

BADANIA DIOKSYN W POWIETRZU KRAKOWA

Raport za lata 1995 - 1997

Powietrze atmosferyczne narażone jest na zanieczyszczenia przemysłowe i komunikacyjne, do których należą dioksyny. Pełna nazwa tych substancji to polichlorowanymi dibenzodioksynami i dibenzofuranami (PCDDs i PCDFs). Z powodu narastającego stężenia dioksyn w powietrzu atmosferycznych wielu dużych aglomeracji miejskich na świecie niezbędne staje się kontrolowanie stężenia dioksyn w powietrzu. Obecność dioksyn w atmosferze spowodowana jest procesami termicznymi zachodzącymi w przyrodzie w sposób naturalny. Zarówno pożary lasów, wybuchy wulkanów czy wyładowania elektryczne są przyczyną powstawania i rozprzestrzeniania się dioksyn w środowisku od milionów lat. W tym czasie ustalił się stan równowagi dynamicznej w tworzeniu i rozkładzie tych związków w środowisku. Obecność dioksyn w czasach przed rozwojem cywilizacji przemysłowej wykazano m.in. w głębokich warstwach glebowych pochodzących sprzed milionów lat. W pokładach zwęglonego drewna pobranego z kopalni soli w Wieliczce znaleziono dioksyny na poziomie stężenia ok. 10-krotnie niższego niż spotykanego obecnie w glebach z terenów ekologicznie nie skażonych.

Obecnie dioksyny tworzą się jako niepożądane zanieczyszczenia podczas procesów termicznych zachodzących w hutnictwie, przy termicznym przetwarzaniu metali, produkcji niektórych związków chloro organicznych, a także spalania odpadów przemysłowych, medycznych lub komunalnych w nie przystosowanych do tego instalacjach, a także w urządzeniach wyeksploatowanych, przestarzałych, których system oczyszczania spalin jest niewystarczający. W przeprowadzonych badaniach analitycznych zawartości dioksyn w latach 1998-1999 w powietrzu Krakowa zanieczyszczonym dymem powstałym podczas wypalania traw i odpadów gospodarczych na terenach rolniczych, a nawet miejskich, wykazano 20-krotny wzrost zawartości dioksyn w stosunku do powietrza nie zadymionego. Ponadto w zadymionym powietrzu wykazano obecność polichlorowanych bifenyli (PCB) na poziomie $50\ 000\ \text{pg}/\text{m}^3$ ($50\ \text{ng}/\text{m}^3$). Jest to wartość bardzo duża biorąc pod uwagę, że w powietrzu czystym w miesiącach letnich zawartość PCB jest rzędu $500 - 800\ \text{pg}/\text{m}^3$. Polichlorowane bifenyly uważane są za związki, których toksyczność porównywalna jest do dioksyn.

Przyczyną tego stanu zanieczyszczenia powietrza dioksynami podczas wypalania traw jest zdolność do powstawania tych związków w warunkach spalania materii organicznej na wolnym powietrzu. Rośliny zawierają obecnie znacznie większe stężenie środków ochrony roślin oraz zanieczyszczeń przemysłowych. Podczas spalania zanieczyszczenia te są prekursorami dioksyn zatrzymujących się na cząstkach popiołu i wraz z nim rozprzestrzeniają się w atmosferze.

W wielu krajach prawo nie zezwala na wypalanie traw ani rolniczych pozostałości roślinnych. Jakkolwiek obecność chloru jest warunkiem koniecznym do powstawania dioksyn, to wystarczą jednak śladowe ilości chloru w spalonym materiale aby otrzymać w wyniku termicznej syntezy dioksyny w spalinach w stężeniu powyżej $10\ \text{ng}/\text{m}^3$. Na tym poziomie stężenia dioksyny mogą już być szkodliwe dla zdrowia. Chlor w ilościach miligramowych ($10^{-6}\ \text{g}$) jest obecny praktycznie w każdym odpadach i materiale biologicznym. Stąd potencjał tworzenia się dioksyn podczas spalania materii biologicznej oraz odpadów jest bardzo wysoki.

Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń gazowych i pyłowych w powietrzu atmosferycznym zachodzi w środowisku najszybciej. Również przedostawanie się zanieczyszczeń do organizmu człowieka wraz z wdychanym powietrzem stanowi największe źródło intoksykacji.

Pomiary zawartości dioksyn w powietrzu atmosferycznym w Krakowie, przeprowadzone w latach 1995-1997 miały na celu nie tylko określenie ewentualnego zagrożenia dla zdrowia mieszkańców miasta, ale również wskazanie na podstawowe źródła emisji dioksyn do atmosfery. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że najprawdopodobniej zasadniczym źródłem emisji PCDD/F do atmosfery w Krakowie są niekontrolowane procesy spalania odpadów. W mniejszym stopniu zanieczyszczenie atmosfery dioksynami wynika ze spalania paliw etylizowanych w silnikach z zapłonem iskrowym.

Na problem zanieczyszczenia dioksynami powietrza w Krakowie zwrócono uwagę po przeprowadzeniu wstępnych badań w latach 1994-1995. W wyniku tych prac wykazano, że w rejonie skrzyżowania "Mateczny" - dzielnica Kraków-Podgórze wystąpiło wyższe niż w innych dzielnicach zanieczyszczenie powietrza dioksynami w miesiącach zimowych. Stwierdzono również, że sadza pobrana z przewodów kominowych kamienic ogrzewanych piecami opalanymi węglem kamiennym zawierała znaczne zawartości masowe dioksyn. Świadczyć to może o powszechnym zwyczaju spalania odpadów z gospodarstw domowych w piecach węglowych. Proces powstawania dioksyn w tych warunkach został dokładnie poznany. Badania przeprowadzono wówczas na kilku, losowo pobranych próbkach (głównie ze względu na znaczny koszt analizy dioksyn). Dysponując niewielką populacją próbek nie można było wyciągnąć jednoznacznych wniosków pozwalających na określenie głównych źródeł podwyższonej zawartości dioksyn w powietrzu krakowskim w miesiącach zimowych.

W 1995 i 1996 roku w wyniku pozyskania środków z Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie, przystąpiono do przeprowadzenia szerszych badań zawartości PCDDs i PCDFs w pyłe zawieszonym powietrzu atmosferycznego w Krakowie w miesiącach zimowych i letnich. Przedmiotem analizy chemicznej były próbki pyłu zawieszonego w powietrzu atmosferycznym o wymiarach cząstek poniżej 10µm, a pobierane w stacjach monitoringu środowiska w czterech dzielnicach Krakowa:

- Śródmieście - stacja przy Al. Krasińskiego,
- Podgórze - stacja w Rynku Podgórskim
- Nowa Huta - stacja przy Szpitalu im. Żeromskiego
- Krowdrza - stacja przy Szpitalu J. Pawła II

Ze względu na silne własności adsorbowania się dioksyn na aktywnych powierzchniowo cząstkach pyłu zawieszonego substancje te występują w powietrzu głównie jako zaadsorbowane na jego powierzchni.

Pobór próbek pyłu zawieszonego do oznaczenia zawartości PCDDs i PCDFs w powietrzu atmosferycznym odbywał się przy zastosowaniu wysokowydajnych próbników PM10 typu MFC-HVPM10 produkcji firmy ANDERSEN Samplers INC, w które wyposażone są stacje monitoringu środowiska będące pod nadzorem Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie. Jednorazowo pobierano próbki powietrza o objętości około 1600 m³. Pobór każdej próbki trwał 24 godziny. Próby pobierano w miesiącach zimowych od początku roku. W styczniu, lutym i marcu pobrano po 2 próby z każdego punktu pomiarowego (co około 2 tygodnie) i porównawczo po 2 próby w czerwcu. Łącznie w 1996 pobrano po 8 próbek z każdej stacji monitoringu, co dało 32 próbki w komplecie badań.

