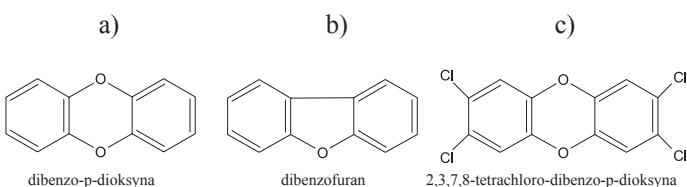


## Procesy spalania odpadów źródłem niebezpiecznych dla zdrowia i życia człowieka dioksyn, furanów i bifenyli

Najbardziej rozpowszechnioną metodą unieszkodliwiania odpadów medycznych w Polsce jest spalanie. Uwarunkowane jest to obowiązującymi przepisami prawnymi. Wprowadzone rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 roku w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych [1] zezwalało na stosowanie alternatywnych w stosunku do spalania metod unieszkodliwiania odpadów szpitalnych. Sytuacja w gospodarce odpadami medycznymi w Polsce nie uległa jednak znacznej zmianie. Nadal palono odpady, często w przestarzałych i nieekologicznych spalarniach. Pomimo, że koszty unieszkodliwiania odpadów metodami alternatywnymi są znacznie niższe [2,3] tylko nieliczne szpitale zainwestowały w tego typu instalacje. Można by przypuszczać, że w czasach wysokiej świadomości ekologicznej i nienajlepszej sytuacji ekonomicznej polskich szpitali najbliższe lata skłoniłyby do sięgania po lepsze rozwiązania, sprawdzone w krajach zachodniej Europy i USA. Jednak 13 października 2005 roku zaczęła obowiązywać znowelizowana ustawa o odpadach [4], która zakazuje unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych w sposób inny niż spalanie w specjalistycznych spalarniach. Spalanie jest kosztowną metodą unieszkodliwiania odpadów, dodatkowo skrajnie nieprzyjazną dla środowiska [5-9]. Odpady medyczne zawierają znaczne ilości PCV [10]. Spalanie zachodzące w obecności chloru powoduje emisję wielu toksycznych związków, między innymi dioksyn, furanów, polichlorowanych bifenyli [11-14]. Spalarnie emitują także kadm, ołów, pary rtęci, arsenu, chlorowódór i tlenki azotu [2,15].

Masa zanieczyszczeń chemicznych uwalnianych do środowiska z procesów termicznych w znacznej mierze zależy od właściwego dopalenia gazów spalinowych. W załączniku 2 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 roku [1] zawarto warunki prowadzenia procesu termicznego unieszkodliwiania odpadów medycznych.

### Charakterystyka dioksyn, furanów i bifenyli



Rys. 1. Schemat struktury prekursorów dioksyn oraz pochodnej polichlorowanej

Mgr T. Sadowski, mgr inż. G. Świdorski, prof. dr hab. W. Lewandowski  
– Katedra Chemii Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej

Dioksyny są wspólną, powszechnie używaną nazwą polichlorowanych dibenzo-paradioksyn i polichlorowanych dibenzofuranów. W skrócie nazywane PCDD (PolyChlorinated DibenzoparaDioxins) i PCDF (PolyChlorinated Dibenzofurans). Wyjściowym związkiem będącym prekursorem chlorowanych dioksyn jest dibenzo-p-dioksyna (rys. 1a). Możliwe jest wprowadzenie do cząsteczki dibenzodioksyny maksymalnie do ośmiu atomów chloru i otrzymanie polichlorowanych dibenzodioksyn (PCDD). Może przy tym powstać 75 izomerów położeniowych chlorowanych dioksyn podstawionych od jednego do ośmiu atomami chloru. Najbardziej toksycznym izomerem PCDD, a więc najważniejszym z punktu widzenia ochrony środowiska, a tym samym i analityki jest 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-p-dioksyna [16] (rys. 1c).

Związkiem wyjściowym, z którego powstają chlorowane furany (PCDF) jest dibenzofuran (rys. 1b). Wprowadzanie do cząsteczki furanu chloru prowadzi do powstania 135 izomerów położeniowych polichlorowanych dibenzofuranów (PCDF) podstawionych od jednego do ośmiu atomami chloru. W obecności bromu przy zaistnieniu odpowiednich warunków dochodzi do podstawienia atomów bromu do cząsteczek dioksyny lub furanu i powstania odpowiednio polibromowanych dibenzodioksyn (PBDD) i polibromowanych dibenzofuranów (PBDF). Przy jednoczesnej obecności chloru i bromu dochodzi do powstania mieszanych izomerów polihalogenodibenzodioksyn (PHDD) i polihalogenodibenzofuranów (PHDF). Ze względu na duże podobieństwo w toksycznym działaniu na organizmy żywe do dioksyn zaliczono również niektóre kongenery polichlorowanych bifenyli (PCBs).

