

Dr hab. Ewa Marchwińska  
Dr Dobrosława Budka  
Śląska Akademia Medyczna

## Problem odpadów w aspekcie zdrowia publicznego\*

Działania w ochronie środowiska przed zagrożeniami powodowanymi przez odpady powinny rozpoczynać się od zapobiegania powstawaniu odpadów, redukcji ich ilości oraz zamiany odpadów szkodliwych na mniej groźne. Podstawową zasadą gospodarki odpadowej jest zapobieganie ich powstawaniu. Wyraża się to dążeniem do stosowania małodopadowych technologii produkcji, czystszych w odniesieniu do środowiska oraz zapewniających produkcyjne wykorzystanie wszystkich składników przerabianych surowców. Odpady powstające jako produkty uboczne są cechą procesu technologicznego, ale właściwością najlepszych technologii jest mała ilość produktów ubocznych.

Gospodarka odpadami stanowi jeden z najbardziej zaniedbanych segmentów ochrony środowiska ze względu na ogromną ilość odpadów przemysłowych i komunalnych nagromadzonych w przeszłości oraz wytwarzanych na bieżąco.

W przypadku odpadów komunalnych, w skali kraju obserwuje się systematyczny wzrost ich ilości, zwłaszcza w miastach. Szacunkowe dane mówią o ilości bliskiej 300 kg na mieszkańca w ciągu roku, co stanowi około połowy ilości przypadającej na 1 mieszkańca w najbogatszych krajach Unii Europejskiej. Różnica ta wskazuje na rosnące zagrożenie i potrzebę rozwoju skutecznych metod gospodarowania tymi odpadami; przede wszystkim jednak na konieczność podejmowania działań zapobiegawczych, redukujących ilość odpadów w gospodarstwach domowych. W tym celu ustanowiono ustawy wprowadzające obowiązek odzysku (w tym recykling) odpadów opakowaniowych, a także pobieranie opłat produktowych, w przypadku nie spełniania przez podmioty gospodarcze ustalonych wymagań w zakresie poziomów recyklingu niektórych odpadów (Polityka Ekologiczna Państwa, 2002). Według Raportu GIOŚ (1), w 2001 roku wywiezionych na składowiska zostało w Polsce 11 109 tys. ton odpadów komunalnych, a 15 % tej ilości w samym woj. Śląskim.

Szacuje się, że na świecie powstaje rocznie 18-22 mld/Mg odpadów przemysłowych i około 1,2-1,6 mld/Mg odpadów komunalno - bytowych. Ilość zdeponowanych odpadów w ostatnich trzech dekadach minionego stulecia szacuje się na 450 – 520 mld Mg odpadów, które zajmują obszar ok. 120 – 140 tysięcy kilometrów kwadratowych naszej planety [2].

Do chwili obecnej składowanie jest najpowszechniejszym sposobem utylizacji odpadów komunalnych w większości krajów. Obrazuje to tabela 1. Spalanie przeważa jako metoda w krajach o małej powierzchni, gdzie praktycznie nie ma możliwości składowania. Uzyskanie miejsca pod nowe składowiska jest coraz trudniejsze również w pozostałych krajach, ze względu na protesty mieszkańców z miejscowości przyległych do planowanego składowiska.

**Tablica 1.** Postępowanie z odpadami komunalnymi w różnych krajach

Kraj	Ilość odpadów (kiloton/r)	Spalanie	Składowanie	Kompostowanie	Recykling
(% wag. ogólnej ilości odpadów)					
Austria	2800	11	65	18	6
Belgia	3500	54	43	0	3

\* Materiały konferencyjne VII Ogólnopolskiej Sesji Popularnonaukowej "Środowisko a zdrowie - 2005", Częstochowa 2005.

Dania	2600	48	29	4	19
Hiszpania	13300	6	65	17	13
Francja	20000	42	45	10	3
Holandia	7700	35	45	5	16
Irlandia	1100	0	97	0	3
Japonia	50000	75	20	5	
Luksemburg	180	75	22	1	2
Niemcy	25000	36	46	2	16
Szwajcaria	3700	59	12	7	22
Szwecja	3200	47	34	3	16
USA	177400	16	67	2	15
Wielka Brytania	30000	8	90	0	2
Włochy	17500	16	74	7	3

Źródło: Warner Bull. 1995 No. 44, The World Resource Foundation Information Sheet;

Największe zagrożenie zdrowia publicznego stanowią trwałe zanieczyszczenia organiczne i inne materiały trudne do zniszczenia. Były one w przeszłości magazynowane, składowane na wysypiskach lub spalane w specjalnych spalarniach, kotłowniach przemysłowych czy piecach cementowni. Dopuszczano także składowanie ich w głębokich odwiertach.

Spośród wielu rodzajów trwałych odpadów organicznych, nieprzydatne środki ochrony roślin i opakowania po nich stanowią bardzo poważny problem ekologiczny w Polsce. Odpady te, zaliczane do grupy odpadów niebezpiecznych znajdują się w mogiłnikach (podziemne betonowe komory lub fortyfikacje wojskowe) i w magazynach na terenie całego kraju.

W Polsce jest około 300 mogiłników i około 1000 magazynów, w których znajdują się te odpady. Największe zagrożenie dla środowiska stanowią mogilniki co wynika z ich nieuszczelnności i z przedostawania się toksycznych substancji do gruntu i wód podziemnych. W wielu przypadkach stwierdzono realne zagrożenie dla ujęć wody pitnej. Również istotne źródło skażenia i potencjalne zagrożenie dla ludzi i środowiska stanowią odpady pestycydowe znajdujące się w magazynach.

Zagrożenie dla środowiska ze strony mogiłników wynika przede wszystkim z ich nieuszczelnności i z przedostawania się toksycznych substancji do gruntu i wód podziemnych, w wyniku którego w wielu przypadkach stwierdzono realne zagrożenie dla ujęć wody pitnej. Potencjalne zagrożenie istnieje zawsze, szczególnie jeśli obiekty zlokalizowane są na obszarach najwyższej ochrony zasobów wodnych, co ma miejsce w Polsce w kilkudziesięciu przypadkach.

Magazynowanie trwałych substancji organicznych.

Odpady pestycydowe znajdujące się w magazynach stanowią również istotne źródło skażenia i potencjalne zagrożenie dla ludzi i środowiska. To zagrożenie się zwiększa w przypadku dostępu osób niepowołanych do często źle zabezpieczonych magazynów lub w przypadku zdarzeń losowych i klęsk żywiołowych (pożar, powódź).

W przypadku magazynowania trwałych substancji organicznych, oprócz wycieków tych substancji z miejsca magazynowania, ulatnianie się jest poważnym problemem, zwłaszcza w klimacie tropikalnym.

