

## Raport branżowy

[www.bosch-industrial.pl](http://www.bosch-industrial.pl)

Efektywność energetyczna BOSCH:

Regulacja wydajności  
kotłów parowych

Inż. Bernhard Morawietz, Członek Zarządu LOOS Centrum

Dipl.-Ing. Jochen Loos

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH) Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH

### Jakie znaczenie ma właściwy dobór ciśnienia i wydajności kotła?

#### Wprowadzenie

Parametrem regulującym wydajność kotła parowego zwykle jest ciśnienie wpływające na moc cieplną wytwarzaną przez palnik. Zwiększenie odbioru pary powoduje obniżenie jej ciśnienia. Regulacja mocy zwiększa wówczas dopływ energii cieplnej. W przypadku zmniejszenia odbioru pary mamy do czynienia z procesem odwrotnym. Przy równomiernym odbiorze mocy palniki bezstopniowe z właściwie ustawioną regulacją utrzymują ciśnienie na stałym poziomie w dopuszczalnych granicach. Szybkie zmiany mocy powodują, w zależności od typu kotła i palnika oraz rodzaju regulacji, większy lub mniejszy wzrost bądź spadek ciśnienia poza dopuszczalne granice. Zjawisko takie może wywołać niezdefiniowane stany robocze palników z regulacją stopniową. Aby więc eksploatacja zarówno kotła, jak i jego osprzętu była bezawaryjna, energooszczędna, przyjazna środowisku i ekonomiczna, należy prawidłowo obliczyć ciśnienie i wydajność kotła. W dalszej części raportu omówiono związane z tym zadania projektanta, kryteria doboru ciśnienia i wydajności kotła oraz skutki nieprawidłowych obliczeń.

#### Kotły parowe bez ekonomizerów pozwalają na oszczędność energii

Projektant instalacji kotłowej musi uzyskać od klienta informacje o kryteriach zużycia pary lub sam być specjalistą w dziedzinie odpowiednich zakresów zastosowania. W porozumieniu z producentem kotła powinien ustalić optymalne ciśnienie obliczeniowe i wydajność kotła, uwzględniając wielkość odbiorów i rodzaj regulacji palnika. Po ustaleniu wyżej wspomnianych kryteriów należy wstępnie zdecydować, czy ma to być szybka wytwornica pary czy kocioł o dużej pojemności wodnej. Jeżeli klient nie życzy sobie dokonania wstępnego wyboru typu kotła, wówczas od razu trzeba przewidzieć wyższe ciśnienie i jak najdokładniej określić potrzebną moc kotła, gdyż będzie to miało decydujące znaczenie w przypadku szybkiej wytwornicy pary. Nie stanowi to absolutnie żadnej przeszkody w przypadku kotła o dużej pojemności wodnej, pociąga jednak za sobą z reguły zwiększone nakłady inwestycyjne. Koszty te jednak, w wyniku o wiele bardziej ekonomicznego sposobu eksploatacji amortyzują się przeważnie już po 2-3 latach.