Zgodnie z wytycznymi Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) jest wymagane oznaczanie 17 najbardziej toksycznych kongenerów PCDD/PCDF, do których zalicza się pochodne podstawiane chlorem w pozycjach 2, 3, 7 i 8. Poziom toksyczności prób środowiskowych zawierających dioksyny, czy też wielkość emisji dioksyn wyraża się za pomocą wielkości *TEQ* (z ang. Toxic Equivalency) obliczanej za pomocą tzw. współczynnika równoważnego toksyczności *TEF*. *TEQ* oblicza się według równania (1) na podstawie wyników chemicznych analiz zawartości (emisji) masowej siedemnastu oznaczanych kongenerów.

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

Wartość liczbowa *TEQ* jest sumaryczną wartością parametrów cząstkowych otrzymanych z pomnożenia wyniku analitycznego stężenia każdego pojedynczego kongeneru PCDD i PCDF ( $m_i$ ) przez odpowiedni współczynnik cząstkowy *TEF* [17].

Wartości współczynnika *TEF* dla PCDD i PCDF przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Wartości współczynnika równoważnego toksyczności *TEF* dla PCDD i PCDF [18]

Kongener PCDD	<i>TEF</i>	Kongener PCDF	<i>TEF</i>
2,3,7,8-TCDD	1	2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-P <sub>5</sub> CDD	1	2,3,4,7,8-P <sub>5</sub> CDF	0,5
1,2,3,4,7,8-H <sub>6</sub> CDD	0,1	1,2,3,7,8-P <sub>5</sub> CDF	0,05
1,2,3,6,7,8-H <sub>6</sub> CDD	0,1	1,2,3,4,7,8-H <sub>6</sub> CDF	0,1
1,2,3,7,8,9-H <sub>6</sub> CDD	0,1	1,2,3,6,7,8-H <sub>6</sub> CDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8-H <sub>7</sub> CDD	0,01	1,2,3,7,8,9-H <sub>6</sub> CDF	0,1
OCDD	0,0001	2,3,4,6,7,8-H <sub>6</sub> CDF	0,1
		1,2,3,4,6,7,8-H <sub>7</sub> CDF	0,01
		1,2,3,4,7,8,9-H <sub>7</sub> CDF	0,01
		OCDD	0,0001

T-tetra, P<sub>5</sub>-penta, H<sub>6</sub>-heksa, H<sub>7</sub>-hepta, O-okta

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) zaliczyła dwanaście spośród non-orto-PCBs i mono-orto-PCBs, do tzw. dioksynopodobnych PCBs (polichlorowanych bifenyli), które powinny być analizowane wspólnie z dioksynami w celu określenia poziomu toksyczności (tzw. poziom *TEQ*) badanej próbki. Pochodne

Tab. 2. Wartości współczynnika równoważnego toksyczności *TEF* dla wybranych pochodnych PCBs [18]

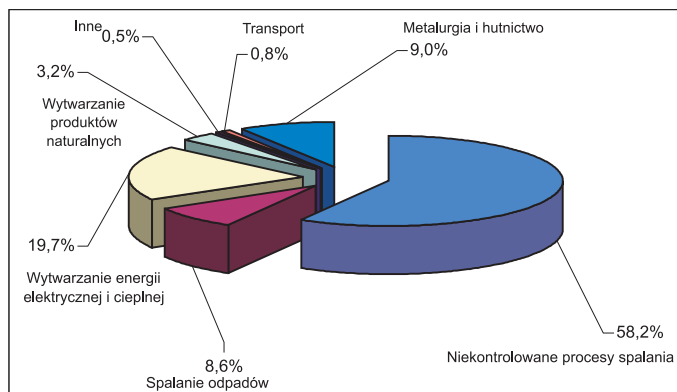
Kongenery PCBs	<i>TEF</i>
3,3',4,4',5-P <sub>5</sub> CB	0,1
3,3',4,4',5,5'-P <sub>6</sub> CB	0,01
3,3',4,4'-P <sub>4</sub> CB	0,0001
2,3,4,5,4'-P <sub>5</sub> CB	0,0005
2,3,4,5,3',4'-P <sub>6</sub> CB	0,0005
2,3,4,3',4',5'-P <sub>6</sub> CB	0,0005

te są przestrzennymi analogami dioksyny 2,3,7,8-TCDD i charakteryzują się najwyższą toksycznością i aktywnością biologiczną spośród wszystkich pochodnych polichlorowanych bifenyli [19]. Do najbardziej toksycznych PCBs zalicza się kongenery zestawione w tabeli 2 [18].