Wybór lokalizacji został dokonany na podstawie uprzednio dokonanych wstępnych pomiarów analitycznych PCDDs/PCDFs (skrzyżowanie Mateczny), oraz na podstawie lokalnych obserwacji

świadczących o dużym natężeniu ruchu samochodowego (Aleje) oraz opalaniu węglem kamiennym mieszkań w okolicach Rynku Podgórskiego w miesiącach zimowych i wczesnowiosennych. W rejonie Nowej Huty występują głównie przemysłowe zanieczyszczenia powietrza powstające w procesach produkcji i przetwórstwa stali w Kombinacie im. T. Sendzimira.

Podstawowym źródłem PCDDs i PCDFs w powietrzu atmosferycznym są przede wszystkim procesy niekontrolowanego spalania. Głównie chodzi tu o spalanie odpadów z gospodarstw domowych w piecach węglowych. Warto nadmienić, że w warunkach procesu spalania węgla kamiennego w piecach domowych istnieją wprost idealne warunki do powstawania PCDDs i PCDFs gdy w spalanych odpadach znajdują się odpady gospodarcze. Pokażnym źródłem dioksyn w powietrzu są również procesy spalania odpadów gospodarczych i opakowań z handlu na przyczynach i w kontenerach na śmieci. Zwyczaj ten jest ciągle praktykowany na terenie placów handlowych i hurtowni na terenie miasta.

Wymagania jakie powinny być spełnione, aby proces spalania śmieci nie powodował emisji dioksyn do atmosfery nie mogą być jednoznacznie sprecyzowane. Otóż po pierwsze nie ma takiego sposobu przeprowadzenia procesu spalania substancji organicznych w obecności atomów chloru, aby nie tworzyły się dioksyny. Dioksyny należą do bardzo stabilnych termicznie związków organicznych. Zarówno spalanie w temperaturze do 800°C, jak i w zakresie 800 - 1400°C, a nawet powyżej powoduje, że z wsadu materiałowego w spalarniach powstają w fazie gazowej PCDFs i PCDDs. Sposób ich powstawania jest bardzo złożony i wynika z reakcji chemicznych zachodzących w wysokich temperaturach. Dioksyny tworzą się tu głównie w procesie termicznej kondensacji z substancji będących ich prekursorami wskutek rekombinacji wolnych rodników w strefie gorącej procesu dopalania spalin, a także w procesie katalitycznej syntezy na powierzchni aktywnych katalitycznie cząstek popiołu już w chłodniejszej strefie reakcji około 400°C. Oczywiście są to tylko główne procesy, ale w warunkach wysokiej temperatury, obecności reaktywnych wolnych rodników i wielu katalitycznie działających związków tworzących się z bogatych w chemikalia śmieci, wszystkie możliwe procesy tworzenia się dioksyn nie są i chyba długo nie będą do końca poznane. W badaniach naukowych prowadzonych nad procesami tworzenia się dioksyn w procesach spalania odpadów wykazano, że aby gazy spalinowe zawierały minimalne ilości dioksyn gazy spalinowe z procesu spalania odpadów muszą być dopalane w temperaturach powyżej 1200°C przez kilka sekund a następnie gwałtownie schłodzone. Takich warunków nie można stworzyć oczywiście w piecach węglowych stosowanych do ogrzewania mieszkań.

Wysiłki naukowców i konstruktorów instalacji do spalania odpadów zmierzają nie tylko do stworzenia warunków niekorzystnych dla syntezy dioksyn, ale przede wszystkim do doskonałego usunięcia ich ze strumienia gazu spalinowego. Przez usunięcie należy rozumieć zarówno rozkład chemiczny cząsteczek dioksyn oraz bardzo sprawne oczyszczenie gazu spalinowego. Pragnę nadmienić, że oczyszczenie strumienia spalin jest procesem wielostopniowym i nie może polegać jedynie na sprawnym odpyleniu gazu spalinowego.