W Bangkoku (Tajlandia), zmierzono ilość PCB w powietrzu na zewnątrz budynku, gdzie przechowywano kondensatory. Bezpośrednio po zawietrznej stronie, przeciętne stężenie PCB wynosiło 820 nanogramów na metr sześcienny ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ). Kilka metrów dalej po stronie nawietrznej stężenie PCB wynosiło  $570 \text{ ng}/\text{m}^3$ . [3] Jest to około 1000 razy więcej, niż wykazują pomiary przeprowadzone w miastach w Wielkiej Brytanii oraz od 15 000 do 48 000 razy więcej, niż pomiary powietrza w Arktyce [4]. Szacuje się, że jedna czwarta PCB w powietrzu pochodziła z ulatniania się z kondensatorów, a pozostała ilość z ulatniania się PCB rozlanych na okolicznym gruncie. Nawet w chłodnym klimacie, magazynowanie i transport takich substancji chemicznych prowadzi do przedostawania się ich do środowiska. Przykładem może być kanadyjski zakład utylizacji PCB o dobrze zaprojektowanych budynkach, z utrzymywaniem wewnątrz podciśnieniem i filtrami z węglem aktywnym. Pomiary przeprowadzone w pewnej odległości od zakładu wykazały, że przefiltrowane powietrze i tak zawierało podwyższone ilości PCB[5].

#### Składowanie

Deponowanie na składowiskach nie jest metodą pozbywania się trwałych substancji, a jedynie próbą powstrzymania przedostawania się ich do środowiska. Jest to stosunkowo nieefektywny sposób przeciwdziałania skażeniom. Związki zawarte w zakopanych odpadach mogą przedostawać się do środowiska, przeciekając do wód gruntowych i ulatniając się do atmosfery.

Po dziesiątkach lat badań, inżynieryjnych innowacji i wielkich wydatków, najnowocześniejsze i najbardziej zaawansowane technologicznie składowiska są wciąż określane jako potencjalne bomby z opóźnionym zapłonem zagrażające w przyszłości ludzkiemu zdrowiu i środowisku.

Zagrożenie dla środowiska ze strony mogilników w Polsce wynika przede wszystkim z ich nieszczelności i z przedostawania się toksycznych substancji do gruntu i wód podziemnych, w wyniku którego w wielu przypadkach stwierdzono realne zagrożenie dla ujęć wody pitnej. Potencjalne zagrożenie istnieje zawsze, szczególnie jeśli obiekty zlokalizowane są na obszarach najwyższej ochrony zasobów wodnych, co ma miejsce w Polsce w kilkudziesięciu przypadkach.

Również inne kraje, w przeszłości deponujące pestycydy na składowiskach, obecnie doświadczają poważnego skażenia środowiska i stają wobec konieczności poniesienia wysokich kosztów, związanych z przywróceniem stanu równowagi i naprawy szkód wyrządzonych środowisku i zdrowiu publicznemu.

Składowiska gromadzące stałe odpady niebezpieczne i komunalne stanowią nieustanne zagrożenie dla jakości wód podziemnych. Tworzywa sztuczne, stosowane jako membrany ulegną z czasem zniszczeniu, nieuniknionym jest, że odcieki ze składowisk będą przenikać przez membranę i zanieczyszczać znajdujące się poniżej wody gruntowe.

#### Składowanie w głębokich odwiertach

Składowanie niebezpiecznych substancji chemicznych w głębokich odwiertach nie jest szeroko stosowane. FAO (1996) określiła składowanie odpadów w głębokich odwiertach jako nieodpowiednie z powodu ryzyka ekologicznego i braku kontroli.

W USA, które należą do tych nielicznych krajów, gdzie stosuje się tę metodę, nierzadkie są przypadki przedostawania się substancji chemicznych do środowiska, a 39 takich udokumentowanych przypadków zdarzyło się do roku 1989. Przypadki te obejmowały różnorakie awarie - od przecieków do podziemnych zbiorników wodnych, w tym wód podziemnych używanych jako źródła wody pitnej, do trzęsień ziemi i erupcji u wylotu odwiertu. [6]

Niewiele wiadomo o długoterminowym zachowaniu się substancji chemicznych w głębokich odwiertach; możliwych reakcjach między niebezpiecznymi odpadami i podziemnymi

skałami, gliną, wodą, solankami, ropą naftową, gazem itp., czy efektach, które takie reakcje mogą wyrzucić na przedostawanie się odpadów i ich toksyczność.

Kiedy niebezpieczne odpady opuszczają odwiert i przenikną do warstwy przepuszczalnej, śledzenie ich migracji jest niemożliwe. Ich pozycja staje się wiadoma dopiero wtedy, kiedy zostaną wykryte w wodzie gruntowej.

#### Spalanie

Do czasów przemysłowych, spalanie uważano za efektywną metodę usuwania niepożądanych palnych materiałów. W dwudziestym wieku, charakter odpadów i śmieci, generowanych w skutek działalności człowieka, uległ zasadniczej zmianie. W rezultacie, budowano coraz bardziej skomplikowane i kosztowne spalarnie tylko po to, aby spalać materiały, wyrzucane przez społeczeństwa uprzemysłowione.

Na całym świecie zmodyfikowano również około 60 pieców cementowych w taki sposób, że wraz z konwencjonalnymi paliwami spala się w nich rozmaite odpady. FAO (1996) zidentyfikowało część materiałów, których nie zaleca się utylizować w spalarniach i piecach cementowych (Tabela 2.) Materiały te obejmują, w większości przypadków, produkty zawierające chlor, takie jak trwałe zanieczyszczenia organiczne.

**Tabela 2.** Zalecenia FAO dotyczące materiałów, których nie należy spalać, lub których utylizację przez spalanie należy ograniczać [7]

<b>Metoda spalania</b>	<b>Nie rekomendowane do spalania</b>
Spalanie wysokotemperaturowe, ogólnie	Pestycydy nieorganiczne, pestycydy zawierające rtęć oraz organometale
Małe spalarnie bez skrubera	Pestycydy zawierające chlor, fosfor, siarkę lub azot oraz duże ilości pestycydów
Małe spalarnie oraz spalarnie przewoźne bez skrubera	Pestycydy zawierające chlor, brom lub inne halogeny
Piece cementowe	Pestycydy zawierające chlor, brom lub inne halogeny, w tym kwasy fenooctowe i pochodne, pochodne kwasu acetylenowego

#### Spalarnie specjalistyczne

Biorąc pod uwagę zastosowanie spalarni do niszczenia trwałych zanieczyszczeń organicznych, Grupa Robocza Międzyrządowego Forum nt. Bezpieczeństwa Chemicznego (the Ad Hoc Working Group of the Intergovernmental Forum on Chemical Safety, IFCS) w 1996 roku przedstawiła następujące wnioski w swoich zaleceniach, zaakceptowane następnie w 1997 roku przez UNEP.

