

WPŁYW NOWYCH REGULACJI PRAWNYCH NA OGRANICZENIE EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ DO ŚRODOWISKA – ANALIZA PROJEKTU DYREKTYWY MCP NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH

Barbara Rososińska

II stopień, 1 semestr, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
e-mail: barbara.rososinska@gmail.com

Promotor: *dr inż.* Robert Oleniacz

1 WSTĘP

Komisja Europejska planuje wprowadzenie nowej dyrektywy dotyczącej tzw. średnich obiektów energetycznego spalania, czyli o nominalnej mocy równej lub większej od 1 MW i mniejszej od 50 MW [5]. Według danych Komisji w Unii Europejskiej działa obecnie 142 986 średnich obiektów energetycznego spalania, które są źródłem emisji m.in. dwutlenku siarki (SO₂), tlenków azotu (NO_x) i pyłu. Na poziomie Unii Europejskiej regulowane są emisje powstałe w wyniku pracy małych (poniżej 1 MW) i dużych (powyżej 50 MW) obiektów energetycznego spalania [2]. Nowa Dyrektywa (tzw. Dyrektywa MCP) będzie miała zastosowanie do obiektów, których nominalna moc cieplna jest równa lub większa niż 1 MW i mniejsza niż 50 MW, niezależnie od rodzaju wykorzystywanego paliwa. Państwa członkowskie będą zobowiązane do wprowadzenia przepisów wynikających z tej Dyrektywy do prawa krajowego w ciągu półtora roku od jej wejścia w życie.

Data obowiązywania nowych standardów emisyjnych wynikających z Dyrektywy MCP, dla istniejących obiektów (czyli takich, które zostały oddane do eksploatacji, przed dniem, który następuje rok po transpozycji do prawa krajowego), wyznaczona jest odpowiednio od dnia 1 stycznia 2025 roku w obiektach o nominalnej mocy cieplnej powyżej 5 MW oraz od dnia 1 stycznia 2030 roku w obiektach o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW. Dla obiektów nowych standardy zaczną obowiązywać rok po transpozycji do prawa krajowego.

Wprowadzenie nowych regulacji dyktowanych przez Dyrektywę MCP może znacznie przyczynić się do rozwiązania problemu, którym jest nadmierne zanieczyszczenie powietrza. Europejska Agencja Środowiskowa jesienią 2013 roku przedstawiła ranking miast o najgorszej jakości powietrza [1]. Przeanalizowano około 400 miast położonych w Europie – brano pod uwagę ilość dni kiedy dzienne normy dla stężenia pyłu zawieszonego (PM₁₀) zostały przekroczone w roku 2011. W tym niechlubnym rankingu na kilku czołowych miejscach znalazły się niektóre polskie miasta, w tym Kraków, z liczbą dni przekroczeń dopuszczalnych stężeń 24-godzinnych pyłu zawieszonego PM₁₀ w powietrzu na poziomie 151 (średnia dla trzech stacji pomiarowych), przy dopuszczalnej częstotliwości przekroczeń 35 dni w roku [1].

Na ten stan w pewnym stopniu wpływa emisja z procesów energetycznego spalania paliw, a w szczególności paliw stałych, stanowiących istotne źródło emisji cząstek stałych. Ponieważ w Polsce podstawowym paliwem jest i nadal będzie węgiel, dlatego istotne znaczenie mają wszelkie przedsięwzięcia mające na celu możliwie nieszkodliwe dla środowiska

wykorzystanie go w różnych gałęziach gospodarki, a zwłaszcza do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.

W przypadku konieczności wdrożenia Dyrektywy MCP, istniejące w kraju instalacje energetycznego spalania paliw, oparte na kotłach średniej mocy, będą musiały zostać dostosowane do wynikających z niej przepisów, w tym spełniać zaostrome standardy emisyjne. Niniejsza praca ma na celu zwrócenie uwagi na ww. problem oraz zawiera analizę możliwości dotrzymania tych standardów na kilku przykładach obiektów rzeczywistych.

