

Jan Szeliga¹
Mieczysław Choraży¹
Bernard Cimander²

¹ Zakład Biologii Nowotworów,
Instytut Onkologii

Gliwice

² Wojewódzka Stacja

Sanitarno-Epidemiologiczna

Katowice

Ilościowa i jakościowa analiza chemiczna ekstraktów pyłu zawieszonego w powietrzu na terenie województwa katowickiego

1. Wstęp

Zanieczyszczenie powietrza jest problemem ogólnoswiatowym i skupia coraz więcej uwagi. Powietrze jest zanieczyszczone różnymi substancjami, których ilość i rodzaj jest uzależniony od źródeł emisji. Najpoważniejszymi emitorami zanieczyszczeń są: koksownie, gazownie, huty, rafinerie ropy naftowej i inne zakłady używające paliwa kopalne, smołę węglową, asfalt, itp. Poważny udział w emisji mają również prymitywne piece węglowe, używane w gospodarstwach domowych i samochody, a także pojazdy samochodowe. Innymi źródłami zagrożenia są fabryki chemiczne (produkujące coraz więcej nowych związków chemicznych), które skażają środowisko przez swoją produkcję lub bezpośrednio w postaci wylotów. Do powietrza przedostają się takie substancje jak: aerozole różnych kwasów, azbest, spaliny paliw kopalnych, pyły, sadze, lotne popioły, metale ciężkie, tlenki azotu, tlenki siarki, ozon, różne lotne węglowodory i inne. Zanieczyszczenia te wywierają ujemny wpływ na rośliny, zwierzęta i ludzi. Zanieczyszczenia powodują powstawanie wielu chorób. Wśród zanieczyszczeń na szczególną uwagę zasługują niektóre wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAH, ang. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*), o właściwościach mutagennych i rakotwórczych.

W niniejszej pracy główna uwaga będzie skupiona na tej grupie związków chemicznych.

2. Badania epidemiologiczne

Do chwili obecnej badania nie określiły jednoznacznie zależności pomiędzy obecnością PAH w powietrzu a powstawaniem nowotworów, w tym raka płuc. Korelacja pomiędzy ekspozycją, stężeniem zanieczyszczeń, a efektami biologicznymi jest trudna do udowodnienia ze względu na długi okres jaki upływa od momentu inicjacji do chwili wystąpienia objawów choroby.

Lave i Saskin (1) cytują dane literaturowe udowadniające wpływ czynników środowiskowych na śmiertelność z powodu nowotworu płuc, porównując śmiertelność w 5 miastach i 5 obszarach wiejskich, dzieląc badanych na palących i niepalących. Stosunek śmiertelności miasto/wieś wśród palaczy wyniósł od 1,26 do 2,23, a w grupie niepalących średnio 3,1. Crawford (2) zestawił dane umieralności na nowotwory płuc w latach 1943–1983 dla 6 grup wiekowych, stwierdzając, że: jest to choroba nasilająca się z wiekiem. We wszystkich grupach wiekowych z wyjątkiem grupy 80–84 lat zaobserwował zmniejszenie się liczby przypadków, łącząc ten fakt z systematyczną poprawą jakości papierosów (mniej substancji smolistych w papierosach) i czynnikami środowiskowymi (spadek stężenia benzo[a]pirenu (B[a]P) w powietrzu). Wyznaczona przez Zatońskiego (3) korelacja pomiędzy ilością wypalanych papierosów w Polsce, a zapadalnością na nowotwory płuc jest w dwu przypadkach (woj. katowockie, woj. krakowskie) zawyżona, co autor tłumaczy wpływem zanieczyszczeń powietrza. Tokiwa i wsp. (4) przytaczają pozytywną korelację pomiędzy zapadalnością na raka płuc, a ilością zużywanych produktów naftowych w Japonii w latach 1955–1980. Przekonującym dowodem wpływu produktów spala-

nia węgla na powstawanie raka płuc są badania prowadzone w Chinach (5) w rejonie rolniczym (Xuan Wei, Yunnan), gdzie węgiel kamienny jest używany w prymitywnych piecach do gotowania i opalania mieszkańców. Spostrzeżono tam wysoki współczynnik śmiertelności z powodu raka płuc wśród kobiet (125,6 na 100 000) w porównaniu z terenem kontrolnym (3,1 na 100 000). Wykluczono wpływ palenia tytoniu. Wynder i Mabuchi (6) ocenili, że 70–90% nowotworów u ludzi i zwierząt jest spowodowane wpływem skażonego środowiska.

Wiele związków chemicznych obecnych w ekstraktach pyłu zawieszonego wykazuje właściwości rakotwórcze w testach przeprowadzanych na zwierzętach. W stosunku do ludzi brak jest dostatecznie udokumentowanych danych (związków tych nie produkuje się na skalę przemysłową). Jednak przyjmuje się, że jeśli związek jest rakotwórczy dla zwierząt testowych to jest on również potencjalnym kancerogenem dla ludzi (7).

Na uwagę zasługują również pochodne nitrowe, aminowe, fenolowe PAH i inne o bliżej określonej budowie chemicznej (8), które jeszcze nie zostały dostatecznie przebadane, a wykazują aktywność mutagenną i kancerogenną.