### Źródła dioksyn, furanów i bifenyli

W latach 70. i 80. ubiegłego wieku głównymi źródłami emisji dioksyn do środowiska były spalarnie odpadów, głównie komunalnych [17]. Obecnie głównym źródłem dioksyn w środowisku są niekontrolowane procesy spalania (rys. 2) [20].

Zarówno PCDD jak i PCDF są substancjami, które nigdy nie były i nie są wytwarzane celowo, ponieważ nie znajdują żadnego zastosowania technicznego. Za podstawowe źródła emisji PCDF/PCDD do środowiska uważa się wszelkie, niekontrolowane procesy spalania odpadów zawierających w swoim składzie chlor związany w jakiegokolwiek formie organicznej lub nieorganicznej.



Rys. 2. Źródła emisji dioksyn w Polsce w 2002 roku [20]

Należy zaznaczyć, że przy obecnym poziomie techniki nie ma najmniejszego zagrożenia związanego z emisją szkodliwych substancji chemicznych do środowiska z procesów kontrolowanego spalania odpadów w nowoczesnych spalarniach. Współczesne spalarnie emitują spaliny zawierające dioksyny w takim stężeniu jakie występuje w zanieczyszczonym powietrzu miejskim. Jedynie niekontrolowane spalanie odpadów (np. w piecach domowych) powoduje powstanie wielu zanieczyszczeń chemicznych emitowanych do środowiska wraz ze spalinami oraz pozostających w popiołach.

Cząsteczki dioksyn wykazują dużą stabilność termiczną i odporność chemiczną na utlenianie. Ulegają rozkładowi termicznemu powyżej temperatury 800°C. Dioksyny mogą adsorbować się na pyłach powstających często w procesie spalania, w czego wyniku ich rozkład następuje dopiero w temperaturze powyżej 1000°C [21, 22]. Podstawowym wymogiem prawidłowo prowadzonego procesu spalania odpadów medycznych jest utrzymanie w komorze spalania temperatury wyższej od 1000°C [1]. Proces termicznego przekształcania odpadów odbywa się najczęściej dwustopniowo. W pierwszym etapie następuje zgazowanie substancji organicznych zawartych w odpadach w temperaturze 700-800°C. W drugim etapie prowadzonym w temperaturze 1050-1300°C następuje ostateczne spalenie składników organicznych oraz termiczny rozkład toksycznych związków chemicznych, w tym dioksyn i furanów [3]. Uzyskanie odpowiednich warunków termicznych oraz zawartości tlenu w gazach spalinowych na poziomie pozwalającym na prawidłowe dopalenie powstających substancji toksycznych nie stanowi problemu technologicznego w nowoczesnych spalarniach odpadów. Należy jednak dodać, że część polskich spalarni zostało zbudowanych przed kilkoma laty i nie spełnia obowiązujących obecnie norm emisyjnych. Jeżeli proces spalania będzie prowadzony przy znacznym niedoborze tlenu i w niskich temperaturach, przy wysokich zawartościach tlenu węgla i sadzy zaistnieją idealne warunki do syntezy dioksyn [23, 13]. Sytuacja taka ma miejsce w razie spalania odpadów z gospodarstw domowych w piecach węglowych. Wykazały to badania zawartości PCDD/F w sadzy pobieranej z przewodów kominowych odprowadzających spaliny z pieców węglowych, w których są spalane odpady z gospodarstw domowych [24-27]. Odpady z gospodarstw domowych zawierają w swoim składzie tworzywa sztuczne, z których są produkowane opakowania (głównie polietylen, polipropylen, polistyren czy politereftalan etylenu- PET), wilgotne odpady organiczne, skórę, gumy itp.

