

OCENA ODDZIAŁYWANIA NA JAKOŚĆ POWIETRZA SPALARNI OSADÓW ŚCIEKOWYCH W KRAKOWIE I ŁODZI

Katarzyna Myślińska

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
II stopień, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
I stopień, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
e-mail: k.i.myslinska@gmail.com

Promotor: *dr inż.* Robert Oleniacz

1 WSTĘP

Ze względu na rosnącą liczbę wysokoefektywnych oczyszczalni ścieków gospodarka osadami w Polsce staje się co raz istotniejszym problemem. Obecnie istnieje 11 zakładów termicznego przekształcania osadów ściekowych [1, 14, 26]. Siedem z nich bazuje na technologii fluidalnej, natomiast cztery pozostałe wykorzystują w tym celu piece rusztowe.

Prowadzone dotychczas w Polsce badania koncentrowały się głównie na najstarszej z krajowych spalarni osadów, tj. Gdyni – Dębogórze [8, 10, 25]. Zainteresowanie problematyką spalania osadów ściekowych jednak stale wzrasta, co przejawia się w rosnącej liczbie publikacji oraz konferencji naukowych na temat doświadczeń eksploatacyjnych tego typu obiektów [9, 20]. Wiele publikacji, tak polskich jak i zagranicznych, wskazuje, że głównym problemem tego typu obiektów jest emisja kwaśnych gazów, takich jak SO₂, NO_x, HCl i HF, a także metali ciężkich, dioksyn i furanów. W toku badań wykazano, że dzięki zachowaniu odpowiednich parametrów procesu, a także zastosowaniu właściwie dobranych urządzeń ochrony powietrza, emisja tych substancji ze spalarni osadów jest znacznie niższa niż wynikająca z regulacji prawnych danego państwa [5, 11, 24]. Większość dotychczas wykonanych analiz skupia się jednak wyłącznie na emisji zanieczyszczeń, bez uwzględniania ich rozprzestrzeniania się w powietrzu. Oceny oddziaływania na środowisko dla tego typu obiektów, zawierające mapy dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze, sporządzane są zwykle jeszcze przed ich powstaniem, przez co obliczenia te wykonywane są w oparciu o wartości standardów emisyjnych, przy uwzględnieniu maksymalnego projektowanego czasu pracy instalacji [15].

W niniejszej pracy przedstawiono ocenę spełniania standardów emisyjnych oraz oddziaływania na jakość powietrza dla dwóch spalarni osadów ściekowych, uruchomionych w Polsce w latach 2009-2010 (w Krakowie i Łodzi), z wykorzystaniem rzeczywistych danych o emisjach z tych obiektów za lata 2012-2013. Uzyskane wyniki odzwierciedlają zatem realny wpływ badanych instalacji na jakość powietrza oraz umożliwiają wzajemne porównanie ich uciążliwości. Dotychczasowe publikacje prezentujące ocenę wpływu na jakość powietrza spalarni odpadów funkcjonujących w Polsce dotyczyły głównie spalarni odpadów przemysłowych i niebezpiecznych oraz medycznych i komunalnych [16-18].

2 CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ

Obiektami badań były: Stacja Termicznej Utylizacji Osadów w Oczyszczalni Ścieków Płaszów II w Krakowie (gdzie pracuje jedna linia technologiczna) oraz Instalacja Termicznego Przekształcania Osadów w Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi (gdzie czynne są dwie linie technologiczne). Zarówno instalacja w Krakowie, jak i w Łodzi działają w systemie spalania osadów PYROFLUID® firmy Veolia Water Systems Sp. z o.o. [1, 4].

2.1 Stacja Termicznej Utylizacji Osadów (STUO) w Krakowie

Oczyszczalnia Ścieków „Płaszów” to oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna z podwyższonym usuwaniem fosforu. Końcowym procesem oczyszczania biologicznego jest sedimentacja w osadnikach wtórnych. Powstające osady są poddawane procesowi fermentacji metanowej w warunkach mezofilowych, w wyniku czego powstają przefermentowane osady ściekowe o uwodnieniu 95-98% oraz biogaz. Do przefermentowanych osadów dawkowany jest koagulant żelazowy oraz polielektolit, po czym następuje odwadnianie mechaniczne osadów na prasach taśmowych do uwodnienia 74-80%. Odwodnione osady ściekowe o kodzie odpadów 19 08 05 są przekazywane do Stacji Termicznej Utylizacji Osadów (STUO), prowadzącej unieszkodliwianie ustabilizowanych osadów ściekowych w procesie D10 [13, 26].