Ekstrakty zanieczyszczeń powietrza są mieszaninami kompleksowymi, w których frakcja PAH stanowi kilkanaście procent, a stężenie benzo[a]pirenu we frakcji zazwyczaj nie przekracza 3% (9). Zmierzona aktywność mutagenna frakcji nie koreluje z zawartością B[a]P, ponieważ frakcja ta zawiera również inne PAH. Wypadkowa aktywność jest efektem synergizmu i antagonizmu poszczególnych składników w mieszaninie (10). Udziały jakościowe i ilościowe poszczególnych PAH w próbkach pyłu są zmienne i zależą od źródła emisji, trwałości chemicznej związku i od warunków atmosferycznych. Z tych też względów kontrola stanu skażenia środowiska naturalnego powinna obejmować źródła emisji, drogi rozprzestrzeniania się i kompletną analizę chemiczną (6).

3. Występowanie i pochodzenie PAH

PAH jest to grupa związków chemicznych o charakterze wysoce lipofilowym. Występują one szeroko w środowisku jako zanieczyszczenia. Wykazano, że związki tej grupy występują w dymie tytoniowym (11), powietrzu (12), wodzie (13), pożywieniu (14), glebie (15), osadach wodnych (16), wodnych organizmach (17), olejach mineralnych i rafinowanych produktach naftowych (18).

Naturalnymi źródłami PAH są biosyntezy (19), naturalne pożary, wybuchy wulkaniczne i procesy degradacji materiału organicznego (7,20). Głównym jednak źródłem zanieczyszczeń środowiska naturalnego węglowodarami poliaromatycznymi są produkty niepełnego spalania substancji organicznych zwłaszcza paliw kopalnych (20,21) i ich przetwórstwo (22). Emisja PAH w spalinach może się zmieniać i zależy głównie od spalającego paliwa i warunków spalania (8). Dodatkowym źródłem PAH są lotne pyły i popioły powstające w trakcie spalania paliw (23) lub utylizacji śmieci (24).

4. PAH w powietrzu

PAH posiadają wysoką temperaturę topnienia, niską prężność par i są właściwie nierozpuszczalne w wodzie (13).

Aktywność rakotwórczą wykazują szczególnie węglowodory poliaromatyczne o 3–6 pierścieniach skondensowanych (7,25). Związki te jako zanieczyszczenia są zaadsorbowane na cząsteczkach pyłu (26) i mogą być transportowane na znaczne odległości drogą powietrzną. Niektóre PAH są również obecne w powietrzu w fazie gazowej. Dotyczy to szczególnie lotnych węglowodorów, takich jak: antracen, fenantren, fluoren, fluoranten, piren i ich metylowe pochodne (27). Obecne w powietrzu cząsteczki pyłu o wymiarach poniżej 10 μm nazywa się pyłem zawieszonym. Czas opadania pyłu o wymiarach 1–10 μm wynosi 10–100 godzin, a cząstek po-

nijżej 1 μm do 1000 godzin (6). Szczegółowe badania wykazały, że 70–80% PAH jest zaadsorbowanych na cząsteczkach wielkości poniżej 5 μm . Cząsteczki pyłu tej wielkości bez przeszkód dostają się do płuc (28). Czas połowicznego wydalania cząsteczek pyłu z oskrzeli wynosi ok. godziny, a czas połowicznej desorpcji B[a]P z pyłu w układzie oddechowym 30 minut (29).

Pył zawieszony potrzebny do analiz zbiera się za pomocą różnych urządzeń mechanicznych (cyklony, filtry) jedno- i wielostopniowych o różnej wydajności (30). Najbardziej rozpowszechnionym urządzeniem do zbierania pyłu zawieszonego jest aparat typu „Staplex” (31). Aparat ten zasysa powietrze z wydajnością ok. 100 m^3/godz , które jest filtrowane przez filtr z włókna szklanego o wymiarach 20x25 cm. Filtry powinny zatrzymywać cząsteczki o wymiarach do 0,3 μm z wydajnością co najmniej 99% (6). „Staplex” pozwala zbierać PAH od 3 pierścieni skondensowanych, ponieważ duży przepływ powietrza przez filtr powoduje odparowanie lotnych składników. Problem ten dotyczy tylko PAH o temperaturze wrzenia poniżej 400°C (32). Ponadto PAH reagują w trakcie filtrowania z tlenem (33), tlenkami azotu i siarki (34). Nie bez znaczenia są warunki atmosferyczne (obecność promieniowania UV, temperatura powietrza, wyłapywanie pyłu przez opady atmosferyczne, wiatr, itp.), które wpływają na pomiary (35). Tak jak widać – szereg czynników ma wpływ na poziom zanieczyszczeń. Z tych też względów niezbędna jest standaryzacja metod zbierania i przechowywania prób, aby dane były porównywalne ze sobą (36). Wymagane jest m.in. aby był zachowany stały strumień masy przez filtr na jednostkę czasu i żeby wyniki uzyskane na dwu stanowiskach zlokalizowanych w tym samym miejscu były zgodne, a proporcje poszczególnych PAH jednakowe (7).

