

2007

Analiza wpływu planowanego zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych na jakość powietrza w Krakowie

Robert Oleniacz

Maria Pilch



Analiza wpływu planowanego zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych na jakość powietrza w Krakowie

Oleniacz R., Pilch M.

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
tel. 012 617 45 03, fax 012 633 07 17
e-mail: oleniacz@agh.edu.pl*

Streszczenie

Budowa zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych w Krakowie uznana została za niezbędny element systemu gospodarki odpadami w województwie małopolskim. W pracy przedstawiono ocenę wpływu tego typu zakładu o wydajności 255 000 ton/rok na jakość powietrza w Krakowie. W ocenie założono występowanie emisji zanieczyszczeń powietrza na maksymalnym poziomie wynikającym ze standardów emisyjnych określonych dla instalacji spalania odpadów przy czasie pracy każdej z dwóch planowanych linii technologicznych 7500 godz./rok. Uzyskane wyniki obliczeń wykazały, że uruchomienie spalarni tej wielkości nie spowoduje istotnego pogorszenia jakości powietrza w Krakowie bez względu na jej ostateczną lokalizację. Zaleca się jednak, aby w zasięgu bezpośredniego oddziaływania spalarni nie znajdowała się gęsta zabudowa mieszkalna.

Abstract

Assessment of influence of the planned municipal waste incineration plant on air quality in Cracow

The construction of municipal waste incineration plant in Krakow is an indispensable part of the waste management system in Małopolska Province. Evaluation of impact of the incineration plant with a capacity of 255 000 tons per year on air quality in Krakow is presented. The evaluation is based on assumption that air pollutant emissions from the incinerator will be at the highest allowed level resulting from emission limits for waste incineration plants with operation time each of two planned lines 7500 hours per year. Calculation results support the thesis that the incineration plant of this size will not cause significant worsening of air quality in Krakow, independently of final localization. It is recommended, however, not to place the plant near densely populated areas.

1. Wstęp

Jak wynika z zatwierdzonej w dniu 24 września 2007 r. aktualizacji Planu Gospodarki Odpadami Województwa Małopolskiego 2010, nadrzędnym celem jest stworzenie zintegrowanego systemu gospodarki odpadami w województwie małopolskim, zgodnego z zasadą zrównoważonego rozwoju, który przyczyni się do osiągnięcia wysokiej jakości życia w czystym i bezpiecznym środowisku [1]. W planie tym przyjęto cele szczegółowe dotyczące m.in. gospodarki odpadami komunalnymi. Najważniejsze z nich to:

- minimalizacja ilości wytwarzanych odpadów i zwiększenie udziału odpadów poddawanych procesom odzysku, w tym recyklingu;
- prowadzenie zgodnego z wymaganiami ochrony środowiska i normami europejskimi systemu odzysku i unieszkodliwiania odpadów;
- zmniejszenie strumienia odpadów (w szczególności odpadów ulegających biodegradacji i odpadów niebezpiecznych), kierowanych na składowiska;
- objęcie do końca 2007 r. wszystkich mieszkańców województwa umowami na odbieranie odpadów komunalnych i zapewnienie im możliwości selektywnego zbierania odpadów oraz osiągnięcie do końca 2010 r. poziomu selektywnego zbierania odpadów w wysokości minimum 15 %, natomiast do końca 2018 r. – 25 %.

Niezbędnymi elementami proponowanego systemu gospodarowania odpadami są m.in. następujące obiekty: sortownie odpadów zbieranych selektywnie, kompostownie odpadów zielonych, instalacje do mechaniczno-biologicznego przekształcania odpadów i instalacje do termicznego przekształcania odpadów. Odpady zmieszane lub pozostałość po sortowaniu odpadów komunalnych powinny być poddane przekształcaniu mechaniczno-biologicznemu lub termicznemu, przed ich zdeponowaniem na składowisku. W zakładach zagospodarowania odpadów (zso), obsługujących obszar zamieszkały przez więcej niż 300 tys. mieszkańców, za celowe uznano powstanie zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych. Dla zso Bolesław-Kraków-Proszowice budowa takiego zakładu została zaplanowana na lata 2008-2013 z lokalizacją w Gminie Miejskiej Kraków [1].