2 PROBLEMATYKA WDROŻENIA DYREKTYWY MCP W POLSCE

Dyrektywa MCP stanowi element tzw. pakietu powietrznego realizowanego przez Unię Europejską w ramach polityki ochrony atmosfery, na dodatkowo składają się jeszcze trzy dokumenty: nowy program „Czyste Powietrze dla Europy”, projekt dyrektywy w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczenia atmosferycznego i zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz Decyzja Rady w sprawie przyjęcia zmiany Protokołu z 1999 roku do Konwencji z 1979 roku w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości w zakresie przeciwdziałania zakwaszeniu, eutrofizacji i powstawaniu ozonu w warstwie przyziemnej.

Celem Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ograniczenia niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania, jest wypełnianie polityki ochrony środowiska i stanowi ona uzupełnienie wcześniej wdrożonych dyrektyw.

Wszystkie dopuszczalne wielkości standardów emisji określone są w tej Dyrektywie dla temperatury 273,15 K, ciśnienia 101,3 kPa i po korekcie ze względu na obecność pary wodnej w gazach odlotowych, przy znormalizowanej zawartości tlenu wynoszącej [5]:

- 6% dla obiektów stosujących paliwa stałe,
- 3% dla obiektów wykorzystujących paliwa ciekłe i gazowe,
- 15% dla silników i turbin gazowych.

W Tablicy 1 porównano ze sobą standardy emisyjne wynikające z Dyrektywy MCP dla istniejących średnich instalacji energetycznego spalania węgla kamiennego z obecnie obowiązującym w tym zakresie rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów [6]. W Tablicach 2 i 3 zamieszczono z kolei analogiczne porównanie dla średnich instalacji energetycznego spalania paliw ciekłych (innych niż ciężki olej opałowy) i gazu ziemnego.

Jak wynika z Tablicy 1, standardy emisyjne SO_2 ze spalania węgla kamiennego według Rozporządzenia [6] są prawie 4 razy wyższe niż te, które wynikają z zapisów Dyrektywy MCP. Duże różnice można także zauważyć w przypadku standardów emisyjnych pyłu, które w Dyrektywie MCP mieszczą się w przedziale od 5 do 30 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{u}}$, a w polskim prawie obowiązującym do 31 grudnia 2015 roku poziomy te wynoszą od 400 do 700 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{u}}$ (w zależności od mocy kotła), natomiast po 1 stycznia 2016 roku będą się zawierać w przedziale od 100 do 200 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{u}}$. Jeśli chodzi z kolei o emisję NO_x to obowiązujące obecnie w Polsce standardy emisyjne są bardziej restrykcyjne niż w Dyrektywie MCP w przypadku istniejących obiektów, zaś dla nowych jednostek w Dyrektywie MCP przewidywane są ostrzejsze normy niż obowiązujące aktualnie. W przypadkach, w których krajowe standardy emisji są bardziej rygorystyczne od proponowanych w Dyrektywie, to będą one nadal obowiązywać [5].

Tablica 1: Porównanie standardów emisyjnych wynikających z projektu Dyrektywy MCP z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów – w zakresie spalania węgla kamiennego, mg/m_u^{3*}

Sub- stan- cja	Dyrektywa MCP				Rozporządzenie [6] – źródła istniejące			
	źródła istniejące	źródła nowe	art. 5 ust 4**		oddane do użytku przed 29.03.1990 r.		oddane do użytku po 28.03.1990 r.	
			1÷5 MW	>5 i <50 MW	≥1 i <5 MW	≥5 i <50 MW	≥1 i <5 MW	≥5 i <50 MW
SO ₂	400	400	-	-	1500	1500	1500	1300
NO _x	650	300	100	100	400	400	400	400
Pył	30	20	10	5	700/200	400/100	630/200	400/100
					***	***	***	***

* - w warunkach umownych (T_u = 273 K, p_u = 101,3 hPa, gaz suchy, 6% O₂)