Instalacja termicznego przekształcania osadów składa się z jednej linii technologicznej, w skład której wchodzi m.in.: węzeł podsuszania osadów, węzeł spalania, system odzysku ciepła, system oczyszczania spalin, system monitoringu procesu i spalin, system sterowania, system magazynowania i transportu, węzeł zestalania odpadów niebezpiecznych [6].

W pierwszym etapie osady są podsuszane za pomocą pary nasyconej będącej źródłem ciepła. Podsuszanie odbywa się do osiągnięcia 36% suchej masy w osadzie, co daje możliwość prowadzenia procesu ich dalszego spalania w sposób autotermiczny. Termiczne przekształcanie osadów zachodzi w piecu fluidalnym PYROFLUID® R56. Proces ten bazuje na zjawisku fluidyzacji, w którym materiał inerty (w tym przypadku piasek o średnicy 0,5-2 mm) jest wprowadzany za pomocą skierowanego od dołu strumienia powietrza w stan fluidyzacji, tj. zawieszenia. Złoże fluidalne zachowuje się jak wrząca ciecz o prawie poziomej powierzchni. Dzięki odpowiednim warunkom prowadzenia procesu możliwe jest równomierne rozprowadzenie całego strumienia doprowadzonego powietrza na powierzchni przekroju poprzecznego reaktora, zapewnienie właściwego wymieszania piasku i optymalnego kontaktu między utylizowanym medium a doprowadzanym powietrzem.

W STUO w Krakowie ze względu na charakter powstających odpadów zastosowano suchą metodę oczyszczania spalin, nie powodującą zbędnych strat energii, obejmującą następujące elementy: wtrysk powietrza chłodzącego, multicyklon i elektrofiltr, system suchego odsiarczania spalin (dozowanie suchego wodorowęglanu sodu), układ dozowania węgla aktywnego, filtr workowy do usuwania popiołów i zanieczyszczeń wtórnych. Oczyszczone spaliny odprowadzane są do powietrza poprzez komin o wysokości ok. 26 m.

Zakładana maksymalna wydajność STUO w Krakowie wynosi 291 Mg/dobę (tj. ok. 64 Mg s.m./dobę). Rozruch instalacji nastąpił w 2010 r., w związku z czym rok 2011 był pierwszym pełnym rokiem jej pracy. W tym czasie utylizacji poddano 65 887 ton osadu, z których wytworzono 4 913 ton odpadów. Całość odpadów po termicznej utylizacji została przekazana do dalszego zagospodarowania [26].

2.2 Instalacja Termicznego Przekształcania Osadów (ITPO) w Łodzi

System oczyszczania ścieków Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi składa się również z części mechanicznej (obejmującej komorę wlotową, kraty rzadkie i gęste, piaskowniki i osadniki wstępne) oraz biologicznej (obejmującej komory osadu czynnego – defosfatacji, denitryfikacji i nityfikacji) [7, 21]. Powstające w procesach oczyszczania ścieków

osady wstępne i wtórne poddawane są trójetapowej obróbce: zagęszczaniu, fermentacji oraz odwadnianiu. Odwodnione osady suszone są wstępnie do zawartości 30-32% s.m., a później poddawane są unieszkodliwianiu termicznemu.

Instalacja Termicznego Przekształcania Osadów (ITPO) w Łodzi składa się z dwóch linii technologicznych, w skład której wchodzi m.in.: węzeł poduszania osadów, węzeł termicznego przekształcania osadów, system odzysku ciepła, system oczyszczania spalin, system monitoringu procesu i spalin wraz z systemem sterowania, system magazynowania i transportu, instalacje pomocnicze. W węźle poduszania osad o zawartości suchej masy 20– 22% suszony jest do zawartości suchej masy w granicach 30-32%, co pozwala na prowadzenie procesu bez dostarczania dodatkowego paliwa (autotermicznie). Podstawowym elementem systemu jest piec fluidalny PYROFLUID® typ R43. System odzysku ciepła realizowany jest dwuetapowo. W pierwszej fazie następuje odzysk ciepła ze spalin pieca fluidalnego, a w drugiej zamknięty obieg pary i kondensatu. Spaliny wychodzące z pieca są poddawane wielofazowemu procesowi oczyszczania metodą suchą, który dla każdej z linii składa się z następujących etapów: chłodzenie spalin, odpylenie w baterii cyklonów, wtrysk węgla aktywnego do spalin, odpylenie końcowe w filtrze workowym. Oczyszczone gazy odlotowe z poszczególnych linii kierowane są do osobnych kominów o wysokości 25 m [7, 13].

