

dr MAŁGORZATA SZEWCZYŃSKA
mgr ELŻBIETA EKIERT
dr MAŁGORZATA POŚNIAK
Centralny Instytut Ochrony Pracy
- Państwowy Instytut Badawczy

Niekontrolowane procesy spalania jako źródła powstawania dioksyn i furanów

Artykuł zawiera ogólne informacje dotyczące procesów niekontrolowanego spalania jako źródeł powstawania trwałych związków organicznych, w tym dioksyn i furanów. W artykule przedstawiono podstawowe przepisy prawne dotyczące uwalniania dioksyn do środowiska oraz omówiono zagrożenia zdrowia człowieka związane z ich emisją.

Uncontrolled burning processes as sources of the formation of dioxins and furans

This paper contains general information on uncontrolled combustion processes as sources of the formation of Persistent Organic Pollutants (POPs) including dioxins and furans. The basic legal regulations on the emission of dioxins into the environment and the risk to human health are also briefly discussed.

Wstęp

Wszelkiego rodzaju niekontrolowane procesy spalania, w których obok materii organicznej występują nawet śladowe ilości związków czy substancji zawierających chlor stwarzają bardzo dobre warunki fizyczne i chemiczne do powstawania wysokotoksycznych związków organicznych. Obecnie niekontrolowane procesy spalania odpadów, np. spalanie śmieci w indywidualnych gospodarstwach domowych w piecach lub na stosach przed domami czy też procesy spalania odpadów gospodarczych i opakowań z handlu, uważa się za jedno z podstawowych źródeł emisji trwałych związków organicznych (TZO) [1].

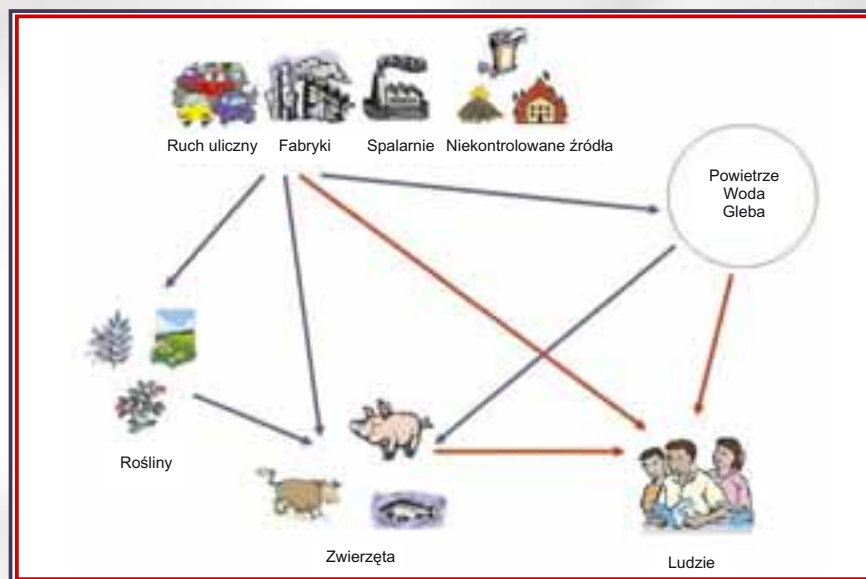
Występowanie i narażenie na niektóre TZO

Trwałe zanieczyszczenia organiczne to związki chemiczne i mieszaniny, do których należą zarówno przemysłowe środki chemiczne, jak polichlorowane bifenyle (PCBs) i heksachlorobenzen (HCB), pestycydy oraz niepożądane zanieczyszczenia organiczne, w tym dioksyny i furany (PCDDs i PCDFs) [2]. TZO to głównie powstałe stosunkowo niedawno produkty

i odpady przemysłowej działalności człowieka.

Uwolnione do środowiska związki z grupy TZO mogą przemieszczać się przez powietrze i wodę do regionów znacznie oddalonych od ich pierwotnych źródeł.

