

mgr inż. MAREK CHYC  
 Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie  
 mgr inż. BOGNA BURZAŁA  
 „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. - Centralne Laboratorium  
 mgr RENATA SZCZYGLÓWSKA  
 Śląskie Środowiskowe Studium Doktoranckie

# Zagrożenia pyłami w zawodzie kominiarza



Fot. Roman Adamus

Sadza, pył, palne i toksyczne związki chemiczne są jednym z wielu zagrożeń występujących na stanowisku pracy kominiarza. Kominiarze narażeni są na działanie niebezpiecznych związków chemicznych, takich jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WVA), dioksyny (PCDD/F) i metale ciężkie. Powyższe czynniki powodują choroby zawodowe, spośród których nowotwory są najgroźniejszymi. Środki ochrony osobistej są w stanie skutecznie chronić pracownika przed działaniem trucizn.

## Dust hazards in a chimney sweep's job

Soot, dust, flammable and toxic chemical compounds are among the many threats present at a chimney sweep's workstation. Chimney sweeps are exposed to hazardous chemical compounds such as polycyclic aromatic hydrocarbons, dioxins (PCDD/F) and heavy metals. Those agents cause occupational diseases, among which carcinoma is the most dangerous one. Personal protection equipment can efficiently protect workers against the impact of poisons.

## Wstęp

Praca kominiarza wiąże się z wieloma czynnikami ryzyka, takimi jak groźba upadku z wysokości, praca we wnętrzu ciasnych, ciemnych urządzeń ogniowych i dymnych w warunkach podwyższonej temperatury i niedoboru tlenu. Kominiarz narażony jest na bezpośredni kontakt przez skórę i drogi oddechowe z substancjami niebezpiecznymi, wśród których są: tlenek węgla, ditlenek siarki, pyły, sadze, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WVA), dioksyny (PCDD/F), metale ciężkie. Praca w środowisku tak wielu czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych może być przyczyną wielu dolegliwości zdrowotnych, a w ostateczności prowadzi do chorób zawodowych. Znaczne nagromadzenie szkodliwych czynników chemicznych i pyłowych na stanowisku pracy wymaga stosowania odpowiednich środków ochrony indywidualnej.

Prace kominarskie powodują konieczność przebywania pracowników w warunkach dużego dyskomfortu oraz narażenia na czynniki chemiczne klasyfikowane jako palne, bardzo toksyczne, rakotwórcze, mutagenne. Jednocześnie wykonywana praca jest bardzo pożyteczna społecznie. Właściwy stan techniczny urządzeń grzewczych, przewodów wentylacyjnych i dymnych zapobiega brzemieniom w skutkach awariom i wypadkom, często śmiertelnym. Należy w tym miejscu wspomnieć o licznych przypadkach zatrucia tlenkiem węgla, powodowanych złym stanem technicznym instalacji grzewczych [1].

W artykule przedstawiono wyniki badań własnych zawartości pyłu w powietrzu znajdującym się w kotłowni podczas mechanicznego czyszczenia kotła węglowego. Wykonano także badania pochłaniania pyłów przez filtropochłaniacze z masek i półmasek przeciwgazowych. W sadzy i pyłach węglowych oznaczono metale ciężkie: kadm, ołów i rtęć.

## Skutki zdrowotne działania czynników zagrożeń w środowisku pracy kominiarzy

Kominiarze wykonujący swoją pracę są narażeni na różne czynniki szkodliwe dla zdrowia, występujące w szerokim przedziale stężeń. Zagrożenia chemiczne w dużej mierze zależne są od rodzaju i jakości spalanego paliwa.

Nowotwór skóry moszny to historycznie pierwsza choroba zawodowa zidentyfikowana wśród kominiarzy. Sir Percival Pott w 1775 r. zaobserwował, że u kominiarzy – wśród których znaczną część stanowili kilkuletni chłopcy – występują często nowotwory skóry i rak moszny [2]. Uczony ten wysunął hipotezę, według której obserwowane jednostki chorobowe powodowane są działaniem sadzy kominowej. Hipotezę z 1775 r. potwierdził von Volkmann, który zaobserwował podobne schorzenie wśród smolarzy. Dalsze badania ujawniły, że związki zawarte w sadzy i smole powodują powstawanie nowotworu kolczystokomórkowego oraz podstawnokomórkowego. Wymienione

rodzaje nowotworów tworzą przerzuty do pachwinowych węzłów chłonnych, przerzuty odległe stwierdza się sporadycznie [2].

