewnej ilości tzw. ciepła utajonego skraplania, które oddawane jest wodzie, przepływającej przez odpowiedni wymiennik ciepła. Trzeba dodać, że ilość pary wodnej w spalinach jest niemała, wynosi bowiem ok. 1,5 l wody uzyskiwanej z 1 m<sup>3</sup> spalonego gazu ziemnego. Spaliny za wymiennikiem ciepła mają temperaturę wynoszącą jeszcze nieco powyżej 40°C, nie są zatem w pełni wyko-

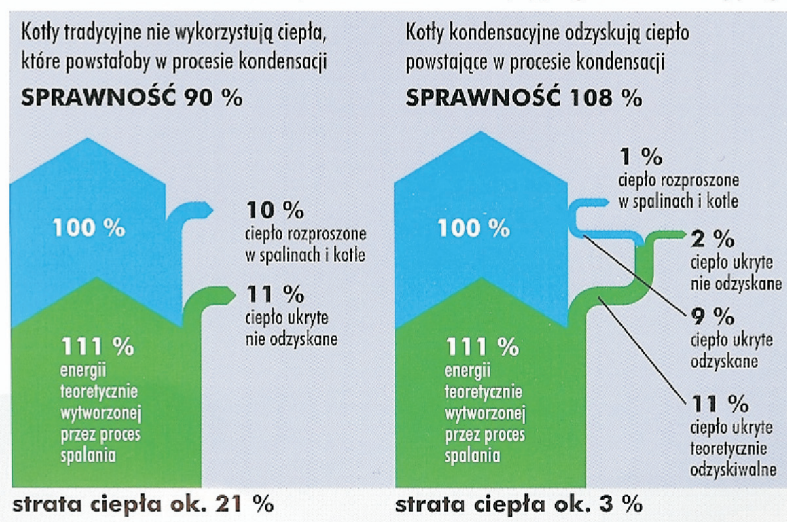
rzystane termicznie i mogą oddać pewną ilość ciepła do podgrzewania powietrza do spalania, doprowadzanego do palników kotła. Zapewnia to przewód kominowy, w tym przypadku o specjalnej budowie, pełniący też rolę wymiennika ciepła. Tworzą go dwie współosiowe rury: przez wewnętrzną, połączoną z komorą spalania, do atmosfery uchodzą spaliny o temperaturze na wylocie wynoszącej ok. 30°C, natomiast zewnętrzną, zasysane jest w przeciwnym kierunku powietrze, pobierane do komory spalania. W takim układzie kocioł ma szczelną budowę, nie pobiera zatem ciepłego powietrza z ogrzewanych pomieszczeń. Takie rozwiązanie może podnosić sprawność energetyczną całego układu o ok. 3–5%. Sprawność energetyczna kotła może teoretycznie osiągnąć 111%, jednak w rzeczywistości nie da się całkowicie uniknąć różnych strat, występujących

spalin odbierane jest dużo więcej energii niż w kotle standardowym. Jeśli przyjmiemy różnicę temperatury zasilania i powrotu równą 15°C, to kocioł pracuje jako kondensacyjny do temperatury zasilania około 73°C – wówczas temperatura powrotu wynosi około 58°C. W chwili, gdy temperatura na zasilaniu przekroczy tę wartość, kocioł przestaje kondensować. W nowoczesnych instalacjach grzewczych, podczas całego okresu pracy kotła czas pracy niekondensacyjnej jest stosunkowo krótki.

Sensownym poziomem odniesienia powinny być nowe, współczesne kotły niskotemperaturowe. Posiadają one sprawność energetyczną na poziomie nie mniejszym niż 92%, sprawdzoną doświadczalnie przez niezależne urzędy i laboratoria dopuszczające urządzenia grzewcze do obrotu handlowego (nie przez producenta). W porównaniu do

takich urządzeń, kocioł kondensacyjny najwyższej klasy będzie miał sprawność wyższą o 12–16%. Dolna wartość będzie odpowiadać pracy kotła na podgrzewanie wody użytkowej do temperatury 60°C, zaś górna – gdy kocioł pracuje na centralne ogrzewanie przy parametrach 40/30/20°C (40°C – temperatura na zasilaniu, 30°C – temperatura na powrocie, 20°C – temperatura pomieszczenia). Aby te wskaźniki uzyskać, kocioł musi być wyposażony w odpowiednią regulację mocy, umożliwiającą redukcję mocy maksymalnej na c.o. (zwykle kotły są w ten rodzaj regulacji wyposażone), oraz w system oszczędnego podgrzewania wody użytkowej (tu nie wszystkie kotły mają tę możliwość). Jeśli porównalibyśmy kocioł kondensacyjny do starego, zużytego kotła wykonanego u kowala, to może się okazać, że oszczędność na paliwie wyniesie nawet 30% [2].