W 2012 r. w ITPO w Łodzi unieszkodliwiono ok. 60 839 Mg osadu odwodnionego i 468,66 Mg skratek, a w 2013 r. – 42 649 Mg osadu odwodnionego i 114,23 Mg skratek [7].

3 OCENA WIELKOŚCI EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ DO POWIETRZA

Badane obiekty zostały ocenione pod względem dotrzymywania standardów emisyjnych, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 roku w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [23]. Ocenę przeprowadzono za lata 2012-2013 z uwzględnieniem wyników przeprowadzonych pomiarów ciągłych i okresowych [13].

3.1 STUO w Krakowie

Na podstawie analizy stężeń średniodobowych przeprowadzonej dla STUO w Krakowie dla roku 2012 stwierdzono jednokrotne przekroczenie 24-godzinne standardu emisyjnego w przypadku pyłu ogółem. Dopuszczalne stężenia 24-godzinne dla pozostałych substancji zostały dotrzymane. Standardy emisyjne 30-minutowe (limit A) określone dla pyłu zostały przekroczone 9-krotnie, dla całkowitego węgla organicznego (TOC) 8-krotnie, dla fluorowodoru (HF) 9-krotnie, a dla dwutlenku siarki (SO₂) jednokrotnie. Łączny czas zakłóceń powodujących przekroczenia standardów emisyjnych w roku kalendarzowym 2012 wyniósł 37,5 godzin, a więc jest on mniejszy niż dopuszczalny w tym zakresie limit 60 godzin określony w Rozporządzeniu [23]. Porównanie stężeń półgodzinnych ze standardami emisyjnymi 30-minutowymi tlenku węgla (CO), określonymi jako limit A, wykazało brak przekroczeń standardu emisyjnego w analizowanym roku. Z powodu braku dostępu do odpowiednich danych z monitoringu ciągłego nie było możliwe stwierdzenie dotrzymania standardów emisyjnych określonych jako limit B. Jak wynika z kolei z rutynowych pomiarów okresowych, wykonywanych w celu zbadania emisji metali ciężkich oraz dioksyn i furanów, zawartość tych substancji w spalinach emitowanych do powietrza z analizowanej spalarni jest od kilku do kilkuset razy niższa od odpowiedniego standardu emisyjnego. W roku 2013 czas pracy STUO w Krakowie wyniósł 6489 godzin. W tym okresie nie stwierdzono żadnych przekroczeń standardów emisyjnych.

3.2 ITPO w Łodzi

Analogiczna analiza spełniania standardów emisyjnych, przeprowadzona dla ITPO w Łodzi wykazała, że w roku 2012 w przypadku z linii technologicznej nr 1 nastąpiło 4-krotne niedotrzymanie dopuszczalnego 24-godzinnego standardu emisyjnego SO₂. Przekroczenia limitu A dla średnich 30-minutowych dla tej linii wystąpiły w przypadku czterech substancji (pyłu, TOC, HF oraz SO₂). Standardy emisyjne określone jako limit B dla linii nr 1 w 2012 r. były dotrzymane dla wszystkich substancji w wyjątkiem SO₂. Przekroczenie 30-minutowego standardu emisyjnego SO₂ dla tej linii odnotowane zostało aż 1193 razy w ciągu roku, co stanowi 10,6% wszystkich ważnych pomiarów. Dopuszczalna liczba przekroczeń dla tej substancji wynosiła 337, co oznacza, że standard emisyjny 30-minutowy nie został dotrzymany. W odniesieniu do CO standardy emisyjne określone jako limit A dla linii nr 1 zostały przekroczone, jednak określone jako limit B były dotrzymane. Wyniki okresowych pomiarów stężeń metali ciężkich w emitowanych gazach w analizowanym okresie wykazały, że ich zawartość w tych gazach jest niewielka i spełnia standardy określone w Rozporządzeniu [23].

