

[www.rafako.com.pl](http://www.rafako.com.pl)

VII KONFERENCJA TECHNICZNA  
NOWOCZESNE CIEPŁOWNIE I ELEKTROCIEPŁOWNIE  
25 -26 MAJA 2017R. ZABRZE, PARK HOTEL DIAMENT

**OCZYSZCZANIE SPALIN DLA ŚREDNICH JEDNOSTEK ENERGETYCZNYCH  
W NAWIĄZANIU DO NOWYCH PRZEPISÓW IED (BAT)**

Autor:

Jerzy Mazurek

Zakład Instalacji Odsiarczania Spalin

RAFAKO S.A.

DOKUMENT STANOWI TAJEMNICĘ PRZEDSIĘBIORSTWA RAFAKO S.A. w rozumieniu art. 11 ust. 4 Ustawy z dnia 16 kwietnia 1993 r. o zwalczaniu nieuczciwej konkurencji.  
Za wyjątkiem wyraźnie wskazanych, zawarte w nim informacje i rozwiązania stanowią wyłączną własność intelektualną RAFAKO S.A.  
i mogą być stosowane, powielane oraz udostępniane osobom trzecim jedynie na podstawie pisemnego zezwolenia RAFAKO S.A. pod groźbą skutków prawnych.

# Wstęp

## Przyczyny inwestycji w energetyce

Starzejąca się baza  
wytwórcza



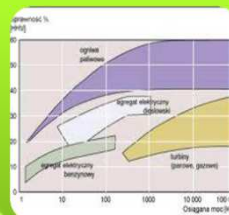
- Zwiększone koszty eksploatacji na skutek częstszych awarii
- Zmniejszona dyspozycyjność, przez co zwiększone ryzyko pomyślnej eksploatacji instalacji

Konieczność  
spełnienia  
wymogów BAT



- Konieczność dostosowania się do wymogów BREF: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ale również HF, HCl,
- Redukcja popiołów lotnych i rtęci Hg
- Oczyszczanie wody ściekowej

Poprawa  
efektywności  
produkcji



- Podniesienie sprawności i obniżka kosztów eksploatacji na jednostkę produkowanej energii,
- Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych (głównie CO<sub>2</sub>) na jednostkę wyprodukowanej energii

Bezpieczeństwo i  
dywersyfikacja

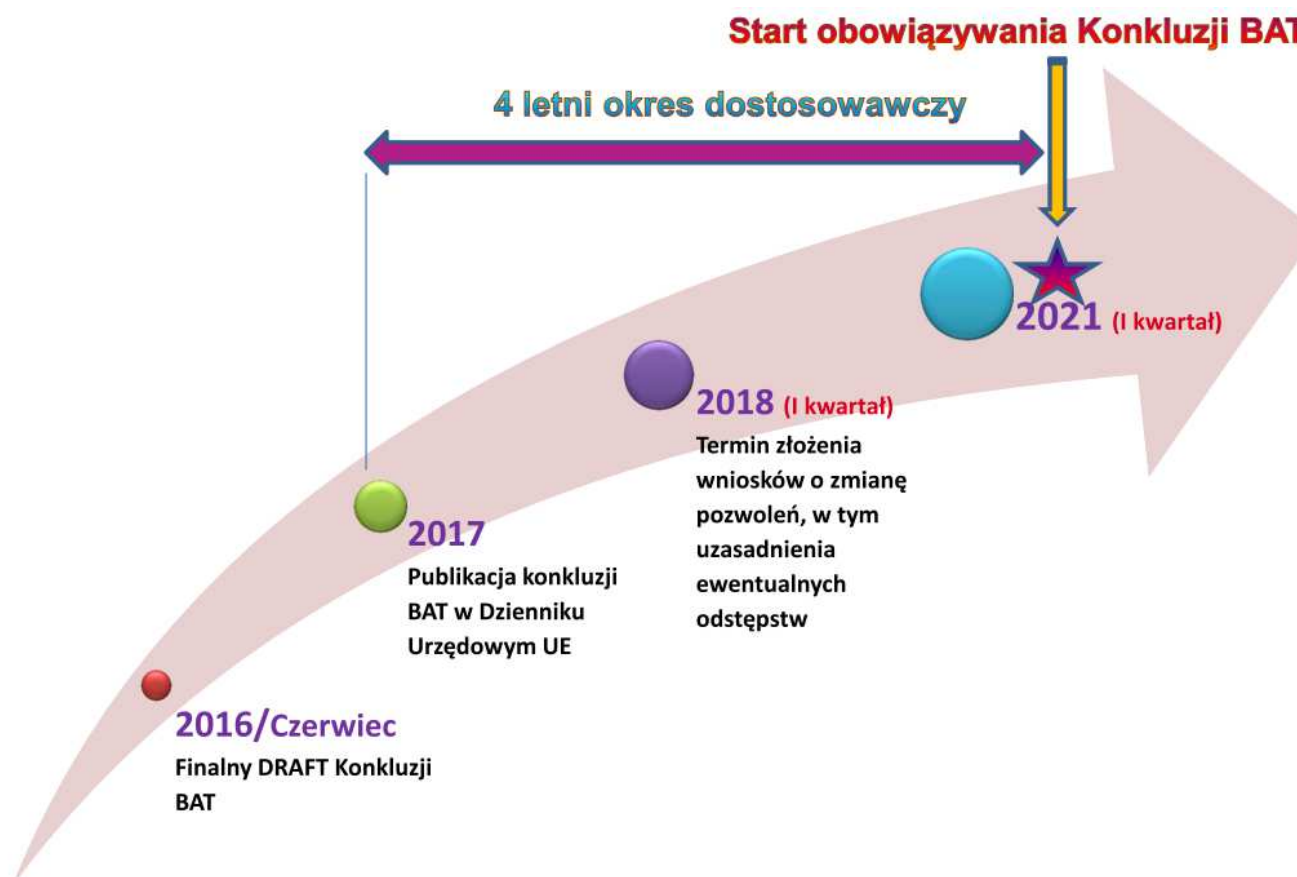


- Analiza stabilności dostaw paliwa
- Dywersyfikacja źródeł energii

## Wstęp

### Harmonogram wprowadzania konkluzji BAT

LP.	PODSTAWY PREZENTACJI
1	Analizowano dokument Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Large Combustion Plants – 9 marzec 2017
2	Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 04.11.2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów.