W procesie spalania węgla kamiennego dioksyny powstają w ilościach znikomych. Jeżeli jednak oprócz węgla kamiennego w palenisku znajdują się odpady zawierające tworzywa sztuczne, biomasę i środki chemiczne stosowane w gospodarstwie domowym, stwarza się korzystne warunki do syntezy PCDD i PCDF. W prowadzonych w Politechnice Krakowskiej badaniach składu gazów spalinowych z procesów spalania różnych odpadów wykazano, że w nie oczyszczonych gazach emitowanych do atmosfery średni poziom zawartości dioksyn przekracza

10 ng w 1 m³. Za maksymalne, dozwolone wartości przyjęto w Unii Europejskiej poziom 0.1 ng w 1 m³ emitowanych spalin.

Dioksyny występujące w gazach spalinowych rozproszone są w fazie gazowej oraz zaadsorbowane na cząstkach stałych obecnych w spalinach. Szczególnie sadza powstająca podczas niekompletnego spalania silnie adsorbuje dioksyny. Wykazały to badania analityczne przeprowadzone w latach 1994-1996, w wyniku których stwierdzono obecność PCDD i PCDF w sadzy pobranej z przewodów kominowych z kamienic ogrzewanych piecami węglowymi. W badaniach analitycznych tych próbek wykazano, że w sadzy zawarte są różne substancje toksyczne, wśród których wykryto metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), oraz chlorowane węglowodory aromatyczne. W grupie tych ostatnich związków wykryto polichlorowane bifenyly oraz polichlorowane dibenzodioksyny i dibenzofurany. Stwierdzono również obecność polichlorowanych naftalenów, dibenzotiofenów i terfenyli. Ze względu na złą sławę, jaką zdobyły sobie w ostatnich dioksyny i duże zainteresowanie tą grupą związków, prowadzone są intensywne badania nad ustaleniem źródeł emisji i sposobów powstawania, szczególnie w warunkach spalania.

Badania spalin z elektrociepłowni węglowych wykazały znikomą ilość dioksyn. Wykazano tu poziom zawartości dioksyn rzędu 0.001 do 0.01 ngTEQ/m³. Jakkolwiek w piecach węglowych stosowanych do dziś w Krakowie do ogrzewania mieszkań również spalany jest węgiel, to proces spalania zachodzi w zupełnie innych warunkach, znacznie gorszych pod względem energetycznym i pod względem całkowitego dopalenia spalin. Zmierzony poziom zawartości dioksyn w gazach spalinowych z palenisk domowych jest wyższy i wynosi średnio 0.05-0.1 ngTEQ/m³. Wynika to z warunków spalania, gdy występuje częściowy niedobór tlenu, niższe temperatury spalania oraz brak dopalania spalin i ich powolne studzenie w kanale kominowym. W kotłach elektrociepłowni gaz spalinowy jest szybko chłodzony w wysokosprawnych wymiennikach ciepła. W szeroko prowadzonych badaniach naukowych wykazano, że dioksyny powstają w gorących gazach spalinowych na drodze rekombinacji rodnikowej, gdy gaz studzony jest powoli. Jeżeli proces odbioru ciepła przebiega gwałtownie masa powstających dioksyn w chłodnych spalinach jest o rząd wielkości mniejsza. Niestety, w piecach węglowych u indywidualnych użytkowników nie ma możliwości szybkiego wychładzania spalin. Co więcej, w piecach tych wskutek niekompletnego spalania węgla powstaje sadza. Szczególnie w momencie rozpalania pieca lub podania kolejnej porcji węgla. W obecności niewielkiej nawet ilości chloru w gazie spalinowym w obecności sadzy dioksyny powstają w tzw. reakcjach syntezy de-novo, w których następuje utlenianie węgla cząsteczkowego chlorem w obecności tlenu i cyklizacja powstałych związków alifatycznych do związków aromatycznych, w tym dioksyn. Wydajność tych reakcji jest niewielka, stąd zawartość dioksyn w spalinach jest rzędu nanogramów w metrze sześciennym.