Mogą kumulować się w organizmach żywych, osiągając stężenia zagrażające zdrowiu człowieka i środowisku, nawet w miejscach, gdzie nie notowano ich wykorzystywania lub świadomego uwalniania. Trwałe zanieczyszczenia organiczne długo utrzymują się w środowisku i są odporne na rozkład w wyniku procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Wszystkie wykazują podobne właściwości fizykochemiczne. Są to związki zwykle trudnoletne, trwałe, bardzo słabo rozpuszczalne w wodzie. Kumulując się w tkankach tłuszczowych,



Rys. 1. Schemat migracji zanieczyszczeń TZO w środowisku
Fig. 1. A diagram of POP migration in the environment

działają szkodliwie na wszystkie organizmy żywe, nawet w niskich stężeniach. TZO zakłócają normalne funkcjonowanie biologiczne, co w konsekwencji może prowadzić do niewydolności rozrodczej, upośledzenia układu odpornościowego, tworzenia nowotworów, poważnych wad wrodzonych oraz uszkodzenia wątroby, śledziony i nerek. Na oddziaływanie TZO narażone są głównie osoby przebywające w pobliżu źródeł tych zanieczyszczeń. Skazanie organizmu może nastąpić przez wdychanie, kontakt ze skórą, a także przez żywność [3].

Dioksyny i furany (PCDDs/Fs) są wysoko toksycznymi produktami ubocznymi pewnych operacji przemysłowych, jak spalanie, spopielenie opon, spalanie węgla i oleju, produkcja papieru i niektórych pestycydów oraz wytopu metali. Powstają one w wysokich temperaturach w czasie niekontrolowanego spalania: odpadków po środkach ochrony roślin, rolniczych i zwierzęcych produktach ubocznych (zwłaszcza na otwartych przestrzeniach), liści i odpadków na polach oraz w ogrodach, podczas wypalania traw i ściernisk, a także przy spalaniu paliw stałych i ciekłych w piecach i kotłach o przestarzałej konstrukcji. Łącznie stwierdzono występowanie 210 dioksyn i furanów, z których 17 uznano za kancerogenne [3, 4].

Z kolei polichlorowane bifenyle (PCBs) są stosowane w przemyśle jako płyny dielektryczne w transformatorach, jako plastyfikatory do farb, tworzyw sztucznych, farb drukarskich, papieru, kleju oraz jako składniki płynu hydraulicznego turbin gazowych i pomp próżniowych. PCBs mogą powstawać podczas spalania odpadów, chlorowania wody pitnej i ścieków oraz w procesie bielenia celulozy chlorem. Są rakotwórcze i immunosupresyjne, a spalanie odpadów zawierających polichlorowane bifenyle, nawet w najnowocześniejszych urządzeniach może być poważnym źródłem emisji trwałych zanieczyszczeń organicznych do środowiska.

Heksachlorobenzen (HCB) natomiast stosowany jest jako plastyfikator polichloroku winylu i dodatek do syntetycznych wyrobów gumowych. Jest on także produktem ubocznym działalności przemy-

słowej. Wykazuje działanie rakotwórcze i powoduje uszkodzenia wątroby [3].

Na rysunku 1. przedstawiono schemat migracji zanieczyszczeń organicznych, w tym dioksyn i furanów w środowisku.

Niekontrolowane źródła spalania

Mimo wprowadzonych regulacji normujących zasady termicznego przetwarzania odpadów i zakazujących tego rodzaju działalności poza wyznaczonymi miejscami i urządzeniami, przepisy prawne ochrony środowiska nie ustanawiają zakazów palenia ognisk.

