

Olga Namiecińska, Grzegorz Wielgosiński, Agata Targaszewska,
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka

Oddziaływanie emisji zanieczyszczeń ze spalarni odpadów

Spalanie odpadów jest jednym z najważniejszych i nieodzownych elementów nowoczesnego systemu gospodarowania odpadami. Ma to szczególnie istotne znaczenie w odniesieniu do odpadów komunalnych. Dążąc do osiągnięcia standardów gospodarowania odpadami obowiązujących w krajach Unii Europejskiej, również w Polsce podjęto kilka lat temu działania zmierzające do wprowadzenia spalania do systemu gospodarki odpadami. W ostatnich latach udało się wybudować 5 dużych nowoczesnych spalarni odpadów (Białystok, Bydgoszcz, Konin, Kraków, Poznań), które rozpoczęły pracę w 2016 r. Kolejna (w Szczecinie) powinna ruszyć pod koniec br. Dodając do tego funkcjonującą od 2001 r. małą spalarnię w Warszawie, powinno pozwolić to na przetwarzanie metodą termiczną około 1 mln Mg odpadów komunalnych rocznie, co stanowi tylko ok. 10% ilości odpadów komunalnych powstających w Polsce (wg danych GUS [1]). W bardziej rozwiniętych od nas krajach UE ten odsetek jest znacznie wyższy i sięga 30-50% [2].

Funkcjonujący aktualnie model gospodarki odpadami opiera się przede wszystkim na regionalnych instalacjach przetwarzania odpadów komunalnych (tzw. RIPOK-ach), którymi są instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów. W ostatnich latach powstało ich w Polsce ponad 120, a ich zdolność przerobowa sięga blisko 9 mln Mg rocznie. W instalacjach tych powstaje dziś ok. 2,5-3,5 mln Mg frakcji palnej zwanej najczęściej RDF lub pre-RDF, która od 1 stycznia 2016 r. nie może być składowana. Trwa więc przy-

miarka do budowy kolejnych instalacji, tym razem już nie spalarni zmieszanych odpadów komunalnych, ale właśnie spalarni RDF-u [3].

Nie zmienia to jednak faktu, iż niezależnie czy mówimy o spalarni zmieszanych odpadów komunalnych czy spalarni RDF-u, każdy projekt budowy takiej instalacji spotyka się ze zmasowanymi protestami. Dla protestujących nie ma żadnego znaczenia, że rośnie w kraju góra tymczasowo magazynowanego RDF-u, z którym przecież trzeba coś zrobić. Nie przyjmują oni również

do wiadomości wielokrotnie potwierdzonych faktów, że spalanie odpadów jest technologią sprawdzoną, instalacje są bezpieczne i nie są obiektami wpływającym na zanieczyszczenie środowiska w sposób znaczący. Jednym z najważniejszych argumentów przeciwników budowy spalarni jest mocno akcentowana przez nich sprawa emisji zanieczyszczeń. Wobec pogarszającego się stanu zanieczyszczenia powietrza w Polsce i alarmujących raportów Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), czy Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska (EEA)

- w powszechnym przekonaniu budowa spalarni odpadów może ten stan tylko pogorszyć. Stereotyp czarnego, gryzącego dymu z komina spalarni funkcjonuje. Postanowiono więc przeanalizować zarówno bezwzględną wielkość emisji, jak i emisję zanieczyszczeń wokół spalarni odpadów i porównać ją z emisją z podobnej wielkości (mocy) obiektami ciepłowniczymi, których ponad 300 funkcjonuje w naszym kraju. W przeważającej części są to ciepłownie i elektrociepłownie wyposażone w kotły rusztowe (wodne, rzadziej parowe), czasami kotły pyłowe (parowe) oraz sporadycznie bloki gazowe [4].