W Skandynawii w latach 80. ub. wieku stwierdzono niepokojąco wysoki standaryzowany wskaźnik umieralności (SMR) wśród kominiarzy. Standaryzowany wskaźnik umieralności w odniesieniu do przedziału ufności 95%, czyli stosunek obserwowanych zgonów w populacji kominiarzy do liczby zgonów mężczyzn w populacji Szwecji wynosił od 1,24 do 1,36. Badania obejmowały przypadki zgonów odnotowane w latach 1952-2006 [3]. Gustavsson, badając przyczyny wzrostu SMR, uzyskał wyniki świadczące o tym, że wysoka śmiertelność wśród przedstawicieli omawianej grupy zawodowej spowodowana była głównie chorobami układu oddechowego i chorobami wątroby. Wymienione schorzenia były dwukrotnie częściej przyczyną zgonów w populacji kominiarzy, niż w przypadku reszty społeczeństwa w analogicznym przedziale wiekowym.

W dalszej części artykułu przedstawimy główne zagrożenia związane z występowaniem pyłów i zwartych w nich substancji chemicznych w środowisku pracy kominiarzy.

### Pył sadzy i węgla

PM – *particulate matter* – jest terminem oznaczającym krople aerozoli oraz cząstki stałe zawarte w powietrzu. W kontekście omawianej problematyki wartości PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> dotyczą głównie pyłów zawie-

rających sadzę i popiół o wielkości cząstek poniżej odpowiednio 10 i 2,5 µm. Cząstki stałe o średnicach ziaren poniżej 10 µm wnikają lub przedostają się do układu oddechowego człowieka i są zatrzymywane w oskrzelach [4]. Cząstki stałe o średnicy ok. 2 µm zatrzymywane są w pęcherzykach płucnych, gdzie mogą adsorbować biologicznie czynne substancje, przedostawać się z krwią poza płuca i kumulować w niektórych narządach wewnętrznych. Szacuje się, że emisja cząstek stałych PM<sub>10</sub> na skutek spalania węgla kamiennego w gospodarstwach domowych wynosi ponad 0,2 mg/m<sup>3</sup> [5]. Wykazano, że zawartość pyłu w powietrzu wdychanym przez kominarza w czasie oczyszczania przewodów kominowych wynosi 3-19 mg/m<sup>3</sup>, zawartość benzo[a]pirenu osiąga wartości do 9,1 µg/m<sup>3</sup> [3].

W pyłach wydostających się z przewodów dymnych i spalinowych mogą być również zawarte włókna azbestowe i krystaliczna krzemionka. Pyły te mogą stać się przyczyną rozwoju groźnych chorób zawodowych, takich jak rak płuca, pylica płuc czy astma oskrzelowa oraz zmian patologicznych w opłucnej i osierdziu. Zachorowalność mężczyzn na choroby zawodowe w Polsce w 2010 r. wynosiła 34,1 na 100 tys. zatrudnionych – drugą pozycję w tej statystyce stanowi pylica płuc [6].

Zgodnie z obowiązującym przepisami najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) na stanowisku pracy dla pyłu całkowitego wynosi 4 mg/m<sup>3</sup> [7].

#### Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) to związki organiczne posiadające dwa i więcej skondensowanych pierścieni o charakterze aromatycznym. WWA jako zanieczyszczenia środowiskowe występują w postaci mieszanin homologów (rys. 1.).

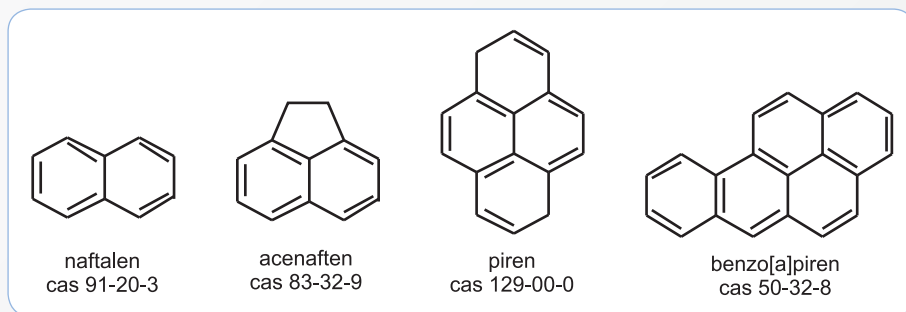
Najważniejszym przedstawicielem grupy jest benzo[a]piren (B[a]P), choć grupa obejmuje ponad 200 związków chemicznych. Znacznym zagrożeniem, związanym z cytotoxycnością omawianej klasy zanieczyszczeń, jest wysokie powinowactwo tworzenia adduktów, pomiędzy cząsteczkami WWA a łańcuchami DNA. Powstałe addukty negatywnie wpływają na replikację komórek [8].