** - dotyczy jednostek znajdujących się na terenach, na których nie są dotrzymywane standardy jakości powietrza wg Dyrektywy CAFE [3],

*** - do 31 grudnia 2015 r./ po 1 stycznia 2016 r.

Tablica 2: Porównanie standardów emisyjnych wynikających z projektu Dyrektywy MCP z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów – w zakresie spalania paliw ciekłych (innych niż ciężki olej opałowy), mg/m_u^{3*}

Sub- stan- cja	Dyrektywa MCP				Rozporządzenie [6] – źródła istniejące			
	źródła istniejące	źródła nowe	art. 5 ust 4**		oddane do użytku przed 29.03.1990 r.		oddane do użytku po 28.03.1990 r.	
			1÷5 MW	>5 i <50 MW	≥1 i <5 MW	≥5 i <50 MW	≥1 i <5 MW	≥5 i <50 MW
SO ₂	170	170	-	-	1700	1700	850	850
NO _x	200	200	100	100	450	450	400	400
Pył	30	20	10	5	100/50	100/50	100/50	100/50
					***	***	***	***

* - w warunkach umownych (T_u = 273 K, p_u = 101,3 hPa, gaz suchy, 3% O₂)

** - dotyczy jednostek znajdujących się na terenach, na których nie są dotrzymywane standardy jakości powietrza wg Dyrektywy CAFE [3],

*** - przy spalaniu paliw o zawartości popiołu 0,06% / przy spalaniu pozostałych paliw ciekłych

W przypadku kotłów olejowych średniej mocy (spalających lekki lub średni olej opałowy) w Dyrektywie MCP planowane jest również znaczne zaostrzenie standardów emisyjnych SO₂ i pyłu, a także ok. dwukrotne zaostrzenie standardu emisyjnego NO_x w stosunku do kotłów istniejących. W przypadku kotłów opalanych gazem ziemnym projekt Dyrektywy MCP przewiduje ujednolicenie standardów emisyjnych NO_x dla wszystkich kotłów średniej mocy, a tym samym ich zaostrzenie w przypadku istniejących kotłów o mocy 5–50 MW i ich złagodzenie w przypadku kotłów o mocy

Na podstawie ankietyzacji przedsiębiorstw zrzeszonych w Izbie Gospodarczej Ciepłownictwo Polskie, przeprowadzonej przez Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej, zidentyfikowano w Polsce 676 urządzeń o mocy z zakresu 1–50 MW o łącznej mocy 5 530 MW [2]. Większość z nich to kotły węglowe, które stanowią 85% mocy zainstalowanej, dla nich konieczne będzie około dziesięciokrotne zmniejszenie obecnej emisji. Z analizy wynika także, że nie ma żadnych typów kotłów, które charakteryzowałyby się poziomem emisji choćby zbliżonym do proponowanego.

Tablica 3: Porównanie standardów emisyjnych wynikających z projektem Dyrektywy MCP z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów – w zakresie spalania gazu ziemnego, mg/m_u^{3*}

Sub- stan- cja	źródła istniejące	Dyrektywa MCP			Rozporządzenie [6] – źródła istniejące			
		źródła nowe	art. 5 ust 4**		oddane do użytku przed 29.03.1990 r.		oddane do użytku po 28.03.1990 r.	
			1÷5 MW	>5 i <50 MW	≥1 i <5 MW	≥5 i <50 MW	≥1 i <5 MW	≥5 i <50 MW
SO ₂	-	-	-	-	35	35	35	35
NO _x	200	100	70	70	150	300	150	300
Pył	-	-	-	-	5	5	5	5

* - w warunkach umownych ($T_u = 273 \text{ K}$, $p_u = 101,3 \text{ hPa}$, gaz suchy, 3% O₂)

** - dotyczy jednostek znajdujących się na terenach, na których nie są dotrzymywane standardy jakości powietrza wg Dyrektywy CAFE [6]