IFCS doszła do wniosku, że obecna generacja najlepszej technologii spalania odpadów to urządzenia drogie w budowie, skomplikowane w działaniu a ich rozpowszechnienie w wielu krajach rozwijających się jest mało prawdopodobne w bliskiej przyszłości. Chociaż najbardziej technologicznie zaawansowane spalarnie mogą być zbyt drogie dla wielu krajów, to koszty są tylko jednym z istotnych czynników ograniczających tę technologię. Wysokie koszty operacyjne funkcjonowania spalarni wynikają z wysokiej temperatury pracy tych instalacji.

Atomy chloru efektywnie spowalniają proces spalania. Mają one tendencje do łączenia się z wolnymi rodnikami wodoru, które podtrzymują proces spalania. Stąd trudno jest osiągnąć

całkowite spalanie. Ogromnym problemem jest powstawanie śladowych ilości produktów niezupełnego spalania. Podczas spalania PCB, mogą powstawać dioksyny i chlorowe dibenzofurany. Inne związki obecne w gazach wylotowych obejmują HCl, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, oraz O<sub>2</sub>. Usuwanie tych substancji z gazów wylotowych może być bardzo trudne i kosztowne. Niektóre spalarnie utylizujące trwale zanieczyszczenia organiczne i inne odpady powodują emisję niezniszczonych i nowopowstałych trwałych zanieczyszczeń organicznych w środowisku, a tym samym skażenie powietrza, gruntów, roślinności, fauny i populacji ludzkiej.

FAO (1996) zauważa, że duże, wyspecjalizowane spalarnie odpadów niebezpiecznych osiągają wysoką Efektywność Niszczenia i Usuwania ENU (Destruction and Removal Efficiencies, DRE) i określa je jako preferowaną metodę niszczenia przeterminowanych pestycydów. Przyznaje jednak, że takie spalarnie same są źródłami niektórych trwałych zanieczyszczeń organicznych, takich jak dioksyny.

Niewłaściwe użytkowanie spalarni może powodować powstawanie niebezpiecznych stałych i lotnych produktów ubocznych, stanowiących poważne zagrożenie dla środowiska i zdrowia publicznego. Często takie zanieczyszczenia są bardziej toksyczne, niż substancje pierwotne. Szczególną uwagę należy zwrócić na powstawanie polichlorowanych dibenzodioksyn i polichlorowanych dibenzofuranów (często nazywanych dioksynami i furanami), które są niezwykle toksyczne i pozostają w środowisku przez długi czas. Dioksyny i furany powstają w rezultacie reakcji chłodzenia gazów wylotowych. Czynniki, mające wpływ na tę reakcję, to temperatura spalin, występowanie chloru lub innych halogenów oraz obecność katalizatorów. Spalanie odpadów medycznych.

Odpady medyczne powstają w procesach diagnozowania, leczenia i profilaktyki medycznej i weterynaryjnej, prowadzonych w sieci lecznictwa otwartego i zamkniętego.

Szacowana w roku 2000 ilość specyficznych odpadów medycznych powstających w Polsce wynosi ok. 23 tys. Mg. Przyjmując, że odpady weterynaryjne stanowią ok. 10% odpadów medycznych, szacunkowa ilość specyficznych odpadów medycznych i weterynaryjnych w 2000 r. kształtuje się na poziomie ok. 25 tys. Mg.

Odpady medyczne zawsze uważane były za bardziej niebezpieczne niż komunalne, gdyż mogły być zakażone. Tak więc musiały być one utylizowane tak, aby unieszkodliwić zawarte w nich mikroorganizmy. Od czasów, kiedy palono ciała ofiar zarazy, właśnie spalanie uważano za jedyny skuteczny sposób odkażenia ich. Mikrobiologia potwierdziła słuszność takiego postępowania udowadniając, że proces spalania rzeczywiście niszczy chorobotwórcze bakterie i wirusy. Dlatego też, właśnie ten proces wykorzystano do utylizacji odpadów medycznych i stosuje się go również obecnie. Wraz ze wzrostem wiedzy na temat zanieczyszczenia powietrza powodowanego przez spalarnie (tlenek węgla, metale ciężkie, lotne węglowodory, dioksyny i furany) zostały wprowadzone ostre wymagania co do urządzeń oczyszczających spaliny.

Unieszkodliwianie odpadów medycznych metodą termiczną realizowane jest w 98,5% ogólnej liczby szpitali, natomiast metodami fizykochemicznymi (dezynfekcja parowa i chemiczna, sterylizacja w automatach ciśnieniowych) jedynie w 1,5% szpitali.

Aktualnie w Polsce funkcjonują 22 duże regionalne spalarnie odpadów medycznych o łącznej wydajności rzędu 13,6 tys. Mg/rok oraz pewna ilość małych spalarni o wydajności 50—300 kg/godz. W jednostkach służby zdrowia eksploatowana jest pewna liczba tzw. spalarek, w których proces spalania prowadzony jest w temp. 700—800°C, bez żadnych urządzeń do oczyszczania spalin. Spalanie zakażonych odpadów stanowi zagrożenie zdrowia.

Nowy raport Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (US EPA) na temat dioksyn wskazał na spalarnie przyszpitalne jako główne źródło niebezpiecznych związków chemicznych i spowodował, że w ramach Ustawy o Czystym Powietrzu (Clean Air Act)

zostały wprowadzone nowe przepisy dotyczące jeszcze ściślejszej kontroli nad tymi obiektami.

Do powstania polichlorowych dibenzodioskyn (PCDD) oraz polichlorowych dibenzofuranów (PCDF) w spalarniach prowadzą reakcje pomiędzy  $C_{12}$  i fenolami.

Powyższe zjawiska powodują emisję dioksyn i furanów. Do powstania PCDD i PCDF w piecu spalarni niezbędny jest chlor. Głównym źródłem chloru w odpadach medycznych jest chlorowany plastik, zwłaszcza polichlorek winylu - PCW. Chlor stanowi 42% wagi czystego PCW, plastiku wyjątkowo często stosowanego. Szpitalne narzędzia jednorazowego użytku zrobione są najczęściej właśnie z PCW, gdyż jest to stosunkowo tani, plastyczny materiał, który łatwo daje się formować.