Proces spalania tych substancji w nieprzystosowanych do tego paleniskach węglowych zachodzi z małą wydajnością, a temperatura w palenisku jest zbyt niska, aby nastąpiła termiczna destabilizacja substancji toksycznych uwalnianych w tym procesie [26,27]. Badania przeprowadzone na terenie Krakowa [24] wykazały, że poziom dioksyn zawartych w pyłe zawieszonym w miesiącach letnich jest 10-krotnie mniejszy w porównaniu z próbkami pobieranymi w okresie zimowym. Wynika z tego wniosek, że podstawowym źródłem dioksyn do atmosfery w miesiącach zimowych mogą być procesy związane z emisją dioksyn z gazami spalinowymi powstającymi podczas spalania substancji odpadowych. Badania prowadzono w dzielnicach, w których mieszkania są ogrzewane indywidualnymi piecami węglowymi (obszary, w których istnieje potencjalna możliwość spalania odpadów z gospodarstwa domowego). W pobieranych w ziemie próbkach pyłu zawieszzonego zaobserwowano podobny rozkład grup kongenerów PCDD/F jak w badanych próbkach popiołu pochodzącego ze spalarni odpadów [24,25].

Obecność nawet śladowych ilości chloru w odpadach podczas ich spalania sprzyja powstawaniu chlorowanych bifenyli, chlorowanych dibenzodioksyn i dibenzofuranów oraz innych chlorowanych związków aromatycznych. W wypadku odpadów medycznych poważnym problemem jest fakt, iż w placówkach służby zdrowia najczęściej używanym tworzywem sztucznym jest PCV (polichlorek winylu) [10,28]. Polichlorek winylu, z którego są produkowane rękawiczki, strzykawki, różnego rodzaju pojemniki oraz różne narzędzia zawiera około 60% chloru i jest w głównej mierze odpowiedzialny za powstawanie dioksyn w procesie spalania.

W wyniku przeprowadzonych badań naukowych okazało się, że powstawanie dioksyn może się odbywać na drodze wielu procesów jednostkowych zachodzących w sprzyjających temu warunkach. Ilość tworzących się dioksyn w głównej mierze zależy od składu chemicznego spalanej paliwa oraz obecności związków działających katalitycznie (np.  $\text{CuCl}_2$ ) i inhibitujących (np.  $\text{SO}_2$ ) proces tworzenia się tych związków [29,30].

Dioksyny mogą powstawać z wielu różnych reakcji, między innymi:

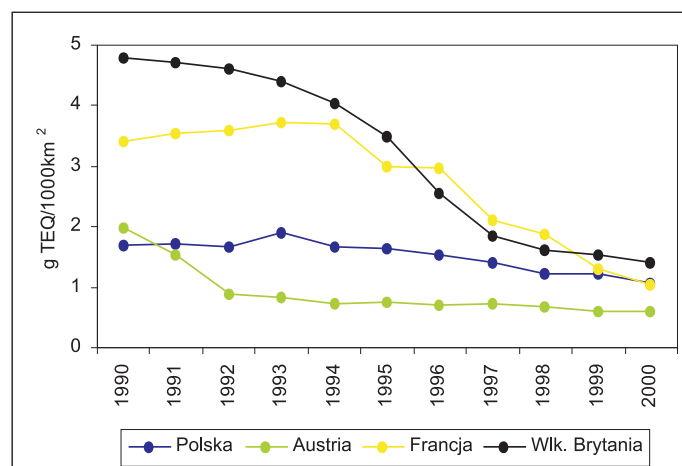
- w procesie spalania z tzw. prekursorów, tj. chlorofenoli, chlorobenzenów i chlorowanych bifenyli [31,32],
- w reakcjach syntezy PCDD/PCDF „in situ” -przebiegają na drodze termicznej kondensacji, przegrupowania, reakcji wolnorodnikowych, odchlorowania i innych reakcji cząsteczkowych,
- na drodze termicznej konwersji PCV [33],
- w procesach syntezy „de novo”.

W temperaturze powyżej  $1000^\circ\text{C}$  (temperatura prowadzenia procesu spalania odpadów) materia występuje w postaci

rodników lub nawet wolnych atomów. W momencie ochładzania się gorących spalin następuje rekombinacja rodników. Tak powstają termodynamicznie stabilne cząsteczki, np. wody,  $\text{CO}_2$  czy  $\text{HCl}$ . Okazuje się, że również dioksyny należą do takich substancji chemicznych, które powstają lub odtwarzają się na nowo (de-novo) podczas schładzania spalin [34,13]. Nie ma więc możliwości uniknięcia powstawania dioksyn w procesach spalania gdy w spalanych odpadach lub paliwie znajdują się najmniejsze nawet ilości chloru [34].