**Porównanie sprawności kotła tradycyjnego i kondensacyjnego**



Rys. 6. Porównanie sprawności tradycyjnego kotła niskotemperaturowego z kondensacyjnym

w praktyce. Tak więc sprawność kotłów kondensacyjnych, w odniesieniu do wartości opalowej paliwa, może wynosić, jak wspomniano powyżej, ok. 108% (rysunek 6).

Aby kocioł kondensacyjny pracował z największą sprawnością, temperatura wody powracającej z instalacji (temperatura powrotu) powinna być niższa od 58°C. Ogranicza to stosowanie kotłów kondensacyjnych tylko do instalacji niskotemperaturowych. Kotły kondensacyjne to takie kotły, w których proces kondensacji występuje nie przez cały czas pracy, ale tylko wtedy, gdy temperatura powrotu jest niższa od temperatury punktu rosy. W momencie gdy temperatura wody przekroczy tę wartość następuje przerwanie kondensacji pary wodnej. Nie oznacza to jednak, że kocioł pracuje nieprawidłowo – spaliny nadal przepływają przez ten sam wymiennik ciepła i nadal ze

**Kotły grzewcze na paliwa stałe – jednofunkcyjne**

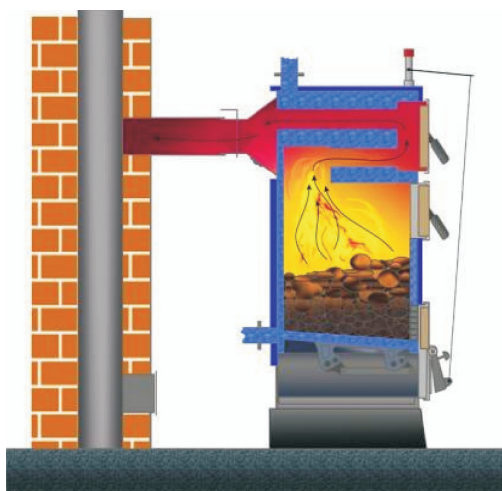
Kotły na paliwa stałe są aktualnie najtańszymi w użytkowaniu urządzeniami grzewczymi, choć ich eksploatacja jest dość uciążliwa. Producenci starają się, by były one bardziej przyjazne dla użytkownika i środowiska. Drewno i węgiel to najtańsze dostępne na naszym rynku nośniki energii – orientacyjny roczny koszt ogrzewania nimi domu jednorodzinnego o powierzchni 130 m<sup>2</sup> wynosi 1000÷2000 zł. W porównaniu z innymi paliwami, drewno i węgiel wypadają bardzo korzystnie. Wiele kotłów na paliwa stałe nadal wytwarza się w małych, przestarzałych zakładach rzemieślniczych, jednak liczba ta stale się zmniejsza – na rzecz profesjonalnie produkowanych,

nowoczesnych, wydajnych, łatwych w obsłudze i bezpiecznych w użytkowaniu urządzeń.

**Podział kotłów na paliwa stałe ze względu na zachodzący w nich proces spalania [1]:**

- kotły z górnym spalaniem,
- kotły z dolnym spalaniem.