Zakażone odpady medyczne składają się w przeważającej części z papieru. Jako, że najczęściej jest on robiony z chlorowanej pulpy drzewnej, jest prawdopodobnie skażony niewielkimi ilościami PCDD i PCDF. Wysoka zawartość papieru i PCW w odpadach medycznych wyjaśnia dlaczego są one jednym z głównych źródeł powstawania dioksyn i furanów. Studia nad wpływem zanieczyszczenia dioksynami na zdrowie człowieka przeprowadzone przez US EPA wykazały, że największym źródłem dioksyn są spalarnie odpadów medycznych. Emitują one więcej tych związków niż spalarnie odpadów komunalnych i niebezpiecznych lub. Według badań US EPA spalarnie przyszpitalne są odpowiedzialne za 53% emisji dioksyn w Stanach Zjednoczonych.

Jest to tym bardziej niepokojące, że szpitale, których naczelnym zadaniem jest leczenie i ochrona zdrowia, są źródłem emisji jednego z najbardziej toksycznych związków chemicznych.

Istnieją sposoby zmniejszenia szkodliwego wpływu spalania odpadów medycznych na zdrowie. Na poziom szkodliwych emisji mogą mieć wpływ metody przygotowania odpadów przed ich spaleniem, takie jak:

- usunięcie z nich jak największej ilości przedmiotów jednorazowego użytku;
- oddzielenie odpadów zakażonych od nie zakażonych;
- wprowadzenie metod recyklingu obejmujących odpady plastikowe, papier i metal;
- oczyszczenie odpadów przeznaczonych do spalania z odpadów zawierających PCW, gdyż przede wszystkim ten właśnie związek przyczynia się do powstawania dioksyn i furanów.

Większość proponowanych rozwiązań dotyczy eliminacji nie zainfekowanych odpadów medycznych spośród strumienia odpadów trafiającego do spalarni. Stanowią one znaczną część spalanych odpadów.

Przez ostatnie 25 lat w szpitalach upowszechniły się narzędzia jednorazowego użytku. Wszystkie przedmioty, które dawniej trzeba było myć, dezynfekować czy sterylizować mają obecnie swoje jednorazowe odpowiedniki. W jednym z artykułów The Western Journal of Medicine wyszczególniono 20 najczęściej stosowanych w szpitalach produktów. Na podstawie tego spisu sporządzono plan redukcji odpadów. Stwierdzono, iż poprzez zamianę przedmiotów jednorazowego użytku na wielorazowe można zmniejszyć odpady pochodzące z działu administracji badanego szpitala o 10,5 t rocznie, z oddziału operacyjnego - o 41 t rocznie i z oddziałów dla dorosłych - o 11,3 t.. Powyższy przykład wskazuje sposób redukcji całkowitej masy odpadów.

Produkty uboczne spalania.

Jednym z większych problemów, jaki się wiąże ze spalaniem odpadów niebezpiecznych, jest powstawanie podczas spalania i bezpośrednio po nim nowych, często równie toksycznych substancji - tak zwanych produktów niezupełnego spalania (ang.: products of incomplete combustion, PICs). Pośród tych PICs, które zostały zidentyfikowane, za największe zagrożenie dla zdrowia publicznego i środowiska uważa się dioksyny i furany.

Z badania wynika, że populacje USA i niektórych krajów europejskich są obecnie nosicielami takich stężeń dioksyn i furanów, o których wiadomo, iż wywierają one wpływ na zdrowie. [8] Emisje ze spalania wytworzonych przez człowieka materiałów, zawierających chlor zostały zidentyfikowane jako podstawowe źródło dioksyn i furanów. W rzeczywistości, liczne badania instalacji zarówno laboratoryjnych, jak i pilotażowych wykazują, że wprowadzaniu do spalania zwiększonych ilości materiałów, zawierających chlor towarzyszy zwiększone powstawanie dioksyn i furanów. [3,9]

W niektórych rozwiniętych krajach, stężenia dioksyn, w spalinach spalarni zaawansowanych technicznie i najbardziej profesjonalnie sterowanych, wynoszą poniżej  $0,1 \text{ ng TEQ/m}^3$ . Są to stężenia, nie stanowiące problemu z punktu widzenia zdrowia publicznego i środowiska. Problem stanowić będzie jednak całkowita masa dioksyn emitowanych w gazach wylotowych przez długi okres czasu. Na przykład w jednej z najnowocześniejszych spalarni odpadów niebezpiecznych w USA spaliny były emitowane w tempie około  $1,500 \text{ m}^3$  na minutę podczas spalania testowego. Przy średniej zawartości dioksyn wynoszącej  $0,14 \text{ ng TEQ/m}^3$ , spalarnia ta emitowała ponad 300,000 ng TEQ dziennie, czyli wprowadzała do atmosfery ilość dioksyn odpowiadającą dopuszczalnej dawce dziennej dla 1 do 4 milionów dorosłych, (przyjmując standardy Światowej Organizacji Zdrowia, ustanawiające ją na poziomie 1 - 4 pikogramów na kilogram masy ciała dziennie). [8]

#### Dioksyny

Głównymi źródłami punktowymi emisji dioksyn są spalarnie odpadów komunalnych, medycznych oraz niebezpiecznych, a także cementownie spalające odpady jako paliwo zastępcze. Według Raportu EPA, (...) ze źródeł tych pochodzi 40% dioksyn generowanych rocznie w Stanach Zjednoczonych.

W Polsce nigdy nie przeprowadzono pełnych badań potencjalnych źródeł dioksyn, a ostatnie badania populacji na szerszą skalę wykonano kilkanaście lat temu.

Niektóre dioksyny (PCDD i PCDF) są ciałami stałymi o temp. topnienia poniżej  $100^{\circ}\text{C}$  do  $330^{\circ}\text{C}$  (OCDD), niektóre - olejami (PCBs). Trudno rozpuszczają się w wodzie, a stosunkowo łatwo rozpuszczają się w tłuszczach. Stąd też w organizmach żywych gromadzą się w tłuszczach (lipidach). Na tym polega ich kumulacja w łańcuchu troficznym, czyli łańcuchu pokarmowym organizmów żywych. Stężenie dioksyn w każdym następnym ogniwie łańcucha pokarmowego może być 1000-, a nawet 1 000 000-krotnie większe. Dioksyny są bardzo odporne na działanie różnych czynników fizyczno-chemicznych (wytrzymują np. temperaturę do ok.  $1000^{\circ}\text{C}$ , mało odporne są natomiast na działanie promieniowania ultrafioletowego).

Dioksyny cechują się długimi okresami półrozpadu ( $T_{1/2}$ ). W organizmach żywych okres ten wynosi od kilku tygodni (gryzonie) do 30 lat (człowiek). Dla gleby okres półrozpadu wynieść może od 10 do nawet do 100 lat, w zależności od głębokości zalegania (10).

Działanie toksyczne dioksyn obejmuje choroby skórne jak trądzik chlorowy, który jest trudny do odróżnienia od trądziku młodzieńczego, co dowodzi wpływu dioksyn na zaburzenia w działaniu systemu hormonalnego; zmniejszanie ilości testosteronu, powodowanie wad wrodzonych potomstwa, wreszcie nowotwory różnego typu (11).