Analiza kilkunastu podstawowych WWA zawartych w węglach różnych gatunków wykazała zawartości w przedziale 0,2 do 2500 mg WWA/kg węgla [9]. Zawartość WWA w sadzy jest znacznie większa, a całkowity udział masowy związków organicznych wynosi ok. 60% [10].

#### Dioksyny i furany

Terminem dioksyny i furany określa się grupę związków, będących polichlorowanymi pochodnymi dibenzo-p-dioksyn i dibenzofuranów (PCDD/F). Dioksyny powstają w procesach termicznych. Ocenia się, że PCDD/F są najgroźniejszymi spośród poznanych ksenobiotyków. Zawartość dioksyn w sadzy jest bardzo różnicowana i zależy od składu chemicznego paliwa, warunków spalania oraz typu paleniska. W tab. 1. przedstawiono zróżnicowanie ilości PCDD/F w próbkach sadzy pobranych z różnych instalacji grzewczych [11].

Badania kliniczne wskazują, że dioksyny wywierają silnie mutagenne działanie zaburzając prawidłowy przebieg procesu podziału komórek, wykazują działanie teratogenne i alergizujące.



Rys. 1. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

Fig. 1. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

Tabela 1. Zawartość dioksyn w próbkach sadzy [11]

Table 1. Dioxin content in soot samples [11]

Palenisko	Paliwo	Zawartość dioksyn ng I-TEQ*/kg sadzy		
		minimum	średnio	maksymalnie
Piec	drewno	10	2015	16 000
Kocioł węglowy		17	1438	20 500
Piec	drewno, węgiel	77	2772	10 000
Piec kaflowy		53	550	5 000

\* I-TEQ – międzynarodowy równoważnik toksycności (ang. *International Toxicity Equivalent*)

Przebieg zatrucia PCDD/F powoduje, że skutki mogą być odczuwalne po dłuższym czasie od wchłonięcia toksyn. Stwierdzono negatywne oddziaływanie dioksyn na przebieg procesów komórkowych odpowiedzialnych za przemianę materii związanych z aktywnością cytochromu P-450, glucuronylotransferazy i glutationtransferazy [12]. Pierwszym objawem zatrucia dioksynami jest bolesna trądzik chlorowy (łac. *chloracne*). *Chloracne* jest schorzeniem zapaleniowo-alergicznym, występującym głównie na skórze twarzy i rąk. Zmiany skórne utrzymują się latami powodując głębokie blizny.

#### Metale ciężkie

Metale ciężkie występują w każdym rodzaju spalnego paliwa, ponieważ stanowią jego nieodłączną część mineralną. W procesie spalania część metali i ich związków sublimuje, osadzając się na popiele lotnym czy sadzy.

Metale ciężkie, w postaci związanej bądź wolnej, są wprowadzane do organizmu wraz z cząstkami stałymi zawartymi w powietrzu. Lotny popiół zawiera rtęć, tal, kadm, ołów, antymon, kobalt, chrom, nikiel, wanad oraz arsen [13]. Niektóre z tych metali mają ważne znaczenie dla organizmu i są niezbędne w procesach metabolicznych. Spełniają one wymienione funkcje tylko w określonych stężeniach.