5. Odzyskiwanie PAH z pyłu zawieszonego

Odzyskiwanie PAH z pyłu zawieszonego prowadzi się przez ekstrakcję różnymi ciekłymi rozpuszczalnikami w aparacie Soxhleta, przez gotowanie, z wykorzystaniem ultradźwięków lub różnymi metodami desorpcji termicznej (21,37).

Najbardziej rozpowszechnioną techniką ekstrakcji jest metoda wykorzystująca aparat Soxhleta. Powszechnie stosowanymi rozpuszczalnikami w tej metodzie są: dwuchlorometan (14,36), aceton (39), metanol (39,40), benzen (24,41), cykloheksan (42) i inne.

O wydajności ekstrakcji oprócz rozpuszczalnika decyduje czas ekstrakcji. Powszechnie stosowany czas ekstrakcji w aparacie Soxhleta wynosi 6–8 godzin (42). Dłuższy, 20–30 godzin (24,44) nie jest wskazany z powodu strat PAH w trakcie ekstrakcji (utlenianie, rozkład) (33).

6. Analiza chemiczna ekstraktu

Ekstrakt pyłu zawieszonego jest mieszaniną kompleksową. Prócz związków niepolarnych (węglowodory parafinowe, aromatyczne i poliaromatyczne) składa się z polarnych pochodnych węglowodorów aromatycznych zawierających tlen, kwasów jedno- i dwukarboksylowych, związków zawierających azot i różnych produktów fotosyntezy (43). Analiza jakościowa i ilościowa PAH jest zakłócona przez nakładanie się innych grup związków chemicznych, dlatego też w większości przypadków stosuje się wydzielanie PAH z ekstraktu (6,45). Tak przygotowana próba może być dalej analizowana metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) (6,7), a najczęściej używa się do tego celu kapilarnej chromatografii gazowej w połączeniu ze spektrometrią masową (GC–MS) (8,13,42).

7. Część doświadczalna

Zbieranie pyłu zawieszonego, wykonywała Wojewódzka Stacja Sanitarno–Epidemiologiczna w Katowicach za pomocą aparatów typu „Staplex” na 20 stanowiskach, zlokalizowanych na terenie woj. katowickiego. Stanowiska pomiarowe rozmieszczono na obszarze najbardziej zanie-

czyszczonym i na obrzeżach województwa. Próby pobierano równocześnie na wszystkich stanowiskach, wykonując po 6 pomiarów 24-godzinnych w ciągu miesiąca. Daty poboru prób wyznaczano losowo, a uzyskane filtry łączono w średniomiesięczną próbę pyłu zawieszzonego dla danego punktu pomiarowego. Pomiarzy prowadzono od stycznia do czerwca 1988 r. Średnia próba miesięczna była ekstrahowana cykloheksanem w aparacie Soxhleta przez 7 godzin.

Surowy ekstrakt pyłu zawieszzonego dzielono na klasy związków chemicznych metodą sekwencyjnej chromatografii elucyjnej opracowaną przez Farcasiu (46,47) do rozdzielenia cieczy pochodzenia węglowego. Adsorbentem stałym był żel krzemionkowy o aktywności I wg Brockmana. Zastosowano szklaną kolumnę o wymiarach 8x800 mm. Ekstrakt w ilości do 200 mg наносono na kulki szklane (100 mesh) i w takiej postaci ładowano na szczyt kolumny. Ekstrakt eluowano sekwencją rozpuszczalników (tab. 1) odbierając 6 frakcji. Z odebranych frakcji usuwano rozpuszczalnik pod próżnią i ważono. W przypadku rutynowej analizy ilościowej wybranych 15 PAH wydzielano jedynie frakcję węglowodorów poliaromatycznych z surowego ekstraktu metodą ekstrakcji ciecz-ciecz w układzie cykloheksan-N,N-dwumetyloformamid/woda (6).