TCDD jest najsilniejszą trucizną syntetyczną, z którą zetknął się człowiek. Dawka  $LD_{50}$  dla świnki morskiej wynosi  $0,6 \mu\text{g/kg}$  wagi ciała, dla innych zwierząt jest wyższa, dla człowieka - nieznana. Nie wiadomo czy istnieje wartość progowa, która jest tolerowana przez człowieka, czy też dioksyny działają w taki sposób, że nawet najmniejsze dawki powodują efekty niekorzystne dla zdrowia. Obecnie przyjmuje się, że jest pewna wartość progowa (dawka), która może być tolerowana przez człowieka. Najostrzejszym zaleceniem jest dawka dzienna dioksyn (I-TEQ)  $0,006 \text{ pg/kg}$  wagi ciała na dzień, najbardziej liberalną jest norma Stanowego Departamentu Zdrowia w Waszyngtonie, która wynosi  $20-80 \text{ pg/kg}$  na dzień. Światowa Organizacja Zdrowia dopuszcza dawkę  $10 \text{ pg/kg}$  dziennie.

EPA – Raport w sprawie dioksyn

Pierwsze, 9-tomowe opracowanie dotyczące dioksyn Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (US EPA) opublikowała w 1994 roku. Od tego czasu Agencja prowadziła badania, które miały dać (w miarę ostateczną) odpowiedź w jaki sposób i na jakim poziomie oddziałują na organizmy żywe dioksyny i dioksynopodobne związki - furany i związki z grupy polichlorowanych bifenyli (PCB).

Nowy raport EPA udostępniony w maju 2000 roku, potwierdza wszystkie dotychczasowe badania i przedstawia nowe dowody na poważny negatywny wpływ dioksyn na zdrowie ludzi i inne organizmy żywe.

Agencja stwierdza, że przeciętny Amerykanin przyjmuje dawkę dioksyn w ilości 1 pg/kg/dzień TEQ (70 pg/dzień TEQ). Jest to stukrotnie więcej niż "ogólnie akceptowane" ryzyko zagrożenia rakiem na milion (co odpowiada dziennej dawce 0,01 pikograma dioksyny na kilogram masy ciała).

Przeciętna dawka dioksyn jaką przyjmuje dziecko karmione piersią jest stukrotnie większa niż u dorosłych (w odniesieniu do wagi ciała). Agencja przyjmuje mimo wszystko, że karmienie piersią jest korzystniejsze dla rozwoju dziecka. Według Agencji negatywne oddziaływanie dioksyn spowodowane jest przede wszystkim długotrwałą ekspozycją, niż ze zwiększoną dawką dzienną przyjmowaną w relatywnie krótkim okresie czasu.

Dzieci w wieku 1 - 5 lat przyjmują trzykrotnie większą ilość dioksyn niż dorośli. Podobnie osoby, których dieta składa się głównie z ryb są narażone na szczególnie duże dawki dioksyn. Wszystkie osoby badane na obecność najbardziej toksycznego izomeru dioksyn (tetrachlorodibenzodioksyny, TCDD) i innych dioksynopochodnych związków (np. PCB), miały w swoich organizmach dające się oznaczać ilości tych związków.

Niektóre badania ludzi i zwierząt sugerują, że eliminacja z organizmu połowicznie rozłożonych dioksyn i podobnych związków zależy od dawki tych substancji - większe dawki są eliminowane szybciej, mniejsze wolniej.

Agencja nie rekomenduje przyjmowania "dawki referencyjnej" lub "bezpiecznej dawki" dla dioksyn, gdyż realnie należałoby ją ustanowić na poziomie od 100 do 1000 razy mniejszym niż aktualnie wchłaniane i obecne ilości dioksyn w organizmach ludzi.

Począwszy od lat osiemdziesiątych, przeciętny poziom dioksyn w tkance tłuszczowej populacji ludzkiej w USA systematycznie się obniża.

Wpływ dioksyn na organizmy żywe.

Ryzyko wywołania raka w skutek ekspozycji na dioksyny jest dziesięciokrotnie większe niż oszacowane pierwotnie i przedstawione w raporcie z 1994 roku. Agencja ostatecznie uznaje dioksyny za "wywołujące raka u ludzi".

Badania wskazują, że dioksyny oddziałują na podstawowym poziomie komórkowym. Związki te zaburzają funkcjonowanie przepływu informacji genetycznej, wskutek włączania i wyłączania genów w nieodpowiednim czasie lub na zbyt długi lub zbyt krótki okres czasu.

Dioksyny mogą powodować zmiany w organizmach ludzkich, identyczne jakie zaobserwowano u zwierząt. Niekorzystne oddziaływanie może zachodzić już na bardzo niskim poziomie ekspozycji, to jest na poziomie jaki określa się mianem tła.

U zwierząt stwierdzono, że dioksyny powodują endometriozę, demaskulinizację, uszkodzenia płodu takie jak: rozszczep podniebienia, wodonercze, zwiększenie podatności na nowotwory, obniżenie odporności na oddziaływanie bakterii, wirusów, pasożytów, supresję limfocytów T (grasicznych).

U dzieci, które przyjmowały dawkę dioksyn na poziomie tła, zaobserwowano nieznaczne pogorszenie zdolności uczenia się, negatywny wpływ na funkcjonowanie tarczycy i wątroby oraz zwiększoną zapadalność na różnorodne infekcje.

Dioksyny potencjalnie oddziałują także na układ metaboliczny, rozwojowy i rozrodczy oraz mogą mieć wpływ na inne funkcje ludzkiego organizmu, w zakresie obecnej skali

ekspozycji. Informacje o tym wpływie pochodzą z ograniczonej liczby badań prowadzonych wśród ludzi, a więc wymagają kontynuacji. Stwierdzono w nich, że dioksyny powodowały zmiany biochemiczne i fizjologiczne, włączając w to zaburzenia funkcjonowania wątroby, zmiany poziomu męskich hormonów rozrodczych, obniżenie tolerancji na glukozę. Prawdopodobnie dioksyny mogą mieć także wpływ na zapadalność na cukrzycę.

U populacji ludzkich narażonych na ponadprzeciętną ekspozycję na dioksyny, związki te mogą wywoływać: choroby układu krążenia, nadciśnienie; poronienia, śmierć płodu, wady wrodzone, obniżoną wagę oraz spowolnienie wzrostu u noworodków; zmniejszenie liczby potomstwa płci męskiej na korzyść żeńskiej; raka, a szczególnie nowotwory układu oddechowego i tkanek miękkich.

Dane wskazują, że kobiety odmiennie reagują na dioksyny niż mężczyźni. Kobiety są prawdopodobnie bardziej wrażliwe na negatywne oddziaływanie dioksyn.