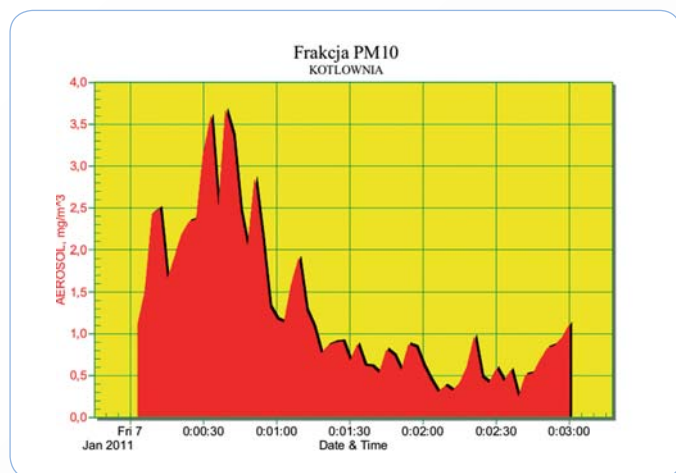
Istotną rolę w rozwoju i funkcjonowaniu organizmu odgrywają takie pierwiastki, jak cynk i miedź. Natomiast arsen, chrom, kobalt, mangan oraz nikiel są potrzebne w znacznie mniejszych ilościach. Inne metale, jak rtęć, kadm, ołów należą do grupy pierwiastków toksycznych, na które człowiek nie wykazuje zapotrzebowania fizjologicznego. Z wiekiem stężenie metali ciężkich w tkankach wzrasta, co w przypadku zwiększonego nagromadzenia objawia się działaniem toksycznym. Powodują one choroby układów: pokarmowego, oddechowego, nerwowego, krążenia. Niektóre pierwiastki, jak kadm, rtęć, ołów wykazują działanie rakotwórcze lub potencjalnie rakotwórcze [14].

#### Wyniki badań

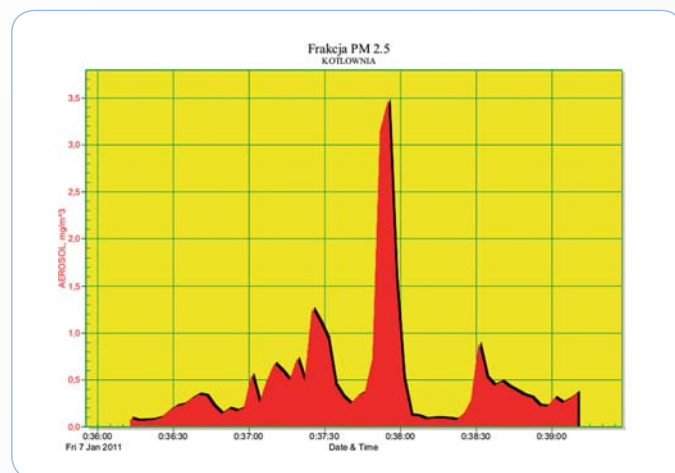
Celem badań było określenie skuteczności odpylenia powietrza przy użyciu komercyjnego filtropochłaniacza z masek i półmasek przeciwgazowych oraz określenie zawartości wybranych metali ciężkich w pyłe kotłowym. Pomiaru wykonano w kotłowni wyposażonej w kocioł CO o mocy znamionowej 29 KW opalany węglem kamiennym. Pomieszczenie o kubaturze 19 m<sup>3</sup> posiadało wentylację grawitacyjną zapewniającą trzykrotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Czas pojedynczego pomiaru zapylenia wynosił trzy minuty i obejmował sześćdziesiąt zliczeń. Zasada badania odpowiadała pomiarom stosowanym w dozymetrii indywidualnej. Do oznaczeń zastosowano pyłomierz laserowy o zakresie pomiarowym 0,001-400 mg/m<sup>3</sup>. Stężenie pyłu całkowitego w powietrzu pobranym z kotłowni, w trakcie mechanicznego oczyszczania kotła CO wynosiła 2,520 mg/m<sup>3</sup> (NDS dla sadzy 4 mg/m<sup>3</sup>). Stężenie pyłowej frakcji PM<sub>10</sub>, wyniosła średnio 1,260 mg/m<sup>3</sup>.