Poziom toksyczności w odniesieniu do zawartości dioksyn wyraża się jako wartość TEQ (skrót od ang. Toxic Equivalency). Obliczenia TEQ dokonuje się w oparciu o tzw. współczynnik równoważny toksyczności TEF (Toxic Equivalency Factor). Współczynnik ten określany odpowiednimi normami przyjmuje wartości od 0.0001 do 1 (tabela 1) w zależności od stopnia toksyczności odpowiedniego kongeneru dioksyny, spośród których oznaczanych jest 17. Ponadto przedmiotem oznaczenia są również tzw. koplarnie chlorowane bifenyly (PCBs). Wartość liczbową TEQ jest wartością masową i wynika z pomnożenia zawartości masowej pojedynczego kongeneru przez odpowiadający mu współczynnik TEF.

TEQ oblicza się korzystając ze wzoru:

$$TEQ = \sum_{i=1}^{i=17} (m_i \times TEF_i)$$

gdzie: m_i - masa pojedynczego kongeneru w ng lub w pg.

TEF_i - współczynnik równoważny toksyczności dla i-tego kongeneru PCDD/F oraz koplanarnych PCB w odniesieniu do kongeneru 2,3,7,8-TCDD.

Tabela 1. Zestawienie poszczególnych kongenerów PCDD/F i odpowiadające im jednostkowe wartości współczynnika równoważnego toksyczności (TEF) wg WHO 1998.

PCDDs	TEF	PCDFs	TEF
2,3,7,8-TCDD	1	2,3,7,8-TCDF	0.1
1,2,3,7,8- P ₅ CDD	1	2,3,4,7,8-P ₅ CDF	0.5
1,2,3,4,7,8- H ₆ CDD	0.1	1,2,3,7,8- P ₅ CDF	0.05
1,2,3,6,7,8- H ₆ CDD	0.1	1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF	0.1
1,2,3,7,8,9- H ₆ CDD	0.1	1,2,3,6,7,8- H ₆ CDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8- H ₇ CDD	0.01	1,2,3,7,8,9- H ₆ CDF	0.1
OCDD	0.0001	2,3,4,6,7,8- H ₆ CDF	0.1
		1,2,3,4,6,7,8- H ₇ CDF	0.01
		1,2,3,4,7,8,9- H ₇ CDF	0.01
		OCDF	0.0001
Koplanarne PCBs			
3,4,3',4'-T ₄ CB PCB#77	0.0001		
3,4,5,3',4'-P ₅ CB PCB#126	0.1		
3,4,5,3',4',5'-H ₆ CB PCB#169	0.01		

W zakresie dopuszczalnego poziomu emisji zanieczyszczeń do atmosfery z procesów termicznych, w tym ze spalania odpadów przygotowywane jest w Polsce rozporządzenie, bazujące na Dyrektywie Unii Europejskiej 94/67/EC z grudnia 1994.

W tym zakresie wymagane jest oznaczenie m.in. stężenia polichlorowanych dibenzodiodoksyn i dibenzofuranów.

Zagadnienie nie dotyczy jedynie spalarni odpadów niebezpiecznych.

Jeżeli w instalacjach energetycznych, w kotłach opalanych węglem lub olejem spala się substancje odpadowe należące do grupy odpadów niebezpiecznych, wówczas pomiar stężenia zanieczyszczeń odprowadzonych do atmosfery musi uwzględnić stężenie substancji określonych w dyrektywie 94/67/EC Rady Unii Europejskiej wydanej w grudniu 1994.

Poniżej w tabeli 1 zestawiono wykaz dopuszczalnych stężeń substancji szkodliwych w spalinach wg Dyrektywy 94/67/EC.

Tabela 2: Dopuszczalne poziomy stężenie substancji szkodliwych w spalinach emitowanych z urządzeń do spalania odpadów. Wartości te obowiązują również w odniesieniu do urządzeń energetycznych, gdzie spala się paliwa zastępcze lub odpadowe.
Wg Dyrektywy 94/67/EC z 12.1994

Numer kolejny	Substancja	Wartości dopuszczalnego stężenia w spalinach [mg/ m _n ³]
1	C _{org}	10
2	HCl	10
3	HF	1
4	pył całkowity	10
5	SO ₂	50
6	CO	50
7	kadm + tal	0,05
8	rtęć	0,05
9	Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Sn	0,5
10	PCDDs PCDFs	i 0,1 ng-TEQ/m _n ³