# Konkluzje BAT dla paliw stałych

## Graniczne limity emisji dla NO<sub>x</sub>

WĘGIEL KAMIENNY, BRUNATNY

**Tabela 4. Zał. 1/6. R. MŚ z 4.11.2014**

Moc termiczna źródła MW <sub>t</sub>	Emisja NO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia miesięczna	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
50 – 100	300/400 <sup>PWB</sup>	300/450 <sup>PWB</sup>
100 – 300	200	200
> 300 PC Brunatny	200	200
> 300 Kamienny	150	200

**Tabela 4. Zał. 1/6. R. MŚ z 4.11.2014**

Moc termiczna źródła MW <sub>t</sub>	Emisja NO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia miesięczna	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
50 – 100	250	300
100 – 300	200	250
> 300	150	200

4

**Aktualne prawo**

**Tabela 10.3 – Limity emisji dla NO<sub>x</sub>**

POMIAR CIĄGŁY

Blok o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje NO <sub>x</sub> [mg NO <sub>x</sub> /Nm <sup>3</sup> ]			
	Średnia roczna		Średnia dobową	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
< 100	100 – 150	100 – 270	155 – 200	165 – 330
100 – 300	50 – 100	100 – 180	80 – 130	155 – 210
≥ 300 FBC	50 – 85	<85 – 150	80 – 125	140 – 165
≥ 300 PC brunatny	50 – 85	<85 – 150	80 – 125	140 – 165
≥ 300 PC kamienny	65 – 85	65 – 150	80 – 125	<85 – 165

**Tabela 10.11 – Limity emisji dla NO<sub>x</sub>**

POMIAR CIĄGŁY

Blok o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje NO <sub>x</sub> [mg NO <sub>x</sub> /Nm <sup>3</sup> ]			
	Średnia roczna		Średnia dobową	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
50 – 100	70 – 150	70 – 225	120 – 200	120 – 275
100 – 300	50 – 140	50 – 180	100 – 200	100 – 220
≥ 300	40 – 140	40 – 150	65 – 150	95 – 165

**Konkluzje BAT**

# Konkluzje BAT dla paliw stałych

## Graniczne limity emisji dla pyłu

WĘGIEL KAMIENNY, BRUNATNY

**Tabela 7. Zał. 1/6. R. MŚ z 4.11.2014**

Moc termiczna źródła MW <sub>t</sub>	Emisja pyłu [mg/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia miesięczna	
	Nowa	Istniejąca
< 50	100	-
50 – 100	20	30
100 – 300	20	25
> 300	10	20

**Tabela 7. Zał. 1/6. R. MŚ z 4.11.2014**

Moc termiczna źródła MW <sub>t</sub>	Emisja pyłu [mg/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia miesięczna	
	Nowa	Istniejąca
< 50	100	-
50 – 100	20	30
100 – 300	20	20
> 300	20	20



**Aktualne prawo**

**Tabela 10.7 – Limity emisji dla pyłu**

**POMIAR CIĄGŁY**

Bloki o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje pyłu [mg pyłu /Nm <sup>3</sup> ]			
	Średnia roczna		Średnia dobową	
	Nowa	Istniejąca	Nowa	Istniejąca
< 100	2 – 5	2 – 18	4 – 16	4 – 22
100 – 300	2 – 5	2 – 14	3 – 15	4 – 22
300 – 1000	2 – 5	2 – 10	3 – 10	3 – 11
≥ 1000	2 – 5	2 – 8	3 – 10	3 – 11

**Tabela 10.13 – Limity emisji dla pyłu**

**POMIAR CIĄGŁY**

Bloki o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje pyłu [mg pyłu /Nm <sup>3</sup> ]			
	Średnia roczna		Średnia dobową	
	Nowa	Istniejąca	Nowa	Istniejąca
< 100	2 – 5	2 – 15	2 – 10	2 – 22
100 – 300	2 – 5	2 – 12	2 – 10	2 – 18
≥ 300	2 – 5	2 – 10	2 – 10	2 – 16



**Konkluzje BAT**

# Konkluzje BAT dla paliw stałych

## Graniczne limity emisji dla SO<sub>2</sub>

WĘGIEL KAMIENNY, BRUNATNY

**Tabela 1. Zał. 1/6. R. MŚ z 4.11.2014**

Moc termiczna źródła MW <sub>t</sub>	Emisja SO <sub>2</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia miesięczna	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
50 – 100	400	400
100 – 300	200	250
> 300 FBC	200	200
> 300 PC	150	200

**Tabela 10.5 – Limity emisji dla SO<sub>2</sub>**

POMIAR CIĄGŁY

Bloki o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje SO <sub>2</sub> [mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> ]			
	Średnia roczna		Średnia dobową	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
< 100	150 – 200	150 – 360	170 – 220	170 – 400
100 – 300	80 – 150	95 – 200	135 – 200	135 – 220
≥ 300 FBC	20 – 75	20 – 180	25 – 110	50 – 220
≥ 300 PC	10 – 75	10 – 130	25 – 110	25 – 165

BIOMASA

**Tabela 1. Zał. 1/6. R. MŚ z 4.11.2014**

Moc termiczna źródła MW <sub>t</sub>	Emisja SO <sub>2</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia miesięczna	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
50 – 100	200	200
100 – 300	200	200
> 300	150	200

**Tabela 10.12 – Limity emisji dla SO<sub>2</sub>**

POMIAR CIĄGŁY

Bloki o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje SO <sub>2</sub> [mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> ]			
	Średnia roczna		Średnia dobową	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
50 – 100	15 – 70	15 – 100	30 – 175	30 – 215
100 – 300	<10 – 50	<10 – 70	<20 – 85	<20 – 175
≥ 300	<10 – 35	<10 – 50	<20 – 70	<20 – 85

6



**Aktualne prawo**



**Konkluzje BAT**

## Konkluzje BAT dla paliw stałych

### Graniczne limity emisji dla HCl i HF

**Tabela 10.7 – Limity emisji dla HCl, HF**

POMIAR: 1Pom/3Msc

Bloki o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje HCl [mg HCl/Nm <sup>3</sup> ]		Graniczne emisje HF [mg HF/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia roczna		Średnia roczna	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
< 100	1 – 6	2 – 10	< 1 – 3	< 1 – 6
≥ 100	1 – 3	1 – 5	< 1 – 2	< 1 – 3