Jak wynika z rys. 2., najwyższe stężenie frakcji PM<sub>10</sub> rejestrowano w początkowej fazie czyszczenia kotła, po czym następowała stabilizacja wskazań pyłomierza na poziomie od 0,5 do 1 mg/m<sup>3</sup>. Zmiany zawartości frakcji pyłowej PM<sub>2,5</sub> w badanym powietrzu wykazywały charakter skokowy (rys. 3.), a typowe wartości rejestrowanego zapylenia powietrza wynosiły poniżej 0,5 mg/m<sup>3</sup>, z wyjątkiem kilku pojedynczych maksimów, gdzie zapylenie powietrza gwałtownie wzrastało nawet do około 3,5 mg/m<sup>3</sup>. Uzdantnienie powietrza przy pomocy komercyjnego filtropochłaniacza, będącego na wyposażeniu masek i półmasek przeciwgazowych, pozwoliło zmniejszyć zawartość cząstek stałych w oczyszczonym powietrzu do poziomu 0,001 mg/m<sup>3</sup> powietrza. Skuteczność uzdatniania powietrza w odniesieniu do PM<sub>10</sub> wyniosła 99,9%. Powietrze atmosferyczne w pobliżu budynku, w którego kotłowni wykonano pomiary, wykazywało zanieczyszczenie pyłową frakcją PM<sub>10</sub> na poziomie 0,020 mg/m<sup>3</sup> (dopuszczalna wartość PM<sub>10</sub> < 0,040 mg/m<sup>3</sup>) [15].





Rys. 2. Wyniki pomiarów stężenia frakcji pyłowej PM<sub>10</sub>  
 Fig. 2. Measuring the concentration of the PM<sub>10</sub> fraction



Rys. 3. Wyniki pomiarów stężenia frakcji pyłowej PM<sub>2,5</sub>  
 Fig. 3. Measuring the concentration of the PM<sub>2,5</sub> fraction

Tabela 2. Wyniki oznaczeń zawartości metali ciężkich w pyłe węglowym i sadzy pobranych z kotłowni  
 Table 2. Content of heavy metals in coal dust and soot, sampled from a boiler room

Oznaczany pierwiastek		Pył węglowy	Sadza kotłowa	Całkowita dzienna dawka, bezpieczna dla zdrowia [14]
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/24 h]
Kadm	Cd	0,24	3,63	0,02
Ołów	Pb	24,75	167,10	0,30
Rtęć	Hg	0,025	0,210	0,02

Stężenie frakcji pyłowej PM<sub>2,5</sub> w analogicznym eksperymencie wyniosła 0,464 mg/m<sup>3</sup>, po przefiltrowaniu powietrza stężenie PM<sub>2,5</sub> było niższe niż granica oznaczalności pyłomierza (0,001 mg/m<sup>3</sup>).

Pył węglowy i sadzę pobraną z kotłowni poddano analizie pierwiastkowej na zawartość wybranych metali ciężkich. Sadza kotłowa zawierała podwyższoną zawartość kadmu, ołowiu i rtęci, względem ilości występujących w spalonym paliwie. Kadm i ołów został oznaczony techniką optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES), natomiast rtęć została wyznaczona metodą absorpcji atomowej, techniką zimnych par.

W tab. 2. przedstawiono zawartość wybranych metali ciężkich w węglu kamiennym i sadzy powstałej w procesie spalania paliwa. Ze względu na różnice lotności poszczególnych metali ciężkich i ich związków następuje znaczna ich koncentracja na cząstkach popiołu lotnego i sadzy.

Jak wynika z tabeli 2., spośród oznaczanych metali ciężkich ołów był pierwiastkiem dominującym. Wszystkie 3 oznaczane metale występowały w sadzy w większej ilości niż w pyłe węglowym. W przypadku kadmu zawartość pierwiastka w sadzy była blisko 15 razy wyższa niż w węglu.

**Wnioski**

W przypadku prac kominarskich i wykonywanych na podobnych stanowiskach należy zwrócić uwagę na konieczność stosowania środków ochrony indywidualnej w celu maksymalnego zabezpieczenia skóry przed kontaktem z sadzą (rękawice ochronne, kombinezon ochronny). Niezbędna jest również kompleksowa ochrona górnych dróg oddechowych,

co nie wiąże się z dużymi nakładami finansowymi, lecz wyłącznie ze świadomością społeczną i zdyscyplinowaniem osobistym pracownika. Obserwacje wskazują, że stosowanie filtrów i filtropochłaniaczy podczas prac kominarskich jest praktyką rzadką.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że możliwa jest skuteczna ochrona przed pyłem i zawartymi w nim szkodliwymi substancjami chemicznymi. Zastosowanie filtropochłaniacza pozwala usunąć ok. 99,9% ilości pyłu z wdychanego powietrza. Oczyszczenie powietrza przy zastosowaniu filtropochłaniacza powoduje ograniczenie dziennych dawek, na które narażeni są kominarze w związku z wykonywaną pracą, co zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia chorób nowotworowych i pylicy u pracowników. Szacuje się, że podczas wykonywania prac kominarskich pracownik zużywa ok. 10 m<sup>3</sup> powietrza [3], co przy oznaczonym poziomie zapylenia skutkowałoby wprowadzeniem dawki ok. 13 mg pyłu respirabilnego do organizmu pracownika.