Dla celów obliczeniowych przyjęto nominalną moc cieplną kotła na poziomie 105 MWt. Wielkość ta wynika z nominalnej wydajności jednego z najmniejszych produkowanych w kraju (np. przez Rafako) kotłów pyłowych opalanych węglem kamiennym - OP-140. Dla porównania przyjęto również wariant z kotłem rusztowym - w tym wypadku zakładaną moc cieplną mogą dostarczyć 3 kotły rusztowe, węglowe OR-32. Założono, że analizowany kocioł ciepłowniczy powinien być kotłem parowym, tak by analogicznie do spalarni odpadów pracował w kogeneracji. Jako trzeci wariant do porównania przyjęto kocioł gazowy również o mocy 105 MWt. Sumaryczna moc kotła w przypadku spalarni odpadów również pozostała ustalona na tym samym poziomie. Przy założonej wartości opałowej zmieszanych odpadów komunalnych na średnim poziomie ok. 7,5 MJ/kg oznacza to wydajność spalarni na poziomie 440 000 Mg/r., a więc dwa razy większą od największej funkcjonującej w Polsce spalarni zmieszanych odpadów komunalnych (w Krakowie - wydajność 220 000 Mg/r.). Dodatkowo przeanalizowano również spalarnię RDF, przy założeniu, że będzie ona spalać ok. 235 000 Mg rocznie RDF o wartości opałowej 14 MJ/kg i będzie posiadać nominalną moc cieplną również na poziomie 105 MWt.

Podstawową charakterystykę instalacji dla analizowanych 5 wariantów przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Podstawowa charakterystyka instalacji dla analizowanych 5 wariantów

Kocioł	Jednostka	OP-140	3 x OR-32	Blok gazowy	ITPOK	ITPOK - RDF
Moc	MWt	105,0	105,0	105	105,1	105,0
Sprawność	%	90	85	92	86	86
Temperatura spalin	oC	130	140	160	120	120
Wartość opałowa paliwa	MJ/kg *) MJ/m ³	21,0	23,0	34,5*)	7,5	14,0

Tab. 2. Najważniejsze parametry eksploatacyjne instalacji dla analizowanych 5 wariantów

Kocioł	Jednostka	OP-140	3 x OR-32	Blok gazowy	ITPOK	ITPOK - RDF
Maksymalne zużycie paliwa	Mg/h *) m ³ /h	20,0	19,3	11 909*)	58,7	31,4
Roczne zużycie paliwa	Mg/r. *) m ³ /r.	150 000	145 013	89 319 471*)	440 003	235 500
Współczynnik nadmiaru powietrza	-	1,3	1,6	1,1	2,3	2,3
Stężenie tlenu w spalinach	%	4,51	7,50	1,74	10,10	10,95
Wilgotność spalin	%	7,5	5,5	6	16	16
Strumień spalin	m ³ /h	229 409	296 945	198 448	526 976	436 391
	m ³ /u/h	158 042	166 937	125 825	335 303	252 744

Tab. 3. Obowiązujące standardy emisyjne dla analizowanych 5 wariantów

Kocioł	Jednostka	OP-140	3 x OR-32	Blok gazowy	ITPOK	ITPOK - RDF
SO ₂	mg/m ³ _u	250	1300	35	50	50
NO _x	mg/m ³ _u	200	400	200	200	200
Pył	mg/m ³ _u	25	100	5	10	10

Tab. 4. Wielkość emisji maksymalnej oraz emisji rocznej dla analizowanych 5 wariantów

Kocioł	Jednostka	OP-140	3 x OR-32	Blok gazowy	ITPOK	ITPOK - RDF
SO ₂	kg/h	39,51	217,02	5,28	16,77	12,64
NO _x	kg/h	31,61	66,77	30,20	67,06	50,55
Pył	kg/h	3,95	16,69	0,75	3,35	2,53
SO ₂	kg/rok	296 328	1 627 633	39 635	125 739	94 779
NO _x	kg/rok	237 063	500 810	226 485	502 955	379 116
Pył	kg/rok	29 633	125 203	5 662	25 148	18 956

Na podstawie danych zawartych w tabeli 1 wyliczono wielkość maksymalnego chwilowego oraz średniorocznego zużycia paliwa, a następnie korzystając z zależności podanych przez Recknagela [5] obliczono maksymalny strumień spalin dla warunków pracy instalacji oraz dla warunków umownych (temperatura: 273 K, ciśnienie: 1013 hPa, spaliny suche, umowna zawartość tlenu w spalinach: 3% dla bloku gazowego, 6% dla kotłów węglowych oraz 11% dla spalarni odpadów w obu wariantach). Wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabeli 2. Wartości współczynnika nadmiaru powietrza (stężenia tlenu w spalinach) oraz wilgotności spalin przyjęto na podstawie

danych uzyskanych od potencjalnych dostawców instalacji.