Dioksyny rozpraszane w atmosferze kumulują się w glebie i osadach cieków wodnych. Stamtąd przedostają się do łańcucha pokarmowego organizmów żywych.

Głównym źródłem przedostawania się dioksyn do organizmu człowieka jest pokarm, a szczególnie dieta złożona z ryb, mięsa i tłuszczów zwierzęcych.

Od roku 1970 obserwuje się zmniejszanie się ilości dioksyn emitowanych i zakumulowanych w środowisku USA. Proces ten jest wynikiem zmian dokonanych w technologiach procesów produkcyjnych, zamykania lub wyposażania spalarni odpadów w lepsze systemy filtrów oraz zaostrzeniem przepisów dotyczących dopuszczalnych emisji dioksyn i związków chloropochodnych.

Obchodzony corocznie przez GAIA ( Światowe Porozumienie na rzecz Alternatyw dla Spalania Odpadów), dzień działań przeciwko spalarniom odpadów ma na celu przypomnienie o zdrowotnych, środowiskowych, ekonomicznych i społecznych problemach związanych ze spalaniem odpadów i innymi, zdaniem organizacji, nieodpowiednimi praktykami postępowania z odpadami. GAIA to sieć zrzeszająca ponad 375 grup i społeczności lokalnych z 77 krajów, działających na rzecz ograniczenia powstawania odpadów u źródeł.

GAIA stwierdza, że spalanie odpadów to technologia ginąca. Nie budzi zaufania, sama powoduje powstawanie odpadów, które są jeszcze bardziej toksyczne niż przed spaleniem. Jako metoda produkcji energii jest nieefektywna i marnuje zasoby.

Společne protesty na całym świecie doprowadziły do zatrzymania wielu projektów lub zamknięcia działających spalarni odpadów. W Polsce uniemożliwiono budowę ponad 50 spalarni w ostatnich 10 latach. W Stanach Zjednoczonych w skutek protestów nie wybudowano ponad 300 spalarni, we Francji ponad 100, w Hiszpanii ponad 40, w Wielkiej Brytanii ponad 50. W wyniku społecznej presji, rząd Japonii był zmuszony zaostrzyć standardy emisji i zamknąć ponad 5000 spalarni w ostatnich 4 latach. W 15 krajach rządy i władze lokalne wprowadziły moratoria i zakazy budowy spalarni odpadów. Międzyrządowy Komitet Negocjacyjny ( INC ) opracował Konwencję Sztokholmską w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO). Konwencja, ma na celu eliminację najbardziej toksycznych substancji znanych nauce, w tym rakotwórczych dioksyn i furanów.

Konwencja identyfikuje wszystkie rodzaje spalarni odpadów, w tym cementownie spalające odpady niebezpieczne, jako główne źródło dioksyn, furanów i polichlorowanych bifenyli. Instalacje te odpowiedzialne są za ponad 69% światowej emisji do atmosfery trwałych związków organicznych. Konwencja rekomenduje stosowanie zastępczych technik, aby przeciwdziałać powstawaniu tych niebezpiecznych substancji.

Rządy krajów całego świata zgodziły się wynegocjować globalne, wiążące prawnie instrumenty ochrony ludzkiego zdrowia i środowiska przed wpływem trwałych zanieczyszczeń organicznych (ang.: persistent organic pollutants, POPs). Głównymi źródłami

przenikania tych zanieczyszczeń do środowiska są magazyny, zbiorniki osadów, składowiska odpadów oraz ziemia skażona dioksynami, PCB itp.

Ocenia się, że na świecie nagromadzono ponad milion ton trwałych zanieczyszczeń [1, 2], przy czym ponad 100 tysięcy ton przeterminowanych pestycydów znajduje się w krajach nie będących członkami OECD - Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju. [3] Brakuje szacunków dotyczących składowania materiałów zawierających dioksyny. Tym niemniej, można się spodziewać, że nagromadzenie materiałów skażonych dioksynami jest znaczne, zwłaszcza w krajach, gdzie silnie rozwinięty jest przemysł oparty o przerób chloru i gdzie zagospodarowanie odpadów opiera się na technologii ich spalania. Podobnie nie istnieją oszacowania, dotyczące masy skażonych gruntów i osadów pochodzących ze składowisk trwałych zanieczyszczeń organicznych, przeterminowanych pestycydów oraz materiałów zawierających dioksyny.

Składowiska trwałych zanieczyszczeń organicznych i związane z nimi skażenia stanowią poważne obciążenie dla środowiska, zdrowia publicznego oraz gospodarki, zwłaszcza w krajach rozwijających się. Odpowiedzialni za istnienie tych składowisk - producenci oraz / lub instytucje, które koordynowały i finansowały dystrybucję trwałych zanieczyszczeń organicznych oraz generujących je technologii - muszą odpowiadać za rekultywację składowisk i eliminację związaną z nimi skażenia.

W każdym przypadku, zniszczenie trwałych zanieczyszczeń organicznych i odkażenie związanych z nimi materiałów musi zostać dokonane w taki sposób, aby chronić zarówno lokalne, jak i odległe populacje ludzkie, środowisko przyrodnicze, jak również pracowników narażonych na kontakt z toksynami zarówno bezpośredni (np. przez wdychanie) jak i pośredni (np. przez pożywienie). Aby to osiągnąć, technologie niszczenia muszą spełnić najwyższe standardy oraz muszą być bardzo profesjonalnie stosowane i kontrolowane. Jeśli niszczenie ma miejsce w kraju bez silnych agencji i przepisów regulujących, należy wówczas wdrożyć specjalne mechanizmy nadzoru.

Warszawa, wrzesień 2002 r.

Spalanie jest powszechnie stosowaną formą usuwania odpadów, którą można zaakceptować w ściśle określonym zakresie. Musi być poddana rygorystycznym normom emisji i monitoringowi.

### **Traktat o utworzeniu EWG**

Traktat Rzymski, ze zmianami wprowadzonymi Jednolitym Aktem Europejskim, zapewnia polityce w dziedzinie ochrony środowiska miejsce wśród oficjalnych zasad polityki Wspólnoty Europejskiej i przypisuje jej trzy cele:

zachowanie, ochronę i poprawę jakości środowiska;

przyczynianie się do ochrony zdrowia ludzkiego;

zapewnienie rozsądnego i racjonalnego wykorzystania zasobów naturalnych.

W art. 130r ust. 2 Traktatu postanowiono, że poczynania Wspólnoty odnoszące się do ochrony środowiska powinny opierać się na działaniu zapobiegawczym, przyznawaniu pierwszeństwa usuwaniu podstawowych zagrożeń dla środowiska oraz uznaniu zasady, że zanieczyszczający płaci.