WĘGIEL KAMIENNY, BRUNATNY

**Tabela 10.12-bis – Limity emisji dla HCl, HF**

POMIAR: CIĄGŁY - HCl, HF - 1Pom/rok

Bloki o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje HCl [mg HCl/Nm <sup>3</sup> ]				Graniczne emisje HF [mg HF/Nm <sup>3</sup> ]	
	Średnia roczna		Średnia dobową		Średnia z próbkowania	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
< 100	1 – 7	1 – 15	1 – 12	1 – 35	< 1	< 1,5
100 – 300	1 – 5	1 – 9	1 – 12	1 – 12	< 1	< 1
≥ 300	1 – 5	1 – 5	1 – 12	1 – 12	< 1	< 1

BIOMASA

**Konkluzje BAT**

7

Aktualne prawo



**Brak standardów emisji**

# Konkluzje BAT dla paliw stałych

## Graniczne limity emisji dla Hg

**Tabela 10.8 – Limity emisji dla Hg**

**POMIAR: CIĄGŁY dla  $\geq 300$  MWt ; 1Pom/3Msc dla  $< 300$  MWt**

Bloki o łącznej nominalnej mocy cieplnej MW <sub>t</sub>	Graniczne emisje Hg [ $\mu\text{g Hg /Nm}^3$ ]			
	Średnia roczna		Średnia dobową	
	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Istniejąca instalacja
< 300 Brunatny	< 1 – 5	< 1 – 10	-	-
< 300 Kamienny	< 1 – 3	< 1 – 9	-	-
$\geq 300$ Brunatny	< 1 – 4	< 1 – 7	-	-
$\geq 300$ Kamienny	< 1 – 2	< 1 – 4	-	-