2. Koncepcja zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych w Krakowie

W niniejszej pracy przyjęto koncepcję zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych w Krakowie zgodną ze wstępnym projektem z roku 2003 [2]. Koncepcja ta zakłada nominalną wydajność zakładu 255000 Mg/rok, na co składa się 230000 Mg odpadów komunalnych (pozostałych po selektywnej zbiórce) pochodzących głównie z aglomeracji krakowskiej i w niewielkim stopniu z gmin sąsiednich oraz 25000 Mg osadów ściekowych osuszonych do 92 % suchej masy. Średnia wartość opałowa dla odpadów przeznaczonych do spalania została określona na poziomie 7320 kJ/kg. Założone graniczne wartości opałowe dla pracy spalarni wynosiły 6500-9000 kJ/kg.

W omawianej koncepcji przyjęto dwie linie spalania odpadów o wydajności 17 Mg/h każda, umożliwiające spalenie założonej ilości odpadów w ciągu 7500 h/rok. W koncepcji tej ilość energii chemicznej dostarczanej do układu w odpadach komunalnych wynosi ok. 61 MW, a w osadach ściekowych – ok. 8,5 MW. Za technologię rekomendowaną uznano rozwiązanie konwencjonalne ze spalaniem na ruchomym ruszcie (posuwisto-zwrotnym), a w zakresie oczyszczania spalin – metodę pólucha bezściekową. W wariantcie pracy zakładu jako elektrowni przewidywana jest produkcja ok. 16 MW energii elektrycznej, z czego ok. 3 MW zużywane byłoby na pokrycie potrzeb własnych spalarni, a pozostała ilość sprzedawana. W wersji skojarzonej polegającej na pracy z turbiną przeciwprężną możliwe jest uzyskanie ok. 5 MW energii elektrycznej (w tym ok. 3 MW na potrzeby własne) i źródła ciepła o mocy około 40 MW_t z wykorzystaniem dla stacji ciepłowniczej podgrzewającej wodę do sieci c.o. (woda o parametrach: 130/70°C).

Koncepcja kompletnej instalacji obejmuje wszystkie niezbędne jej elementy: węzeł odbioru odpadów komunalnych i ściekowych, komory paleniskowe, kotły utylizujące ciepło ze spalania odpadów, węzły oczyszczania spalin, zespół turbogeneratorski (wspólny dla obydwu linii) i infrastrukturę towarzyszącą z uwzględnieniem istniejących w danym terenie sieci.

Dla każdej linii spalania przyjęto niezależne systemy oczyszczania spalin odprowadzanych do atmosfery osobnymi ciągami komina dwuprzewodowego. Przewidywana ilość spalin do oczyszczenia powstających w jednej linii wynosi 70 000 m³_u/h ($p_u=101,3$ kPa, $T_u=273$ K).

Założono, że w skład układu oczyszczania i odprowadzania spalin wchodzić będą:

- zespół magazynowania i podawania wody amoniakalnej (roztwór 25%) kierowanej do kilkustopniowego układu dysz wtryskowych umieszczonych w komorze spalania, w wymaganym oknie temperaturowym, celem redukcji tlenków azotu (metoda SNCR),
- instalacja przyjmowania i podawania pyłu węgla aktywnego kierowanego systemem transportu pneumatycznego do kanałów spalin przed absorberem rozpyłowym,
- absorber rozpyłowy zasilany wodnym roztworem wodorotlenku wapnia,
- filtr workowy wielosekcyjny pulsacyjny,
- wentylator ciągu spalin przeznaczony do pokonania oporów spalin w instalacji oczyszczania i kierujący spaliny do komina,
- komin o wysokości 65 m, posiadający dwa oddzielne ciągi (po jednym dla każdej linii oczyszczania spalin) o średnicy wylotowej 1,8 m.

Spośród rozpatrywanych lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych dla Krakowa za najkorzystniejszy uznano wstępnie teren położony w obrębie ArcelorMittal Poland S.A. Oddział w Krakowie (w pobliżu Cementowni Nowa Huta) [3]. Posiada on bowiem dobrą dostępność komunikacyjną, jest w pełni uzbrojony i istnieje tu możliwość bezpośredniego wykorzystania energii będącej produktem ubocznym procesu spalania odpadów (przede wszystkim energii elektrycznej). Ponadto z uwagi na fakt, że jest to obszar przemysłowy, uzyskanie akceptacji społecznej na lokalizację spalarni w sąsiedztwie istniejącej od ponad 50 lat huty stali powinno być najmniej problematyczne.