Następnie do obliczeń przyjęto wariant maksymalny, czyli założono, że dla maksymalnego chwilowego zużycia paliwa mamy maksymalny strumień spalin oraz w spalinach występują maksymalne, prawem dopuszczalne, czyli nieprzekraczające standardów emisyjnych (art. 141 ustawy Prawo Ochrony Środowiska [6]) stężenia zanieczyszczeń (standardy emisyjne podane w tabeli 3, wg Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów [7]). Założono iden-

tyczny dla wszystkich 5 analizowanych wariantów czas pracy instalacji równy 7 500 godz. w ciągu roku.

Dla tak przyjętych wartości maksymalnych oszacowano maksymalną emisję zarówno chwilową, jak i roczną podstawowych trzech zanieczyszczeń z procesu spalania - ditlenku siarki (SO_2), tlenków azotu (NO_x) przeliczonych na ditlenek azotu oraz pyłu. Wyniki tych obliczeń zestawiono w tabeli 4.

Z chemicznego punktu widzenia spalanie jest reakcją utlenienia związków organicznych - węglowodorów mających w swojej cząsteczce zarówno atomy węgla (C), jak i wodoru (H). Oprócz tych dwóch pierwiastków w materiale palnym poddawanyemu spalaniu występują często również inne atomy, np. siarki (S), azotu (N), tlenu (O), chloru (Cl), bromu (Br) itp., które w procesie spalania

Tab. 5. Wartość maksymalnych obliczonych stężeń jednogodzinnych w imisji w zasięgu oddziaływania emitora dla analizowanych 5 wariantów

Zanieczyszczenie	Jednostka	OP-140	3 x OR-32	Blok gazowy	ITPOK	ITPOK - RDF	Wartość dopuszczalna
SO_2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	62,041	269,368	8,288	13,835	12,236	350
NO_x	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	49,636	82,876	47,404	55,324	48,933	200
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,101	10,358	0,589	1,382	1,225	280

Tab. 6. Wartość maksymalnych obliczonych stężeń średniorocznych w imisji w zasięgu oddziaływania emitora dla analizowanych 5 wariantów

Zanieczyszczenie	Jednostka	OP-140	3 x OR-32	Blok gazowy	ITPOK	ITPOK RDF	Wartość dopuszczalna
SO_2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,924	8,492	0,257	0,437	0,392	20
NO_x	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,539	2,613	1,470	1,747	1,576	40
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,096	0,327	0,018	0,044	0,039	40
Opad pyłu	g/m^2 rok	2,574	9,067	0,489	1,250	1,107	200

również biorą udział, wchodząc w rozmaite reakcje. Generalnie przyjmuje się, że z chemicznego punktu widzenia spalanie każdego paliwa przebiega podobnie. Oprócz podstawowej reakcji utleniania

węgla do ditlenku węgla oraz reakcji wodoru z tlenem prowadzącej do powstania wody przebiega szereg innych reakcji chemicznych, od niepełnego spalania w wyniku czego powstaje tlenek węgla

Doosan Lentjes

Energia z odpadów



Każdego roku Doosan Lentjes pomaga swoim klientom przekształcić miliony ton odpadów w energię. W ramach Grupy Doosan, oferujemy dopasowane do potrzeb rozwiązania w formule „od zasypu na ruszt po komin” spełniając wszystkie normy wymagane przy spalaniu odpadów. Nasza oferta kompleksowego wykonawstwa projektów w formule „pod klucz” (EPC) czyni z nas idealnego partnera dla realizacji projektów ZTPO.