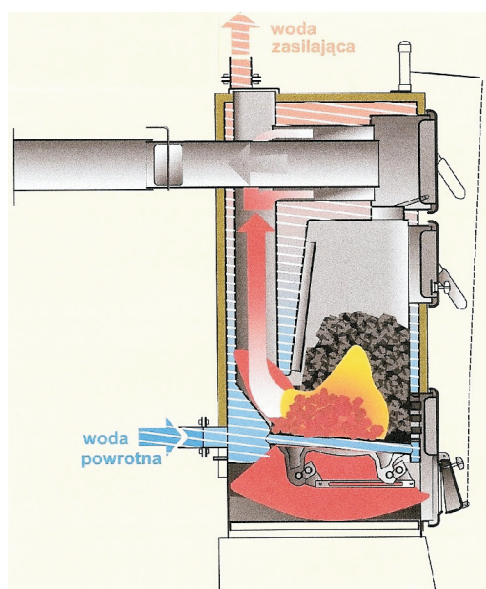
**Kotły z górnym spalaniem** – są najtańszymi i najpopularniejszymi urządzeniami na paliwa stałe. W czasie spalania powietrze jest doprowadzone do całej objętości paliwa. Wydłużenie tego procesu uzyskuje się przez ograniczenie ciągu kominowego za pomocą regulatora. W takich kotłach temperatura spalin jest wysoka, dzięki czemu nie ma problemu z ciągiem kominowym – zawsze jest on wystarczający. Nie ma też ryzyka powstawania skroplin, nie trzeba więc stosować wkładów kominowych ze stali kwasoodpornej. W spalinach opuszczających kocioł znajduje się jeszcze dużo nie spalonego węgla (jego drobne części palne wymywane są przez gorące spaliny, przepływające przez cały wsad), co bardzo obniża sprawność kotła. Z tego powodu kotły ze spalaniem górnym bardziej nadają się do spalania węgla niż drewna. Kotły z górnym spalaniem charakteryzują się również tym, że w trakcie palenia, po pewnym czasie paliwo załadowane do kotła rozpali się w całej swej objętości. Posiadają one większą bezwładność i mniejszą sprawność cieplną w porównaniu do kotłów z dolnym spalaniem, ale nie wymagają tak częstego czyszczenia.



Rys. 7. Schemat kotła z górnym spalaniem

**Kotły z dolnym spalaniem** – charakteryzują się tym, że podczas palenia cały opał nie rozpala się jednocześnie, tylko sukcesywnie spala się w dolnej części kotła (może być włożony pełny wsad paliwa w komorze zasypowej, bez straty na sprawności cieplnej). Spalanie odbywa się

w pobliżu tylnej ściany komory spalania lub w komorze spalania znajdującej się w tylnej części komory zasypowej. Następnie spaliny przepływają do drugiego ciągu spalinowego, gdzie są dopalane, czego konsekwencją jest wysoka sprawność kotłów. Kocioł posiada małą bezwładność cieplną i temperatura w kotle może być utrzymana dokładniej niż w kotłach z górnym spalaniem. System doprowadzenia powietrza wtórnego do komory spalania jest już bardziej rozwinięty niż w kotłach z górnym spalaniem. Kotły z dolnym spalaniem osiągają wyższą sprawność cieplną w porównaniu do kotłów z górnym spalaniem, lecz wymagają częstszego czyszczenia i utrzymywania temperatury wody powyżej 60°C. Kotły z dolnym spalaniem mają ruchomy lub stały ruszt – stalowy lub żeliwny (ruszt stały jest zazwyczaj tzw. rusztem wodnym).



Rys. 8. Schemat kotła z dolnym spalaniem

**Podział kotłów ze względu na rodzaj stosowanego paliwa [1]:**

- kotły węglowe,
- kotły miałowe,
- kotły na ekogroszek (retortowe),
- kotły tłokowo-miałowe,
- kotły zgazowujące drewno.

**Kotły węglowe** – są to kotły z dolnym lub górnym spalaniem, przeznaczone do spalania węgla kamiennego, lecz można w nich stosować paliwa zastępcze: drewno, odpady z drewna, lub 30% mialu w stosunku do załadowanego węgla (rysunki 7 i 8). Cena kotłów o mocy cieplnej 20 kW kształtuje się na poziomie 2857 zł (z górnym spalaniem) i 3021 zł brutto (z dolnym spalaniem).