Art. 13, ust. 3, ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (DzU nr 62, poz. 628 z późn. zm.) stanowi, iż dopuszcza się spalanie pozostałości roślinnych poza instalacjami i urządzeniami, jeżeli spalanie to nie narusza odrębnych przepisów. Świadomość społeczeństwa o zagrożeniach wynikających z niekontrolowanego spalania jest bardzo mała i przy okazji spalania w ogniskach pozostałości roślin (np. na działkach rekreacyjnych) lub chrustu najczęściej spalane są dodatkowo różnego rodzaju odpady komunalne, które pod względem fizycznym i chemicznym wykazują bardzo duże zróżnicowanie. W odpadach komunalnych ok. 40 – 50% to substancje organiczne, które mogą ulegać różnym przemianom biochemicznym i termicznym, np. w procesach spalania. Poprzez produkty rozkładu, odpady oddziałują na środowisko i stwarzają zagrożenie ze względu na możliwość zarówno bezpośredniego skażenia gleby, wody i powietrza, jak również pośredniego wpływu na organizm.

W prasie, na stronach internetowych i w różnego rodzaju doniesieniach pojawia się wiele artykułów, dotyczących organizowania akcji, pikiet i protestów przeciwko budowie spalarni odpadów, gdzie jako argumenty podaje się zanieczyszczenie środowiska i emisję dioksyn. Należy jednak pamiętać, że obecnie systemy spalania wyposażone są w nowoczesne technologie oczyszczania gazów, z pełną kontrolą procesu i warunków, w jakich to spalanie przebiega. Bardzo mało jest natomiast doniesień na temat niekontrolowanego spalania w gospodarstwach domowych,

które jest dość powszechnym zjawiskiem i może potencjalnie stanowić poważniejsze źródło emisji substancji szkodliwych do powietrza niż będzie to miało miejsce w przypadku kontrolowanego spalania w nowoczesnych spalarniach.

Jeśli nie są naruszone pewne zasady prawne lub uregulowania lokalne, to z prawnego punktu widzenia rozpalanie ogniska na terenie własnej posesji jest dozwolone. Przykładowo, art. 15 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (DzU nr 92, poz. 880) zakazuje palenia ognisk na obszarze parków narodowych i rezerwatów przyrody. Zgodnie z art. 82 ustawy z dnia 20 maja 1971 r. – Kodeks wykroczeń (DzU nr 12, poz. 114), wykroczenie popełnia ten, kto nieostrożnie obchodzi się z ogniem, a w szczególności nie usuwa lub nie zabezpiecza w obrębie budynków urządzeń lub materiałów stwarzających niebezpieczeństwo powstania pożaru lub roznieca ogień poza miejscami wyznaczonymi do tego celu. Osoby stwarzające tego rodzaju zagrożenie podlegają karze grzywny, aresztu lub nagany.

W przypadku rozpalania ognisk na własnych posesjach, interwencje sąsiadów są więc sporadyczne, a na spalanie w piecach i kominkach odpadków lub paliw do tego nie przeznaczonych, sąsiad – jako osoba postronna, praktycznie nie ma wpływu. W takich przypadkach należy mieć świadomość, o czym była mowa na wstępie, że spalanie przebiegające w niekontrolowanych warunkach i niskich temperaturach (200-500 °C) z udziałem różnego rodzaju materiałów jest jednym z najpoważniejszych źródeł emisji dioksyn i furanów do środowiska.

W Polsce, chociaż nie ma ścisłych zakazów rozniecania ognisk, to jednak istnieją ustawowe uregulowania zakazujące spalania odpadów niebezpiecznych zawierających substancje niebezpieczne w urządzeniach, które nie są do tego celu przeznaczone, jak również są przepisy prawne dotyczące uwalniania dioksyn i furanów do środowiska, m.in.:

- ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (DzU nr 62, poz. 628 z późn. zm.)
- rozporządzenie ministra środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie stan-

darłów emisyjnych z instalacji (DzU nr 163, poz. 1584)

– rozporządzenie ministra gospodarki z dnia 29 stycznia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzaju instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcanie (DzU nr 18, poz.176)

– dyrektywa 2000/76/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 4 grudnia 2000 r. w sprawie spalania odpadów

– Konwencja Sztokholmska w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych, podpisana 23 maja 2001 r.