Pozostałe rozważane opcje lokalizacyjne, związane z rozbudową i modernizacją istniejących elektrociepłowni miejskich, pomimo pewnych zalet, nie umożliwiają budowy zakładu od podstaw (jako nowej inwestycji) oraz realizacji kompleksowego centrum unieszkodliwiania odpadów dla miasta Krakowa i gmin powiatu krakowskiego.

Przyjęte tutaj rozwiązania z zakresu technologii spalania, odzysku energii oraz ograniczenia emisji do środowiska są zgodne z dokumentem referencyjnym BAT (dotyczącym najlepszych dostępnych technik) w zakresie spalania odpadów [4] i można je ocenić jako wystarczające dla dotrzymania obowiązujących standardów emisyjnych [5], choć w przypadku niektórych substancji mogą to być poziomy bliskie wartościom dopuszczalnym. Założone wymiary geometryczne komina są zbliżone do parametrów emitorów zachodnioeuropejskich spalarni odpadów komunalnych o podobnych wydajnościach [6]. Podstawowy problem może stanowić jednak lokalizacja zakładu z uwagi na uprzedzenia co do uciążliwości tego typu obiektów dla środowiska, a zwłaszcza dla jakości powietrza.

3. Ocena wpływu planowanej spalarni na jakość powietrza

3.1. Charakterystyka jakości powietrza w rejonie Krakowa

Jakość powietrza w Krakowie i sąsiednich strefach jest na bieżąco kontrolowana przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie (trzy stacje monitoringu automatycznego w Aglomeracji Krakowskiej oraz dodatkowa w Skawinie, uzupełnione stanowiskami, na których pomiary realizowane są metodami manualnymi – m.in. w Krakowie Swoszowicach, Wieliczce oraz powiecie krakowskim). Analiza wyników pomiarów realizowanych w ostatnich latach pozwala na stwierdzenie, że relatywnie najwyższe stężenia zanieczyszczeń powietrza występują w samym mieście Krakowie i centrach innych miast. Niemniej jednak są tutaj zwykle dotrzymywane dopuszczalne poziomy w powietrzu podstawowych kontrolowanych substancji (z punktu widzenia ochrony zdrowia), w tym: dwutlenku azotu (NO_2), benzenu (C_6H_6), tlenku węgla (CO) i ozonu (O_3), z wyjątkiem pyłu zawieszonego PM_{10} , w przypadku którego w wielu punktach znacznie przekraczane są dopuszczalne stężenia średnioroczne i 24-godzinne oraz dwutlenku siarki (SO_2), w przypadku którego w niektórych punktach obserwowane są przekroczenia dopuszczalnych stężeń 24-godzinnych z nieco większą niż dozwolona częstością (ponad 3 razy w ciągu roku) [7]. Z pozostałych substancji, w zakresie których prowadzenie bieżących ocen jakości powietrza stało się obowiązkowe od roku 2007 (zalecenia dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2004/107/WE z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie arsenu, kadmu, rtęci, niklu i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu), stosunkowo najwyższe wartości stężeń w powietrzu w rejonie Krakowa (w odniesieniu do stosowanych kryteriów oceny) występują jedynie w przypadku benzo(a)pirenu.

Wszystkie ww. substancje (poza ozonem) mogą być emitowane do powietrza z instalacji spalania odpadów komunalnych, ale ich emisja zwykle jest stosunkowo niewielka i zależy głównie od ilości spalanych odpadów oraz skuteczności zastosowanych urządzeń oczyszczających spaliny. Wyjątek stanowią powstające zwykle w istotnych ilościach tlenki

azotu (NO_x), w przypadku których z uwagi na potrzebę zmniejszenia kosztów oczyszczania spalin stosuje się często mniej skuteczne metody ograniczania emisji. Niestety nie są prowadzone bieżące oceny jakości powietrza w zakresie pozostałych substancji charakterystycznych dla procesu spalania odpadów, w tym chlorowodoru (HCl), fluorowodoru (HF) czy dioksyn i furanów (PCDD/Fs), stąd ich aktualne tło w powietrzu krakowskim nie jest znane, a wyniki ewentualnych pomiarów realizowanych w przeszłości niekoniecznie odpowiadają stanowi obecnemu.