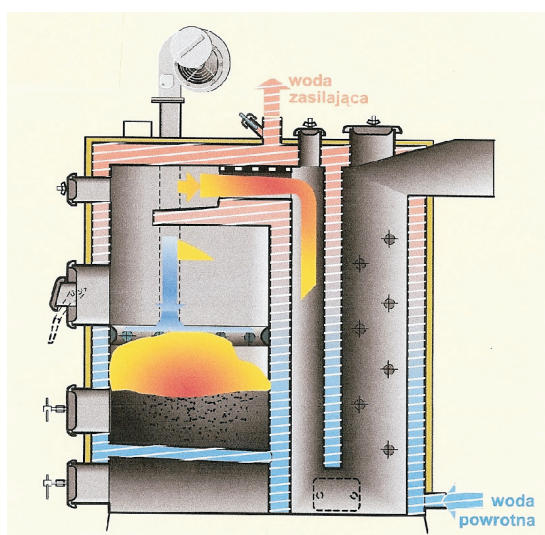
**Kotły miałowe** – są to kotły specjalnej konstrukcji z górnym spalaniem (rysunek 9), przeznaczone do spa-

lania mialu węglowego. Od zwykłych kotłów z górnym spalaniem różnią się one tym, że paliwo spala się od góry do dołu. Można na nich bardzo precyzyjnie utrzymywać nastawioną temperaturę. Charakteryzują się wysoką sprawnością cieplną i długą stałopalnością, a w trakcie palenia nie widać dymu lecącego z komina.

W najnowszych konstrukcjach tego typu kotłów proces spalania regulowany jest przez sterownik mikroprocesorowy. Do zalet takich kotłów można zaliczyć:

- sprawność cieplną 82–84%,
- niskie koszty eksploatacji,
- nowe rozwiązanie konstrukcyjne,
- stałopalność do ok. 24 h,
- podczas prawidłowego procesu spalania brak widocznego dymu,
- tanie paliwo – jakim jest mial węglowy.

Cena kotła o mocy cieplnej 20 kW kształtuje się na poziomie 4500 zł brutto.

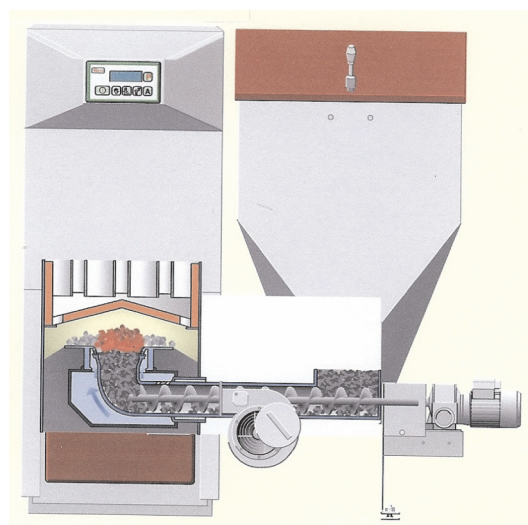


Rys. 9. Schemat kotła mialowego [4]

**Kotły na ekogroszek** – są to tzw. kotły retortowe z podajnikiem ślimakowym (rysunek 10), przeznaczone do spalania ekogroszku. Charakteryzują się dużą sprawnością cieplną (ok. 84%) i dokładnym utrzymaniem na żądanym poziomie nastawionej temperatury. Duża pojemność zasobnika zapewnia długą stałopalność kotła, co przyczynia się do rzadkiego załadunku paliwa i ograniczenia obsługi do minimum. Proces spalania regulowany jest przez sterownik mikroprocesorowy. Ponadto kotły te charakteryzuje:

- płynna regulacja wydajności energetycznej w przedziale 30–100% mocy,
- praktycznie bezdymne spalanie – emisja pyłów kilkakrotnie niższa od dopuszczalnej,
- samooczyszczające się palenisko,

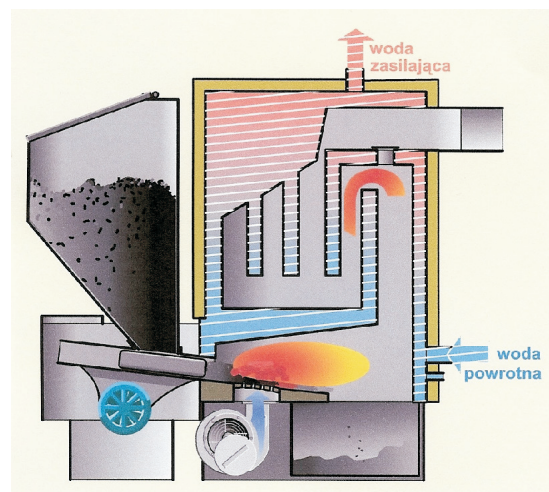
- sterowane automatycznie podawanie węgla do paleniska,
- w przypadku kotłów małej mocy – uzupełnianie paliwa średnio raz na 3 do 7 dni.