WĘGIEL KAMIENNY, BRUNATNY

**Tabela 10.14 – Limity emisji dla Hg**

**POMIAR: 1Pom/rok**

Emisja Hg [ $\mu\text{g Hg /Nm}^3$ ]
Średnia z próbkowania
< 1 – 5

**POMIAR: 1Pom/mies.**

Ścieki z IOS

Emisja Hg [ $\mu\text{g Hg /l}$ ]
0,2 – 3

BIOMASA



**Konkluzje BAT**

**Aktualne prawo**

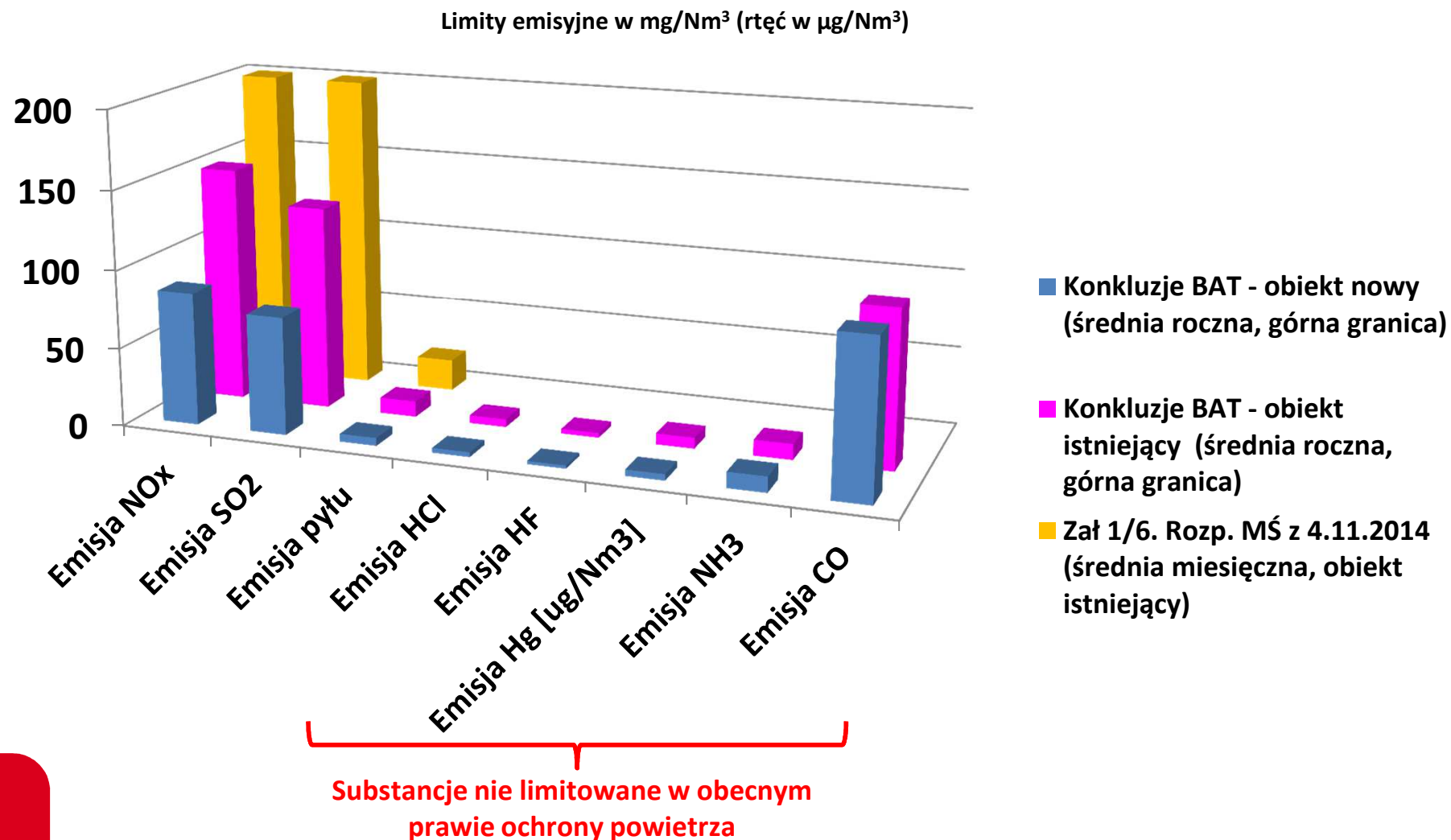


**Tabela I i II. Rozp. MŚ z 18.11.2014**

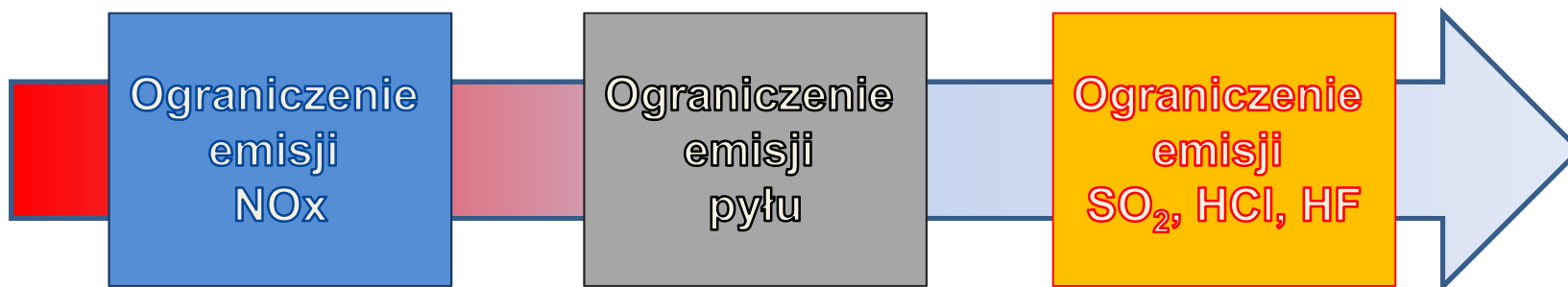
Parametry ścieków z IOS:  
Hg  $\rightarrow$  30,0 – 60,0  $\mu\text{g/l}$



## Konkluzje BAT dla paliw stałych zaostrzają limity i rozszerzają zakres nadzorowania emisji



## Trzy zasadnicze etapy oczyszczania gazów spalinowych pozwalają osiągnąć wymagane limity emisyjne



### SYSTEM ODAZOTOWANIA

SNCR (niekatalityczny)

SCR (katalityczny):  
High Dust, Low Dust, Tail End

Hybrydowy (SNCR + katalizator)

### SYSTEM ODSIARCZANIA

Półsuchy z dodatkowym odpylaczem

Półsuchy zintegrowany z odpylaczem

Mokry

X

### REAGENT ODAZOTOWANIA

Amoniak

Woda amoniakalna

Mocznik

Salmiak

### REAGENT ODSIARCZANIA

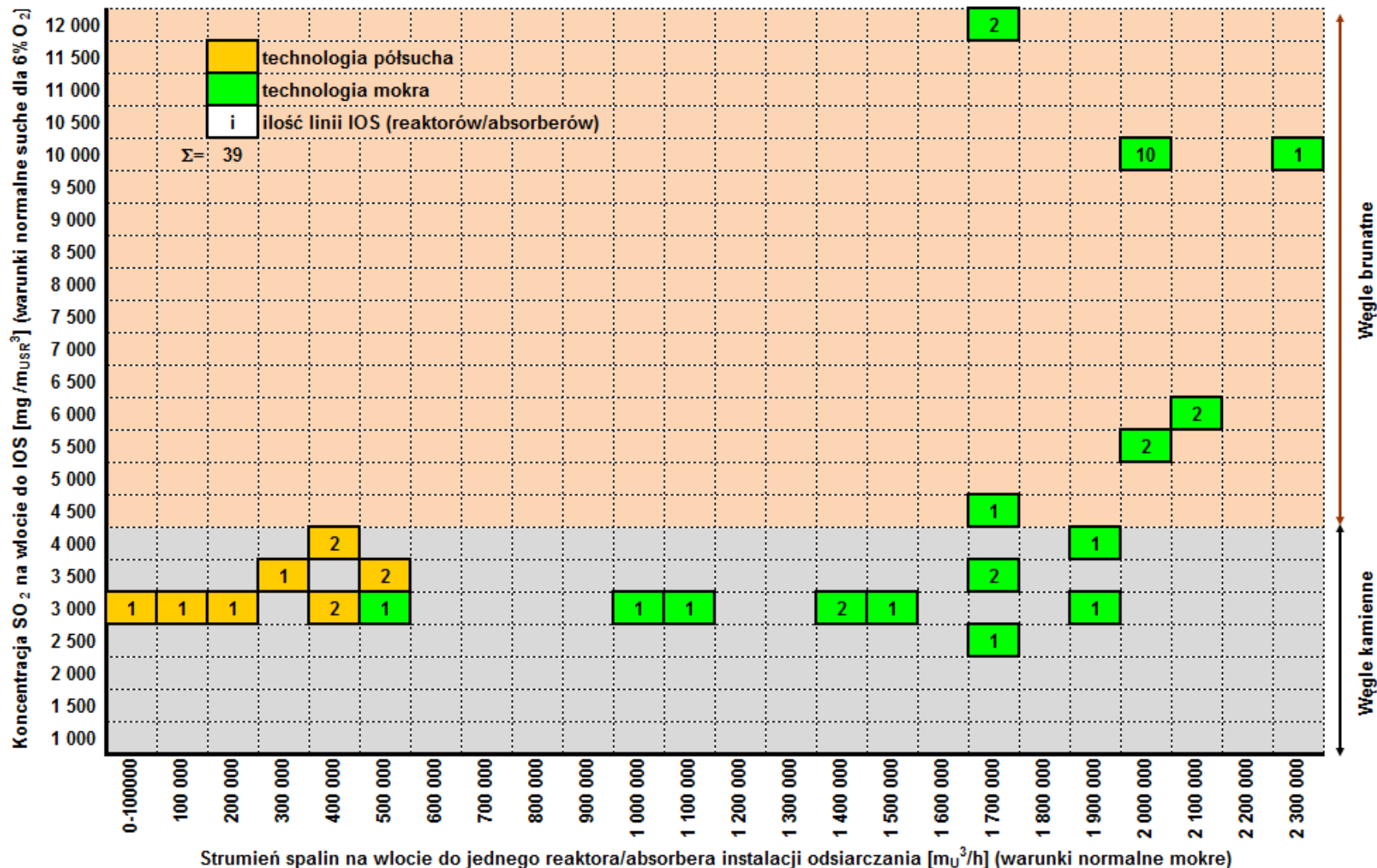
Mączka kamienia wapiennego

X Wapno palone lub hydratyzowane

Sorbenty sodowe

Sorbenty dedykowane

# Mapa referencji RAFAKO S.A. jako przykład tendencji w zakresie stosowanych technik usuwania składników kwaśnych



## Referencja RAFAKO S.A.: najmniejsza i największa dotychczasowa realizacja



Min strumień spalin do IOS	70 000 m <sub>U</sub> <sup>3</sup> /h
Max strumień spalin do IOS	240 000 m <sub>U</sub> <sup>3</sup> /h
Stężenie wlotowe SO <sub>2</sub>	800÷3000 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Stężenie wlotowe pyłu	20÷350 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Temperatura spalin	135÷160 °C
Stężenie wylotowe SO <sub>2</sub>	<190 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Stężenie wylotowe pyłu	<18 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Sprawność usuwania SO <sub>2</sub>	>93,7 %