W roku 2012 linia technologiczna nr 2, pracująca 6325,5 godziny, wykazała:

- przekroczenie 30-minutowego standardu emisyjnego SO₂, odnotowane 553 razy w ciągu roku, co stanowi 4,34% wszystkich ważnych pomiarów, a więc powoduje niedotrzymanie stężeń określonych jako limit B dla tej substancji,
- sporadyczne przekroczenia standardów 30-minutowych (limit A) dla pyłu (14 razy), HF i SO₂ (1 raz), oraz CO (3 razy), przy czym przekroczenia te wystąpiły w warunkach odbiegających od normalnych, tj. w trakcie rozruchu pieca po jego uprzednim zatrzymaniu,

Pozostałe standardy emisyjne dla linii nr 2 zostały spełnione.

W roku 2013 funkcjonowanie linii technologicznej nr 1 nie budziło zastrzeżeń. Wszystkie stężenia określone za pomocą monitoringu ciągłego spełniały standardy emisyjne dla tego typu instalacji, wyjątkiem jednokrotnego epizodu przekroczenia stężenia CO, określonego jako limit A, spowodowanego rozruchem instalacji po wcześniejszym zatrzymaniu pieca. Z kolei analiza emisji zanieczyszczeń z linii technologicznej nr 2 w ITPO w Łodzi w roku 2013 wykazała: 7-krotne przekroczenie standardu emisyjnego pyłu, określonego jako limit A (średnie 30-minutowe), jednokrotne przekroczenie analogicznego standardu emisyjnego NO_x, związane z sytuacją rozruchu pieca (łączny czas przekroczeń tego standardu wyniósł 4 godziny w ciągu roku) i jednokrotne niedotrzymanie standardu emisyjnego CO, określonego jako limit A (podczas ponownego uruchamiania instalacji).

Wyniki okresowych pomiarów emisji metali ciężkich oraz dioksyn i furanów do powietrza z obydwu linii spalania w latach 2012-2013 nie wykazały przekroczeń poziomów dopuszczalnych [13].

4 OCENA WPLYWU NA JAKOŚĆ POWIETRZA

Ocena wpływu badanych spalarni na jakość powietrza przeprowadzono zgodnie z referencyjną metodyką modelowania poziomów substancji w powietrzu [3, 22].

W obliczeniach tych uwzględniono:

- średni współczynnik aerodynamicznej szorstkości terenu wokół analizowanych spalarni, określony na poziomie 1,2 m w przypadku STUO w Krakowie oraz 0,55 m w przypadku ITPO w Łodzi,
- reprezentatywny okres pracy badanych obiektów, charakteryzujący się mniejszym sumarycznym czasem przestojów instalacji (rok 2012 w przypadku ITPO w Łodzi i rok 2013 w przypadku STUO w Krakowie),
- maksymalne i średnie emisje dobowe w sezonie zimowym oraz letnim dla poszczególnych substancji, dla których prowadzone są pomiary ciągłe,

- średnie emisje metali ciężkich oraz dioksyn i furanów (PCDD/Fs) wynikające z przeprowadzonych pomiarów okresowych,
- grupy jednoczesności emisji określone dla obydwu emitatorów ITPO w Łodzi.

Obliczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu wykonano dla 16 substancji (PM10, SO₂, NO₂, CO, HCl, HF jako fluor, NH₃, TOC, kadm, ołów, chrom, miedź, nikiel, mangan, rtęć oraz PCDD/Fs) z wykorzystaniem oprogramowania EK100W (Atmoterm). Obliczono m.in. występujące w powietrzu przy powierzchni terenu maksymalne stężenia 1-godzinne (S₁), 99,8 lub 99,726 percentyl ze stężeń 1-godzinnych w okresie roku (S_{99,8/99,726}) oraz stężenia średnioroczne (S_a). Maksymalne wartości z tych stężeń uzyskane w przyjętej siatce obliczeniowej dla wybranych substancji przedstawiono w Tablicach 1 i 2, w których zostały one ponadto odniesione do odpowiednich wartości odniesienia: 1-godzinnych (D₁) i średniorocznych (D_a) [22]. W tablicach tych pominięto substancje występujące w emitowanych gazach w bardzo małych stężeniach lub poniżej dolnej granicy oznaczalności stosowanych metod pomiarowych, gdyż nie były one w związku z tym uwzględniane w ocenie wpływu na jakość powietrza z danej spalarni.