Rys. 10. Schemat kotła retortowego na ekogroszek [1]

Wadą tych kotłów są ich duże wymiary gabarytowe oraz stosunkowo wysoka cena, która dla kotła o mocy 19 kW kształtuje się na poziomie 8000 zł brutto.

**Kotły tłokowo-mialowe** (rysunek 11) – są to kotły specjalnej konstrukcji przeznaczone do spalania mialu węglowego. Podobnie jak kotły retortowe, charakteryzują się dużą sprawnością cieplną (ok. 82%) i dokładnym utrzymaniem na żądanym poziomie nastawionej temperatury. Proces spalania regulowany jest przez sterownik mikroprocesorowy. Duża pojemność zasobnika zapewnia długą stałopalność kotła, co przyczynia się do rzadkiego załadunku paliwa i ograniczenia obsługi do minimum – uzupełnianie paliwa średnio raz na dobę. Ponadto do zalet takiego kotła można zaliczyć:

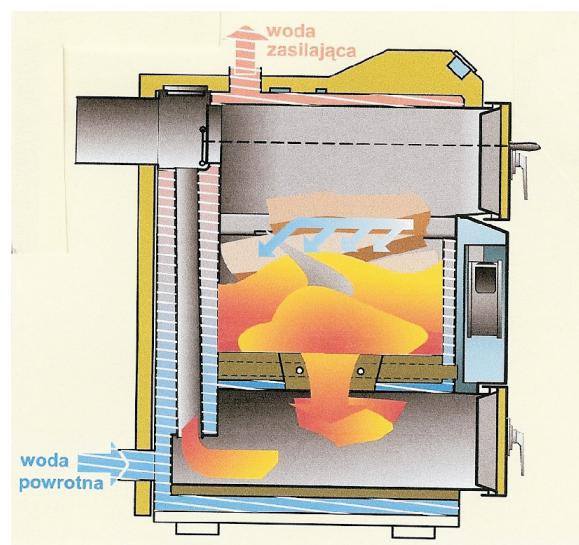


Rys. 11. Schemat kotła tłokowo-mialowego [1]

- niską emisję substancji szkodliwych do atmosfery,
- samoczynne czyszczenie paleniska z popiołu i szlaku,
- jako paliwo można stosować miął węglowy, a także groszek II (GK II).

Podstawową wadą tego typu kotła jest jego cena oraz duże wymiary gabarytowe. Cena kotła o mocy 22 kW kształtuje się na poziomie 8000 zł brutto.

**Kotły zgazowujące drewno** (rysunek 12) – są to kotły z górnym lub dolnym spalaniem. Posiadają komorę załadowniczą o dużych rozmiarach, co powoduje, że włożymy mniej pracy w przygotowanie opału na zimę – drewno załadowane np. do kotła 22 kW może mieć do 46 cm długości. Komora o dużych rozmiarach przyczynia się do zwiększenia stałopalności kotła, dzięki czemu polepsza się komfort jego użytkowania. Cena kotła o mocy cieplej 18 kW kształtuje się na poziomie 5900 zł brutto.



Rys. 12. Schemat kotła zgazującego drewno [1]

### Analiza techniczno-ekonomiczna zastosowania w tym samym obiekcie budowlanym naprzemian: gazowego kotła grzewczego c.o. niskotemperaturowego, kondensacyjnego i kotła opalanego węglem

#### **Aktualne ceny kotłów grzewczych: gazowych, niskotemperaturowych, jednofunkcyjnych z otwartą komorą spalania, kotłów jednofunkcyjnych kondensacyjnych i kotłów na węgiel**

Podane poniżej ceny są cenami średnimi brutto:

- kotły gazowe niskotemperaturowe jednofunkcyjne, z otwartą komorą spalania: 2942 zł,
- kotły gazowe kondensacyjne jednofunkcyjne: 5369 zł,
- kotły grzewcze na węgiel z górnym spalaniem: 2857 zł,
- kotły grzewcze na węgiel z dolnym spalaniem: 3021 zł.