Badania prowadzone w Stanach Zjednoczonych przez US EPA (Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska) wykazały, że największym źródłem dioksyn są spalarnie odpadów medycznych [35]. Emitują one więcej tych związków niż spalarnie odpadów komunalnych i niebezpiecznych lub cementownie. Emisja dioksyn do środowiska w Polsce oraz innych krajach europejskich uległa w przeciągu kilkunastu lat znacznemu obniżeniu [36] (rys. 3). Proces ten jest wynikiem zmian dokonanych w technologiach procesów produkcyjnych, jest związany z zamykaniem lub wyposażeniem spalarni odpadów w lepsze systemy oczyszczania spalin oraz zastrzeżeniem przepisów dotyczących dopuszczalnych emisji dioksyn i związków chloropochodnych. Proces termicznego przekształcania odpadów komunalnych, medycznych i przemysłowych w krajach wysoko rozwiniętych prowadzi się obecnie w oparciu o dobrze sprawdzone w praktyce technologie spalania [9].

W tabeli 3 przedstawiono ogólne ilości emitowanych dioksyn w Polsce i wybranych krajach europejskich w latach 1990-2000 [36]

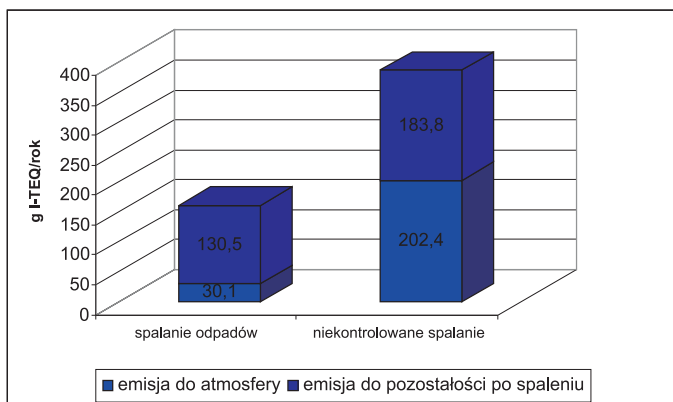


Rys. 3. Emisja PCDD/PCDF w [g TEQ] w wybranych krajach europejskich w latach 1990-2000 w przeliczeniu na  $1000\text{km}^2$  powierzchni danego kraju [36]

Tabela 3. Ogólne ilości emitowanych dioksyn w Polsce i wybranych krajach europejskich w latach 1990-2000, w g TEQ [36]

Wyszczególnienie	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Polska	529	535	517	592	520	515	484	440	381	381	333
Austria	166	129	74	69	61	62	60	60	56	51	49
Francja	1871	1942	1968	2034	2025	1632	1617	1153	1023	707	570
W. Bryt	1172	1152	1126	1077	987	856	624	453	393	377	347

Spalanie odpadów medycznych prowadzone w spalarniach wyposażonych w najlepsze systemy oczyszczania spalin nie rozwiązuje problemu powstawania dioksyn. Emisję powstających podczas spalania dioksyn do atmosfery można zmniejszyć, jednak znaczna ilość tych związków przedostaje się do powstającego popiołu. Pozostałości po spalaniu odpadów, ze względu na zawartość toksycznych substancji muszą być składowane na składowiskach odpadów niebezpiecznych [3]. Na rysunku 4 przedstawiono roczną emisję dioksyn w Polsce w roku 2002 do atmosfery i do pozostałości po spalaniu odpadów w spalarniach oraz w wyniku niekontrolowanych procesów spalania [20].



Rys. 4. Emisja dioksyn w Polsce z procesów spalania odpadów w 2002 roku

Ilość dioksyn odkładających się w pozostałościach po niekontrolowanym spalaniu odpadów w bilansie rocznym w Polsce jest znacznie większa od ilości tych toksyn odkładanych w popiołach w spalarniach odpadów. Należy przy tym pamiętać, że pozostałości po spalaniu odpadów z przydomowych kotłowni, trafiają na komunalne składowiska odpadów, w czego wyniku może następować przedostawanie się toksycznych substancji do gleby i wód gruntowych.

### Toksyczne działanie dioksan, furanów i bifenyle

Nadrzędnym zadaniem szpitali jest leczenie i ochrona zdrowia człowieka. Tymczasem okazuje się, że większość przyszpitalnych spalarni jest źródłem emisji jednego z najbardziej toksycznych związków chemicznych. Przeprowadzone w latach 1996-2001 badania emisji dioksyn w 32 spalarniach odpadów medycznych wykazały [37], że 80% instalacji nie spełnia normy emisji wynoszącej  $0,1 \text{ ng TEQ/m}^3$  [38]. Dopuszczalne normy zostały przekroczone w jednej ze spalarni aż 800-krotnie. Przeprowadzone badania w latach 80. ubiegłego wieku wykazały kancerogenne działanie dioksyn [39,40]. Stwierdzono także, iż dioksyny wykazują właściwości mutagenne [41-43]. Toksyczne działanie dioksyn polega na powolnym, ale skutecznym uszkodzeniu rozmnażających się komórek w organizmach żywych. Proces ten może trwać przez wiele lat, gdyż przyswajane dioksyny przez długi okres utrzymują się w organizmie. W ciągu ostatnich kilku lat udowodniono, że dioksyny i furany (PCDDs i PCDFs) oraz PCBs mają bezpośredni wpływ na zakłócenie