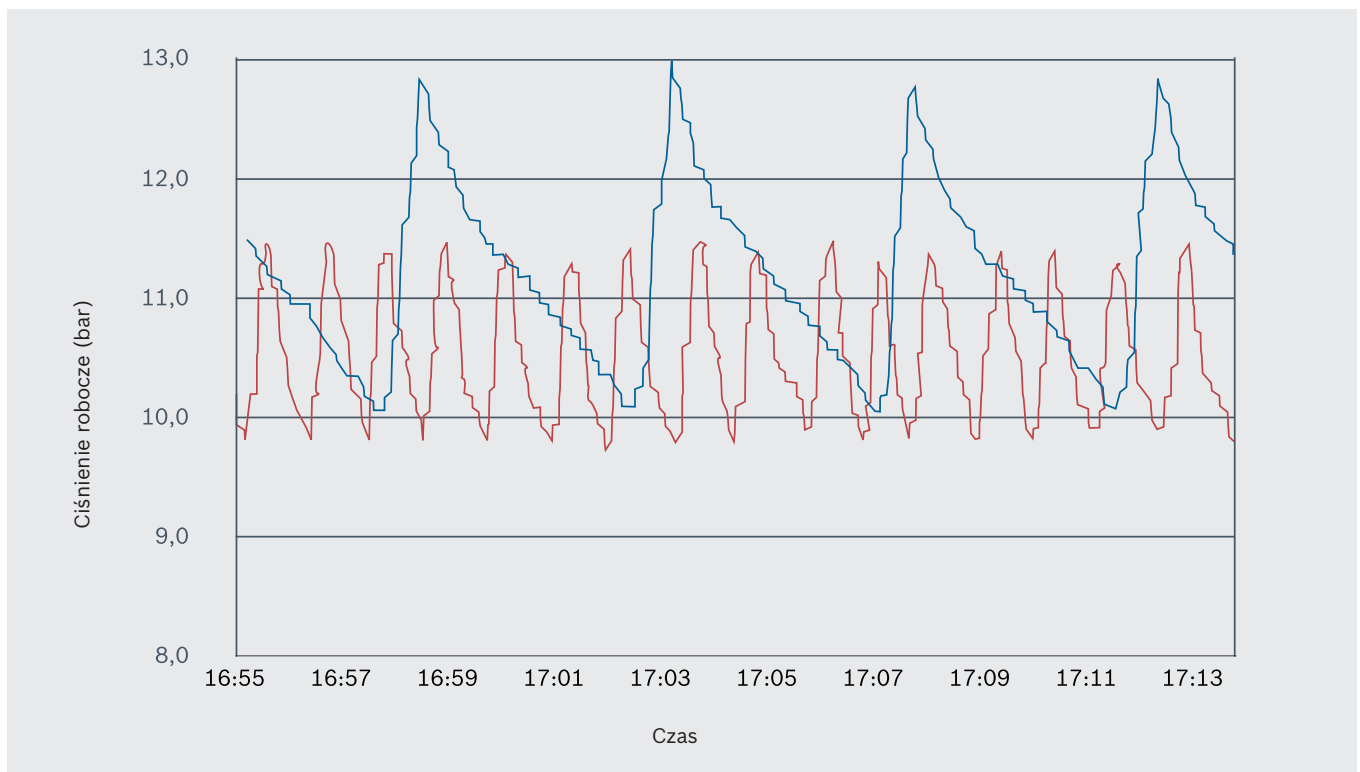
### Dobór ciśnienia obliczeniowego (Otwarcia zaworu bezpieczeństwa)

- Odbiorcy potrzebne jest tylko ciśnienie robocze mieszane z tolerancją w górę i w dół (średnie nadciśnienie robocze)
  - ▶ Kotły płomienicowo płomieniówkowe z palnikami dwustopniowymi: ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa powinno wynosić co najmniej 130% potrzebnego średniego nadciśnienia roboczego
  - ▶ Kotły płomienicowo płomieniówkowe z palnikami trójstopniowymi: ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa powinno wynosić co najmniej 128% potrzebnego średniego nadciśnienia roboczego
  - ▶ Kotły płomienicowo płomieniówkowe z palnikami z płynną regulacją: ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa powinno wynosić co najmniej 120% potrzebnego nadciśnienia roboczego
  - ▶ Szybkie wytwornice pary z palnikami dwustopniowymi: ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa powinno wynosić co najmniej 150% potrzebnego średniego nadciśnienia roboczego
- Na odbiorze wymagane jest ciśnienie minimalne: Aby utrzymać minimalne ciśnienie na odbiorze, dobierając kocioł należy uwzględnić wyraźnie wyższe ciśnienie. Średnie nadciśnienie robocze, a w następstwie ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa, musi na tyle przewyższać ciśnienie minimalne, aby w nagłych szczytach obciążenia nie nastąpił spadek poniżej wymaganego ciśnienia minimalnego. Każdy taki przypadek wymaga indywidualnego ustalenia ciśnienia.
- Inne wymagania: precyzyjna regulacja ciśnienia na odbiorach jest realizowana nie w kotle, ale na dodatkowym regulatorze ciśnienia o odpowiedniej dokładności regulacji (instalowanym najlepiej bezpośrednio przed odbiorem). Sam kocioł musi jednak doprowadzać do regulatora ciśnienia parę o odpowiednio wyższym ciśnieniu, przy uwzględnieniu