#### **Koszty eksploatacji gazowego kotła niskotemperaturowego, jednofunkcyjnego, w budynku jednorodzinny (budynek docieplony styropianem w 1997 r.)<sup>2</sup>**

Dane:

- powierzchnia ogrzewalna: 170 m<sup>2</sup>,
- obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła: 18 kW,
- sezon grzewczy: 2002/2003,
- kocioł gazowy jednofunkcyjny, niskotemperaturowy z otwartą komorą spalania, stojący, płomieniówkowy, o mocy cieplej 29 kW,

- okres grzewczy: od 09.10.2002 r. do 15.04.2003 r.,
- ilość dni grzewczych: 188.

Wyniki badania:

- utrzymywana temperatura w pomieszczeniach mieszkalnych: w dzień 20°C, a w nocy 18°C,
- średnia temperatura wody w kotle: 55°C/40°C,
- najniższe temperatury w Krakowie:
  - -15/-17°C od 24.12.2002 r. do 27.12.2002 r.,
  - -10/-12°C od 01.02.2003 r. do 04.02.2003 r.,
  - -15/-19°C od 13.02.2003 r. do 13.02.2003 r.,
- zużycie gazu w ciągu 188 dni: 2550 m<sup>3</sup> (średnio 13,56 m<sup>3</sup>/dobę).

Analiza produktów spalania ww. kotła (woda: 55°C/40°C):

- temperatura spalin: 144,3°C,
  - O<sub>2</sub>: 7,1%,
  - CO<sub>2</sub>: 7,9%,
  - CO: 0 ppm,
  - NO<sub>x</sub>: 67 ppm,
  - λ: 1,51,
  - S<sub>k</sub>: 7%,
- temperatura otoczenia: 15,2°C.

Koszty ogrzewania w sezonie grzewczym 2002/2003: 2552 m<sup>3</sup> × 1,05224 zł/m<sup>3</sup> gazu = 2685,32 zł brutto.

Koszty ogrzewania w sezonie grzewczym 2009/2010 (cena brutto 1 m<sup>3</sup> gazu dla odbiorcy indywidualnego kształtuje się aktualnie na poziomie 2,0 zł): 2552 m<sup>3</sup> × 2,0 zł/m<sup>3</sup> gazu = 5104 zł brutto.

<sup>2</sup>Budynek przed dociepleniem miał obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła ok. 28 kW (po dociepleniu 18 kW) – dobrany kocioł gazowy jednofunkcyjny o mocy 29 kW.

**Koszty eksploatacji gazowego kotła kondensacyjnego, jednofunkcyjnego, w budynku jednorodzinnym (budynek docieplony styropianem w 1997 r.)**

Dane:

- powierzchnia ogrzewalna: 170 m<sup>2</sup>,
- obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła: 18 kW,
- sezon grzewczy 2005/2006,
- kocioł gazowy jednofunkcyjny, kondensacyjny, z modulacyjną pracą palnika, o mocy cieplnej 7–24 kW,
- okres grzewczy: od 17.10.2005 r. do 22.04.2006 r.,
- ilość dni grzewczych: 187.

Wyniki badania:

- utrzymywana temperatura w pomieszczeniach mieszkalnych: w dzień 20°C, a w nocy 18°C,
- średnia temperatura wody w kotle: 54°C/36°C,
- najniższe temperatury w Krakowie:
 

–5/–5°C	od 14.01.2006 r. do 18.01.2006 r.,
–6/–18°C	od 20.01.2006 r. do 21.01.2006 r.,
–16/–24°C	od 22.01.2006 r. do 23.01.2006 r.,
–20/–25°C	od 23.01.2006 r. do 24.01.2006 r.,
–21/–26°C	od 24.01.2006 r. do 25.01.2006 r.,
–14/–22°C	od 25.01.2006 r. do 26.01.2006 r.,
–10/–18°C	od 26.01.2006 r. do 27.01.2006 r.,
- zużycie gazu w ciągu 187 dni: 2038 m<sup>3</sup> (średnio 10,9 m<sup>3</sup>/dobę).

Analiza produktów spalania ww. kotła (woda: 46°C/32°C):

- temperatura spalin: 37,3°C,
 

O <sub>2</sub>	4,7%,
CO <sub>2</sub>	9,2%,
CO	0 ppm,
NO <sub>x</sub>	9 ppm,
λ	1,29,
S <sub>k</sub>	1%,
- temperatura otoczenia: 16,9°C.