Aby dowiedzieć się więcej na temat technologii Doosan Lentjes, skontaktuj się z nami:

Tel. (Polska): +48 (0) 327819252 Email: info.katowice@doosan.com

Tel. (Niemcy): +49 (0) 2102 166 0 Email: DL.Info@doosan.com

www.doosanlentjes.com



(CO), węgiel elementarny (sadza), poprzez utlenianie siarki do jej dwutlenku i trójtlenku (SO_2 i SO_3), utlenianie azotu do mieszaniny różnych tlenków azotu (przede wszystkim NO , NO_2 i N_2O), aż po bardziej skomplikowane reakcje redukcji czego produktem może być np. siarkowodór (H_2S), chlorowodór (HCl) itp. W wyniku skomplikowanych reakcji poza strefą spalania powstają różne związki chemiczne jak np. proste aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, alkohole, proste związki alifatyczne i aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorowane bifenyle czy wreszcie polichlorowane dibenzop-dioksyny i polichlorowane dibenzofurany. Dostępna literatura przynosi liczne doniesienia o wielu tego typu związkach wykrytych w spalinach ze spalania nie tylko odpadów, ale także węgla czy biomasy [2]. Lista substancji, dla których określono standardy emisyjne w przypadku spalarni odpadów jest znacznie dłuższa niż w przypadku energetycznego spalania paliw, jednakże to, że jakieś substancje nie są normowane dziś w spalinach ze spalania węgla czy biomasy nie oznacza, że ich tam nie ma. Przygotowywane tzw. konkluzje BAT dla energetycznego spalania paliw w sposób istotny wydłużają listę substancji normowanych w spalinach ze spalania węgla czy biomasy, zbliżając ją do listy substancji normowanych w spalinach ze spalarni odpadów [8, 4].

W niniejszej pracy postanowiono jednak ograniczyć się tylko do porównania emisji podstawowych zanieczyszczeń emitowanych ze wszystkich analizowanych rodzajów obiektów ciepłowniczych: kotła pyłowego i kotła rusztowego opalanego węglem kamiennym, bloku gazowego opalanego gazem ziemnym oraz spalarni zmieszanych odpadów komunalnych i spalarni RDF-u. Porównanie wielkości emisji maksymalnej oraz rocznej dla ditlenku siarki, tlenków azotu oraz pyłu przedstawiono w tabeli 5.

Analizę wielkości emisji tych zanieczyszczeń do środowiska (stężeń w powietrzu atmosferycznym) w rejonie oddziaływania rozpatrywanej emisji

zanieczyszczeń przeprowadzono, wykorzystując obowiązującą metodykę modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym opartą na modelu dyfuzji atmosferycznej Pasquille'a, opisaną w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu [9]. Przyjęto, że wprowadzanie zanieczyszczeń do powietrza odbywać się będzie za pośrednictwem emitora o wysokości 60 m. Średnica emitora w każdym analizowanym przypadku była różna (od 1,9 m dla bloku gazowego, poprzez 2,0 m dla kotła OP-140, 2,3 m dla 3 kotłów OR-32, aż do 2,8 m dla spalarni RDF i 3,1 m dla spalarni zmieszanych odpadów komunalnych), w celu zachowania jednolitej prędkości wprowadzania gazów i pyłów do powietrza równej ok. 20 m/s. Wyniki modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w postaci obliczonych stężeń w imisji: jednogodzinnych oraz średniorocznych przedstawiono w tabelach 5 i 6.

W celu lepszego zobrazowania danych zawartych w tabeli 4 przedstawiono w postaci wykresów porównanie emisji zanieczyszczeń powstających we wszystkich analizowanych rodzajach obiektów ciepłowniczych tzn. dla kotła pyłowego i rusztowego opalanego węglem kamiennym, bloku gazowego opalanego gazem ziemnym oraz spalarni zmieszanych odpadów komunalnych i spalarni RDF-u (rys. 1-3).

Jednocześnie analizując dane zawarte w tabelach 5 i 6 łatwo zauważyć, że w żadnym z rozpatrywanych przypadków emisja zanieczyszczeń nie powoduje przekroczenia standardów jakości powietrza (dopuszczalnych stężeń jednogodzinnych i dopuszczalnych stężeń średniorocznych) zgodnie z wymaganiami art. 144 ustawy Prawo Ochrony Środowiska [6].