systemu wydzielania hormonalnego, głównie endokrynnego oraz replikacji kodu genetycznego. Szczególne działanie w tym zakresie wykazuje 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-p-dioksyna (2,3,7,8-TCDD) [44]. Zawartość dioksyn w tkance ludzkiej zależy w znacznej mierze od diety i sposobu życia. Człowiek żyjący w ekosystemie nie skażonym przemysłowo przyjmuje z pożywieniem dziennie około 1,2-1,5 pg-TEQ na kilogram masy ciała na dobę [45]. Według obowiązujących zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia za maksymalną (tolerowalną) dawkę dioksyn przyjęto 1 pg-TEQ/kg/dobę. Dawki na poziomie 3-5 pg-TEQ/kg/dobę powodują zakłócenie wydzielania hormonu progesteronu, w czego wyniku obserwowano znaczny wzrost poronień i uszkodzenia płodów [25]. Badania prowadzone przez Grochowalskiego wykazały że spaliny z pieców domowych, gdzie spala się odpady z gospodarstw domowych zawierają dioksyny w stężeniu średnio  $20 \text{ ng-TEQ/m}^3$ , natomiast spaliny z nowoczesnych spalarni odpadów komunalnych –  $0,05 \text{ ng-TEQ/m}^3$ . Jak już wcześniej wspomniano większość przyszpitalnych spalarni znacznie przekracza normy emisji dioksyn przez co naraża się pacjentów na działanie związków toksycznych. Szczególnie narażeni na działanie dioksyn są pracownicy spalarni odpadów. Przeprowadzone badania wykazały u nich zmiany genotoksyczne [45]. Odnotowano także wystąpienie poważnych przypadków alergii skórnych wywołanych dioksynami, tzw. chlorakna. U ludzi i zwierząt stałocielnych dioksyny obniżają zdolność immunologiczną organizmu. W badaniach naukowych, przeprowadzonych na zwierzętach doświadczalnych, głównie szczurach i myszach, wykazano podczas intoksykacji dioksynami znaczny wzrost tkanek nowotworowych wątroby i płuc [46]. Lista negatywnych skutków działania dioksyn na organizmy żywe jest bardzo długa, dlatego na całym świecie dąży się do ograniczenia emisji tych substancji do środowiska.

Głównym źródłem dioksyn w organizmach żywych jest pożywienie [47]. Związki chemiczne grupy dioksyn są dobrze rozpuszczalne w tłuszczach. W ostatnich latach w krajach Unii Europejskiej znacznie zaostrzono kontrolę żywności pod kątem zawartości TCDD/TCDF [48,49]. Szczególną uwagę zwrócono na problem dużej zawartości dioksyn w mleku ludzkim [6]. Mleko ludzkie zawiera dioksyny na poziomie 25-40 ng-TEQ/kg tłuszczu. Niemowlę karmione piersią, przyjmuje dziennie wraz z pożywieniem 30-50-krotnie większą dawkę dioksyn niż człowiek dorosły.

### Podsumowanie

W Procesie spalania odpadów medycznych i komunalnych powstają toksyczne, niebezpieczne dla zdrowia i życia człowieka dioksyny, furany i bifenyle. Postęp technologiczny oraz zaostrzenia przepisów dotyczących dopuszczalnych emisji tych groźnych związków przyczynił się skutecznie do zmniejszenia ich emisji do środowiska. Wciąż jednak pozostaje nierozwiązany problem niekontrolowanych procesów spalania, które są głównym źródłem dioksyn w środowisku. Problemu spalania odpadów z gospodarstw domowych w piecach węglowych nie da się kontrolować. Jedynie świadomość ekologiczna społeczeństwa, może spowodować, że środowisko, w którym żyje człowiek, będzie dla niego bardziej przyjazne.

## Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Pani Prof. J. Wiater z Katedry Badań Technologicznych Politechniki Białostockiej za cenne wskazówki udzielone podczas realizacji niniejszej pracy.