* - NO_x nie są normowane

W wyniku przeprowadzonych badań analitycznych jednoznacznie wykazano, że poziom zawartości dioksyn w powietrzu atmosferycznym Krakowa w latach 1996-1999 jest wyraźnie podwyższony, w porównaniu z zawartością dioksyn w powietrzu badanym w dużych miastach Europy Zachodniej, gdzie stwierdzono dioksyny poniżej 0.3 pgTEQ/m³. W Krakowie w miesiącach zimowych poziom dioksyn przekraczał 5 pgTEQ/m³. Zawartość dioksyn na tym poziomie nie jest jednak niebezpieczna dla zdrowia mieszkańców Krakowa.

Wykazano również, że pył zawieszony, w którym oznaczano dioksyny zawiera je na poziomie 5.000 - 20.000 ngTEQ/kg zimą i około 2.000 ng/kg w miesiącach letnich. Badania analityczne próbek pyłu zawieszonego wykazały zawartość polichlorowanych dibenzofuranów, głównie tetrachlorodibenzofuranów. Wśród nich dominował 2,3,7,8-TCDF. Ponadto w pyłe zawieszonym w miesiącach zimowych poziom zawartości polichlorowanych bifenyli (PCB) wynosił od 6000 – 12300 pg/m³ w tym kongenery koplarnarne (dioksynopodobne) 6 – 20 pg/m³. Pył zawieszony jest więc silnie toksyczny pod względem zawartości dioksyn i PCB. Średni poziom zawartości pyłu zawieszonego w badanym powietrzu w miesiącach zimowych wynosił około 100 µg/m³, chociaż 18 stycznia 1996 zaobserwowano poziom ponad 300 µg/m³. W miesiącach letnich zaobserwowano zmniejszenie się toksyczności pyłu zawieszonego. Poziom dioksyn zmalał wówczas 10-krotnie, a zawartość PCB zmalała do 500 – 1200 pg/m³. Szczególnie było to wyraźne w dzielnicach Śródmieście i Podgórze. Wynika z tego wniosek, że

podstawowym źródłem dioksyn do atmosfery w miesiącach zimowych mogą być procesy związane z emisją dioksyn z palenisk domowych. Mieszkania w tych dzielnicach są w dużej mierze ogrzewane indywidualnymi piecami węglowymi, gdzie można pozbywać się odpadków z gospodarstwa domowego. Dowodem na to jest uzyskanie podobnych rozkładów grup kongenerów dioksyn w pobieranych w zimie próbkach pyłu zawieszzonego, i porównawczo próbkach popiołu pochodzącego ze spalarni odpadów.

Podobnie jak dla próbek sadzy pobranych z przewodów kominowych, w próbkach pyłu zawieszzonego zaobserwowano charakterystyczne rozkłady grup kongenerów PCDD, PCDF i PCB występujące w popiołach ze spalarni odpadów komunalnych.

W świetle przeprowadzonych badań można stwierdzić, że spaliny samochodowe mają znacznie mniejszy wpływ na zanieczyszczenie dioksynami powietrza w Krakowie. Wynika to z porównania zawartości dioksyn w miesiącach zimowych i letnich, gdy nie obserwuje się dużych zmian w natężeniu ruchu ulicznego.