Koszty ogrzewania w sezonie grzewczym 2005/2006: 2038 m<sup>3</sup> × 1,29 zł/m<sup>3</sup> gazu = 2629 zł brutto.

Koszty ogrzewania w sezonie grzewczym 2009/2010 (cena brutto 1 m<sup>3</sup> gazu dla odbiorcy indywidualnego kształtuje się aktualnie na poziomie 2,0 zł): 2038 m<sup>3</sup> × 2,0 zł/m<sup>3</sup> gazu = 4076 zł brutto.

**Koszty eksploatacji kotła węglowego, jednofunkcyjnego, z dolnym spalaniem, w budynku jednorodzinnym (budynek docieplony styropianem w 1997 r.)**

Dane:

- powierzchnia ogrzewalna: 170 m<sup>2</sup>,

- obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła: 18 kW,
- sezon grzewczy: 2008/2009,
- kocioł węglowy jednofunkcyjny, z dolnym spalaniem, o mocy cieplnej 20 kW,
- okres grzewczy: od 10.10.2008 r. do 15.04.2009 r.,
- ilość dni grzewczych: 187.

Wyniki badania:

- utrzymywana temperatura w pomieszczeniach mieszkalnych: całodobowo 20°C,
- średnia temperatura wody w kotle: ok. 60°C/40°C,
- najniższe temperatury w Krakowie: brak danych,
- zużycie węgla (Orzech I, Orzech II) w ciągu 187 dni: ok. 5000 kg (średnio 26,7 kg/dobę).

Koszty ogrzewania w sezonie grzewczym 2008/2009: 5,0 ton × 600 zł/tonę = 3000 zł brutto.

Aktualna w bieżącym sezonie grzewczym cena węgla (Orzech I, Orzech II) kształtuje się na poziomie 680 zł/tonę: 5,0 ton × 680 zł/tonę = 3400 zł brutto.

**Analiza kosztów eksploatacji w tym samym obiekcie budowlanych kotłów: gazowych niskotemperaturowych, kondensacyjnych i węglowych**

Analizę oparto na podanych wcześniej trzech przykładach, w których przedstawiono faktyczne koszty eksploatacji kotłów pracujących w tym samym budynku i na tej samej instalacji ciepłowniczej.

Do analizy wybrano dwa podobne sezony grzewcze, tj.: 2002/2003 i 2005/2006. Są to sezony zbliżone do siebie pod względem niskich temperatur, a szczególnie co do długości sezonu grzewczego.

Co do kotła na paliwo węglowe – nie było możliwości wybrania podobnego sezonu grzewczego, gdyż w tym konkretnym budynku poddany analizie kocioł pracuje dopiero drugi sezon grzewczy.

Analizując koszty eksploatacji w odniesieniu do aktualnych cen paliw, można stwierdzić, że najlepiej w tej konkurencji wypada kocioł na węgiel, dla którego roczny koszt paliwa wynosi 3400 zł brutto; na drugim miejscu jest kocioł gazowy kondensacyjny (4076 zł brutto), a następnie kocioł gazowy niskotemperaturowy (5104 zł brutto).

Kocioł węglowy w tym konkretnym przypadku jest tańszy w eksploatacji od kotła kondensacyjnego o 676 zł, a od niskotemperaturowego – o 1704 zł.

Roczna oszczędność kotła kondensacyjnego w odniesieniu do gazowego niskotemperaturowego wynosi 1028 zł.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na fakt, że cena 1 m<sup>3</sup> gazu ziemnego dla odbiorców indywidualnych wzrosła od roku 2003 do 2009 o 100%.



Porównując średnie ceny rynkowe kotłów – ceny kotłów gazowych niskotemperaturowych jednofunkcyjnych są na tym samym poziomie co kotłów węglowych z dolnym spalaniem. Kotły jednofunkcyjne kondensacyjne są droższe o ok. 2500 zł.

Przy oszczędności w kosztach eksploatacji ok. 1000 zł na kotle kondensacyjnym w odniesieniu do kotła niskotemperaturowego i różnicy w cenie zakupu droższego kotła kondensacyjnego wynoszącej ok. 2500 zł, zwrot kosztów jego zakupu może nastąpić po 2,5 roku.