Tablica 1: Najwyższe wartości ze stężeń maksymalnych 1-godzinnych (S_{1max}), 99,8 lub 99,726 percentyla ze stężeń substancji uśrednionych w czasie 1 godziny (S_{99,8} / S_{99,726 max}) oraz stężeń średniorocznych (S_{a max}) powodowane w powietrzu przez STUO w Krakowie w 2013 r.

Substancja	Jednostka	S _{1 max}		S _{99,8} / S _{99,726 max} *		D ₁ [22]	S _{a max}		D _a [22]
		Wartość	%D ₁	Wartość	%D ₁		Wartość	%D _a	
PM10	µg/m ³	0,724	0,26%	0,182	0,07%	280	0,0117	0,03%	40
SO ₂	µg/m ³	6,253	1,79%	4,199	1,20%	350	0,3189	1,60%	20
NO ₂	µg/m ³	10,08	5,04%	10,08	5,04%	200	0,7120	1,78%	40
CO	µg/m ³	1,492	0,005%	0,287	0,001%	30000	0,0090	-	-
HCl	µg/m ³	0,654	0,33%	0,066	0,03%	200	0,0048	0,02%	25
Fluor	µg/m ³	0,087	0,29%	0,039	0,13%	30	0,0025	0,12%	2
TOC	µg/m ³	0,356	-	0,077	-	-	0,0032	-	-
Kadm	ng/m ³	0,099	0,02%	0,082	0,02%	520	0,0044	0,09%	5
Ołów	ng/m ³	0,889	0,02%	0,735	0,02%	5000	0,0415	0,01%	500
Chrom	ng/m ³	3,952	0,09%	3,267	0,07%	4600	0,1452	0,04%	400
Miedź	ng/m ³	5,964	0,03%	4,931	0,02%	20000	0,2370	0,04%	600
Nikiel	ng/m ³	1,641	0,71%	1,357	0,59%	230	0,0689	0,34%	20
Mangan	ng/m ³	4,541	0,05%	3,754	0,04%	9000	0,1641	0,02%	1000
Rtęć	ng/m ³	2,599	0,37%	2,149	0,31%	700	0,0936	0,23%	40
PCDD/Fs	fgTEQ/m ³	2,946	-	2,413	-	-	0,1266	-	-

* w przypadku SO₂ percentyl S_{99,726 max}, w przypadku pozostałych substancji percentyl S_{99,8 max}

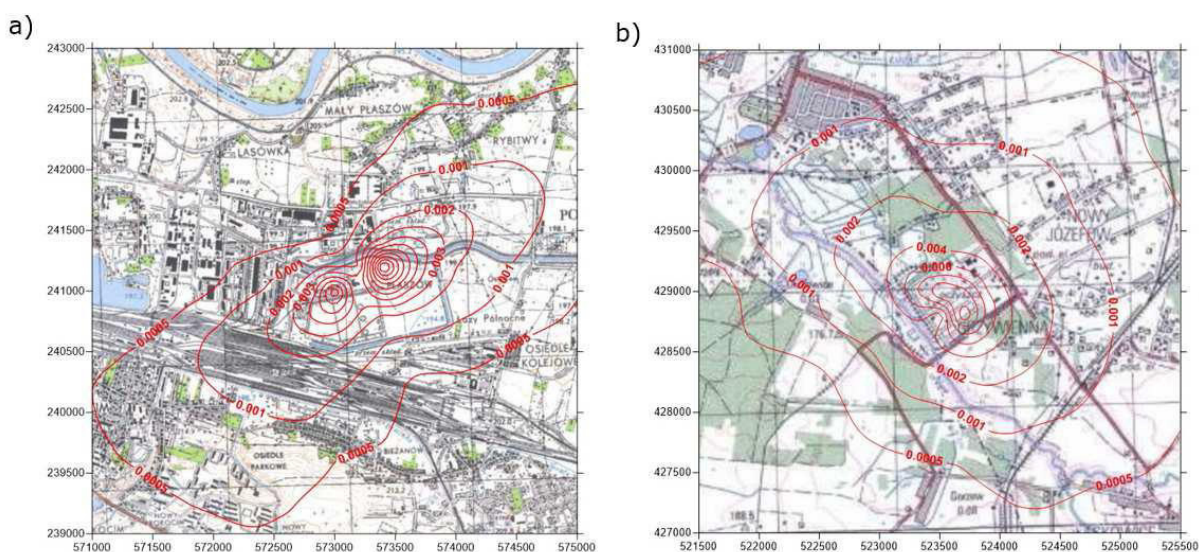
Z przedstawionych danych wynika, że obydwie analizowane spalarnie osadów ściekowych nie mają istotnego wpływu na jakość powietrza. Powodowane przez te obiekty stężenia zanieczyszczeń w powietrzu są wielokrotnie niższe od odpowiednich wartości odniesienia (D₁ i D_a). W przypadku STUO w Krakowie stosunkowo najbardziej uciążliwe spośród emitowanych substancji są NO₂ i SO₂, dla których maksymalne powodowane w powietrzu stężenia jednogodzinne i średnioroczne uzyskano na poziomie ok. 2-5% wartości odniesienia. W przypadku ITPO w Łodzi stosunkowo najwyższe wartości stężeń 1-godzinnych w powietrzu w stosunku do wartości odniesienia otrzymano dla SO₂ (maksymalnie 10,1 %D₁), NO₂ (maksymalnie 7,1 %D₁) i NH₃ (maksymalnie 5,8 %D₁). Istotne wartości stężeń średniorocznych w powietrzu stwierdzono tylko w przypadku SO₂ (maksymalnie 2,9 %D_a).