Wprowadzenie dawki metali ciężkich wraz z pyłem respirabilnym w omawianym przypadku stanowi mniej niż 1% bezpiecznej dawki dobowej, niepowodującej zmian zdrowotnych. Należy również pamiętać, że ilość wchłoniętego metalu jest uzależniona od postaci w jakiej on występuje, jak również od metabolizmu człowieka, jego płci i wieku. Zastosowanie filtropochłaniacza w przeprowadzonym eksperymencie zmniejszyło dawkę potencjalnie wchłoniętego przez pracownika pyłu do ok. 10 µg. Inną istotną zaletą stosowania filtropochłaniacza jest możliwość oczyszczania wdychanego powietrza z zanieczyszczeń chemicznych, jak tlenek węgla, tlenki siarki, lotne związki organiczne.

**PIŚMIENNICTWO**

[1] Z. Makles, M. Pośniak *Sezon grzewczy rozpoczęty – zagrożenia czadem*. „Bezpieczeństwo Pracy”, 12 (459) 2009  
 [2] H. A. Waldron *A brief history of scrotal cancer*. „British J. Ind. Med.” 40 (4) 1983  
 [3] C. Jansson, M. Alderling, C. Hogstedt, P. Gustavsson *Mortality among Swedish chimney sweeps (1952-2006): an extended cohort study*. „Occup. Environ. Medicine” 69 (1) 2012  
 [4] W. MacNee, K. Donaldson *Mechanism of lung injury caused by PM<sub>10</sub> and ultrafine particle with special reference to COPD*. „Eur. Resp. Journal”, 21 (40) 2003  
 [5] J. Fudała *Zintegrowane narzędzie do zarządzania ryzykiem, charakteryzujące zależność zanieczyszczenia powietrza i narażenia ludzi w środowisku miejskim*. „Biuletyn Ekologiczny”, nr 2/2006  
 [6] *Raport o rynku pracy oraz zabezpieczeniu społecznym*. E. Gross-Golecka (red.). Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej, Warszawa 2010  
 [7] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 29 listopada 2002 r. DzU nr 217 poz. 1833  
 [8] N. L. Nock, D. Tang, A. Rundle, C. Neslund-Dudas, A. T. Saveria, C. H. Bock, K. G. Monaghan, A. Koprowski, N. Mitrache, J. J. Yang, B. A. Rybicki *Associations between smoking, polymorphisms in polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) metabolism and conjugation genes and PAH-DNA adducts in prostate tumors differ by race*. „Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.” 16 (6) 2007  
 [9] C. Achten, T. Hofmann *Native polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in coals – A hardly recognized source of environmental contamination*. „Science of the Total Environment”, 407 (8) 2009  
 [10] D. Kim, B. M. Kumfen, C. Anastasio, I. M. Kennedy, T. M. Young *Environmental aging of polycyclic aromatic hydrocarbons on soot and its effect on source identification*. „Chemosphere” 76 (8) 2009  
 [11] E. D. Lavric, A. Konnov, J. De Ruyck *Dioxin levels in wood combustion – a review*. „Biomass and Bioenergy”, 26 (2) 2004  
 [12] K. Augustowska, E.L. Gregoraszczyk, T. Milewicz, J. Krzysiek, A. Grochowalski, R. Chrzęszcz *Effects of dioxin (2,3,7,8-TCDD) and PCDDs/Fs congeners mixture on steroidogenesis in human placenta tissue culture*. „Endocrine Regulations” 37 (1) 2003  
 [13] P. Szczywek, J. Siepak, P. Niedzielski, T. Sobczyński *Research on heavy metals in Poland*. „Polish J. of Environ. Stud.” 18 (5) 2009  
 [14] W. Seńczuk *Toksykologia*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1994  
 [15] Prawo ochrony środowiska. DzU z 2008 r. nr 25, poz.150, z późn. zm.