Praca zrealizowana w ramach grantu KBN nr 3T09D02527

## LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych (Dz.U. z 2003 r. Nr 8, poz. 104)
- [2] Kowalska M.: Technologie Unieszkodliwiania odpadów medycznych, Gospodarka odpadami medycznymi, Warszawa 2002
- [3] Zębek E., Szwejkowska M.: Gospodarka odpadami medycznymi w Polsce, Ochrona Środowiska- przegląd, nr 4, 2004
- [4] Ustawa z dnia 29 lipca 2005 roku o zmianie ustawy o odpadach oraz zmianie niektórych ustaw (Dz.U. nr 175, poz.1458)
- [5] Davy C. W.: Legislation with respect to dioxins in the workplace, *Environmental international*, 30, 2004
- [6] Koichi Saito, Masachiko Ogawa, Mikiko Takekuma, Atsuko Ohmura, Migaku Kawaguchi, Rie Ito, Koichi Inoue, Yasuhiko Matsuki, Hiroyuki Nakazawa: Systematic analysis and overall toxicity evaluation of dioxins and hexachlorobenzene in human milk, *Chemosphere*, 61, 2005
- [7] Grochowalski A.: Zanieczyszczenia chemiczne w procesie spalania odpadów, Materiały konferencyjne „Utylizacja odpadów szpitalnych” cz. 2, Poznań-Kiekrz, 1995
- [8] Rutala W.A., Mayhall C. G.: Society for Hospital Epidemiology of America Position Paper, Control and Hospital Epidemiology. Reprinted in Leach Bisson et al. 1993
- [9] Wandrasz J. W.: Gospodarka odpadami medycznymi, Poznań 2000
- [10] Lee B.K., Ellenbecker M.J., Moure-Eraso R.: Analyses of the recycling potential of medical plastic wastes, *Waste Management* 22, 2002
- [11] Moo Been Chang, Tsai Fei Huang, The effects of temperature and oxygen content on the PCDD/PCDFs formaton in MSW fly ash, *Chemosphere*, 40, 2000
- [12] Hart J.R.: Emissions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from catalytic and thermal oxidizers burning dilute chlorinated vapors, *Chemosphere*, 54, 2004
- [13] Huang H., Buekens A.: On the mechanisms of dioxin formation in combustion processes, *Chemosphere*, 9, 1995
- [14] Pollitt F.: Polychlorinated Dibenzodioxins and Polychlorinated Dibenzofurans, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 30, 1999
- [15] Alvim-Ferraz M. C. M., Afonso S. A. V.: Incineration of different types of medical wastes: emission factor for gaseous emissions, *Atmospheric Environment*, vol.37, 38, 2003
- [16] Kuehl D.: *Chemosphere*, 15 (9-12), 1986
- [17] Grochowalski A.: Dioksyny w żywności – czy rzeczywiste ryzyko dla zdrowia, ([www.dioksyny.pl/dioksynowefaktyfikcje/](http://www.dioksyny.pl/dioksynowefaktyfikcje/))
- [18] Berg Van den M., Birnbaum L., Bosveld B.T.C., Brunstrom B., Cook P., Feeley M., Giesy J.P., Hanberg A., Hasegawa R., Kennedy S.W., Kubiak T., Larsen J.C., van Leeuwen F.X.R., Liem A.K.D., Nolt C., Petersom R.E., Poellinger L., Safe S., Schrenk D., Tillitt D., Tysklind M., Younes M., Waern F., Zacharewski T., Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs, for humans and wildlife, *Environ. Health Persp.* 106, 1988
- [19] Ahlborg U.G., Becking G.C., Birnbaum L.S., Brouwer A., Derks H.J.G.M., Feeley M., Golor G., Hanberg A., Larsen J.C., Liem A.K.D.: Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. Report on WHO-ECEH and IPCS consultation, *Chemosphere* 28, 1994
- [20] Kamiński S., Glaz R., Grochowalski A., Holtzer M., Kacprzyk W., Klint M., Kłokocka M., Lassen C., Oledrzyński K., Ostrowski J., Sadowski M., Wolski J., Wziątek W.: Możliwości ograniczania emisji dioksyn w sektorze metalurgicznym w Polsce –raport, Ministerstwo Ochrony Środowiska, Warszawa 2005
- [21] Funcke W., Linnemann H.: Sampling of PCDDs and PCDFs in Emission from Cobustion Facilities Using an Adsorption Method, *Chemosphere*, Vol 24, No.11, 1992
- [22] Funcke W., Hovemann A., Luthard P., Manske E.: Influence of Electrostatii Precipitator and the Flue Gas Temperaturę on Concentrations of Organic Compounds, *Chemosphere*, Vol. 27, No. 4, 1993