Tablica 2: Najwyższe wartości ze stężeń maksymalnych 1-godzinnych ($S_{1 \max}$), 99,8 lub 99,726 percentyla ze stężeń substancji uśrednionych w czasie 1 godziny ($S_{99,8} / S_{99,726 \max}$) oraz stężeń średniorocznych ($S_{a \max}$) powodowane w powietrzu przez ITPO w Łodzi w 2012 r.

Substancja	Jednostka	$S_{1 \max}$		$S_{99,8} / S_{99,726 \max}^*$		D_1 [22]	$S_{a \max}$		D_a [22]
		Wartość	% D_1	Wartość	% D_1		Wartość	% D_a	
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,449	1,59%	0,365	0,13%	280	0,0138	0,03%	40
SO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35,34	10,1%	13,37	3,82%	350	0,5718	2,86%	20
NO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	14,12	7,06%	5,164	2,58%	200	0,1939	0,48%	40
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	84,01	0,28%	1,844	0,01%	30000	0,0654	-	-
HCl	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,895	0,45%	0,161	0,08%	200	0,0060	0,02%	25
Fluor	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,032	3,44%	0,039	0,13%	30	0,0012	0,06%	2
TOC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	9,567	-	0,770	--	-	0,0258	-	-
NH ₃	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	23,10	5,78%	11,26	2,81%	400	0,4303	0,86%	50
Kadm	ng/m^3	0,348	0,07%	0,212	0,04%	520	0,0081	0,08%	10
Tal	ng/m^3	0,678	0,07%	0,412	0,04%	1000	0,0160	0,01%	130
Chrom	ng/m^3	14,10	0,31%	4,546	0,10%	4600	0,3480	0,09%	400
Miedź	ng/m^3	33,86	0,17%	19,80	0,10%	20000	0,7882	0,13%	600
Rtęć	ng/m^3	7,799	1,11%	0,696	0,10%	700	0,1572	0,39%	40
PCDD/Fs	fgTEQ/m^3	1,265	-	0,857	-	-	0,0344	-	-

* w przypadku SO₂ percentyl $S_{99,726 \max}$, w przypadku pozostałych substancji percentyl $S_{99,8 \max}$

Maksymalne wartości stężeń jednogodzinnych PCDD/Fs w powietrzu dla obydwu analizowanych obiektów uzyskano na poziomie niższym w porównaniu z wynikami analogicznych ocen przeprowadzonych dla spalarni odpadów medycznych w Krakowie [17] i spalarni odpadów komunalnych w Warszawie [18] oraz nieco wyższym od wyników otrzymanych dla spalarni odpadów przemysłowych i niebezpiecznych w Dąbrowie Górniczej [16]. Na podstawie wykonanych obliczeń możliwe było też sporządzenie map przestrzennych rozkładów stężeń zanieczyszczeń w powietrzu. Przykładowe przestrzenne rozkłady stężeń średniorocznych pyłu zawieszonego PM10, SO₂ i NO₂ w powietrzu w obrębie obszarów obliczeniowych przyjętych dla poszczególnych spalarni przedstawiono na Rys. 1-3.