Min strumień spalin do IOS	600 000 m <sub>U</sub> <sup>3</sup> /h
Max strumień spalin do IOS	2 400 000 m <sub>U</sub> <sup>3</sup> /h
Stężenie wlotowe SO <sub>2</sub>	1700÷9750 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Stężenie wlotowe pyłu	250 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Temperatura spalin	120÷170 °C
Stężenie wylotowe SO <sub>2</sub>	<400 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Stężenie wylotowe pyłu	<30 mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>
Sprawność usuwania SO <sub>2</sub>	>96,0 %

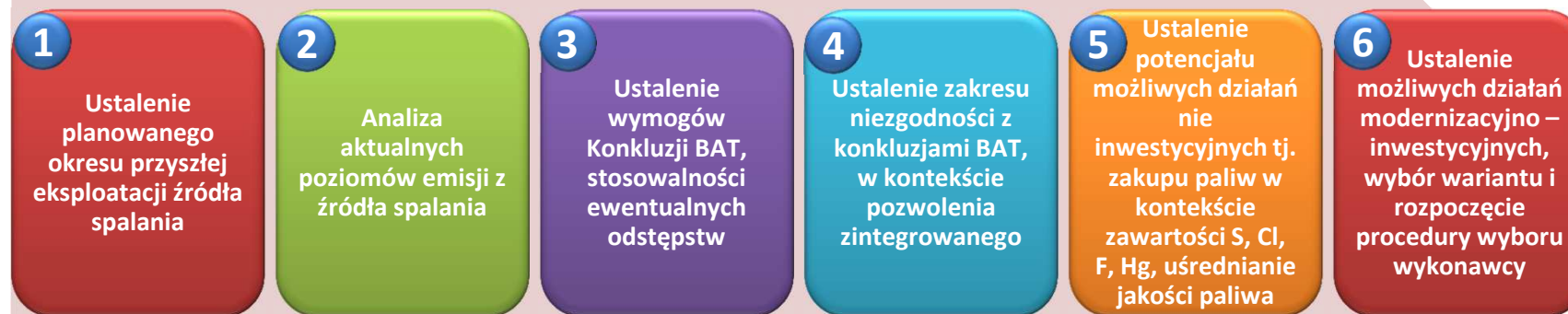


## Procedura procesu dostosowawczego

### UWAGA

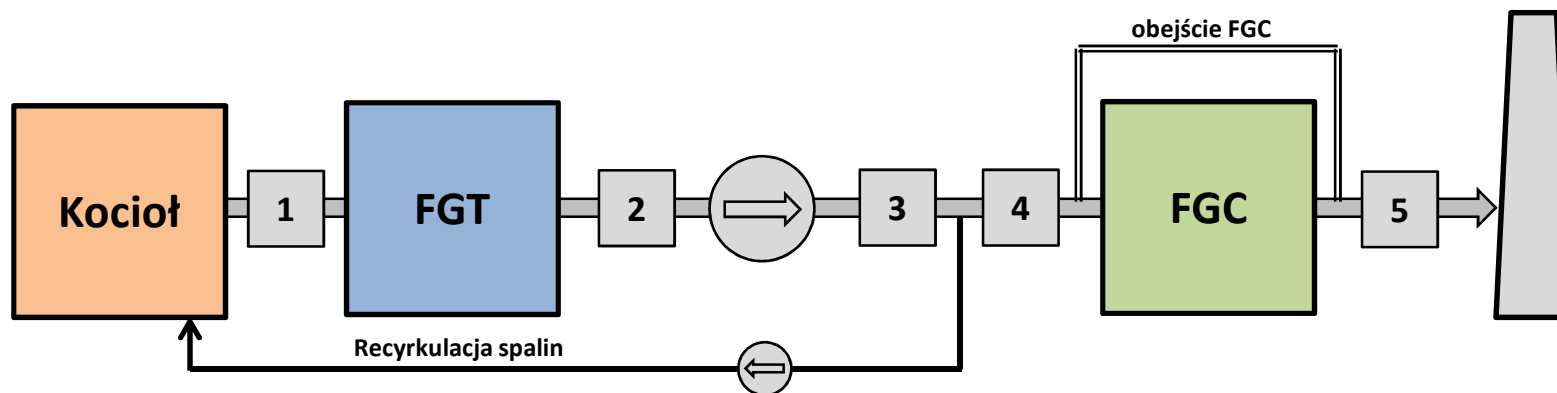
Proces aktualizacji Konkluzji BAT ma być cykliczny co oznacza, że obecnie najniższe wartości zakresów będą w przyszłości stopniowo zastępować najwyższe wartości zakresów co będzie efektem nie tylko wpływu lobby ekologicznego, ale samej zasady budowania Konkluzji na podstawie m.in. danych pomiarowych spływających z obiektów (o coraz bardziej rozbudowywanych systemach oczyszczania spalin).