3.2. Określenie parametrów gazów odlotowych i emisji zanieczyszczeń do powietrza

Emisję z rozpatrywanego obiektu obliczono tylko dla tych substancji lub grup substancji, dla których są określone standardy emisyjne z instalacji spalania odpadów [5]. Emisję tę przyjęto zgodnie z metodyką omówioną w pracy [8] na maksymalnym możliwym poziomie wynikającym z ww. standardów emisyjnych, uwzględniając roczny czas pracy jednej linii spalania na poziomie 7500 godzin. W rozpatrywanej koncepcji na podstawie założonego prawdopodobnego składu spalanych odpadów oraz stosunku nadmiaru powietrza (w procesie spalania) odpowiadającego przyjętej ilości powstających spalin, określono m.in. przewidywaną średnią zawartość tlenu i wilgoci w spalinach, tj. parametrów odniesienia niezbędnych do obliczenia strumienia objętości spalin odpowiadającego warunkom, w których są wyrażane standardy emisyjne z instalacji spalania odpadów (gaz suchy, 11 % tlenu). Dla zdolności przerobowej jednej linii spalania 17 Mg/h, strumień objętości spalin w ww. warunkach odniesienia oszacowano na poziomie ok. 73 823 m³_v/h [9].

Obliczono maksymalną emisję 1-godzinową E_1 wynikającą z 30-minutowego standardu emisyjnego, której maksymalny czas trwania w tym przypadku wynosi $t_1 = 225$ h/rok (3 % z rocznego czasu pracy źródła emisji: 7500 h/rok), a także emisję średnią E_2 za pozostały okres pracy jednej linii spalania w ciągu roku: $t_2 = 7275$ h/rok. W przypadku CO emisja E_2 określona została na poziomie średniodobowego standardu emisyjnego, a w przypadku pozostałych substancji, dla których są określone standardy 30-minutowe, z zależności:

$$E_2 = \frac{E_{sr} \cdot (t_1 + t_2) - E_1 \cdot t_1}{t_2} \quad (1)$$

gdzie:

E_{sr} – oznacza emisję wynikającą ze średniodobowego standardu emisyjnego.

Średnie stężenia substancji w emitowanych gazach nie mogą bowiem przekraczać w okresie pracy źródła (w danym roku) określonego dla nich standardu średniodobowego. Wyjątek stanowi CO, w przypadku którego dopuszcza się przekraczanie standardu średniodobowego przez co najwyżej 3 % średnich dobowych wartości stężeń w ciągu roku, nadal musi być jednak dotrzymany standard 30-minutowy. W przypadku substancji, dla których standardy emisyjne są określone tylko jako średnie z prób pomiarowych (metale ciężkie oraz dioksyny i furany) emisje E_1 , E_2 i E_{sr} są sobie równe i wynikają z jedynych obowiązujących dla nich standardów emisyjnych. Wyniki obliczeń ww. emisji dopuszczalnych poszczególnych substancji z rozpatrywanej instalacji (jednej linii spalania)

przedstawiono w tabeli 1. Należy się spodziewać, że rzeczywista emisja niektórych zanieczyszczeń powietrza z procesu spalania odpadów komunalnych będzie znacznie mniejsza niż emisja wynikająca ze standardów emisyjnych określonych dla spalania wszelkiego rodzaju odpadów (zwłaszcza w przypadku SO_2).

Parametry spalin na wylocie z emitora (każdego z dwóch przewodów komina) określono w sposób następujący: temperatura – 403 K, ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu – 1,36 kJ/(m³·K), prędkość wylotowa – 11,3 m/s.

Tabela 1. Wyniki obliczeń emisji zanieczyszczeń powietrza (przyjętej na poziomie standardów emisyjnych) dla jednej linii planowanej spalarni odpadów.