Rysunek 1: Przestrzenne rozkłady stężeń średniorocznych pyłu zawieszonego PM10 w powietrzu przy powierzchni terenu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] otrzymane dla STUO w Krakowie (a) i ITPO w Łodzi (b)

godzinnymi NO₂ oraz HF w porównaniu z ITPO w Łodzi. Z kolei w ITPO w Łodzi stwierdzono większe niż w przypadku STUO w Krakowie stężenia SO₂ i TOC.

Zarówno w STUO w Krakowie, jak i w ITPO w Łodzi w latach 2012-2013 wystąpiły okresowo podwyższone emisje do powietrza pyłu, HF, TOC i SO₂, przewyższające wartości standardów emisyjnych. Wynikające najczęściej z pracy instalacji w warunkach odbiegających od normalnych (tj. podczas rozruchów po uprzednim zatrzymaniu instalacji lub awarii urządzeń oczyszczających gazy odlotowe). W STUO w Krakowie przekroczenia te mieściły się jednak w zakresie dopuszczanej liczby godzin w roku, natomiast w ITPO w Łodzi ponadnormatywne emisje SO₂ w roku 2012 wystąpiły zbyt często (w przypadku linii technologicznej nr 1 – przez ok. 10% czasu jej pracy w roku, w przypadku linii nr 2 – przez ok. 4% czasu jej pracy w roku). Jak wynika z kolei z okresowych pomiarów emisji do powietrza metali ciężkich oraz dioksyn i furanów, prowadzonych dwa razy do roku, standardy emisyjne określone dla tych substancji w obydwu badanych instalacjach były każdorazowo dotrzymywane.

Mimo występowania okresowo podwyższonych emisji zanieczyszczeń do powietrza oraz odprowadzania gazów odlotowych poprzez stosunkowo niskie emitory (25-26 m), wpływ rozpatrywanych spalarni na jakość powietrza w ocenianym okresie można uznać za bardzo mały. Stężenia jednogodzinne i średnioroczne powodowane przez te spalarnie w powietrzu przy powierzchni terenu, dla wszystkich rozpatrywanych substancji otrzymano na poziomie wielokrotnie niższym od odpowiednich wartości odniesienia (poziomów dopuszczalnych). Stosunkowo najbardziej uciążliwymi substancjami w przypadku obydwu analizowanych obiektów są NO₂ i SO₂. Powodowane przez nie maksima stężeń 1-godzinnych tych substancji w powietrzu wynoszą ok. 2-5% odpowiednich poziomów dopuszczalnych w przypadku STUO w Krakowie i ok. 7-10% odpowiednich poziomów dopuszczalnych w przypadku ITPO w Łodzi. Najwyższe stężenia średnioroczne NO₂ i SO₂ w powietrzu otrzymano z kolei na poziomie ok. 0,5-3% poziomów dopuszczalnych w zależności od instalacji i substancji. Maksima te w każdym przypadku koncentrują się w pobliżu danej spalarni, a więc na terenie oczyszczalni ścieków.

LITERATURA

- [1] Biedrzycka, A., Utylizacja osadów ściekowych. Złoże fluidalne Pyrofluid – kompleksowe rozwiązanie problemu przeróbki osadów, *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, nr 6-7, s. 20-22, 2008.
- [2] Bień, J., Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 15(4), s. 439-449, 2012.
- [3] Bogacki, M. i Oleniacz, R., Referencyjna metodyka modelowania poziomów substancji w powietrzu na tle innych modeli obliczeniowych, *Inżynieria Środowiska*, 9(1), s. 35-45, 2004.
- [4] Chodur, M., Aplikacje pieca fluidalnego do utylizacji wszelkich typów odpadów powstających na komunalnej i przemysłowej oczyszczalni ścieków, *Piece Przemysłowe & Kotły*, nr 7-8, s. 34-41, 2013.
- [5] Gang, Z., Jing, H., Jiang, C., Zhiqi, C. i Mingzhong, R., Evaluation of PCDD/Fs and metals emission from a circulating fluidized bed incinerator co-combusting sewage sludge with coal, *Journal of Environmental Sciences*, 25(1), pp. 231 - 235, 2013.
- [6] Grabowski, Z., Termiczne przekształcanie osadów ściekowych na przykładzie STUO w Krakowie, IV Forum gospodarki osadami ściekowymi, Warszawa, 29 września 2011.
- [7] Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi, Dane własne, Łódź, 2014.
- [8] Jędrzejewski, C., Doświadczenia eksploatacyjne ze spalarni osadów ściekowych w Gdyni, Konferencja Naukowo-Techniczna „Termiczna mineralizacja osadu ściekowego”, Nowogród k. Łomży, 2008.