**W ocenie RAFAKO ta uwaga jest istotna dla tych wszystkich obiektów, których zakładany czas pracy będzie przekraczać 12 lat.**

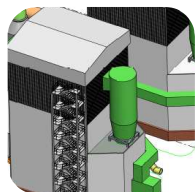


## Przykład nowo projektowanego obiektu energetycznego

### Schemat blokowy instalacji



**Układ obróbki gazu opuszczającego każdy kocioł składa się z 2 podjednostek:**



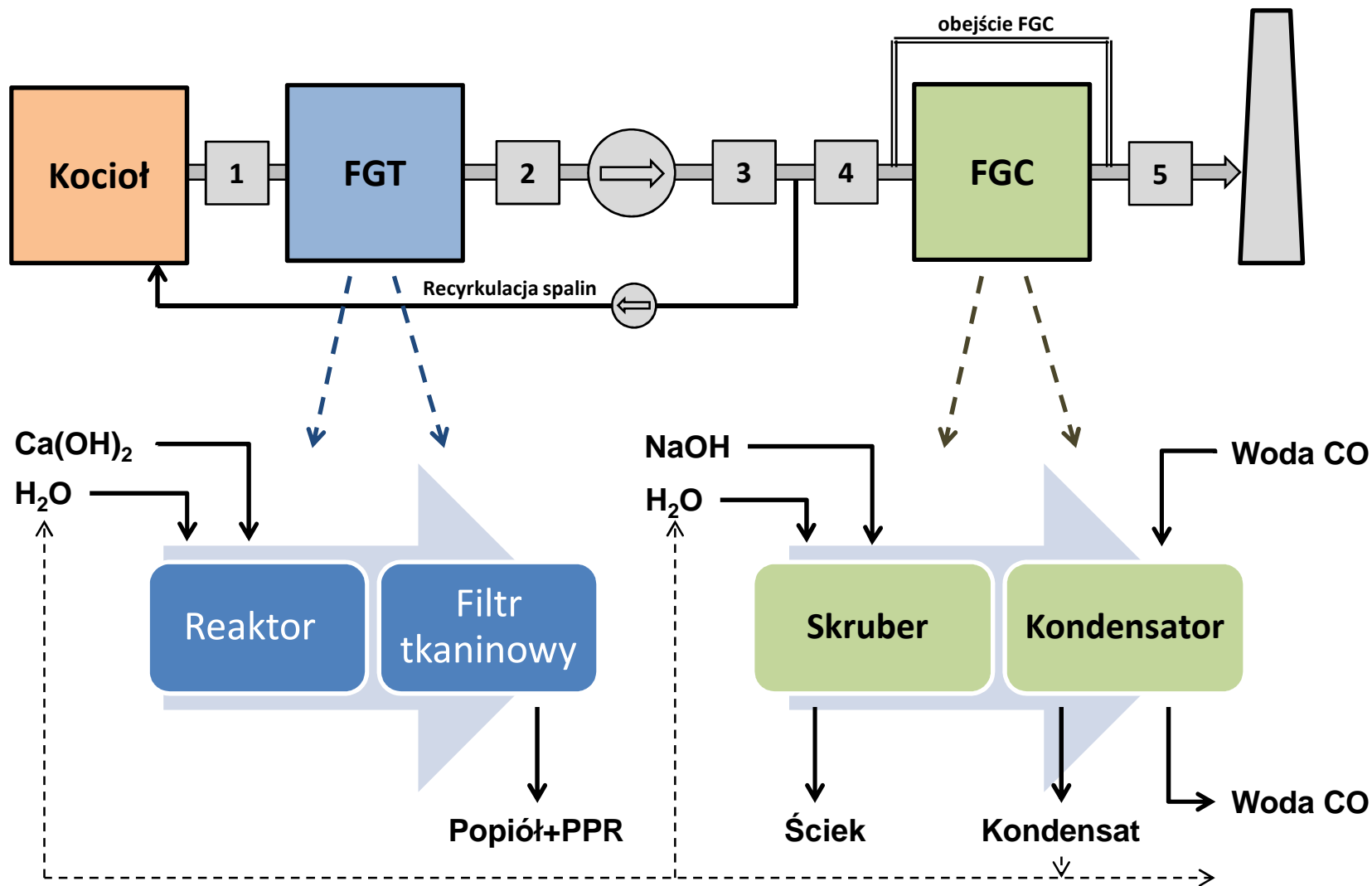
**FGT** Flue Gas Treatment unit - instalacji oczyszczania spalin



**FGC** Flue Gas Condensing unit – instalacji kondensacji wody ze spalin

# Przykład nowo projektowanego obiektu energetycznego

## Schemat blokowy instalacji



## Przykład nowo projektowanego obiektu energetycznego

### Wybrane parametry projektowe

#### Parametry spalin na wyjściu z kotła dla jednej linii:

Składnik spalin	Jednostka	Zakres projektowy dla jednej linii
Strumień spalin wilgotnych	$m_U^3/h$	113256 ÷ 208260
Udział H <sub>2</sub> O w gazie	% obj.	18,6 ÷ 26,9
Stężenie pyłu	$mg/m_{USR}^3$	1815 ÷ 11502
Stężenie SO <sub>2</sub>	$mg/m_{USR}^3$	0 ÷ 430
Stężenie HCl	$mg/m_{USR}^3$	33 ÷ 381
Stężenie HF	$mg/m_{USR}^3$	0 ÷ 12
Temperatura spalin	°C	112 ÷ 145

Duża zmienność składu gazu jest typowa dla biomasy jako paliwa,  
Umowa przewiduje różne rodzaje (mieszanki) paliwa:

- mieszane zrębki drewniane,
- różne odpady drewniane,
- słomę,
- wierzbę energetyczną,
- ligninę.