– Konwencja o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostępie do sprawiedliwości w sprawach środowiska, sporządzona w Aarhus dnia 25 czerwca 1998 r.

W Polsce emisję dioksyn i furanów w początkach 2000 roku szacowano na 505 g-TEQ, przy czym jako główne źródło podawano spalanie w sektorze komunalnym i mieszkaniowym, co stanowi 37% całkowitej emisji krajowej. W układzie klasyfikacji źródeł emisji SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) sektor ten określony jest jako SNAP02, przy czym w tej kategorii najwyższą emi-

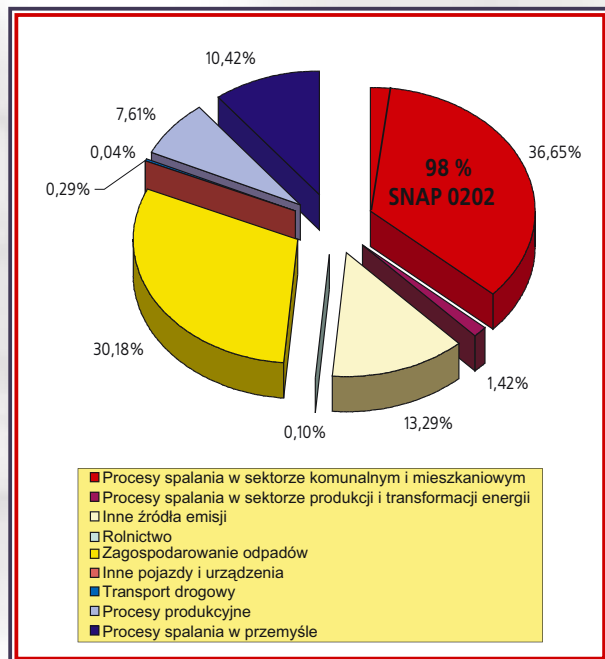
sję stanowiącą 98% przypisuje się podsektorowi SNAP0202 – *mieszkalnictwo i usługi*, który obejmuje między innymi procesy spalania w paleniskach domowych (SNAP 020205). W procesach tych razem z paliwem często spalane są bowiem odpady z gospodarstw domowych [3]. Statystyczne zestawienie danych przedstawiono na rys. 2. Należy jednak zwrócić uwagę, że przyczyną dużej emisji dioksyn nie jest spalanie węgla, biomasy i odpadów komunalnych, ale z jednej strony przestarzałe technologie spalania w piecach i kotłach domowych wyposażonych w kominy o małej wysokości ok. 10 m, z drugiej zaś, praktykowane spalanie na otwartych przestrzeniach.

W związku z tym, niekontrolowane źródła spalania można zdefiniować jako procesy przebiegające bez jakiegokolwiek kontroli fizykochemicznej (temperatura, zawartość tlenu i chloru w gazach spalinowych), przy czym w procesach tych gazy spalinowe lub ścieki technologiczne odprowadzane są do środowiska bez oczyszczania i kontroli zawartości związków toksycznych. Do niekontrolowanych procesów spalania można więc zaliczyć zarówno naturalne procesy