Tabela 1

**Parametry rozdzielenia sekwencyjnej chromatografii elucyjnej
(SESC, Sequential Elution Solvent Chromatography)**

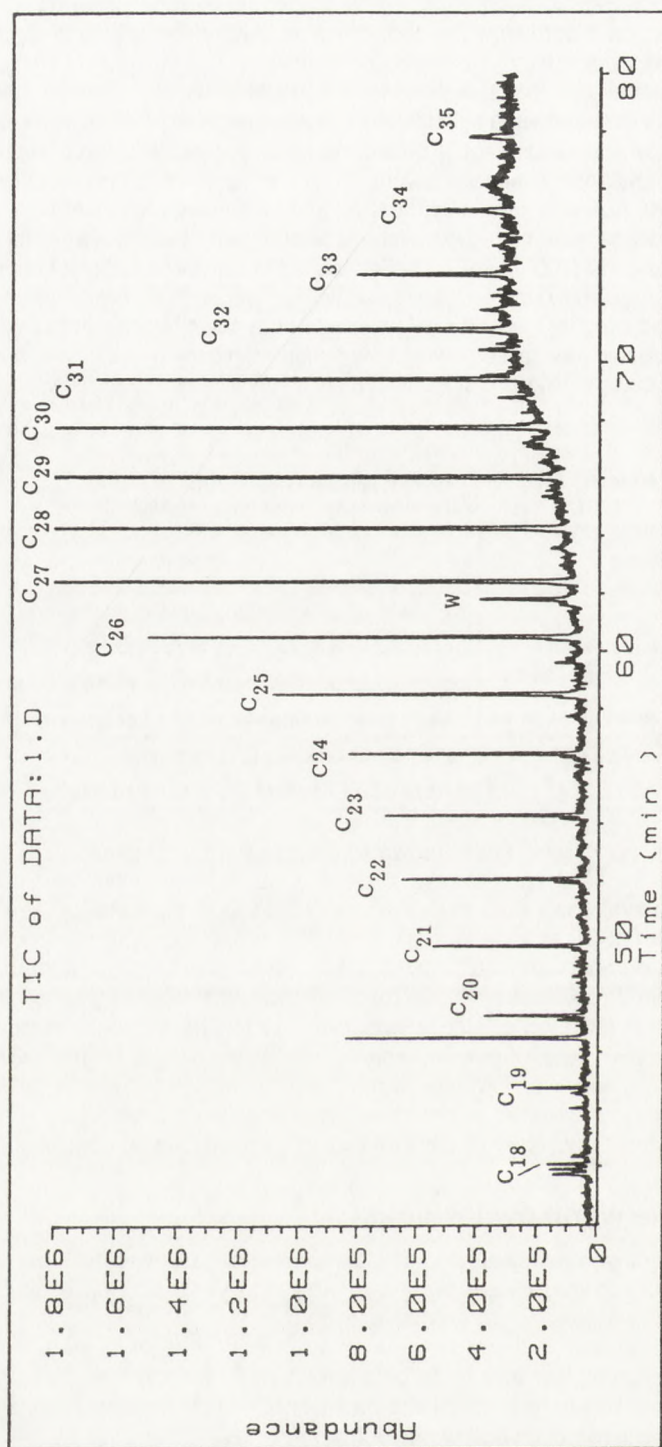
Nr frakcji	Eluent	Skład frakcji
1	n-heksan	nasycone węglowodory parafinowe i naftenowe
2	15% toluenu w n-heksanie	policykliczne węglowodory aromatyczne (PAH)
3	chloroform	polarne pochodne PAH zawierające do 5% O lub N i do 10% S
4	10% eteru etylu w chloroformie	związki o charakterze fenolowym i pirolowym
5	3% etanolu w eterze etylu	zasadowe związki azotu i dwufenole
6	metanol	bardzo polarne związki do 17% heteroatomów (N,O,S)

Analizę ilościową i jakościową frakcji prowadzono przy użyciu chromatografu gazowego HP 5890A firmy Hewlett-Packard sprzężonego z detektorem FID lub detektorem masowym HP 5970B. Zastosowano kwarcową kolumnę kapilarną długości 25 m, średnicy wewnętrznej 0,32 mm (FID) lub 0,2 mm (MSD), pokrytą fazą Ultra 2 (0,52 lub 0,33 μm). Gaz nośny – hel 30 cm/s. Temperatura pieca programowana: 40°C przez 2 min, od 40–310°C przyrost temp. 4°/min i izoterma końcowa 15 min. Próbkę wstrzykiwano rozpuszczone w benzenie (1% r-r, 1 μl) w układzie bez dzielnika strumienia (FID) lub dzieląc w stosunku 1:30 (MSD). Przebieg analizy zapisywano za pomocą integratora HP 3392A lub komputera HP 9000 serii 300 na twardym dysku. Identyfikacja jakościowa polegała na porównaniu widm masowych analizowanych pików chromatograficznych z widmami związków wzorcowych w bibliotece NBS (zapisanej na twardym dysku), przez porównanie z literaturowymi indeksami retencji (49) i posiadanymi wzorcami.

8. Omówienie wyników i wnioski

Analiza poszczególnych frakcji za pomocą chromatografii gazowej potwierdziła, że frakcja 1 składa się z nasyconych węglowodorów n-parafinowych (rys. 1) od $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ do $\text{C}_{35}\text{H}_{72}$, a frakcja 2 z policyklicznych węglowodorów aromatycznych (rys. 2).

Badanie składu pozostałych frakcji nie powiodło się, podobnie jak to opisują Farcasiu (46) i Alexander (48). Przyczyną jest zbyt duża polarność frakcji, które nie eluują z kolumny chromatograficznej. Analiza składu tych frakcji jest przynajmniej częściowo możliwa, ale wymaga to dalszego frakcjonowania (opracowanie w przygotowaniu).



Rys. 1. Chromatogram frakcji 1 (wydzielonej metodą SESC) zawierającej n-parafiny od C₁₈ do C₃₅, pochodzącej z ekstraktu pyłu zawieszzonego.

Tabela 2

**Średniomiesięczne wartości stężeń wybranych PAH w Rudzie Śląskiej
za okres styczeń – czerwiec 1988**

Symbol PAH*	Stężenie ng/m ³ powietrza					
	miesiąc					
	I	II	III	IV	V	VI
Fen	22,73	28,80	22,97	5,64	9,80	13,47
Ant	5,81	6,61	5,79	1,69	1,48	1,78
Flu	67,78	104,34	111,96	57,87	52,64	30,43
Pir	57,41	82,24	90,35	50,72	50,34	25,53
B[a]A	32,03	50,49	65,40	42,12	63,68	19,96
Chry	35,66	53,96	67,49	52,12	78,69	27,31
B[bjk]F	52,99	84,15	113,23	90,27	143,01	43,41
B[e]P	16,41	27,29	39,67	35,44	50,61	14,88
B[a]P	28,81	47,49	60,66	39,53	60,59	19,49
Per	5,76	10,85	14,44	19,10	26,03	13,45
DB[aj]A IndF	13,21	20,31	19,35	18,12	29,61	7,94
IndP	21,18	37,39	53,16	36,82	64,12	23,40
DB[ah]A	4,81	10,32	14,34	10,14	14,59	4,17
B[b]Chr	9,09	9,18	11,66	7,92	12,22	3,04
B[ghi]P	27,32	39,55	54,24	43,90	65,19	20,80

* PAH: Fen–fenantren, Ant–antracen, Flu–fluoranten, Pir–piren, B[a]A–benzo[a]antracen, Chry–chryzen, B[bjk]F–benzo[b+j+k]fluoranten, B[e]P–benzo[e]piren, B[a]P–benzo[a]piren, Per–perylene, DB[aj]A + IndF–dibenzo[a,j]antracen + indeno[1,2,3-cd]fluoranten, IndP–indeno[1,2,3-cd]piren, DB[ah]A–dibenzo[a,h]antracen, B[b]Chr–benzo[b]chryzen, B[ghi]P–benzo[ghi]perylene.

Fracja węglowodorów poliaromatycznych stanowiąca główne zainteresowanie w niniejszej pracy była szczegółowo badana również ilościowo. Stężenia wybranych 15 PAH w próbkach pyłu zawieszonego zmierzono dla 20 punktów pomiarowych. W tab. 2 przedstawiony jest przykład wyników dla Rudy Śl. w okresie styczeń–czerwiec 1988. Analiza ta wykazała, że w miesiącach „zimowych” (sezon grzewczy) stężenia PAH są wyższe niż w miesiącach „letnich”. Przyrost ten jest szczególnie wysoki w miejscowościach na obrzeżach województwa, co dowodziłoby, że jest to głównie spowodowane wyższym zużyciem węgla kamiennego do celów grzewczych. Najwyższe wartości średnio miesięczne zmierzono w miejscowościach znacznie zurbanizowanych i uprzemysłowionych (Katowice, Ruda Śl., Zabrze, Chorzów, Dąbrowa Górnicza). W miejscowościach tych, różnice pomiędzy wartościami są mniejsze, co jednoznacznie wskazuje na duży udział przemysłu. Przy założeniu, że przemysł emituje tę samą ilość, niezależnie od pory roku, widać, że powszechne stosowanie węgla do opalania mieszkań powoduje dodatkowe wyemitowanie w sezonie grzewczym 50–100% ogólnej ilości PAH w pyłe zawieszonym na terenie uprzemysłowionym i 200–300% na obrzeżach województwa.

W Polsce istnieje jedynie norma na dopuszczalną zawartość B[a]P w powietrzu wynosząca 1 ng/m³ (dopuszczalne stężenie roczne). Analiza wartości stężeń B[a]P wykazała, że zarówno w sezonie zimowym, tj. grzewczym jak i letnim, we wszystkich punktach pomiarowych stężenia przekraczały normę wielokrotnie (tab. 3).

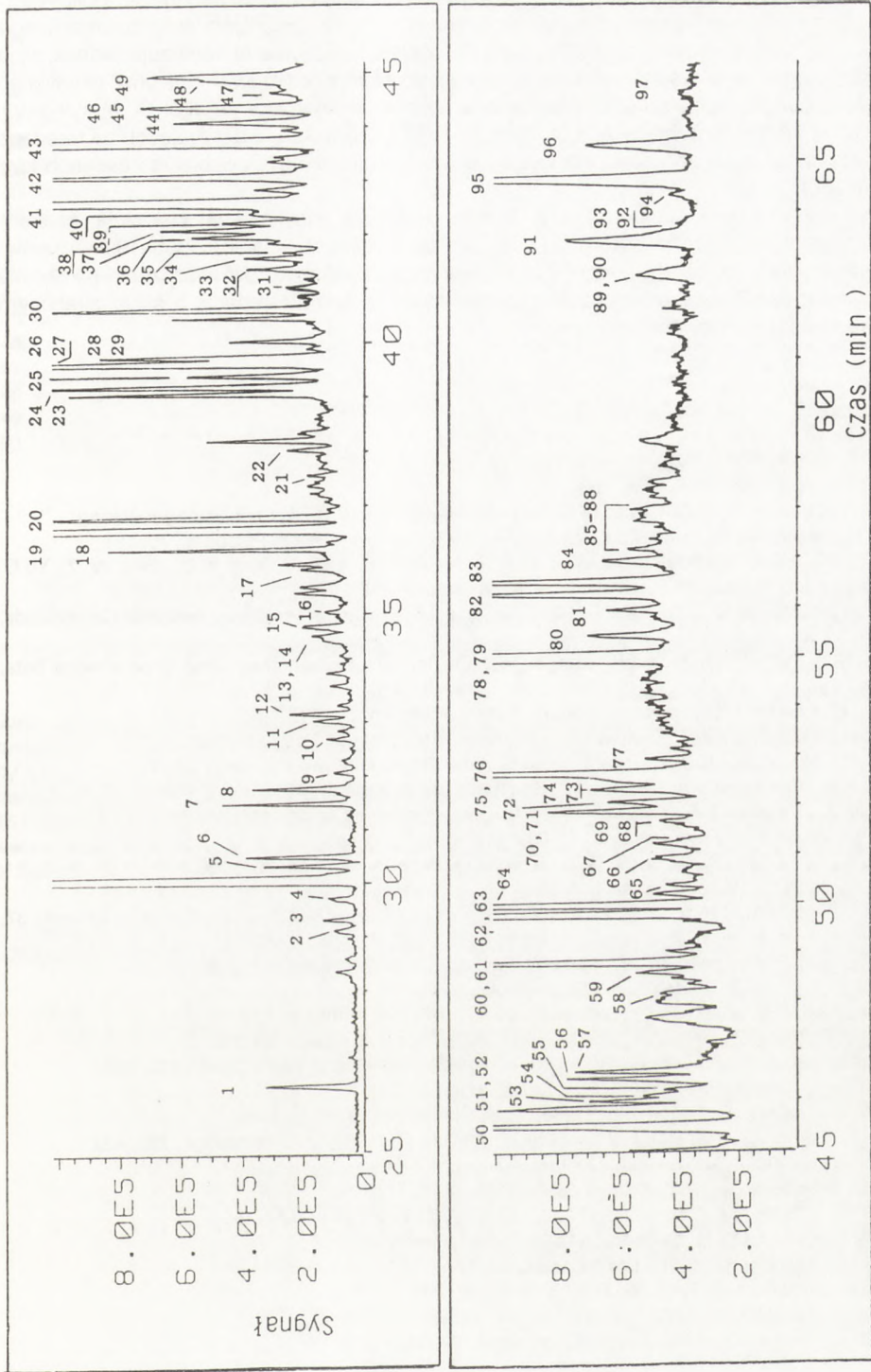
Prócz modernizacji przemysłu, wymiana przestarzałych pieców węglowych stosowanych do celów komunalnych na inny typ (piece gazowe, elektryczne) pozwoliłaby na znaczną poprawę stanu powietrza w woj. katowickim.

Tabela 3

**Stężenie B[a]P w wybranych miejscowościach województwa katowickiego
za okres styczeń – czerwiec 1988**

Miejscowość	Stężenie B[a]P ng/m ³ powietrza					
	Miesiąc					
	I	II	III	IV	V	VI
Bojszów	28,96	10,99	9,24	10,15	–	–
Bytom	–	45,90	23,14	–	19,46	8,63
Chorzów	82,15	66,60	–	–	–	–
Chrzanów	30,57	37,21	20,56	10,38	5,03	6,79
Dąbrowa G.	38,95	46,85	28,61	20,35	–	17,88
Dąbrówka Wka.	–	20,84	35,10	4,68	5,35	3,71
Grzegorzowice	32,53	23,69	30,96	13,64	4,25	7,28
Łaziska	40,41	32,85	9,36	–	11,57	3,24
Katowice Szop.	41,96	42,12	23,06	4,54	9,19	9,29
Katowice WSSE	45,07	30,75	38,05	42,50	14,45	22,30
Miasteczko Śl.	20,59	11,21	9,80	5,65	2,41	–
Mysłowice	55,72	44,30	–	29,03	6,49	14,36
Olkusz	35,08	21,50	54,83	12,32	5,77	7,25
Pszczyna	66,30	21,56	33,61	–	8,63	5,81
Ruda Śląska	28,81	47,49	60,66	39,53	60,59	19,49
Wodzisław Śl.	46,31	19,79	16,54	–	–	8,87
Zabrze	57,27	–	35,45	14,66	15,04	14,33
Zawiercie	37,70	25,18	20,89	11,36	5,15	–
Zebrzydowice	–	20,10	24,89	11,40	5,13	–

Rys.2. Chromatogram frakcji PAH uzyskanej z ekstraktu pyłu zawieszonego: (1) acenaften, (2) 2-metylobifenyl, (3) 2-etylobifenyl, (4) 2,4-dwumetylobifenyl, (5) 2,2-dwumetylobifenyl, (6) 2,3-dwumetylobifenyl, (7) cykloheksadekan, (8) 9H-fluoren, (9) 3,3-dwumetylobifenyl, (10) 4-metylodwubenzofuran, (11) 9H-ksanten, (12) metylo-dwubenzofuran, (13) 3-metylofluoren, (14) 2-metylofluoren, (15) 1-metylofluoren, (16) 4-metylofluoren, (17) dwubenzotiofen, (18) 1-oktadeken, (19) fenantren, (20) antracen, (21) 2,3-dwumetylofluoren, (22) 2,3-dwuhydro-2-metylobenzofuran, (23) 3-metylofenantren, (24) 2-metylofenantren, (25) 2-metyloantracen, (26) 4H-cyklopenta[def]fenantren, (27) 1-fenylinden, (28) 4-metylofenantren, (29) 9-metylofenantren, (30) 2-fenylonaftalen, (31,32) dwumetylo-178, (33) 3,6-dwumetylofenantren, (34) 2,5-dwumetylofenantren, (35) 2-etyloantracen, (36) 2,7-dwumetylofenantren, (37) 2,3-dwumetylofenantren, (38) dwumetylo-178, (39) 1,2-dwuwodoro-4-fenylonaftalen, (40) dwumetylo-178, (41) fluoroanten, (42) 202, (43) piren, (44) benzo[b]nafto[2,3-d]furan, (45) trójmetylofenantren, (46) benzonaftofuran, (47) 2,3,5-trójmetylofenantren, (48) benzonaftofuran, (49) metylo-202, (50) 11H-benzo[a]fluoren, (51) 11H-benzo[b]fluoren, (52) 4-metylopiren, (53) 2-metylopiren, (54,55) trójmetylo-190, (56) 1-metylopiren, (57) 3-metylopiren, (58) 1,3-dwumetylopiren, (59) benzo[b]nafto[2,1-d]tiofen, (60) benzo[ghi]fluoranten, (61) benzo[c]fenantren, (62) cyklopenta[cd]piren, (63) benzo[a]antracen, (64) chryzen + trójfenylen, (65) naftacen, (66) 10-metylobenzo[a]antracen, (67) metylo-228, (68) 1-metylobenzo[a]antracen, (69) 2-metylotrifenylen, (70) 8-metylobenzo[a]antracen, (71) 6-metylobenzo[a]antracen, (72) 12-metylobenzo[a]antracen, (73) 4-metylochryzen, (74) metylobenzo[ghi]fluoroanten, (75) metylo-228, (76) 2,2'-binaftyl, (77) binaftyl, (78) benzo[b]fluoroanten, (79) benzo[j+k]fluoroanten, (80) 252, (81) metylobinaftyl, (82) benzo[e]piren, (83) benzo[a]piren, (84) perylen, (85-88) metylo-252, (89) dwubenzo[a]antracen, (90) indeno[1,2,3-cd]fluoroanten, (91) indeno[1,2,3-cd]piren, (92) dwubenzo[ac]antracen, (93) dwubenzo[ah]antracen, (94) benzo[b]chryzen, (95) picen, (96) benzo[ghi]perylen, (97) dwubenzo[def,mno]chryzen.



Do chwili obecnej badania epidemiologiczne nie określiły jednoznacznie udziału policyklicznych węglowodorów aromatycznych zaadsorbowanych na cząsteczkach pyłu zawieszzonego w powstawaniu nowotworów złośliwych płuc (10). Zanieczyszczenia te wykazują jednak silną aktywność mutageną w teście Amesa przy użyciu szczepów *S. typhimurium* oraz aktywność genotoksyczną, którą można śledzić za pomocą zespołu testów (por. artykuł G. Motykiewicz i J. Pendzich w bieżącym numerze „Biotechnologii – P.I”). Ponadto u ludzi żyjących na terenach silnie zanieczyszczonych spostrzeżono wysoki poziom adduktów DNA w białych ciałkach krwi obwodowej (50).

Ostatnie badania epidemiologiczne (Z. Zemla – dane nie publikowane) wskazują, że standaryzowane wskaźniki zgonów z powodu nowotworów złośliwych w latach 1985–1990 – zarówno u mężczyzn jak i kobiet – wskazują niejednorodne geograficzne rozmieszczenie na terenie woj. katowickiego. Najwyższe wskaźniki zgonów występowały na terenach o silnie skażonym środowisku (zwłaszcza powietrza i gleby).

Literatura

1. Lave L. B., Seskin E. P., (1970), *Science*, 169, 723.
2. Crawford W. A., (1988), *JAPCA*, 38, 1386.
3. Zatoński W., Becker N., (1988), *Atlas of Cancer Mortality in Poland 1975–1979*, Springer-Verlag.
4. Tokiwa H., Nakagawa R., Horikawa K., Ohkubo A., (1987), *Environ. Health Perspect.*, 73, 191.
5. Mumford I. L., He X. Z., Chapman R. S., Cao S. R., Harris D. B., Li X. M., Xian Y. L., Jiang W. Z., Yu C. W., Chuang J. C., Wilson W. E., Cooke M., (1987), *Science*, 235, 217.
6. Lee M. L., Novotny M. V., Bartle K. D., (1981), *Analytical Chemistry of Polycyclic Aromatic Compounds*, Academic Press, New York.
7. IARC, (1983), *Polynuclear Aromatic Compounds, 1, Chemical, Environmental and Experimental Data*, 32, IARC, Lyon.
8. Austin A. C., Claxton L. D., Lewtas J., (1985), *Environ. Mutagen.*, 7, 471.
9. Motykiewicz G., Szeliga J., Cimander B., Choraży M., (1989), *Mutat. Res.*, 223, 243.
10. Arcos J. C., Woo Y. T., Lai D. Y., (1988), *Envir. Carcino. Revs.*, (J. Envir. Sci. Hlth.) C6, 1.
11. Wehner F. C., Van Rensburg S. J., Thiel P. G., (1980), *Mutat. Res.*, 77, 135.
12. Monkman J. L., Moore G. E., Katz M., (1962), *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 23, 487.
13. May W. E., Wasik S. P., Freeman D. H., (1978), *Anal. Chem.*, 50, 997.
14. Vassilaros D. L., Stoker P. W., Booth G. M., Lee M. L., (1982), *Anal. Chem.*, 54, 106.
15. Tanaka K., Saito M., (1988), *Analyst*, 113, 509.
16. Martel L., Gagnon M. J., Masse R., Leclerc A., Tremblay L., (1986), *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 37, 133.
17. Reinio K., Linko R. R., Ruotsila L., (1986), *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 37, 337.
18. McKay J. F., Latham D. R., (1973), *Anal. Chem.*, 45, 1050.
19. Lay D. Y., Woo Y. T., (1987), *Envir. Carcino. Revs.* (J. Envir. Sci. Hlth), C5, 121.
20. Vecchio V. D., Valori P., Melchiorri C., Grella A., (1970), *Pure Appl. Chem.*, 24, 739.
21. Grimmer G., Jacob J., Dettbarn G., Najjack K. W., (1985), *Fresenius Z. Anal. Chem.*, 322, 595.
22. Harrison E. K., Thomas B. S., (1987), *Ann. Occup. Hyg.*, 31, 357.
23. Griest W. H., Yeatts L. B., Coton J. E., (1980), *Anal. Chem.*, 52, 199.
24. Tong H. Y., Shore D. L., Karasek F. W., Helland P., Jellum E., (1984), *J. Chromatogr.*, 285, 423.
25. Matsumoto H., (1988), *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 41, 44.
26. Falk H. L., Steiner P. E., (1952), *Cancer Res.*, 12, 40.
27. Peterson D. L., Lytle F. E., Laurendeau N. M., (1985), *Anal. Chim. Acta*, 174, 133.
28. Albagli A., Eagan L., Oja H., Dubois L., (1974), *Atmos. Environ.*, 8, 201.
29. Gerde P., Scholander P., (1987), *Environ. Res.*, 44, 321.
30. Alpeim I., Lindskog A., (1984), *Sci. Total Environ.*, 34, 203.
31. Thrane K. E., Mikalsen A., (1978), *Atmos. Environ.*, 15, 909.
32. Gether J. J., Thrane K. E., (1986), *Anal. Chim. Acta*, 184, 99.

33. De Raat W. K., (1983), *Mutat. Res.*, 116, 47.
34. Van Cauwenberghe K., Van Vaeck L., (1983), *Mutat. Res.*, 116, 1.
35. Meszaros A., (1977), *Atmos. Environ.*, 11, 1075.
36. Lippmann M., Liou P. J., (1985), *Environ. Health Perspect.*, 62, 243.
37. Klempier N., Binder H., (1983), *Anal. Chem.*, 55, 2104.
38. Yu W. C., Fine D. H., Chiu K. S., Biemann K., (1984), *Anal. Chem.*, 56, 1158.
39. Alfheim I., Ramdahl T., (1984), *Environ. Mutagen.*, 6, 121.
40. Van Houdt J. J., Jongen W. M. F., Alink G. M., Boleij J. S. M., (1984), *Environ. Mutagen.*, 6, 861.
41. Takeda N., Teranishi K., Hamada K., (1984), *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 32, 688.
42. Lao R. C., Thomas R. S., Oja H., Dubois L., (1973), *Anal. Chem.*, 45, 908.
43. Grosjean D., (1975), *Anal. Chem.*, 47, 797.
44. Yergey J. A., Risby T. H., Lestz S. S., (1982), *Anal. Chem.*, 54, 354.
45. Grant D. W., Meiris R. B., (1981), *J. Chromatogr.*, 203, 293.
46. Farcasiu M., (1977), *Fuel*, 56, 9.
47. Jacobs F. S., Filby R. H., (1983), *Fuel*, 62, 1186.
48. Alexander G., Hazai I., (1981), *J. Chromatogr.*, 217, 19.
49. Lee M. L., Vassilaros D. L., White C. M., Novotny M., (1979), *Anal. Chem.*, 51, 768.
50. Hemminki K., Grzybowska E., Chorąży M., Twardowska-Sauchka K., Sroczyński J. W., Putman K. L., Randerath K., Phillips D. H., Hewer A., Santella R. M., Perera F. P., (1990), *Complex Mixtures and Cancer Risk*, IARC Lyon, 104, 181.

Qualitative and quantitative chemical analysis of suspended matter extracts in the air of Silesia region

Summary

Samples of suspended matter were collected by Staplex apparatuses in 20 locations from January to June 1988. Averaged samples for each month and measuring point were extracted for 7 hours with cyclohexane in Soxhlet apparatus. The crude extract of suspended matter was divided into 6 subfractions by Sequential Elution Solvent Chromatography. GC-MS technique revealed that fraction 1 consisted of n-paraffins from C₁₈ to C₃₅ and fraction 2 of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). The concentrations of 15 PAHs in samples of suspended matter were determined. In winter samples the concentrations of PAHs were higher than in summer. The highest concentrations were found in a central highly industrialized part of Silesia. The concentrations of B[a]P exceeded many times the admissible level in all samples.

Badania omawiane w niniejszym artykule wykonywane były w ramach programu CPBR-11.5 i programu UNDP POL/82/003/A/01/14.

Adres dla korespondencji:

J. Szeliga, Zakład Biologii Nowotworów, Instytut Onkologii, 44-100 Gliwice.