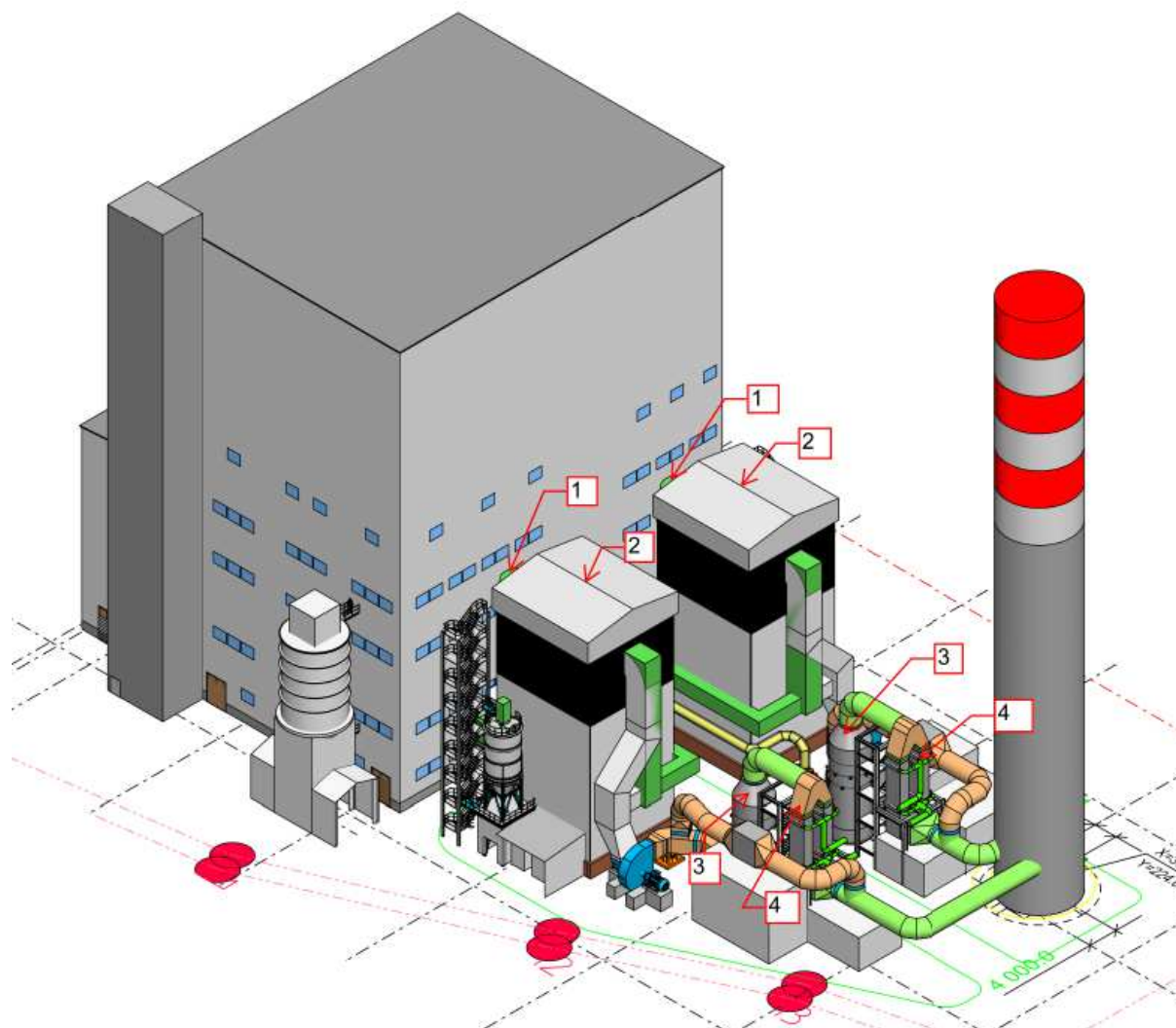
## Przykład nowo projektowanego obiektu energetycznego

### Emisje do atmosfery

Składnik spalin	Jednostka	Wartość gwarantowana	Wartość spodziewana przy pracy FGT+FGC
Dwutlenek Siarki – SO <sub>2</sub>	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	50	<5
Chlorowódor – HCl	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	5	<1
Fluorowódor – HF	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	0,8	<0,5
Pył	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	5	<2
Rtęć - Hg	µg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	5	<1

Składnik spalin	Jednostka	AEL zgodnie z Konkluzjami BAT Średnia roczna	AEL zgodnie z Konkluzjami BAT Średnia dobową
Dwutlenek Siarki – SO <sub>2</sub>	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	10 – 50	20 – 85
Chlorowódor – HCl	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	1 - 5	1 – 12
Fluorowódor – HF	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	< 1	-
Pył	mg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	2 - 5	2 - 10
Rtęć - Hg	µg/m <sub>USR</sub> <sup>3</sup>	1 - 5	-

## Przykład nowo projektowanego obiektu energetycznego Wizualizacja instalacji



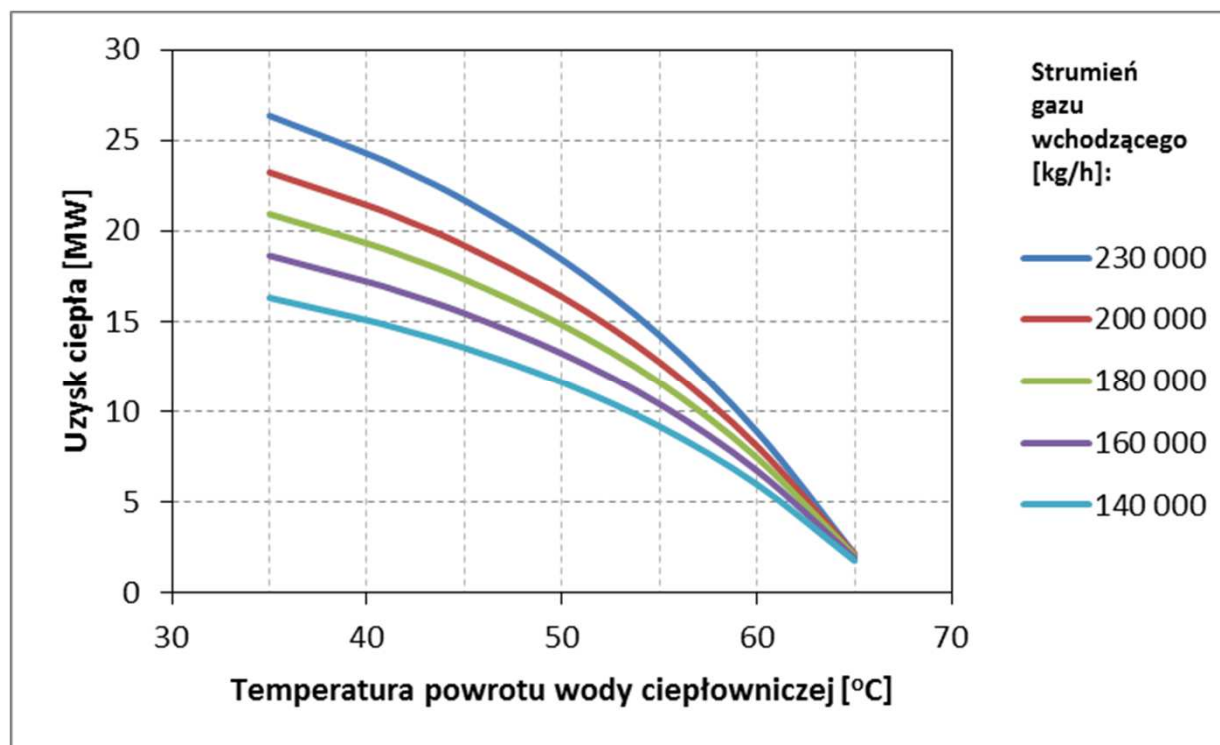
- 1 – Reaktor
- 2 – Filtr tkaninowy
- 3 – Skrubler
- 4 – Kondensator