W konkluzji należy stwierdzić, że w wyniku przeprowadzonych badań w latach 1994-1997 wykazano w miesiącach zimowych obecność dioksyn w powietrzu krakowskim w stężeniu o rząd wielkości większym niż w innych, dużych miastach Europy Zachodniej. W literaturze naukowej podawane są wartości stężenia dioksyn w powietrzu atmosferycznym takich miast jak Hamburg, Berlin, Graz, Linz i innych, gdzie poziom zawartości PCDD/F nie przekracza zimą 0.3 pgTEQ/m^3 . Podwyższony poziom zawartości PCDD/F w stosunku do miast europejskich i niebezpieczeństwo kumulowania się dioksyn w środowisku miejskim, wskazują na konieczność podjęcia działań zmierzających do obniżenia zawartości dioksyn w pyłe zawieszonym. Można próbować temu zaradzić przez uregulowanie polityki gospodarowania odpadami, ale w odniesieniu do gospodarstw domowych można jedynie oczekiwać poprawy sytuacji poprzez prowadzenie działalności informacyjnej i propagandowej o szkodliwości spalania odpadów w piecach do ogrzewania mieszkań. Należy podjąć bardziej zdecydowane działania w celu zaprzestania wypalania traw na łąkach i spalania resztek organicznych w pryzmach na działkach znajdujących się w granicach administracyjnych miasta. Obniżenie emisji dioksyn do atmosfery można będzie osiągnąć przez zastępowanie indywidualnych pieców węglowych gazowymi oraz rozwiązanie problemów komunikacyjnych, szczególnie w dzielnicach centralnych Krakowa.

Badania nad zawartością dioksyn w powietrzu Krakowa w latach 1995-1997 finansowane były ze środków Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie.

Zawartość dioksyn i koplanarnych PCB w powietrzu
Krakowa
Wartości średnie – styczeń – luty 1997
dla stacji Rynek Podgórski

nr	Kongener	Zawartość kongenerów [pg/m ³]	cząstkowy TEQ ***
1	2,3,7,8-TCDF	3,75	0,375
2	2,3,7,8-TCDD	0,40	0,400
3	1,2,3,7,8-P ₅ CDF	4,40	0,220
4	2,3,4,7,8-P ₅ CDF	1,15	0,575
5	1,2,3,7,8-P ₅ CDD	0,25	0,250
6	1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF	1,15	0,115
7	1,2,3,6,7,8-H ₆ CDF	1,20	0,120
8	1,2,3,7,8,9-H ₆ CDF	1,05	0,105
9	1,2,3,4,7,8-H ₆ CDD	2,80	0,280
10	1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD	0,35	0,035
11	1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD	1,50	0,150
12	2,3,4,6,7,8-H ₆ CDF	9,90	0,990
13	1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDF	5,00	0,050
14	1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD	45,00	0,450
15	1,2,3,4,7,8,9-H ₇ CDF	12,00	0,120
16	OCDD	280,00	0,0280
17	OCDF	20,00	0,0020
18	PCB#77	160,00	0,0160
19	PCB#126	17,50	1,7500
20	PCB#169	80,00	0,8000
Sumarycznie PCDDs / PCDFs i koplanarne PCBs (w pg-TEQ/m ³)			6,83

*** - W odniesieniu do wymagań WHO z 1998

Zawartość dioksyn i koplarnych PCB
w powietrzu Krakowa
Wartości średnie – czerwiec-lipiec 1997
dla stacji Rynek Podgórski

nr	Kongener	Zawartość kongenerów [pg/m ³]	cząstkowy TEQ ***
1	2,3,7,8-TCDF	0,42	0,042
2	2,3,7,8-TCDD	0,05	0,050
3	1,2,3,7,8-P ₅ CDF	0,38	0,019
4	2,3,4,7,8-P ₅ CDF	0,06	0,030
5	1,2,3,7,8-P ₅ CDD	0,02	0,020
6	1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF	0,15	0,015
7	1,2,3,6,7,8-H ₆ CDF	0,22	0,022
8	1,2,3,7,8,9-H ₆ CDF	0,08	0,008
9	1,2,3,4,7,8-H ₆ CDD	0,35	0,035
10	1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD	0,01	0,001
11	1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD	0,40	0,040
12	2,3,4,6,7,8-H ₆ CDF	0,28	0,028
13	1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDF	1,15	0,012
14	1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD	3,18	0,032
15	1,2,3,4,7,8,9-H ₇ CDF	1,15	0,012
16	OCDD	16,50	0,0017
17	OCDF	0,25	0,0000
18	PCB#77	1,15	0,0001
19	PCB#126	0,24	0,0240
20	PCB#169	1,10	0,0110
Sumarycznie PCDDs / PCDFs i koplarnie PCBs (w pg-TEQ/m ³)			0,40

*** - W odniesieniu do wymagań WHO z 1998