strat przesyłu między kotłem a odbiorem. Moc poszczególnych kotłów w instalacjach wielokotłowych ustala się na bazie dalszych kryteriów, opisanych w oddzielnym raporcie (Raport branżowy LOOS Kotły przemysłowe BOSCH „Rozsądny dobór“). Wpływ na ustalenie ciśnienia obliczeniowego i rozdziału mocy na poszczególne kotły ma tu regulacja włączania kaskadowego, zwłaszcza jeśli sterowana jest ciśnieniem\_kotłów.

### Skutki niewłaściwego obliczenia ciśnienia

- W przypadku, gdy ciśnienie obliczeniowe kotła jest za niskie:
- Nie można zapewnić utrzymania ciśnienia minimalnego, co prowadzi do spadku ciśnienia poniżej ciśnienia minimalnego i wystąpienia problemów na odbiorach
  - Nie jest osiągnięte średnie nadciśnienie robocze lub zachodzą zbyt duże odchylenia od średniego nadciśnienia roboczego.
  - W celu zminimalizowania odchylenia od zadanych parametrów trzeba podczas uruchomienia ustawić wąskie pasmo regulacji, co z kolei prowadzi do częstych włączeń i wyłączeń palnika. Skutkiem jest potencjalnie duże ryzyko wystąpienia zakłóceń w wyniku zbyt częstych włączeń i wyłączeń kotła i zapłonu. Nadmierne zużycie kotła i osprzętu palnika pociąga za sobą znaczne koszty i straty w eksploatacji. Wyjątkowo szybko zużywa się zwłaszcza osprzęt palnika zależnie od częstości jego włączeń i wyłączeń, jak np. transformator zapłonowy, elektrody zapłonowe, zawory elektromagnetyczne, siłowniki i ich wyłączniki krańcowe oraz automat palnikowy. Zużycie energii zwiększa się dodatkowo w wyniku strat przewietrzania. Z powodu ciągłych zmian obciążenia termicznego konieczne staną się ciągłe naprawy spawalnicze ciśnieniowej części kotła. Wszystkie te czynniki prowadzą do dramatycznego skrócenia okresu żywotności kotła. Ponadto taki sposób eksploatacji oznacza też znacznie większe obciążenie dla środowiska, ponieważ w fazie startu i



Wykres 1: Progresja ciśnienia „przed“ (kolor niebieski) i „po“ (kolor czerwony) korekcie regulacji przez Bosch Industrial Services

regulacji zanim nie dojdzie do ustabilizowania płomienia - znacznie zwiększa się emisja substancji szkodliwych dla środowiska, zwłaszcza CO i NOx.

#### Jaki wpływ ma zbyt wysoki dobór wydajności w stosunku do rzeczywistego zapotrzebowania?

Również tutaj stwierdza się coraz więcej błędów, a mianowicie wydajność instalacji bardzo często jest zbyt duża. Palnik nie może wówczas przekroczyć obciążenia minimalnego, co prowadzi do częstych jego włączeń i wyłączeń, odchyień ciśnienia i innych, wcześniej wymienionych zakłóceń. Stanowi to poważny problem i właśnie tu wydajność kotła musi być obliczona jak najdokładniej w odniesieniu do wymaganego odbioru.