## Przykład nowo projektowanego obiektu energetycznego

### Wybrane charakterystyczne parametry pracy systemu

Parametr	Jednostka	Zima	Lato
Obciążenie układu kotłowego	%	100%	40%
Praca kotłów	ilość x moc	2x100%	1x80%
Temperatury wody sieciowej wchodzącej do FGC	°C	43	42
Temperatury wody sieciowej wychodzącej z FGC	°C	53,2	50,7
Przepływ wody sieciowej	kg/s	2x573,8	555,6
Uzysk ciepła	MW	2x24,5	20,3
Strumień kondensatu	kg/h	2x34000	28000

Spodziewany uzysk ciepła w funkcji strumienia spalin i temperatury wody zasilającej dla temperatury gazu na wlocie do kondensatora (po skruberze) wynoszącej 67,9 °C przy udziale wilgoci w gazie 18,8% mas.



## Przykład nowo projektowanego obiektu energetycznego

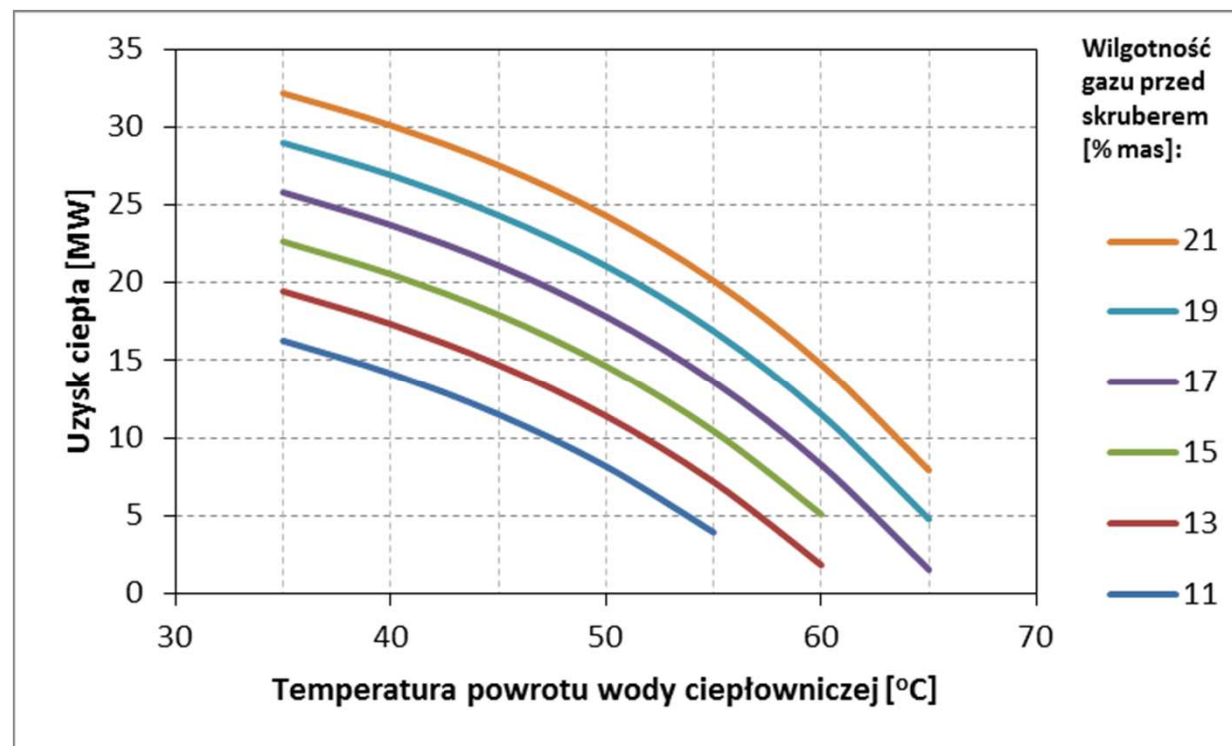
### Wybrane charakterystyczne parametry pracy systemu



GRUPA PBG

Parametr	Jednostka	Zima	Lato
Obciążenie układu kotłowego	%	100%	40%
Praca kotłów	ilość x moc	2x100%	1x80%
Temperatury wody sieciowej wchodzącej do FGC	°C	43	42
Temperatury wody sieciowej wychodzącej z FGC	°C	53,2	50,7
Przepływ wody sieciowej	kg/s	2x573,8	555,6
Uzysk ciepła	MW	2x24,5	20,3
Strumień kondensatu	kg/h	2x34000	28000

Spodziewany uzysk ciepła w funkcji wilgotności gazu i temperatury wody zasilającej dla strumienia spalin 230000 kg/h na wlocie do skrubera



**Dobór systemu oczyszczania spalin powinien być dokonany kompleksowo (zwykle 3 stopnie) z uwzględnieniem wymogów opublikowanych Konkluzji BAT.**

**Wybór technik oczyszczania musi gwarantować osiągnięcie limitów emisyjnych przy najniższej sumie kosztów w cyklu życia. Oznacza to różne metody w zależności od konkretnej sytuacji. Nie zawsze metoda najtańsza inwestycyjnie będzie najkorzystniejsza.**

**Rozważane przy oczyszczaniu gazu mogą być zarówno systemy blokowe jak i kolektorowe przy czym specyficzne techniki mają w tym zakresie istotne ograniczenia jak i predyspozycje.**

**Przy planowaniu systemów oczyszczania należy wziąć pod uwagę:**

- tendencję do budowy układów multipaliwowych,
- planowanie systemów magazynowania energii,
- możliwość odzysku ciepła przy spalaniu paliw o dużej zawartości wilgoci takich jak biomasa, muły, torf, węgiel brunatny,
- elastyczność pracy i konieczność dostosowania się do zmienności obciążeń i częstych wyłączeń.

# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

**Jerzy Mazurek**  
Dyrektor Biura Techniczno-Projektowego  
Zakład Instalacji Odsiarczania Spalin  
tel. +48 32 410 1394  
tel. kom./mobile: +48 602 760 006  
e-mail: Jerzy.Mazurek@rafako.com.pl