W przypadku dużych kotłów obecna wielkość emisji dwutlenku siarki jest około dwa i pół razy większa od limitu z projektu dyrektywy MCP [2]. Najpopularniejsze typy kotłów będą musiały zostać wyposażone w instalacje odsiarczania o minimalnej sprawności 60%. Jeśli chodzi o emisję pyłów z dużych źródeł, to jest ona około dziesięciokrotnie większa od planowanej w Dyrektywie, w tym wypadku konieczne będzie zainstalowanie układów odpylania o sprawności na poziomie 90%. Jedynie w przypadku emisji tlenków azotu obecne średnie poziomy emisji osiągają poziom niższy od proponowanego w Dyrektywie MCP. W przypadku paliw gazowych i płynnych stanowiących 12% mocy zainstalowanej, problemem będzie dotrzymanie standardów w zakresie NO_x, jeśli dana jednostka znajdzie się na obszarze, który nie spełnia norm dyrektywy CAFE, wtedy konieczna będzie redukcja tych emisji o około połowę do poziomu 70 mg/Nm³. Standardy emisji NO_x dla turbin gazowych i silników tłokowych są jeszcze bardziej restrykcyjne. Dotrzymanie tych poziomów będzie wymagało wykorzystania zaawansowanych metod katalitycznego odazotowania spalin a nie będzie możliwe poprzez zapobieganie powstawania tlenków (metody wtórne) [2].

3 ANALIZA MOŻLIWOŚCI SPEŁNIENIA DYREKTYWY MCP PRZEZ WYBRANE CIEPŁOWNIE

Analizie zdecydowano się poddać dwa obiekty zlokalizowane w województwie śląskim, powiecie bieruńsko-lędzińskim: Zakład Ciepłowniczy „Ziemowit” w Łędzinach oraz Kotłownię Mleczarni Danone w Bieruniu. Parametry kotłów pracujących w ramach ww. obiektów, poddanych analizie, przedstawiono w Tablicach 4 i 5. W Tablicy 6 zestawiono natomiast wyniki pomiarów emisji zanieczyszczeń do powietrza z analizowanych instalacji, przeprowadzonych w roku 2014 przez akredytowane laboratoria. Z kolei na Rys. 1–3 wyniki te zostały porównane z obecnie obowiązującymi standardami emisyjnymi i wymogami projektowanej Dyrektywy MCP.

Jak wynika z przedstawionego porównania wyników przeprowadzonych pomiarów ze standardami emisyjnymi obecnie obowiązującymi w Polsce i zawartymi w projekcie Dyrektywy MCP, spośród analizowanych obiektów problemy z dotrzymaniem zaostrzonych standardów emisyjnych mogą mieć przede wszystkim instalacje kotłów węglowych WR-10 w Zakładzie Ciepłowniczym w Łędzinach w zakresie SO₂ (obydwa badane kotły) oraz pyłu (kocioł nr 1, wyposażony tylko w mechaniczne odśrodkowe urządzenia odpylające).

W przypadku kotłów eksploatowanych na terenie Kotłowni Mleczarni Danone w Bieruniu, kotły opalane gazem ziemnym gwarantują dotrzymanie zarówno aktualnie obowiązujących jak i przyszłych standardów emisyjnych, natomiast kocioł opalany olejem opałowym aktualnie nie spełnia zapisów Dyrektywy MCP w zakresie dopuszczalnej emisji NO_x, ale przekroczenie to jest niewielkie.

Tablica 4: Charakterystyka badanych instalacji Zakładu Ciepłowniczego w Łędzinach [7]