- [9] Kniotek, W., Doświadczenia technologiczne i eksploatacyjne instalacji termicznej utylizacji osadu nadmiernego w oczyszczalni ścieków w Nowym Targu, Kompleksowa gospodarka odpadami „Osady ściekowe i odpady komunalne - zagospodarowanie, spalanie i współspalanie”, Szklarska Poręba, 2002.
- [10] Krawczyk, M., Spalanie osadów ściekowych w piecu fluidalnym, II Międzynarodowa i XIII Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowe spojrzenie na osady ściekowe - odnawialne źródła energii”, Częstochowa, 3-5.02.2003.
- [11] Marani, D., Braguglia, C., Mininni, G. and Maccioni, F., Behaviour of Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, and Zn in sewage sludge incineration by fluidised bed furnace, *Waste Management*, 23, pp. 117-124, 2003.
- [12] MPWiK w Krakowie, Dane własne, Kraków, 2014.
- [13] Myślińska, K., Ocena oddziaływania na jakość powietrza spalarni osadów ściekowych w Krakowie i w Łodzi, Praca magisterska pod kierunkiem dr inż. R. Oleniacza, AGH, WGGiŚ, KKIOŚ, Kraków 2014 (praca niepublikowana).
- [14] Niesler, J. i Nadziakiewicz, J., Ocena możliwości współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych w aglomeracji śląskiej, *Piece Przemysłowe & Kotły*, nr 9-10, s. 29-41, 2013.
- [15] Oleniacz, R., Ocena oddziaływania na środowisko instalacji spalania odpadów – wybrane problemy, II Konferencja z cyklu Instrumenty Zarządzania Ochroną Środowiska nt. “Ocena oddziaływania na środowisko na szczeblu krajowym i regionalnym”, Kraków, 20-22 października 2005 r., Wyd. AGH, Kraków 2005, s. 327-335.
- [16] Oleniacz, R. i Rusztowicz, L., Wpływ dużej spalarni odpadów przemysłowych i niebezpiecznych na jakość powietrza, *Geomatics and Environmental Engineering*, 1(1), pp. 83-92, 2007.
- [17] Oleniacz, R., Impact of a large medical waste incinerator on air quality, *Polish Journal of Environmental Studies, Series of Monographs*, 2, pp. 176-182, 2010.
- [18] Oleniacz, R., Impact of the municipal solid waste incineration plant in Warsaw on air quality, *Geomatics and Environmental Engineering*, 8(4), pp. 25-42, 2014.
- [19] Pająk, T. i Niesler, J., Sukcesy i porażki zagospodarowania krajowych komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, 16(3), pp. 79-86, 2014.
- [20] Pesta, J., Procesy termicznej przeróbki osadów ściekowych na przykładzie oczyszczalni ścieków Łyna w Olsztynie, Konferencja Naukowo-Techniczna „Termiczna przeróbka osadu ściekowego - technologie proekologiczne”, Sarnówek k/Hawy, 2008.
- [21] Pomiołło, M., Oczyszczalnia ścieków w Łodzi, *BMP Ochrona Środowiska. Gospodarka Komunalna*, nr 4, s. 31-35, 2010.
- [22] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2010 Nr 16 poz. 87.
- [23] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz. U. 2011, Nr 95, poz. 558.
- [24] Saenger, M., Werther, J. and Ogada, T., NO_x and N₂O emission characteristics from fluidised bed combustion of semi-dried municipal sewage sludge, *Fuel*, 80(2), pp. 167- 177, 2001.
- [25] Sobczyk, R., Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych - krajowe doświadczenia, *Forum Eksploatatora*, nr 11/12, 2008.
- [26] Wodociągi Krakowskie, Raport roczny 2011, Kraków, 2012.