Lp.	Nazwa substancji	Emisja, kg/h		
		E ₁	E ₂	E _{sr}
1	Pył ogółem	2,215	0,693	0,738
2	Substancje organiczne w postaci gazów i par wyrażone jako węgiel organiczny	1,476	0,715	0,738
3	Chlorowodór	4,429	0,624	0,738
4	Fluorowodór	0,295	0,067	0,074
	Fluorowodór w przeliczeniu na fluor	0,281	0,064	0,070
5	Dwutlenek siarki	14,765	3,349	3,691
6	Tlenek węgla	7,382	3,691	3,820
7	Tlenek azotu i dwutlenek azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu	29,529	14,308	14,765
8	Kadm + tal	0,0037	0,0037	0,0037
9	Rtęć	0,0037	0,0037	0,0037
10	Antymon + arsen + ołów + chrom + kobalt + miedź + mangan + nikiel + wanad	0,0369	0,0369	0,0369
11	Dioksyne i furany (µgTEQ/h)	7,382	7,382	7,382

3.3. Obliczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu

Obliczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu przeprowadzono zgodnie z referencyjnymi metodykami modelowania poziomów substancji w powietrzu, określonymi w załączniku nr 4 do rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu [10]. W obliczeniach tych założono położenie instalacji w rejonie ArcelorMittal Poland S.A. Oddział w Krakowie, zgodnie z lokalizacją zalecaną w pracy [3] i posłużono się statystykami danych meteorologicznych reprezentatywnymi dla rejonu Krakowa. Emisję zanieczyszczeń przyjęto na poziomie określonym w rozdziale poprzednim, przy czym poszczególne warianty emisji dla dwóch linii spalania rozłożono w okresie roku tak, aby uwzględnione zostały wszystkie możliwe ich wzajemne kombinacje, a emisja z instalacji (przy pracy jednej lub dwóch linii) zachodziła przez cały rok [9]. Substancje pyłowe potraktowano jako pył zawieszony.

Wyniki obliczeń najwyższych ze stężeń maksymalnych w powietrzu (S_{mm}) uśrednionych dla 1 godziny powodowanych przez jedną linię spalania przedstawiono w tabeli 2. W zestawieniu uwzględniono tylko te substancje, dla których są określone 1-godzinne wartości odniesienia w powietrzu D_1 [10]. Stężenie S_{mm} należy spodziewać się w odległości ok. 446 m od emitora. Uzyskano je na poziomie niższym od 10 % wartości odniesienia z wyjątkiem NO_2 (44,4 % D_1), oraz SO_2 (12,7 % D_1). W przypadku dioksyn i furanów (PCDD/Fs) najwyższe ze stężeń maksymalnych wyniosło 11,1 fgTEQ/m³, co odpowiada dolnemu zakresowi tła tych substancji w powietrzu w rejonach wiejskich [11, 12].

Tabela 2. Wyniki obliczeń najwyższych ze stężeń maksymalnych S_{mm} (wybranych substancji) w powietrzu, powodowanych przez jedną linię planowanej spalarni odpadów.

Lp.	Rodzaj substancji	Wartość odniesienia w powietrzu D_1 [10], $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Najwyższe ze stężeń maksymalnych S_{mm}	
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% D_1
1	Pył zawieszony PM10	280	3,33	1,19
2	Dwutlenek siarki (SO_2)	350	44,4	12,7
3	Dwutlenek azotu (NO_2)	200	88,7	44,4
4	Tlenek węgla (CO)	30000	22,0	0,073
5	Chlorowodór (HCl)	200	13,3	6,65
6	Fluor (F)	30	0,844	2,81
7	Rtęć (Hg)	0,7	0,00556	0,794

Łączne oddziaływanie na jakość powietrza obydwu linii spalania (całej instalacji) ocenione zostało poprzez sporządzenie dla poszczególnych substancji przestrzennych rozkładów stężeń 1-godzinnych i średniorocznych w powietrzu (przy powierzchni terenu) oraz wykonanie obliczeń stężeń maksymalnych powodowanych w wybranych punktach dodatkowych (w tym na wysokości najbliższej zabudowy). W każdym z rozpatrywanych przypadków otrzymano wyniki dużo poniżej odpowiednich poziomów dopuszczalnych lub wartości odniesienia. Z uwagi na fakt, że najwyższe wartości stężeń koncentrują się w bezpośrednim sąsiedztwie spalarni (do ok. 1 km), w przypadku jej lokalizacji np. w obrębie ArcelorMittal Poland S.A. Oddział w Krakowie, poza terenem przemysłowym nie powinny być powodowane ponadnormatywne stężenia takich zanieczyszczeń, jak np. NO_2 czy SO_2 , w przypadku których uzyskano relatywnie najwyższe wartości stężeń w powietrzu.