#### Przykład praktyczny

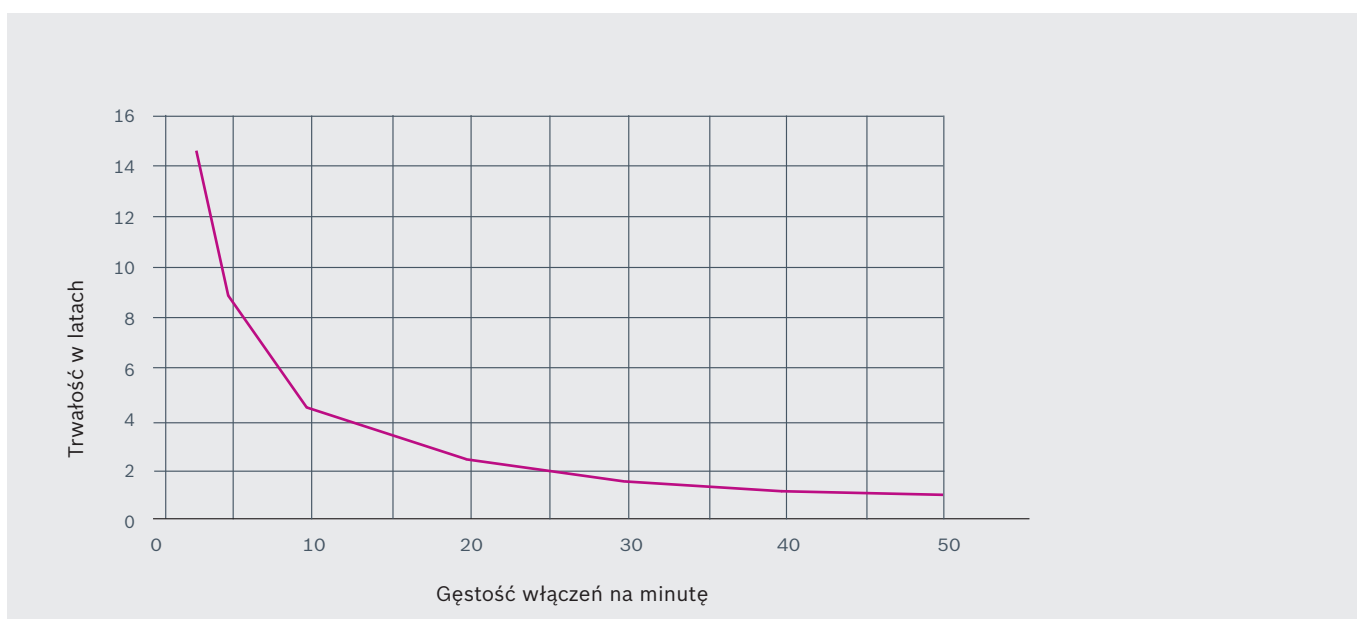
Na powyższym przykładzie wyraźnie widać, jak obciążające w skutkach może być niewłaściwe obliczenie ciśnienia. Na wykresie 1 przedstawiono przebieg ciśnienia przed i po korekcie przez technika serwisowego. Zainstalowany kocioł jest zdecydowanie za duży i posiada palnik z regulacją dwustopniową. Przed korektą regulacji (wykres 1) różnica ciśnień przełączenia z dużego na małe obciążenie i odwrotnie wyniosła 1,6 bar. Palnik przełączał się z dużego na małe obciążenie i odwrotnie 54 razy w ciągu godziny. Po korekcie regulacji nie udało się wprawdzie zlikwidować wahań palnika ze względu na zbyt dużą różnicę w stosunku do odbioru, ale za to zredukowano je do 18 przełączeń na godzinę. Zakładana żywotność tego palnika przy założeniu 4000 godzin pracy rocznie i oczekiwanej żywotności 175.000 przełączeń przy pracy wyniosła jak na przebiegu przed korektą regulacji”, mniej niż rok, a przy pracy jak na przebiegu „po korekcie regulacji”, wydłużyła się do ok. dwóch i pół roku. Oczywiście trwałość ta nadal nie jest zadowalająca, ale nie można jej już przedłużyć przez zmiany na regulatorze ciśnienia. Zwiększenie trwałości palnika można w tym wypadku uzyskać tylko w drodze redukcji mocy kotła. Aby uzyskać lepszy zakres regulacji należałoby w tym przykładzie wymienić palnik na mniejszy.