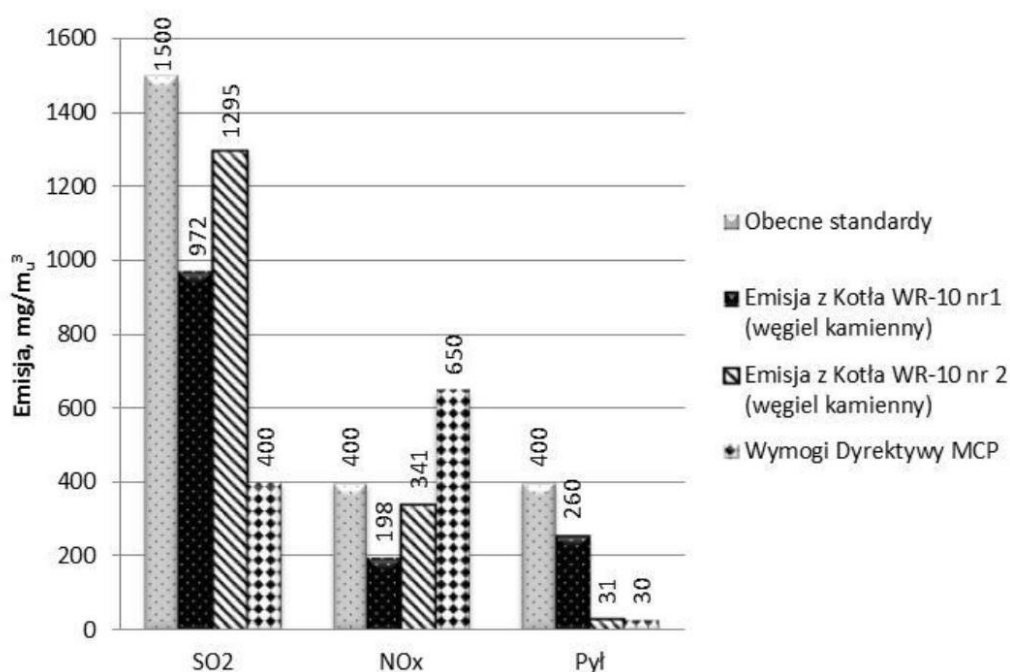
Typ i nr kotła:	Kocioł typu WR-10 nr 1	Kocioł typu WR-10 nr 2
Rok budowy kotła:	1976	1976
Paliwo:	Węgiel kamienny	Węgiel kamienny
Moc cieplna:	14,5 MW	11,6 MW
Rodzaj paleniska	Ruszt mechaniczny	Ruszt mechaniczny
Charakterystyka stosowanych urządzeń oczyszczających gazy odlotowe	Odpylacz wstępny typu MOS-10 (2×5), bateria cyklonów, instalacja odsiarczania spalin.	Odpylacz wstępny typu MOS-12 (6×2), filtr tkaninowy, instalacja odsiarczania spalin.
Wysokość emitora:	120 m	120 m
Data wykonania pomiarów:	11.04.2014 r.	14.02.2014 r.
Obciążenie kotła w czasie wykonywania pomiarów:	45%	60%

Tablica 5: Charakterystyka badanych instalacji Kotłowni Mleczarni Danone w Bieruniu [8]