4. Posumowanie

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń i analiz, rozpatrywana lokalizacja zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych w rejonie ArcelorMittal Poland S.A. Oddział w Krakowie miałaby pomijalnie mały wpływ na pogorszenie jakości powietrza w centrum Krakowa. Ocenia się, że istotne oddziaływanie tego zakładu na jakość powietrza kończyłoby się w odległości ok. 1,5 km od emitora w kierunku południowo-zachodnim i północno-wschodnim oraz ok. 0,5 km w kierunku południowo-wschodnim i północno-zachodnim. Zaleca się, aby w obszarze tym nie występowała gęsta zabudowa mieszkalna, a

w promieniu ok. 0,5 km od emitora – budynki mieszkalne i użyteczności publicznej wyższe niż parterowe. Z uwagi na gęstość zaludnienia, warunki te mogą być trudne do spełnienia w innych rejonach Krakowa. Bez względu na ostateczną lokalizację, planowana spalarnia odpadów komunalnych nie powinna spowodować istotnego zwiększenia stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w powietrzu, w przypadku którego obserwowane są obecnie przekroczenia poziomów dopuszczalnych. W ewentualnym raporcie oddziaływania na środowisko rozpatrywanej inwestycji powinno się uwzględnić rzeczywisty poziom tła zanieczyszczeń powietrza, zwłaszcza dwutlenku azotu, którego emisja może mieć najistotniejsze znaczenie z punktu widzenia uciążliwości tego obiektu na jakość powietrza.

Praca została wykonana w ramach badań własnych AGH nr 10.10.150.840.

Literatura

- [1] Plan Gospodarki Odpadami Województwa Małopolskiego 2010 (część II Programu Ochrony Środowiska Województwa Małopolskiego na lata 2007-2014), Kraków 2007. Uchwała Sejmiku Województwa Małopolskiego Nr XI/133/07 z dnia 24 września 2007
- [2] Gospodarka odpadami stałymi – I etap. Studium wykonalności dla II fazy Programu Zarządzania Gospodarką Odpadami Stałymi w Krakowie. Wstępny projekt (koncepcja) Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów Komunalnych. Zespół BBM Design, H.R. Prack. Kraków 2003
- [3] Kraków – gospodarka odpadami stałymi – I etap. Studium wykonalności dla II fazy Programu Zarządzania Gospodarką Odpadami Stałymi w Krakowie. Przedstawienie 3 potencjalnych lokalizacji zakładu unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Konsorcjum: Prack Consult GmbH/Ekoekspert + Conseko + BBM Design. Kraków, maj 2003 (Projekt)
- [4] Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. European Commission, August 2006
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji. Dz. U. 2005, Nr 260, poz. 2181
- [6] Thomé-Kozmiensky K.J.: Thermische Abfallbehandlung. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1994
- [7] <http://www.krakow.pios.gov.pl>
- [8] Oleniacz R.: Ocena oddziaływania na środowisko instalacji spalania odpadów - wybrane problemy. Materiały z II Konferencji z cyklu Instrumenty Zarządzania Ochroną Środowiska nt.: Ocena oddziaływania na środowisko na szczeblu krajowym i regionalnym. Wyd. AGH, Kraków 2005
- [9] Pilch M.: Ocena wpływu na jakość powietrza w Krakowie planowanej spalarni odpadów komunalnych. Praca magisterska pod kierunkiem R. Oleniacza. AGH, WGGiŚ, Kraków 2007

-
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu. Dz. U. 2003, Nr 1, poz. 12
- [11] Caserini S. et al.: Air and soil dioxin levels at three sites in Italy in proximity to MSW incineration plant. *Chemosphere*, vol. 54, 2004, 1279-1287
- [12] Lohmann, R., Jones, K.C.: Dioxins and furans in air and deposition: a review of levels, behaviour and processes. *Sci. Total Environ.*, vol. 219, 1998, 53–81