Wspólnota musi więc, przed rozważeniem powtórnego wykorzystania lub wybraniem sposobu usunięcia, przede wszystkim rozpatrzyć metody zapobiegania powstawaniu odpadów. W każdym przypadku podstawową zasadą wszelkich działań we Wspólnocie powinno być unikanie wytwarzania odpadów oraz zmniejszanie ich ilości i szkodliwości.

Ostatnie zdanie art. 130r ust. 2 podkreśla, że wymagania ochrony środowiska (a tym samym również wchodzące w ich zakres gospodarowanie odpadami) powinny stanowić składową część polityki Wspólnoty w innych dziedzinach.

Jak dotąd, nie określono kryteriów dla niszczenia składowisk trwałych zanieczyszczeń organicznych.

Wpływ spalarni na zdrowie i środowisko

Bliskość spalarni spalających materiały, zawierające chlor, wiąże się ze zwiększonymi poziomami dioksyn w otaczającym środowisku i zwiększonym narażeniu okolicznej populacji.

W Japonii, gdzie odpady komunalne zawierają stosunkowo dużo chloroorganicznych tworzyw sztucznych, PCW, [67] wysokie stężenia dioksyn w gruntach otaczających spalarnię odpadów komunalnych były "dobrze skorelowane" z wysoką liczbą przypadków raka w okolicznej populacji. [68]

Zespół lekarzy doniósł o podwyższonych stężeniach trwałych zanieczyszczeń organicznych w mleku karmiących matek mieszkających w obszarach zawietrznych niektórych spalarni odpadów w Niemczech. [69]

Federalne i stanowe agencje USA oceniły poziom dioksyn w tkance tłuszczowej ludzi zamieszkałych niedaleko zakładów spalających odpady produkcyjne dwóch chloroorganicznych pestycydów: 2,4-D i 2,4,5-T. [70, 71] W okresie trzech lat stężenia najbardziej toksycznej formy dioksyn - 2,3,7,8-TCDD, wzrosły średnio o 25% u ponad 60% badanych. [72]

Władze hiszpańskie określiły, że w okresie dwóch lat poziom dioksyn w tkance tłuszczowej ludzi mieszkających nieopodal spalarni odpadów komunalnych wzrósł o 10 do 15%. Ponadto, stwierdzono wzrost poziomu PCB o około 5%. [73]

W Kanadzie, urzędnicy odpowiedzialni za ochronę zdrowia odradzali konsumpcję dziczyzny, upolowanej w promieniu 30 kilometrów od spalarni PCB w Swan Hills z powodu nagromadzenia dioksyn, emitowanych przez ten zakład. [74]

W ramach programu koordynowanego przez FAO, niektóre przeterminowane pestycydy w krajach rozwijających się są niszczone w spalarniach w Europie. W przypadku jednej z nich - zakładu Rechem w Wielkiej Brytanii, gdzie spalano PCB i inne odpady, badania wykazały podwyższone poziomy dioksyn w powietrzu, glebie i pożywieniu. Jajka kaczek oraz pisklęta drobiu bantam miały poziomy dioksyn odpowiednio 4,7 i 20 razy wyższy niż poziom tła. Poziom dioksyn w powietrzu w pobliskim domu był 3,5 razy wyższy od poziomu tła, podczas gdy stężenia w glebie trzykrotnie przekraczały poziom tła. Stężenia dioksyn w jabłkach, hodowanych w tym samym okręgu co spalarnia, były 2,3 razy wyższe od poziomu tła.

Naukowcy szacowali, że w porównaniu z poziomem tła, ludzie w tym okręgu przyjmowali 2,4 razy więcej dioksyn w mleku, 1,3 razy więcej w ziemniakach i 3,2 razy przez spożycie warzyw uprawianych w skażonej ziemi. [75]

Biorąc pod uwagę sytuacje w zakładach Swan Hills i Rechem, rekomendacje FAO dotyczące transportowania trwałych zanieczyszczeń organicznych do specjalistycznych spalarni odpadów w kraju przemysłowym może nie być najbezpieczniejszą i najbardziej efektywnym sposobem eliminacji tych skażeń. [76] Można raczej powiedzieć, że metoda ta prowadzi do przekształcenia pewnej porcji jednej grupy trwałych zanieczyszczeń organicznych, np. PCB czy zawierających chlor pestycydów w inne - na przykład dioksyny, a przy tym przenosi obciążenie zdrowia publicznego z jednej społeczności na drugą.

Warto również zauważyć, że emisje gazowe stanowią tylko stosunkowo niewielką część całkowitej ilości dioksyn, generowanych przez spalanie materiałów zawierających chlor. W jednym z badań jedenastu dużych spalarni odpadów komunalnych w Niemczech okazało się, że gazy wylotowe zawierały tylko 12% wszystkich emitowanych trwałych zanieczyszczeń organicznych, podczas gdy pozostała część była przenoszona do środowiska przez inne pozostałości poprocesowe. [77]

Nie można oczekiwać wobec powszechnej praktyki składowania pozostałości z procesów spalania, że zapobiegnie ona nieuchronnemu przedostaniu się tych trwałych zanieczyszczeń organicznych do środowiska, jak to zostało zauważone przez Acharya i innych (1991): [78] Przechwycenie i usunięcie PCDD/PCDF [dioksyn i furanów] ze spalin przenosi je do innych pozostałości poprocesowych [12], które następnie zostają z powrotem wprowadzone do środowiska.

Na przykład, naukowcy w Japonii odkryli, że dioksyny przedostają się ze składowisk popiołów pochodzących ze spalarni odpadów komunalnych do zbiorników wodnych.

Bez względu na materiał używany do dostarczania energii cieplnej, piece cementowe stanowią zagrożenie dla zdrowia pracowników, pobliskich populacji i środowiska, w pierwszym rzędzie przez pył piecowy. Badania pracowników cementowni w Zjednoczonych Emiratach Arabskich wykazały, że cierpią oni na kaszel, chroniczny bronchit, skarżą się na swędzące, piekące i łzawiące oczy, boli ich głowa i odczuwają zmęczenie. Według innych źródeł, pracownicy cementowni wykazywali wysoką częstość chronicznych symptomów chorób dróg oddechowych i zmniejszonej wydolności oddechowej. [11]

US EPA (Agencja Ochrony Środowiska USA) w 1995 roku znalazła dowody na skażenie wód gruntowych we wszystkich cementowniach, dla których dostępne były dane z monitoringu oraz 36 przypadków udokumentowanego zanieczyszczenia powietrza przez pyły cementowe. Agencja streściła to w następujący sposób ( I Raport EPA).