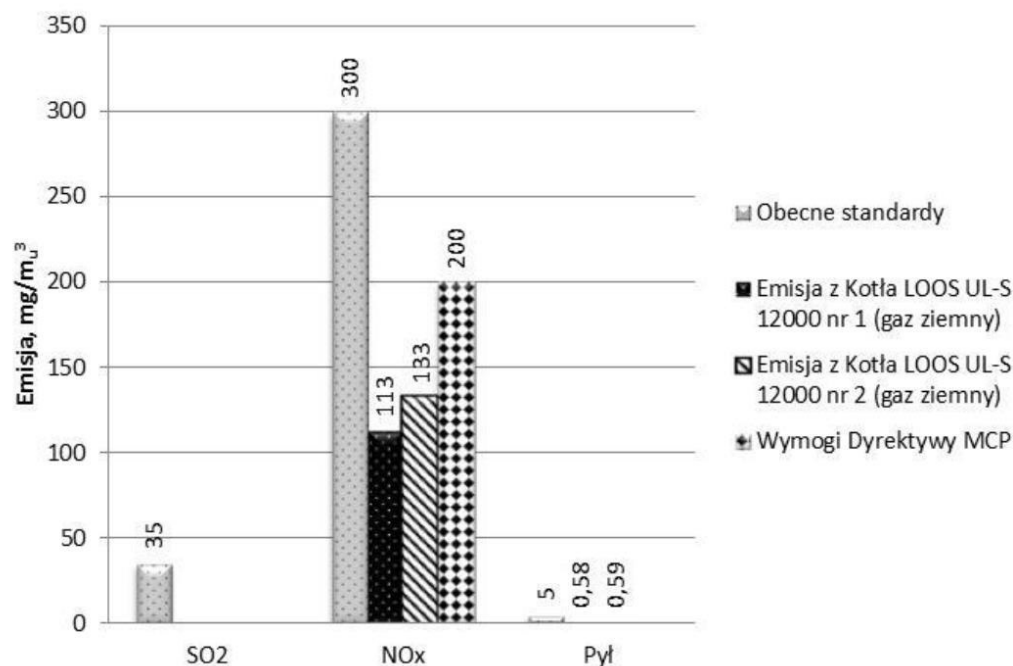
Typ i nr kotła:	Kocioł LOOS UL-S 12000 nr 1	Kocioł LOOS UL-S 12000 nr 2	Kocioł LOOS UL-S 12000 nr 3
Rok budowy kotła:	1995	1995	1995
Paliwo:	Gaz ziemny GZ50	Gaz ziemny GZ50	Olej opałowy
Moc cieplna:	7,8 MW	7,8 MW	7,8 MW
Charakterystyka stosowanych urządzeń oczyszczających gazy odlotowe	Brak	Brak	Brak
Wysokość emitora:	120 m	120 m	120 m
Data wykonania pomiarów:	19.09.2014 r.	19.09.2014 r.	19.09.2014 r.
Obciążenie kotła w czasie wykonywania pomiarów:	65%	65%	65%

Tablica 6: Wyniki pomiarów emisji zanieczyszczeń do powietrza z badanych instalacji

Typ i nr kotła – lokalizacja (spalane paliwo)	Stężenie w emitowanych gazach, mg/m ³ _u			Zawartość tlenu w spalinach [%]	Źródło
	SO ₂	NO _x (NO ₂)	Pył ogółem		
Kocioł WR-10 nr 1 – Łędziny (węgiel kamienny)	971,5	197,7	259,5	6	[9]
Kocioł WR-10 nr 2 – Łędziny (węgiel kamienny)	1294,9	341,1	31,1	6	[7]
Kocioł LOOS UL-S 12000 nr 1 – Bieruń (gaz ziemny)	n.w.	113,1	0,58	3	[8]
Kocioł LOOS UL-S 12000 nr 2 – Bieruń (gaz ziemny)	n.w.	133,0	0,59	3	[8]
Kocioł LOOS UL-S 12000 nr 3 – Bieruń (olej opałowy)	22,3	213,5	1,95	3	[8]