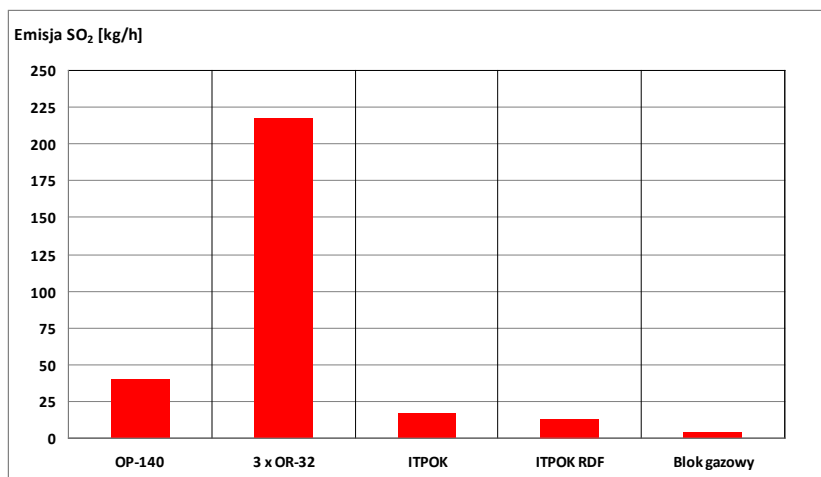
Jak można łatwo zaobserwować, najwięcej zanieczyszczeń (zarówno SO_2 , jak i NO_x , a także pyły) emitowanych do powietrza wytwarzają kotły rusztowe. Wynika to ze stosunkowo liberalnych standardów emisyjnych dla istniejących źródeł o mocy poniżej 50 MWt. Najmniej

emitowanych jest do powietrza z bloków gazowych. Porównanie wielkości emisji ditlenku siarki oraz pyłu ze spalarni odpadów (zarówno zmieszanych, jak i RDF) z emisją z ciepłowni węglowych (wypozażonych zarówno w kotły pyłowe, jak i rusztowe) wypada zdecydowanie lepiej na korzyść spalarni odpadów. Jedynie w przypadku emisji tlenków azotu emisja ze spalarni jest porównywalna z emisją z kotłów rusztowych. Pozostałe kotłownie (kocioł pyłowy i blok gazowy) wypadają lepiej. Wynika to ze stosunkowo niskiej wartości opałowej zarówno zmieszanych odpadów komunalnych (7,5 MJ/kg), jak i RDF-u (14 MJ/kg) i tym samym konieczności spalania znacznie większej ilości paliwa co owocuje znacznym strumieniem spalin przy obowiązującym wszystkim instalacje identycznym standardzie emisyjnym - 200 mg/m^3 .

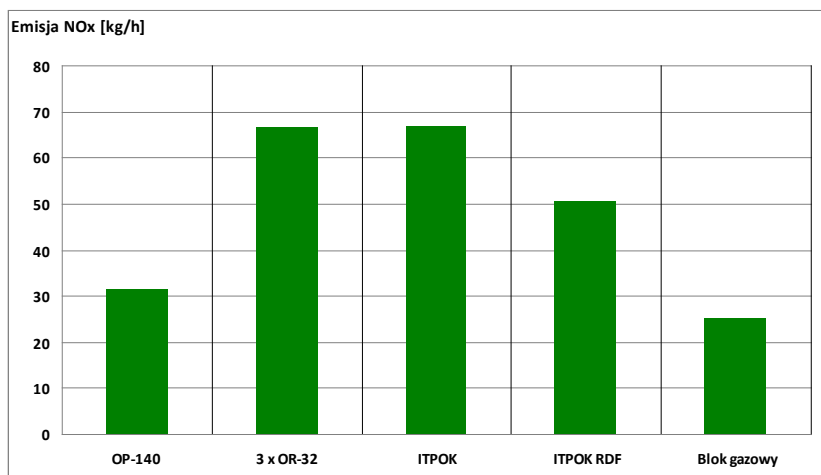
Analizując rzeczywiste oddziaływanie emisji zanieczyszczeń z porównywalnych emitatorów można łatwo zauważyć, że dla spalarni odpadów (zarówno zmieszanych, jak i RDF) jedynie w przypadku emisji NO_x obliczone stężenia jednogodzinne są na poziomie ok. 25% wartości dopuszczalnych. Dla jednogodzinnych stężeń SO_2 i pyłu zawieszonego PM10 obliczone stężenia stanowią poniżej 5% wartości dopuszczalnych. Dla stężeń średniorocznych obliczone wartości nie przekraczają 5% wartości dopuszczalnych dla wszystkich analizowanych zanieczyszczeń, tj. SO_2 , NO_x , pyłu zawieszonego PM10, a także opadu pyłu.