- [23] Alvim-Ferraz M. C. M., Afonso S. A. V.: Incineration of healthcare wastes: management of atmospheric emission trough waste segregation, *Waste Management*, 25, 2005
- [24] Grochowalski A., Chrzęszcz R.: Determination of PCDFs/PCDDs in ambient air from Cracow city, Poland. *Organohal. Comp.*, 21, 1995
- [25] Grochowalski A.: Badania nad oznaczaniem polichlorowanych dibenzodioxyn, dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli. Monografia nr 272, Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Kraków 2000
- [26] Rada E. C., Ragazzi M., Panaitescu V.: Apostol T., The role bio-mechanical treatments of waste in the dioxin emission inventories, *Chemosphere*, 3, 2006
- [27] Teruyuki Nakao, Osamu Aozasa, Souichi Ohta, Hideaki Miyata: Formation of toxic chemicals including dioxin-related compounds by combustion from a small home waste incinerator, *Chemosphere*, 3, 2006
- [28] Lee B.K., Ellenbecker M.J., Moure-Eraso R.: Alternatives for treatment and disposal cost reduction of regulated medical wastes, *Waste Management*, 24, 2004
- [29] Takeshi Hatanaka, Akio Kitajima, Masao Takeuchi: Role of copper chloride in the formation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans during incineration, *Chemosphere*, 57, 2004
- [30] Litvak V.V., Korshunova O.A., Saikovich E.G.: Synthesis and S<sub>N</sub>Ar reactions of new dioxins and predioxins, *Chemosphere*, 43, 2001
- [31] Harrad S.: *Chemosphere*, 23 (3), 1991
- [32] Lahl U.: *Chemosphere*, 23 (8-10), 1991
- [33] Eiceman G.: *Anal. Chem.*, 51 (14), 1979
- [34] Suzuki K., Kasai E., Aono T., Yamazaki H., Kawamoto K.: De novo formation characteristics of dioxins in the dry zone of an iron ore sintering bed, *Chemosphere*, 54, 2004
- [35] United States Environmental Protection Agency., Estimating Exposures to Dioksin-Like Compounds, vol. 11: Properties, Sources, and Background Exposures. External Review Draft, Czerwiec 1994
- [36] Oledrzyński K., Kargulewicz I.: Oszacowanie krajowej emisji dioksyn (PCDD/F) i polichlorowanych bifenyli (PCBs) do powietrza, VI Konferencja Naukowa „Dioksyny w przemyśle i środowisku” - 26-27.09.2002 Kraków
- [37] Raport OTZO: [www.otzo.most.org.pl/medyczne](http://www.otzo.most.org.pl/medyczne)
- [38] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 lipca 2001 roku w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów technologicznych i operacji technicznych (Dz.U. z 2001 r., Nr 87 poz. 957)
- [39] Schwenk M.: Wie gefaehriich ist DIOXIN wirklich. *Bild der Wissenschaft*, no.11,1984
- [40] Praca zbiorowa, Red. Ware W.: 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin, Reviews of Environ. *Contam. & Toxicol.* Vol 107, 1988
- [41] Tschirrey F.H.: Dioxin, *Science*, Vol 254 No. 2, 1986
- [42] Eduijee G.H.: Dioxins in the Environment, Chemistry in Britain, 1988
- [43] Rawk R.W.: DOW Finds Support, Doubt for Dioxin Ideas, *Chemical & Engineering News*, 12, 1979
- [44] Liem A.K.D., Theelen R.M.C.: Dioxins: Chemical Analysis, Exposure and Risk Assessment. National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands, ISBN 90-393-2012-8, 1997
- [45] Suh-Woan Hu, Chun-Chieh Chen, Chung-Yih Kuo, Wen-Hai Lin and Pinpin Lin: Increased cytochrome P4501B1 gene expression in peripheral leukocytes of municipal waste incinerator workers, *Toxicology Letters* Volume 160, Issue 2, 2006
- [46] Brown N. M., Manzillo P.A., Zhang J.X.: Prenatal TCDD and predisposition to mammary in the rat, *Carcinogenesis*, 19(9), 1998
- [47] Grochowalski A., Chrzęszcz R.: The reslts of the Large Scale Determination of PCDDs, PCDFs and Coplanar PCBs in Polish Food Product Samples GC-MS/MS Technique, *Organohalogen Compounds*, 47, 2000
- [48] Council Regulation (EC) No: 2375/2001 of 29 November 2001
- [49] Commission Recommendation 2002/201/EC of 4 March 2002, na podstawie Commission Directive 2002/69/EC