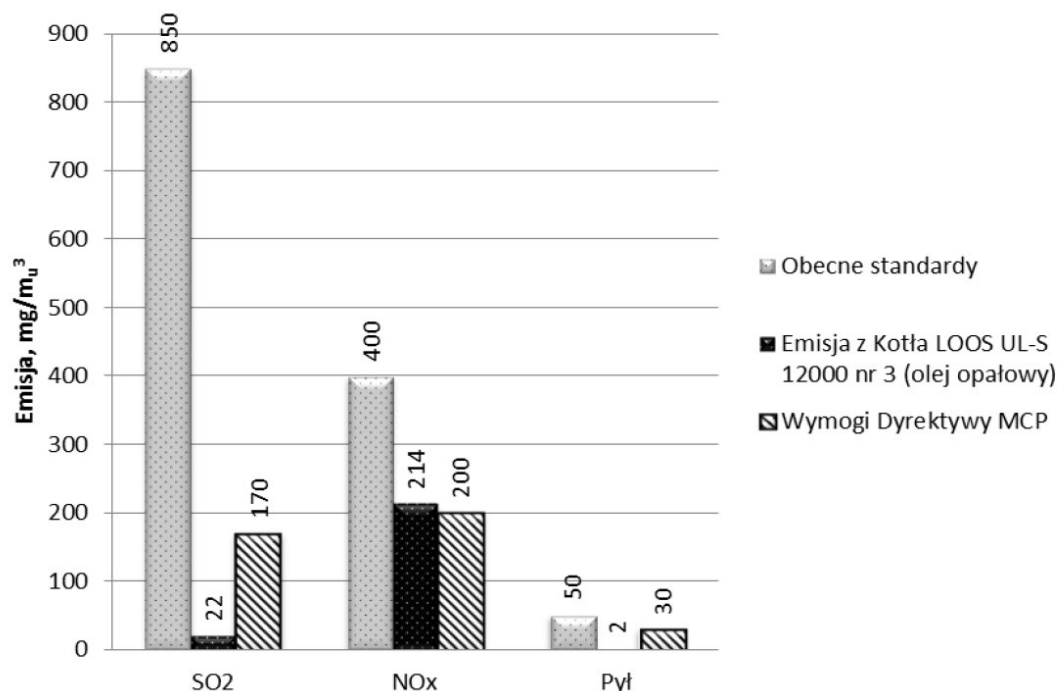
Rysunek 1: Porównanie wyników pomiarów emisji z Zakładu Ciepłowniczego w Łędzinach (kotły WR-10 nr 1 i 2 opalane węglem kamiennym) z obecnie obowiązującymi standardami emisyjnymi i wymogami projektowanej Dyrektywy MCP



Rysunek 2: Porównanie wyników pomiarów emisji z Kociołni Mleczarni Danone w Bieruniu (kotły LOOS UL-S 12000 nr 1 i 2 opalane gazem ziemnym) z obecnie obowiązującymi standardami emisyjnymi i wymogami projektowanej Dyrektywy MCP

Wprowadzenie nowych regulacji prawnych dla kotłów średniej mocy będzie pociągać za sobą wyraźne obniżenie standardów emisyjnych SO₂ i pyłu ogółem oraz pewne złagodzenie standardów emisyjnych NO_x dla źródeł istniejących. A zatem należy się liczyć z koniecznością ograniczenia emisji do powietrza z tego typu źródeł SO₂ i pyłu w przypadku instalacji niegwarantujących dotrzymania zaostorzonych standardów w zakresie tych substancji. Rekomendowaną metodą oczyszczania spalin dla kotłów węglowych jest sucha instalacja odsiarczania spalin wraz z filtrem workowym. W Tabelicy 7 przedstawiono szacunkowe koszty tego typu instalacji dla kotła o mocy 11,6 MW. Nowo budowane instalacje będą musiały

spełniać także nieco ostrzejsze standardy emisyjne NO_x oraz bardzo zaostrzone standardy emisyjne pyłu ogółem (Tablica 1), stąd w Tablicy 7 zamieszczono także informację o kosztach zasto-sowania instalacji niekatalitycznego odazotowania spalin (SNCR).



Rysunek 3: Porównanie wyników pomiarów emisji z Kotłowni Mleczarni Danone w Bieruniu (kocioł LOOS UL-S 12000 nr 3 opalany olejem opałowym) z obecnie obowiązującymi standardami emisyjnymi i wymogami projektowanej Dyrektywy MCP

Tablica 7: Zestawienie całkowitych nakładów inwestycyjnych na instalację odsiarczania spalin metodą suchą i odpylanie przy użyciu filtrów workowych oraz odazotowanie spalin przy użyciu metody SNCR w mln zł [2]

Moc kotła	Odsiarczanie spalin metodą suchą i filtr workowy		Odazotowanie spalin metodą SNCR		Odazotowanie (SNCR), odsiarczanie suche i filtr workowy	
	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
11,6 MW	1,95	3,11	0,8	1,2	2,8	4,3

Dodatkowo należy pamiętać, że na koszty inwestycyjne składają się także: wymiana filtrów workowych (średnio co 5 lat), koszt filtrów (niezależnie od mocy) – ok. 6400 zł/MW, koszt energii elektrycznej zużytej przez wentylator oraz koszty eksploatacji instalacji odsiarczania (woda, energia elektryczna, reagent) [2].