Można zatem śmiało powiedzieć, że pomimo wielu protestów i niechęci społeczeństwa w kwestii budowy Instalacji Termicznego Przekształcania Odpadów obiekt ten w żadnym miarze nie powinien być nazywany „trucicielem”. Jak widać istniejące dziś instalacje obiektów ciepłowniczych wytwarzają i emitują do środowiska więcej szkodliwych zanieczyszczeń niż spalarnia odpadów.

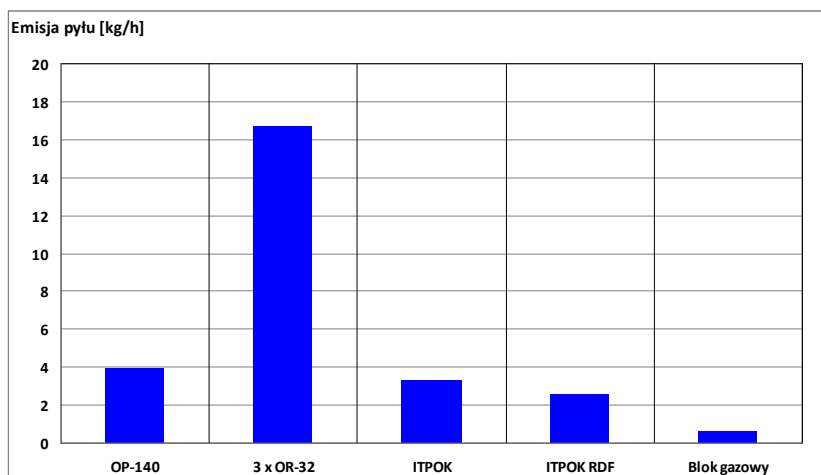
Podsumowując, niniejsza praca ma na celu porównanie oddziaływania emisji zanieczyszczeń emitowanych z powszechnie stosowanych kotłów z sektora ciepłowniczego ze spalarnią odpadów komunalnych (zarówno zmieszanych, jak



Rys. 1. Emisja maksymalna SO₂ dla analizowanych obiektów ciepłowniczych



Rys. 2. Emisja maksymalna NO_x dla analizowanych obiektów ciepłowniczych



Rys. 3. Emisja maksymalna pyłów dla analizowanych obiektów ciepłowniczych

i RDF). Z przedstawionych wyników widać wyraźnie, że Termiczne Przekształcanie Odpadów Komunalnych nie wpływa znacząco na środowisko. Z drugiej strony należy pamiętać, że ta metoda jest nieodzownym elementem systemu gospodarki odpadami komunalnymi, sprawdzonym i funkcjonującym w najbardziej uprzemysłowionych krajach nie tylko Unii Europejskiej, ale także całego świata [2].

□

Literatura

[1] Rocznik Statystyczny Ochrona Środowiska - Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1990-2016.

[2] Wielgosiński G. - Termiczne Przekształcanie Odpadów Komunalnych - wybrane zagadnienia. - Wydawnictwo „Nowa Energia”, Racibórz 2016.

[3] Wielgosiński G., Namiecińska O. - Spalarnie odpadów komunalnych - perspektywa roku 2020. „Nowa Energia”, 2016 (2), 11-20.

[4] Wielgosiński G. - Najnowsze zmiany w prawie wyzwaniem dla energetyki i ciepłownictwa. - „Nowa Energia” 2015, 4, 8-16.

[5] Recknagel H., Sprenger E., Hönnmann W., Schramek E. R. - Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. - R. Oldenburg Verlag, München, 1994.

[6] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (jednolity tekst: Dz. Ust. 2016, poz. 672, zmiany: poz. 831, 903, 1250, 1427).

[7] 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. Ust. 2014, poz. 1546).

[8] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/WE z dnia 24 listopada 2010 roku w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) - Dz. Urz. WE, 2010, L334, 17-119.

[9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. Ust. 2010, Nr 16, poz. 87).