Badania wykazują, że emisje uwolnionych pyłów cementowych w znacznym stopniu przyczyniają się do zniszczenia środowiska, przez pogorszenie jakości powietrza. [3] EPA doszła do wniosku, że dodatkowa kontrola i zapobieganie emisjom pyłów cementowych musi być zapewnione aby chronić społeczeństwo przed ryzykiem zdrowotnym i środowisko przed zniszczeniem, powodowanych przez składowanie tego odpadu. Problemy środowiskowe, do których należy się odnieść, to udokumentowane szkody wyrządzone wodom gruntowym i zasobom wody pitnej oraz potencjalne ryzyko dla ludzkiego zdrowia, związane z wdychaniem zawieszonego w powietrzu pyłu cementowego i wprowadzaniem go do organizmu przez łańcuch pokarmowy.

W USA piece cementowe, spalające odpady niebezpieczne są wymieniane jako piąte największe źródło emisji dioksyn do atmosfery, podczas gdy piece nie spalające odpadów niebezpiecznych są wymieniane na miejscu dziesiątym. Stosunkowo wysokie miejsce tych ostatnich może być częściowo spowodowane powszechną praktyką spalania w nich innych materiałów, zawierających chlor, na przykład opon i stałych odpadów komunalnych, jak zostało to wykazane w jednej z baz danych.

Podobnie, dioksyny są wykrywane w pyłach cementowych pochodzących zarówno z cementowni spalających odpady niebezpieczne, jak i opalanych paliwami konwencjonalnymi. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska w swoim Raporcie stwierdza, że stężenia dioksyn w pyłach z cementowni spalających odpady niebezpieczne są sto razy wyższe, niż w przypadku pyłu z pieców opalanych paliwem konwencjonalnym. [ W komunikacie na temat spalania niebezpiecznych odpadów w piecach cementowych, Amerykańskie Stowarzyszenie Chorób Płuc (American Lung Association) zwróciło uwagę na kwestię pyłu emitowanego z cementowni

Cząsteczki pyłu stanowią problem zdrowotny, ponieważ wdychanie nawet stosunkowo niewielkich ilości lotnego pyłu może spowodować lub wzmoczyć choroby płuc, takie jak astma czy rozedma płuc, i wiązać się z przedwczesnym zgonem.

Nowoczesne technologie niszczenia odpadów

Dowody na szkodliwy wpływ, jaki spalarnie, piece cementowe i inne podobne instalacje wywierają na zdrowie publiczne i stan środowiska, spowodowały silny społeczny opór wobec spalania odpadów. Ten czynnik, podobnie jak wzrastające potrzeby infrastrukturalne,

zwłaszcza związane z zarządzaniem zanieczyszczeniami powietrza i innymi pozostałościami, był jednym z bodźców rozwoju innych technologii niszczenia odpadów niebezpiecznych. Niektóre z ostatnio opracowanych technologii przewyższają znacznie efektywnością specjalistyczne spalarnie i piece cementowe. Taką technologią jest technologia plazmowa. W technologii łuku plazmowego skierowanie prądu elektrycznego przez znajdujący się pod niskim ciśnieniem gaz, tworzy termiczne pole plazmowe. Pole łuku plazmowego może osiągnąć 5 000 do 17 000 °C. Strefa bardzo wysokiej temperatury może być używana do rozkładu odpadów na atomy przez wprowadzanie odpadów do plazmy, lub przez użycie łuku plazmowego jako źródła ciepła dla destrukcji odpadów, lub pirolizy. Dla termicznego niszczenia odpadów opracowano szereg różnych reaktorów plazmowych. Najwięcej nadziei budzą te, w których destrukcja zachodzi bez procesów spalania. Ponieważ reakcja zachodzi w atmosferze redukującej, pozbawionej tlenu, możliwość powstawania dioksyn i furanów uważa się za wyeliminowaną. Utrzymywanie ponad 50% wodoru (wagowo suchej masy) może zapobiec tworzeniu się policyklicznych węglowodorów aromatycznych. W tych technologiach, w ich coraz powszechniejszym stosowaniu, jest nadzieja na czyste i bezpieczne środowisko.

#### Piśmiennictwo.

1. INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA, RAPORT STAN ŚRODOWISKA W POLSCE w latach 1996–2001, BIBLIOTEKA MONITORINGU ŚRODOWISKA, WARSZAWA 2003
2. Marchwińska, E. 2002: Strategia Ekorozwoju, a zmniejszenie zagrożenia zdrowia. Wiadomości Lekarskie, Tom 55, supl. 1, część II.
3. Eduljee G.H., Dyke P., Cains P.W., 1995: PCDD/PCDF release from various waste management strategies (PCDD/F w różnych strategiach postępowania z odpadami). WARMER Bull, nr 46, s. 22 - 23.
4. Fiedler H., 1993: Formation and Sources of PCDD/PCDF (Formowanie się i źródła PCDD/PCDF). Organohalogen. Compd., vol.11, s. 221- 228.
5. Inwestycje komunalne w ochronie środowiska. 1995: Poradnik inwestora cz. III - Gospodarowanie odpadami. Warszawa, Proeko, s. 98.
6. Smith R. M. et al, 1993: The Historical Record of PCDDs, PCDFs, PAHs and Lead in Green Lake, New York 1860-1990 (Historyczny rejestr PCDDs, PCDFs, PAHs, PCBs i ołowiu w Zielonym Jeziorze, Nowy Jork 1860 do 1990). Organohalogen Comp., vol. 12, s. 215 - 218.
7. Jones P.H., Pettit K., Hillmer M.J., 1994: Perspective on Dioxin Emissions from Incineration Processes (Emisja dioksyn z procesów spalania). Filtration & Separation, March/April, s. 167-173.
8. Thomas V. M., Spiro T. G., 1996 :The U.S. Inventory: Are There Missing Sources? (Bilans dioksyn w USA: czy są źródła pominięte?). EST, vol. 30, nr 2, s. 82A - 85A.

9. Brzuzy L. P., Hites R. A., ,1996: Global Mass Balance for Polychlorinated Dibenzo-p dioxins and Dibenzofurans (Globalny bilans polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn i dibenzofuranów). EST, vol. 30, nr 6, s.1797 -1804.
10. Trapp S., Matthies,1997: Modeling Volatization of PCDD/F from Soil and Uptake into Vegetation (Modelowanie ulatniania się PCDD/F z gleby i poboru przez rośliny). EST vol. 31, nr 1, s. 71- 73.
11. Schechter A., 1994: Dioxins and Health (Dioksyny i zdrowie). New York - London: Plenum Press.
12. Demsey C. R., Oppelt T., Incineration of Hazardous Waste:A Critical Review Update (Spalanie niebezpiecznych odpadów: przegląd krytyczny). Air & Waste 1993, vol. 43, Jan. s. 25.