4 PODSUMOWANIE

Jednym z zadań projektowanej Dyrektywy MCP, dotyczącej tzw. średnich obiektów energetycznego spalania (o mocy od 1 do 50 MW) jest wyrównanie wymagań między źródłami najmniejszymi, podlegającymi Dyrektywie IED (o mocy powyżej 50 MW) i źródłami największymi, które jej nie podlegają (o mocy do 50 MW) [3].

Zgodnie z przeprowadzonymi powyżej analizami, problem wprowadzenia Dyrektywy MCP dotknie głównie istniejące kotły węglowe, dla których konieczna będzie istotna redukcja emisji pyłu i SO₂, zwłaszcza w przypadku niestosowania w chwili obecnej do oczyszczania spalin z tych kotłów wysokosprawnych instalacji odpylania i odsiarczania spalin. Wielkość nakładów inwestycyjnych, dzięki którym możliwe będzie dostosowanie tego typu obiektów energetycznego spalania paliw do wymogów Dyrektywy MCP, zależy od mocy instalacji.

Z analiz przeprowadzonych przez Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej wynika, że dla najmniejszych jednostek (1-2 MW) tam, gdzie jest to możliwe, niezbędne będzie przejście na gaz ziemny [2]. W przypadku braku takiej możliwości, praktycznie nie będzie możliwe dostosowanie się do wymogów MCP dla takich instalacji. Dla obiektów dużych konieczne będzie zastosowanie zaawansowanej technologii odsiarczania spalin (np. metoda półsucha), a dla największych dobrym rozwiązaniem może okazać się metoda mokra, która wymaga budowy osobnej instalacji. Z kolei nowym obiektom energetycznego spalania proponuje się budowę kotła fluidalnego zamiast rusztowego za względu na tańsze i łatwiejsze odsiarczanie spalin [2].

Celem wdrożenia Dyrektywy MCP jest poprawa jakości powietrza, jednak będzie to w znacznym stopniu oddziaływać na gospodarkę. Koszty koniecznych inwestycji środowiskowych, zarówno dla istniejących jak i nowych obiektów, przełożą się na cenę ciepła. Konieczność wykonania tego typu inwestycji obniży możliwości inwestycyjne przedsiębiorstw, a zatem przesunie w czasie ewentualną przebudowę ciepłowni na elektrociepłownię [2]. Z drugiej strony istotnie wpłynie to na unowocześnienie instalacji i obniży ich wpływ na jakość powietrza, co stanowi główny cel wdrożenia Dyrektywy MCP.

LITERATURA

- [1] Air quality in Europe – 2013 report; European Environment Agency, September 2013.
- [2] Analiza wpływu projektowanej Dyrektywy, w sprawie emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich źródeł spalania, na sytuację i koszty działalności sektora ciepłowniczego w Polsce, na bazie przedsiębiorstw zrzeszonych i Izbie Gospodarczej Ciepłownictwo Polskie; Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2014 (praca niepublikowana).
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszo powietrza dla Europy (Dyrektywa CAFE).
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/WE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (Dyrektywa IED).
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania (Dyrektywa MCP – projekt z dnia 27.06.2014).
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz. U. z 7 listopada 2014 r., poz. 1546).
- [7] Sprawozdanie z badań – pomiary emisji substancji do powietrza – Zakład Ciepłowniczy w Łędzinach; Przedsiębiorstwo Badań i Ekspertyz Środowiska, kwiecień 2014.
- [8] Sprawozdanie z okresowych pomiarów emisji substancji do powietrza; EkoNorm, wrzesień 2014.
- [9] Sprawozdanie z pomiarów emisji pyłowo-gazowej z układu oczyszczania spalin kotła WR-10 nr 2 w Zakładzie Ciepłowniczym w Łędzinach; EKOPOMIAR, luty 2014.