#### Straty ekonomiczne

Wykres 2 przedstawia trwałość elementu w zależności od liczb przełączeń na godzinę. Wyraźnie widać tu wpływ liczby przełączeń na trwałość. W praktyce oznacza to, że cewka elektromagnesu zaworu elektromagnetycznego gazu, która kosztuje ok. 300,- euro, będzie wymagała napraw, których roczne koszty przy sposobie pracy jak na przebiegu „przed korektą regulacji” wyniosą ok. 500,- euro (przy samodzielnej wymianie przez klienta), a przy sposobie pracy jak na przebiegu „po korekcie regulacji” ok. 200,- euro. Nie uwzględniając kosztów innych wymienianych części, pracy serwisu, przestoju i utraty klienta itd.

#### Podsumowanie

Powyższe przykłady pokazują, że prawidłowe określenie ciśnienia zabezpieczenia i wydajności kotła mają ogromne znaczenie w eksploatacji. Projektantom instalacji zaleca się konsultację w tych kwestiach z producentem kotłów o szerokim wachlarzu kotłów parowych płomienicowo płomieniówkowych. BOSCH seryjnie wyposaża swoje kotły w licznik rejestrujący rozruchy palnika i wcześniej sygnalizujący niekorzystny tryb pracy. Regularne serwisowanie kotła (najlepiej raz na kwartał) przez wyspecjalizowany serwis i każdorazowo dostosowanie regulacji do wymagań klienta jest również ważnym elementem w utrzymaniu wartości urządzenia i minimalizowaniu kosztów jego eksploatacji. Błędy, popełnione już w fazie planowania są z reguły nieodwracalne i uniemożliwiają optymalne wykorzystanie możliwości kotła.



Wykres 2: Trwałość komponentów w zależności od częstości włączeń

Założenie: 4000 godzin pracy rocznie, średnia trwałość 175.000 włączeń palnika





## Bosch Industriekessel GmbH

Nuernberger Straße 73  
91710 Gunzenhausen/Niemcy

[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)

**LOOS**  
KOTŁY PRZEMYSŁOWE

## LOOS Centrum Sp. z o.o.

ul. Marii Kazimiery 35

01-641 Warszawa

 +48 22 561 90 90

 [loos@loos.pl](mailto:loos@loos.pl)

[www.loos.pl](http://www.loos.pl)

[www.bosch-industrial.pl](http://www.bosch-industrial.pl)

Dołącz do nas na

**LinkedIn**

<https://www.linkedin.com/company/loos-kotly-przemyslowe-bosch/>

<https://www.linkedin.com/in/bernhard-morawietz-kotly-przemyslowe-bosch/>

**YouTube**

[https://www.youtube.com/channel/UCy-28sagt844xzdAAMMN\\_ew](https://www.youtube.com/channel/UCy-28sagt844xzdAAMMN_ew)



## KONTAKT

### Centrum Obsługi Klienta

Białystok + 48 604 290 608

Bydgoszcz + 48 604 290 606

Gdańsk + 48 604 290 611

Gorzów Wlkp. + 48 604 290 606

Katowice + 48 604 290 602

Kraków + 48 604 290 610

Kielce + 48 604 290 602

Lublin + 48 604 290 610

Łódź + 48 604 290 602

Olsztyn + 48 604 290 611

Opole + 48 604 290 607

Poznań + 48 604 290 606

Rzeszów + 48 604 290 610

Szczecin + 48 604 290 611

Warszawa + 48 604 290 608

Wrocław + 48 604 290 607

Modernizacja + 48 734 128 755

Serwis + 48 602 190 003

Części + 48 735 202 861