### Obliczenia teoretyczne kosztów ogrzewania tego samego budynku mieszkalnego przy zastosowaniu różnych paliw

Założenia: koszt ogrzania budynku o powierzchni ogrzewalnej 170 m<sup>2</sup>, przy obliczeniowym zapotrzebowaniu ciepła wynoszącym 18 kW. Praca kotła o mocy cieplnej 18 kW w okresie 180 dni grzewczych, licząc średnio po

8 godz. pracy ciąglej dziennie, wynosi 1440 godzin, tj. 25 920 kWh.

Ceny poszczególnych paliw stałych podanych w tabeli 1 są cenami brutto i uzyskano je ze składów opałowymi w Krakowie – aktualne na dzień 03.11.2009 r.

Ceny 1 m<sup>3</sup> gazu ziemnego wyliczono z aktualnych rachunków za gaz dla odbiorcy indywidualnego (według taryfy W-3), tj. dla rocznej ilości pobieranego gazu od 1200 do 8000 m<sup>3</sup>. Wartość opałową gazu ziemnego E (35,55 MJ/m<sup>3</sup>) przyjęto zgodnie z p. 3.2. „Ogólne zasady rozliczania odbiorców” (Biuletyn branżowy URE z dnia 10 sierpnia 2009 r.). Cenę brutto 1 kWh energii elektrycznej dla odbiorców indywidualnych uzyskano z zakładów energetycznych ENION w Krakowie.

Z niniejszej publikacji wynika między innymi (tabela 1), że w Polsce najtańszymi aktualnie paliwami stosowanymi do ogrzewania indywidualnych budynków mieszkalnych są drewno i węgiel.

Tablica 1

Rodzaj urządzenia grzewczego	Sprawność urządzeń $\eta$ [%]	Opał	Cena jednostkowa opału [zł brutto]	Jednostka	Wartość opałowa kJ/kg lub MJ/m <sup>3</sup> [kW/kg]	Cena 1 kWh [zł]	Cena 1 kWh z uwzgl. $\eta$	Koszt ogrzania budynku 170 m <sup>2</sup>
Kocioł na drewno	75	Drewno bukowe	220	zł/mp*	15,800 4,389	0,0501	0,0668	1731,46
Kocioł na miał	75	Miał	400	zł/Mg	24,000 6,667	0,0600	0,0800	2073,60
Kocioł na węgiel	75	Węgiel, orzech	680	zł/Mg	24,000 6,667	0,1020	0,1360	3525,12
Kocioł na koks	75	Koks	780	zł/Mg	27,000 7,500	0,1040	0,1387	3595,10
Kocioł kondensacyjny	108	Gaz ziemny	2,00	zł/m <sup>3</sup>	35,550 9,875	0,2025	0,1875	4860,00
Kocioł gazowy niskotemperaturowy	92	Gaz ziemny	2,00	zł/m <sup>3</sup>	35,550 9,875	0,2025	0,2201	5705,00
Kocioł na olej	92	Olej opałowy	2,53	zł/dm <sup>3</sup>	42,600 11,833	0,2138	0,2324	6023,81
Kocioł na prąd	98	–	0,51	zł/kWh	–	0,5100	0,5200	13 478,40

\* metr przestrzenny

Artykuł nadesłano do Redakcji 29.03.2010 r. Przyjęto do druku 18.05.2010 r.

### Literatura

- [1] <http://luskar.com.pl> – Podział kotłów według paliw – prezentacja.
- [2] <http://www.budujemydom.pl>
- [3] <http://www.instalacjebudowlane.pl> – Kotły kondensacyjne – zasada działania pompy ciepła.
- [4] [http://www.kotly.pl/ABC\\_ogrzewania](http://www.kotly.pl/ABC_ogrzewania) – Czym różni się kocioł kondensacyjny od tradycyjnego.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński



Mgr inż. Tadeusz DZIEDZIC – pracownik INiG od 1970 r. Absolwent AGH. Kierownik Pracowni Techniki Ciepłej oraz Działu Aprobatach Technicznych. Uprawnienia: audytora energetycznego nr 86/2003, dozoru nr 93/04/159, eksploatacyjne nr 59/02. Wykładowca PZITS i rzeczoznawca SITPniG. Aktualnie wykładowca ODK SNTiIT PNiG.