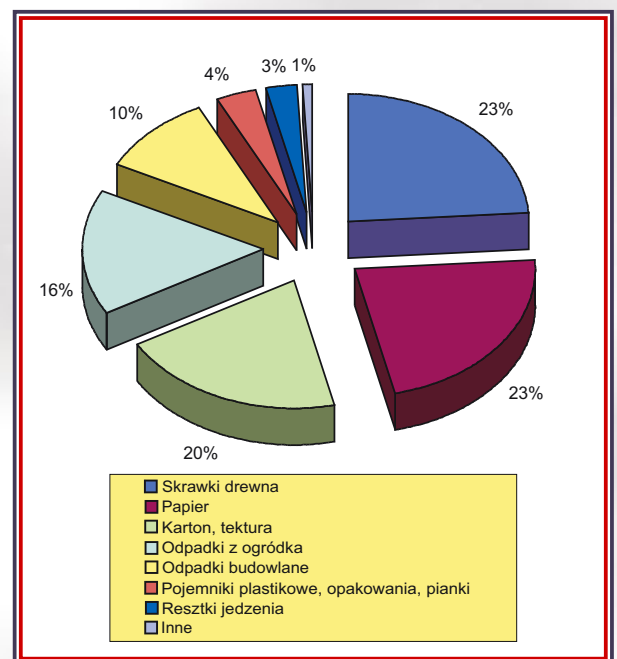
spalania zachodzące w przyrodzie, jak i erupcje wulkanów czy nieodłącznie towarzyszące człowiekowi i przyjmujące różne formy zjawiska pożarów, a także wszelkie procesy spalania, w których rozwiązania technologiczne nie odpowiadają wymaganiom dopuszczalnych emisji. Te ostatnie, ze względu na uregulowania prawne, łatwe są do zidentyfikowania, zmodernizowania lub w ostateczności do zamknięcia. Sytuacja jest nieco bardziej skomplikowana, jeżeli niekontrolowane źródła są przypadkowe, jak w przypadku pożaru zdefiniowanego jako niekontrolowane spalanie w miejscu społecznie nieuzasadnionym i przynoszące straty lub w miejscu do tego nie przeznaczonym.

Dość powszechnym zjawiskiem, które według przyjętych powyżej zasad również należy zakwalifikować do niekontrolowanego spalania, są procesy spalania różnego rodzaju paliw i materiałów, w tym także śmieci w paleniskach domowych – kominkach, piecach, w ogródkach i na posesjach.

Omawiane niekontrolowane procesy spalania, przebiegające w wielu przypadkach na otwartych przestrzeniach, obok różnego rodzaju tlenków, w tym węgla,



Rys. 2. Wielkość emisji dioksyn i furanów z poszczególnych źródeł w Polsce
 Fig. 2. Emission of dioxins and furans from individual sources in Poland



Rys. 3. Procentowy udział poszczególnych materiałów wykorzystywanych do spalania
 Fig. 3. Types of waste burned

azotu i siarki, są nie tylko źródłem dioksyn i furanów, ale również lotnych związków organicznych (VOC), pyłu zawieszonego PM10, wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych (WWA) oraz metali ciężkich.

Powody, dla których spalanie na terenach prywatnych posesji odbywa się w sposób niekontrolowany, są bardzo różnorodne. Wymienić tu można:

- zmniejszenie ilości odpadów w gospodarstwie
- wygodę mieszkańców
- pozyskanie ciepła i możliwość ogrzania pomieszczeń
- opłaty związane z wywozem śmieci
- zbyt duże odległości od wysypisk
- brak możliwości utylizacji wszystkich odpadów.

Niezależnie od powodu spalania, proces ten zazwyczaj przebiega bez jakiegokolwiek kontroli i bez segregacji spalanego materiału czy paliwa. Wśród spalanych materiałów, obok drewna i papieru, razem spalane są także odpady z ogródka, plastikowe pojemniki, stare meble oraz resztki jedzenia. Szacunkowy udział poszczególnych materiałów używanych do spalania przedstawiono na rys. 3. [5].

Zagrożenie zdrowia człowieka

Niekontrolowane procesy spalania stanowią nie tylko źródła emisji dioksyn do środowiska, ale stwarzają również zagrożenie dla ludzi przebywających w otoczeniu źródła jak i w znacznych odległościach od niego. Dioksyny bowiem występują w powietrzu głównie jako zaadsorbowane na aktywnych powierzchniowo cząsteczkach pyłu zawieszonego i w zależności od warunków atmosferycznych mogą być przemieszczane na różne odległości, powodując zanieczyszczenie innych terenów. Powstające w wyniku spalania pyły, opadając na glebę, pola i wodę przedostają się do wód powierzchniowych, są kumulowane w glebie oraz w roślinach – zarówno na powierzchni, jak i w tkankach, a następnie przedostają się do łańcucha pokarmowego.

Ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne, dioksyny w organi-

zmach żywych gromadzą się w tłuszczach (lipidach). Kumulują się 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. Związki te są bardzo odporne na działanie różnych czynników fizyczno-chemicznych i wytrzymują temperaturę do ok. 1000 °C, są natomiast mało odporne na działanie promieniowania ultrafioletowego. Dioksyny cechują się długimi okresami półrozpadu ($T_{1/2}$). W organizmach żywych okres ten wynosi od kilku tygodni w przypadku gryzoni do 30 lat u człowieka. W glebie okres półrozpadu może wynieść od 10 do nawet 100 lat, w zależności od głębokości zalegania [6].

Działanie toksyczne dioksyn wpływa na zaburzenia systemu hormonalnego, zmniejszanie ilości testosteronu, może też doprowadzić do wystąpienia wad wrodzonych u potomstwa i różnego rodzaju nowotworów [7].

Dawka LD_{50} najbardziej toksycznej dioksyny, czyli izomeru 2,4,7,8-TCDD, dla świnki morskiej wynosi 0,6 µg/kg wagi ciała, a dla innych zwierząt jest wyższa. Nie jest natomiast ustalona dla człowieka. Nie wiadomo również, czy istnieje wartość progowa, tolerowana przez człowieka. Jednak Światowa Organizacja Zdrowia jako dopuszczalną dawkę dla człowieka, czyli wartość progową, dopuszcza 10 pg/kg masy ciała dziennie.

Podsumowanie

Dioksyny nigdy nie były produktem celowej działalności człowieka i nie mają jako związki chemiczne żadnego praktycznego zastosowania. Za ich emisję w większości przypadków, niestety, sami jesteśmy odpowiedzialni, a jedną z przyczyn tego stanu jest niewątpliwie mała świadomość społeczna w kwestii zanieczyszczenia i ochrony środowiska.

Problem ten dotyczy zarówno środowisk miejskich jak i wiejskich, gdzie na otwartych przestrzeniach, jest często praktykowane niekontrolowane spalanie odpadów komunalnych, śmieci domowych, w tym tworzyw sztucznych wraz z paliwami ciekłymi i stałymi oraz spalanie traw i odpadków z produkcji rolnej. Ten sposób pozbywania się odpadów jest dominujący, co najczęściej wynika z chęci ograniczenia prywatnych wydatków na ich wywóz. Jak wynika z badań, stężenie dioksyn emitowanych w spalinach z pieców domowych wynosi średnio 20 ng/m³, a stężenie dioksyn w gazach emitowanych z nowoczesnych spalarni odpadów komunalnych jest 200 razy mniejsze i nie przekracza wartości 0,1 ng/m³.

Istotne jest zatem uświadomienie społeczeństwu wagi problemu i wdrożenie pewnych procedur, np. segregacji odpadów komunalnych i zasad postępowania, m.in. wprowadzenie powszechnego zakazu spalania odpadów, wypalania traw na terenach prywatnych posesji, co z pewnością przyczyni się do ochrony środowiska i zdrowia ludzi.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Grochowalski A. *Badania dioksyn w powietrzu Krakowa*. Raport za rok 1995-1997
- [2] *Trwałe zanieczyszczenia organiczne*. Tom I. *Ocena sytuacji w Polsce*. Monografia, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2003
- [3] Biuletyn „Polska Zielona Sieć” dostępny na stronie internetowej <http://biuletyn.zielonasiec.pl/biuletyn.php?id=30&c=odpady>
- [4] Grochowalski A. *Badania nad oznaczaniem polichlorowanych dibenzodioksyn, dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli*. Monografia nr 272, Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Kraków 2000, ISSN 0860-097X
- [5] U.S. EPA Project Summary, Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste In Barrels, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, March 1998
- [6] Trapp S., Matthies M. *Modeling Volatilization 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, 1997
- [7] Schecter A. *Dioxins and Health*. New York – London. Plenum Press, 1994

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie badań naukowych przez Ministerstwo Edukacji i Nauki, w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy