

ANALIZA POZIOMÓW STĘŻEŃ B[a]P W POWIETRZU ATMOSFERYCZNYM MIAST GÓRNEGO ŚLĄSKA W LATACH 1983–2005

CONCENTRATION LEVELS OF BaP IN OUTDOOR AIR OF UPPER SILESIA TOWNS IN THE YEARS 1983–2005

Aleksandra Moździerz, Małgorzata Juszko-Piekut, Jerzy Stojko

*Zakład Higieny, Bioanalizy i Badania Środowiska
Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Kierownik: dr hab. n. med. J. Stojko*

Streszczenie

Wstęp: Niewątpliwie wynikiem zmian gospodarczych i restrukturyzacyjnych prowadzonych na terenie woj. śląskiego jest znaczna redukcja zanieczyszczeń występujących w powietrzu atmosferycznym. Pomimo tego stężenia benzo[a]pirenu (BaP) są nadal wysokie i przekraczają dopuszczalną normę. W związku z powyższym, za cel pracy przyjęto ocenę poziomu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego benzo[a]pirenem na terenie Górnego Śląska w latach 1983–1990/1991–1998/1999–2005.

Materiał i metody: W opracowaniu wykorzystano wyjściowe dane pomiarów skażeń powietrza, pochodzące z poszczególnych stanowisk pomiarowych zlokalizowanych na terenie woj. śląskiego. Pomiarów wykonano w Wojewódzkiej Stacji Sanitarnej-Epidemiologicznej w Katowicach w ramach systemu sanitarnych badań atmosfery. Wyniki pomiarów BaP z poszczególnych stanowisk pomiarowych zostały obliczone jako średnioroczne dla Katowic, Bytomia, Chorzowa, Dąbrowy Górniczej, Gliwic, Mysłowic, Rudy Śląskiej, Rybnika, Tych, Wodzisławia, Zabrze, Zawiercia.

Wyniki: Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego benzo[a]pirenem w jednostkach administracyjnych woj. śląskiego wielokrotnie przekraczało dopuszczalną normę stężenia średniorocznego – $Da = 1 \text{ ng/m}^3$. Na przestrzeni badanego okresu czasu największe poziomy BaP wystąpiły w miejscowościach położonych na terenach przemysłowych województwa. W okresie 1983–1990, stężenia średnioroczne benzo[a]pirenu kształtowały się w przedziale od $42,00 \text{ ng/m}^3$ do $272,00 \text{ ng/m}^3$. W latach

1991–1998 stężenia średnioroczne benzo[a]pirenu zawarte były w przedziale od $9,13 \text{ ng/m}^3$ do $44,83 \text{ ng/m}^3$, natomiast w latach 1999–2005 osiągały wartości od $12,21 \text{ ng/m}^3$ do $20,52 \text{ ng/m}^3$.

Wnioski: Początek lat 80. to znaczna redukcja stężeń benzo[a]pirenu w powietrzu atmosferycznym w/w aglomeracji. Trend ten utrzymywał się do końca okresu badawczego.

Słowa kluczowe: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, benzo[a]piren, woj. śląskie.

Summary

Background: In Silesia Region the process of restructuring of economic changes undoubtedly resulted in significant reduction of air pollution. However, concentrations of benzo[a]pyrene (BaP) are still high and exceed the permissible standard. Thus the aim of our study was to evaluate air pollution by benzo[a]pyrene in Silesia in the years 1983–1990/1991–1998/1999–2005.

Materials and methods: In the study, we used the statistical output data of air pollution obtained from particular measurement stations in the Silesian Region. The measurements were taken in the Provincial Sanitary and Epidemiological Station in Katowice city as a procedure of environmental monitoring. Concentration values for BaP obtained from particular measurement stations were used to calculate the average annual concentrations for Katowice, Bytom, Chorzów, Dąbrowa Górnicza, Gliwice, Mysłowice, Ruda Śląska, Rybnik, Tychy, Wodzisław, Zabrze, Zawiercia.

Nadestano: 22.07.2010

Zatwierdzono do druku: 25.05.2011

Results: On the basis of the laboratory results, it was concluded that air levels of BaP in the administrative zones of Silesian Region were many times higher than standard allowable norm of average annual concentration, i.e. 1 ng/m^3 . Over the study period, the highest content of BaP was registered in the air of cities localized in the industrial area of the region. In the period 1983–1990 the average annual concentrations of BaP ranged from 42.00 to 272.00 ng/m^3 . In the years 1991–1998 the concentrations

of BaP were from 9.13 to 44.83 ng/m^3 , and the average annual concentrations of BaP in the period 1999–2005 were from 12.21 to 20.52 ng/m^3 .

Conclusion: At the beginning of the 1980s, a significant decrease in concentration of atmospheric benzo[a]pyrene was observed in the agglomeration.

Keywords: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), benzo[a]pyrene (BaP), Silesian Region.

Wstęp

Spośród monitorowanych zanieczyszczeń powietrza najwyższe wartości względem stężeń dopuszczalnych osiąga benzo[a]piren (BaP). Jest to główny przedstawiciel grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), o udowodnionym działaniu cytotoksycznym, genotoksycznym, rakotwórczym, teratogennym i immunotoksycznym [1–3]. Na podstawie danych literaturowych można stwierdzić, że wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w tym również benzo[a]piren, ze względu na szerokie spektrum działania i rozpowszechnienie w środowisku stanowią realne zagrożenie zdrowotne dla populacji zamieszkującej tereny zurbanizowane i uprzemysłowione [4, 5].

W 1983 roku IARC podjęła próbę oszacowania rakotwórczego działania 41 WWA w połączeniu z względną zawartością tych substancji w powietrzu atmosferycznym. Wyodrębniono siedem WWA, które występowały w znacznych ilościach w powietrzu i dla których istnieją wystarczające dowody działania rakotwórczego u zwierząt [6]. Są to: benzo[a]antracen, chryzen, benzo[b]fluoranten, benzo[j]fluoranten, benzo[a]piren i indeno[1,2,3-c,d]piren. Na podstawie przeprowadzonych badań dotyczących działania toksycznego wymienione WWA uznano za substancje najbardziej rakotwórcze spośród całej grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych obecnych w powietrzu atmosferycznym, a ich względne współczynniki kancerogenności mają wartości od 0,01 do 1,0 [7].

Największe znaczenie spośród antropogennych źródeł emisji WWA mają: niepełne spalanie paliw kopalnych (węgiel, ropa naftowa) oraz drewna w celach grzewczych, spalanie materiału organicznego, utylizacja śmieci oraz przemysł ciężki związany z przetwarzaniem węgla oraz ropy naftowej. Obecnie udział przemysłu w emisji WWA jest coraz mniejszy i systematycznie spada. Natomiast głównymi źródłami wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych jak również benzo[a]pirenu są paleniska domowe i lokalne kotłownie węglowe oraz motoryzacja [8].

Biorąc powyższe pod uwagę, celem pracy było przedstawienie i porównanie stopnia zanieczyszcze-

nia powietrza atmosferycznego benzo[a]pirenem na terenie wybranych jednostek administracyjnych Górnego Śląska, w trzech okresach badawczych: 1983–1990, 1991–1998, 1999–2005.

Materiał i metody

W opracowaniu wykorzystano wyjściowe dane statystyczne pomiarów zanieczyszczeń powietrza, pochodzące z poszczególnych stanowisk pomiarowych zlokalizowanych na terenie miast Górnego Śląska. Pomiarów wykonano w Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Katowicach – Pracownia Badań Powietrza – w ramach systemu sanitarnych badań atmosfery.

W przedziale od 1.01.1983 do 31.12.1997 poboru prób dokonywano równocześnie na wszystkich stanowiskach w terminach ustalonych systemem losowym, w ilości 72 pomiarów 24-godzinnych w ciągu roku na każdym stanowisku. Pyłu zawieszony (drobnoziarnisty) pobierano aparaturą skonstruowaną przez pracowników WSSE w Katowicach – typu „Staplex”, zasysającą 38–40 m^3/h powietrza na filtry z włókna szklanego typu GF9 firmy Schleicher & Schuell o wymiarach 203 × 254 mm. Stężenie pyłu oznaczano wagowo na podstawie różnicy w masie filtra przed i po pobraniu próby. Następnie, część filtra poddawano ekstrakcji cykloheksanem w aparacie Soxhleta. Ekstrakt rozpuszczano w chloroformie i poddawano rozdzielności chromatograficznej na kolumnie w celu oznaczenia zawartości benzo(a)pirenu za pomocą spektrofotometru UV-VIS – zgodnie z metodą Państwowego Zakładu Higieny (PZH) [9].

Od 1.01.1998 r. próby pobierano systemem losowym z częstotliwością 10 pomiarów na miesiąc (120 pomiarów w ciągu roku). Do pomiarów pyłu zawieszzonego zastosowano aspiratory typu HVS, wyposażone w separatory frakcji pyłu o średnicy aerodynamicznej powyżej 10 μm i zasysające 38–40 m^3/h powietrza. Pył gromadzono na filtrach z włókna szklanego typu GF/A firmy Whatman o wymiarach 203 × 254 mm. Stężenie pyłu zawieszzonego oznaczano wagowo, następnie poddawany był ekstrakcji cykloheksanem w aparacie Soxhleta. Ekstrakt oznaczano metodą wagową jako substancje smołowe.

Następnie przeprowadzono rozdział chromatograficzny metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC), celem oznaczenia zawartości benzo[a]pirenu oraz pozostałych WWA.

W całym okresie badawczym (1983–2005) aspiratory pyłu wzorcowane były w laboratorium kalibracyjnym za pomocą przyrządów pomiarowych posiadających aktualne świadectwa uwierzytelniające Głównego Urzędu Miar.

Obliczono średnie roczne stężenia benzo[a]pirenu (od 1.01. do 31.12.) w latach od 1983 do 2005 roku dla następujących jednostek administracyjnych: Katowic, Bytomia, Chorzowa, Dąbrowy Górniczej, Gliwic, Mysłowic, Rudy Śląskiej, Rybnika, Tych, Wodzisławia, Zabrze, Zawiercia. Stanowiska pomiarowe w ww. jednostkach administracyjnych znajdowały się głównie przy placówkach należących do Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej, obszar charakteryzował się średnim natężeniem ruchu kołowego oraz w okresie zimy dużą emisją zanieczyszczeń z indywidualnych źródeł emisji – kominy domów i mieszkań opalanych węglem. Wyniki pomiarów stężeń benzo[a]pirenu porównano z wartością dopuszczalnego stężenia rocznego $Da = 1 \text{ ng/m}^3$ [10, 11].

Dla porównania zmian zachodzących na analizowanym obszarze, dokonano podziału na trzy podokresy badawcze. Dla każdej z ww. jednostek administracyjnych obliczono średnie stężenie w kolejnych przedziałach czasowych – 1983–1990, 1991–1998, 1999–2005. Dla przedziałów czasowych obliczono średnią i odchylenie standardowe.

Wyniki badań

W przedstawionym opracowaniu do analizy wykorzystano dane dotyczące zanieczyszczeń powietrza benzo[a]pirenem na terenie dwunastu jednostek administracyjnych województwa śląskiego.

W analizowanych przedziałach czasowych 1983–1990/1991–1998/1999–2005 stężenia średnioroczne benzo[a]pirenu kształtowały się od $9,13 \text{ ng/m}^3$ do $272,00 \text{ ng/m}^3$. Wartość dopuszczalna stężenia średniorocznego $Da = 1 \text{ ng/m}^3$ była przekroczona na terenie wszystkich stacji pomiarowych.

Przedział czasowy 1983–1990 – najwyższy poziom BaP zanotowano w Rudzie Śląskiej ($272,00 \text{ ng/m}^3$), a najniższy w Rybniku ($42,00 \text{ ng/m}^3$). Średnia z okresu badanego – $136,82 \text{ ng/m}^3$, a odchylenie standardowe $78,12$ (tab. I, II).

Przedział czasowy 1991–1998 – najwyższy poziom BaP zanotowano na terenie Bytomia ($44,83 \text{ ng/m}^3$), a najniższy w Tychach ($9,13 \text{ ng/m}^3$). Średnia z okresu badanego wynosiła $23,06 \text{ ng/m}^3$, a odchylenie standardowe $10,35$ (tab. I, II).

Przedział czasowy 1999–2005 – najwyższy poziom BaP zanotowano w Wodzisławiu ($20,52 \text{ ng/m}^3$), a najniższy na terenie jednostki administracyjnej Gliwice ($12,21 \text{ ng/m}^3$). Średnia z okresu badanego wynosiła $15,34 \text{ ng/m}^3$, a odchylenie standardowe $3,53$ (tab. I, II).

W trakcie opracowania statystycznego danych zaobserwowano duże różnice stężeń BaP występujące pomiędzy okresem letnim w stosunku do sezonu zimowego (grzewczego). Średnie stężenia ben-

Tabela I. Poziomy zanieczyszczeń powietrza benzo[a]piranem w latach 1983–1990, 1991–1998, 1999–2005.
Table I. Air pollution level by benzo[a]pirene in the years 1983–1990, 1991–1998, 1999–2005

Jednostka administracyjna	Średnie stężenie benzo[a]pirenu w latach [ng/m^3]				
	1983–1990 [ng/m^3]	1991–1998 [ng/m^3]	% spadku 1983–1990/1991–1998	1999–2005 [ng/m^3]	% spadku 1983–1990/1999–2005
Ruda Śląska	272,00	21,58	92	13,76	95
Zabrze	241,04	31,47	87	22,80	90
Bytom	205,14	44,83	78	14,48	93
Chorzów	179,08	24,20	86	14,41	92
Dąbrowa Górnicza	146,24	14,68	90	13,48	91
Katowice	118,05	18,15	85	12,91	89
Gliwice	98,15	10,23	90	12,21	87
Mysłowice	85,91	29,67	65	18,00	79
Zawiercie	56,18	21,77	61	12,27	78
Wodzisław	55,00	27,95	49	20,52	63
Tychy	48,89	9,13	81	13,88	72
Rybnik	42,00	23,21	45	19,23	54

Tabela II. Średnie stężenia BaP w kolejnych przedziałach czasowych.

Table II. The averages of concentration the BaP in next temporary compartments.

	1983–1990 [ng/m ³]	1991–1998 [ng/m ³]	1999–2005 [ng/m ³]
Średnia z przedziału czasowego	136,82	23,06	15,34
Odchylenie standardowe	78,12	10,35	3,53

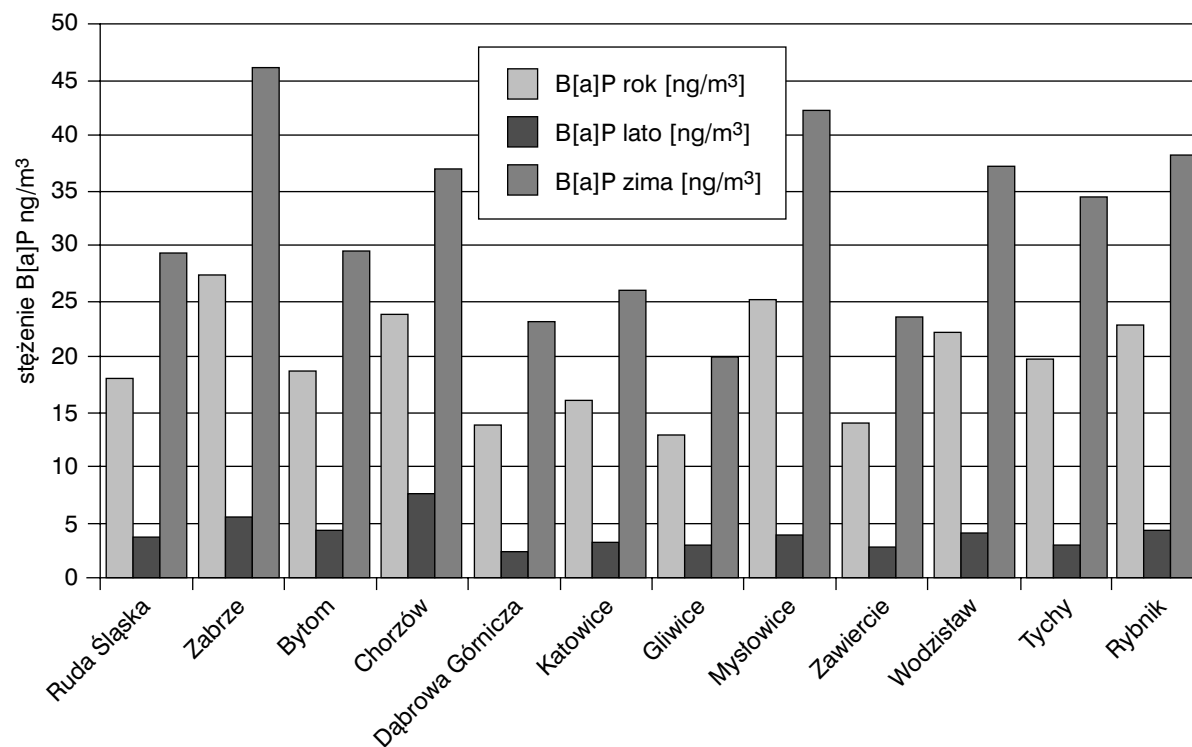
zo[a]pirenu w próbach pobranych w sezonie zimowym, były około 4–12 razy wyższe niż w próbach pochodzących z okresu letniego. Poziomy stężen BaP wykazują, zatem wyraźną zmienność sezonową.

W opracowaniu zaprezentowano przykładowo, poziomy zanieczyszczeń BaP w okresie letnimi i zimowym oraz stężenie średnioroczne na terenie badanych jednostek administracyjnych w latach 1999 i 2005 (ryc. 1, 2).

Na przestrzeni analizowanego przedziału czasowego 1983–2005, zaobserwowano zdecydowaną tendencję spadkową poziomu benzo[a]pirenu (ryc. 3). Największy spadek wartości średniego stężenia BaP

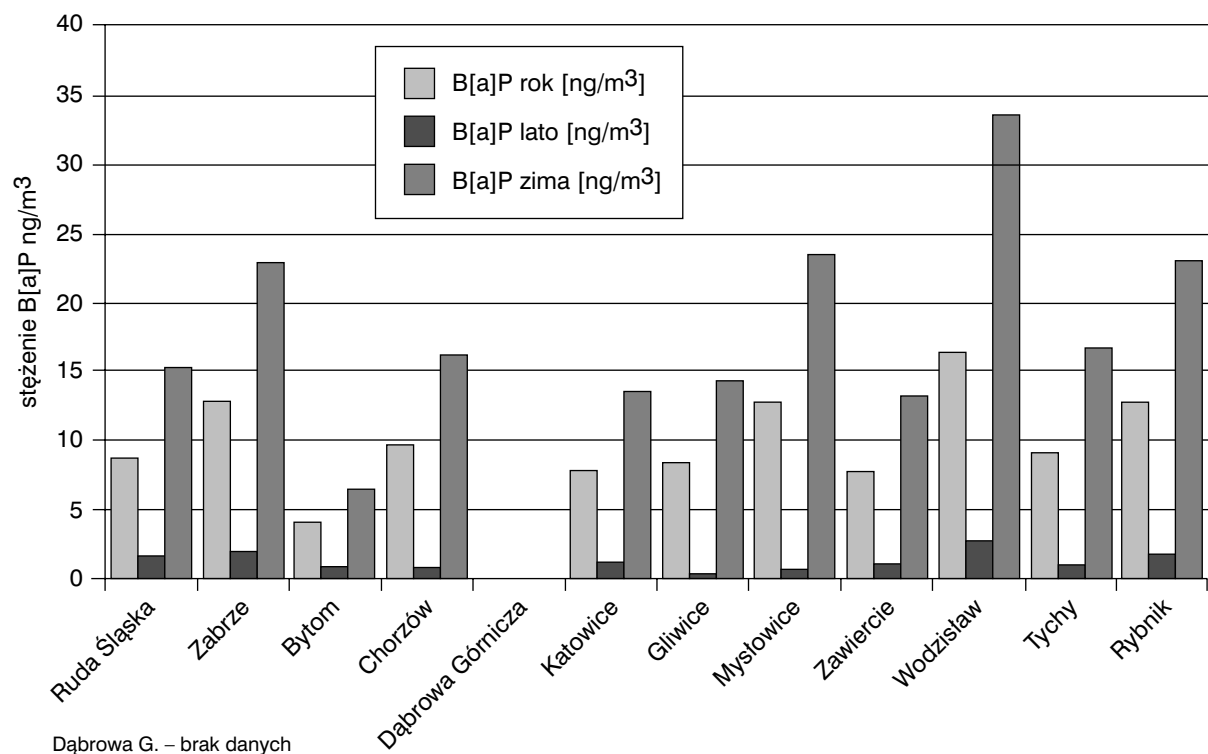
odnotowano w Rudzie Śląskiej i wynosił on 95% oraz w Bytomiu, gdzie zarejestrowano spadek wartości średniego stężenia o 93%. Znaczny spadek stężen BaP obserwowano także w Chorzowie (92%), Dąbrowie Górniczej (91%) Zabrze (90%) i Katowicach (89%). Najmniejszy spadek stężenia BaP – 54% zarejestrowano na terenie Rybnika (tab. I).

Pomimo zdecydowanego spadku poziomów BaP, średnioroczne stężenia znacznie przekraczały wartość dopuszczalną wyznaczoną normatywem. W ostatnim przedziale czasowym 1999–2005 zanotowano najniższe poziomy BaP, oraz najmniejszy rozrzut prób wokół wartości średniej (tab. II).



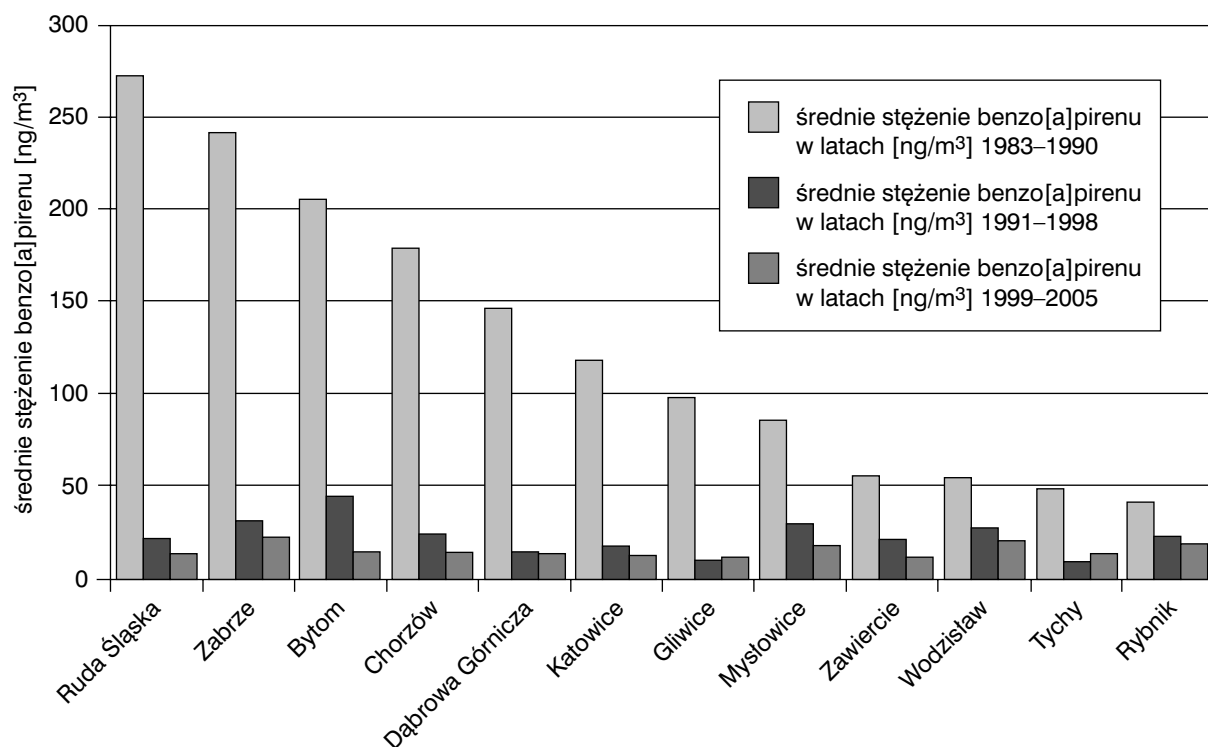
Rycina 1. Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego BaP na terenie jednostek administracyjnych Górnego Śląska w okresie letnim, zimowym i całym roku 1999.

Figure 1. BaP air levels in administrative units of Upper Silesia Region in summer and winter period and the whole year 1999.



Rycina 2. Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego BaP na terenie jednostek administracyjnych Górnego Śląska w okresie letnim, zimowym i całym roku 2005.

Figure 2. BaP air levels in administrative units of Upper Silesia Region in summer and winter period and the whole year 2005.



Rycina 3. Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego BaP na terenie jednostek administracyjnych Górnego Śląska, 1983–1990/1991–1998/1999–2005.

Figure 3. BaP air levels in administrative units of Upper Silesia Region, 1983–1990/1991–1998/1999–2005

Dyskusja

Na terenie miast Górnego Śląska, począwszy od lat 70. notowano ponadnormatywne wartości średniorocznych stężeń benzo[a]pirenu [12]. W roku 1980 na terenie Śląska poziomy stężenie były od 57,00 ng/m³ w Tychach do 366,30 ng/m³ w Rudzie Śląskiej, a w Katowicach wynosiło 135,00 ng/m³. Należy zaznaczyć, że również w innych miastach, zwłaszcza w przedziale czasowym 1980–1989 poziomy BaP były bardzo wysokie, maksymalną wartość średniego rocznego stężenia benzo[a]pirenu zanotowano w Bytomiu w roku 1985 – 531,40 ng/m³, co stanowiło 531-krotne przekroczenie dopuszczalnej normy [13]. Koniec lat 90. to znaczna redukcja benzo[a]pirenu mająca prawdopodobnie związek z modernizacją przemysłu oraz częściową zmianą struktury komunalnej.

Emisja benzo[a]pirenu do powietrza atmosferycznego związana jest głównie z użyciem węgla do produkcji ciepła, szczególnie w nisko sprawnych paleniskach na terenie gospodarstw domowych oraz w kotłowniach węglowych. Pył powstający w źródłach emisji niskiej jest często dużo bardziej toksyczny od pyłu powstającego w zakładach przemysłowych. Nadto, w domowych piecach spalane są niejednokrotnie odpady, które wymagają profesjonalnej utylizacji, tym samym stanowią one dodatkowe, uciążliwe źródło WWA i innych zanieczyszczeń emitowanych do powietrza. Znaczne ilości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych powstają także podczas spalania opon i innych produktów gumowych, dlatego też należy dążyć do ograniczenia tej drogi emisji poprzez wprowadzenie nowych technologii utylizacji [14, 15]. Zanieczyszczenia powstające w tego typu procesach spalania stanowią główną część tzw. niskiej emisji.

Benzo[a]piren wykazuje wyraźną sezonową zmienność stężeń – okres letni i zimowy. Główną przyczyną zarejestrowanych, wysokich poziomów stężeń BaP w okresie zimowym jest emisja pochodząca z indywidualnego ogrzewania budynków. Wartości dobowych stężeń BaP w sezonie grzewczym są często wielokrotnie wyższe od notowanych w okresie letnim [16]. W sezonie letnim kluczową rolę w ilości zanieczyszczeń odgrywa bliskość głównej drogi z intensywnym ruchem samochodowym oraz niekorzystne warunki meteorologiczne związane z małą prędkością wiatru (poniżej 1,5 m/s) [17]. Badania prowadzone w latach 2000/2001 na terenie Rzymu wskazują jednoznacznie na tzw. zmienność sezonową poziomów sumy WWA jak również BaP w powietrzu. W miesiącach zimowych wysoka koncentracja BaP jest w znacznym stopniu uzależniona od warunków atmosferycznych panujących na badanym terenie [18]. Jak poważnym problemem ekologicznym są źródła niskiej emisji świadczy również

porównanie stężeń benzo[a]pirenu w powietrzu miejskim w Delhi w okresie od stycznia do grudnia 2003 roku. W miesiącach letnich wynosiło ono ok. 4–25 ng/m³ natomiast zimą wzrasta do ponad 80 ng/m³ [19]. Analogiczną sytuację obserwujemy na terenie badanym, sezon grzewczy – zimowy charakteryzuje się wielokrotnie wyższymi poziomami stężeń benzo[a]pirenu u stosunku do sezonu letniego. Przykładowo, w roku 1999 w sezonie zimowym zarejestrowano stężenia od 20,10 ng/m³ do 45,95 ng/m³, natomiast sezon letni to wartości od 2,30 ng/m³ do 7,60 ng/m³. Rok 2005 to poziomy od 6,50 ng/m³ do 33,50 ng/m³ w okresie zimowym i od 0,1 ng/m³ do 2,60 ng/m³ w sezonie letnim (ryc.1 i 2).

Coraz poważniejszym problemem ekologicznym są zanieczyszczenia emitowane do atmosfery przez transport. Zanieczyszczenie powietrza toksycznymi substancjami emitowanymi przez pojazdy znacząco wpływa na stan sanitarny powietrza śląskich aglomeracji. Wyniki dwuletnich badań stanu zanieczyszczenia powietrza węglowodorami aromatycznymi w rejonie obiektów infrastruktury drogowej potwierdzają wysoki stopień narażenia mieszkańców na skutki emisji substancji zawartych w spalinach samochodowych. Szczególnie duże ryzyko występuje na obszarach bezpośrednio narażonych na emisję komunikacyjną takich jak: kaniony uliczne, obszary o gęstej zabudowie i dużym natężeniu ruchu, parkingi i stacje benzynowe. Dotyczy to głównie miast aglomeracji górnośląskiej, a także rejonu Bielska – Białej, Częstochowy, Rybnika, Raciborza oraz Wodzisławia Śląskiego [17]. Badania opublikowane przez Pośniak i wsp. [20] wykazały, że dwukrotny wzrost zużycia oleju silnikowego powoduje wzrost emisji WWA od 11% do 24%, w tym największy wzrost zanotowano dla benzo[a]pirenu oraz benzofluorantenu i benzo[e]pirenu. Powstające zanieczyszczenia miały być w znacznym stopniu zredukowane przez katalizatory, jednak badania wykazują, że katalizatory posiadają małą sprawność szczególnie w stosunku do benzo[a]pirenu, chryzenu oraz benzo[b]fluorantenu, których zawartość w gazach spalinowych była dużo wyższa niż oczekiwano [15, 20].

Nadal istotnym źródłem emisji WWA jak również BaP do powietrza pozostają liczne zakłady przemysłowe, emitujące tzw. gazy przemysłowe. Stosując nowoczesne, proekologiczne procesy technologiczne, można znacznie zmniejszyć zawartość WWA w strumieniu emitowanych zanieczyszczeń. Przykładowo, gazy zawierające WWA można poddać procesom nawilżania wodą, dodać amoniak, a następnie wprowadzić w obszar napromieniowania wiązką elektronów o dawce 2–15 kGy [21]. Do oczyszczania odlotowych gazów przemysłowych można zastosować również mikroorganizmy zdolne

do biodegradacji materii organicznej, takie jak bakterie z rodzaju *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Hyphomicrobium*, *Rhodococcus*, *Xanthobacter* oraz drożdże i pleśnie [15]. Znaczącym źródłem emisji WWA są nadal elektrownie, aby ograniczyć ich emisję do pozyskiwania energii należy stosować węgiel kamienny zamiast brunatnego. Stwierdzono, że przy spalaniu 1 tony węgla brunatnego powstaje ok. 200 mg sumy sześciu WWA, natomiast przy spalaniu 1 tony węgla kamiennego emitowane jest ok. 20 mg tej mieszaniny [22].

Podczas ostatnich kilku lat najbardziej uciążliwe zakłady przemysłowe podjęły wiele działań zmierzających do obniżenia emisji zanieczyszczeń. Zastosowano instalacje mokrego odsiarczania spalin, umożliwiające zmniejszenie emisji pyłu i dwutlenku siarki w Elektrowni „Rybnik” oraz Ciepłowni Gliwice. Zakłady takie jak Koksownia „Przyjaźń”, Elektrownia Łągisza czy Odlewnia Żelwna w Zawierciu dostosowano do bieżących wymogów ochrony środowiska poprzez szereg modernizacji i nowoczesnych, proekologicznych inwestycji [23].

Z przeprowadzonej analizy porównawczej wynika, że wartości średniorocznych stężeń BaP na terenie Górnego Śląska były znacznie wyższe od notowanych na terenie tzw. Czarnej Trójki. Jest to obszar obejmujący północną Bohemię, południową Saksonię i południowo-zachodnią część Dolnego Śląska. Głównymi źródłami zanieczyszczenia powietrza w tym regionie były: elektrownie, zakłady przemysłowe, kotłownie komunalne i ruch samochodowy [24–27], przekrój źródeł emisji zanieczyszczeń był bardzo zbliżony od tego który obserwowano na terenie badanym. W przedziale czasowym zbliżonym z okresem prezentowanych badań, najniższą wartość średniorocznej stężenia BaP zanotowano w roku 1999 i 2004 w Zinnwald i wynosiła ona 0,20 ng/m³. Dla porównania na Górnym Śląsku w tym okresie najniższe średnie roczne stężenie BaP wyniosło 4,08 ng/m³ i zanotowano je w 2005 roku na terenie jednostki administracyjnej Bytom. Natomiast najwyższe średnioroczne stężenie BaP na Śląsku zanotowano w roku 2003 w Rybniku i wynosiło ono 28,40 ng/m³, podczas gdy w rejonie Czarnej Trójki zanotowano je w 2002 roku w Jeleniowie i wynosiło ono 2,59 ng/m³.

Kolejne dane literaturowe opisują koncentracje BaP na terenie Chorwacji w Zagrzebiu. Średnioroczne stężenia benzo[a]pirenu w latach od 2001 do 2004 roku wahały się od 1,17 ng/m³ w 2004 do 1,87 ng/m³ w 2003. Głównym źródłem BaP było ogrzewanie indywidualne i miejskie oraz transport samochodowy [28].

Innych danych dostarczają wyniki pomiarów stężeń benzo[a]pirenu z terenów przemysłowo – miej-

skich w Wielkiej Brytanii w latach 1999–2005 [29]. Na większości stacji pomiarowych, zanotowane wartości średniorocznych stężeń benzo[a]pirenu nie przekraczały zatwierdzonej przez Komisję Europejską w „4 Dyrektywie Córce” wartości 1 ng/m³ (2004/107/WE). Najwyższe średnie roczne stężenie BaP zanotowano w 1999 roku w Kinlochleven i wynosiło ono 6,78 ng/m³. W 2000 roku najwyższe średnioroczne stężenia wynosiły 2,28 ng/m³ w Kinlochleven i 1,18 ng/m³ w Scunthorpe. Również w latach 2002 i 2003 w Scunthorpe przekroczone zostały wartości dopuszczalne, a zanotowane wartości stężeń wynosiły odpowiednio 1,35 ng/m³ i 1,26 ng/m³. W latach 2004 i 2005 nie zanotowano stężeń przekraczających wartości 1 ng/m³. Bliskie tej wartości są stężenia notowane w Lisburn w Irlandii Północnej, gdzie główną przyczynę zanieczyszczeń stanowią źródła niskiej emisji. Na terenie Wielkiej Brytanii EPAQS (Expert Panel on Air Quality Standards) zaleca, aby od 2010 roku wartość dopuszczalnego stężenia średniorocznej BaP obniżyć do 0,25 ng/m³, w celu zmniejszenia ryzyka zdrowotnego populacji narażonej na wdychanie BaP [30].

Główny Instytut Ochrony Środowiska [31] analizując stan zanieczyszczenia powietrza w latach 2005 i 2006 na terenie Polski stwierdził jednoznacznie, że w przypadku analizowanych zanieczyszczeń – PM₁₀, PM_{2,5}, metale ciężkie i WWA, BaP – najwięcej przekroczeń wartości docelowych w Polsce występuje w przypadku BaP. Na blisko 80% punktów pomiarowych zlokalizowanych na terenach zurbanizowanych i uprzemysłowionych wartość docelowa przekroczone była nawet kilkanaście razy.

Dane z monitoringu jakości powietrza są szeroko wykorzystywane do identyfikacji i przewidywania negatywnych skutków zdrowotnych. Liczne badania epidemiologiczne wykazały związek pomiędzy stanem zdrowia i poziomem zanieczyszczenia powietrza [32–34]. Benzo[a]piren, ze względu na swoje toksyczne właściwości, stanowi poważne zagrożenie dla organizmu ludzkiego. Wysokie poziomy WWA oraz BaP są powodem do niepokoju. W celu oceny związku pomiędzy stężeniem BaP w powietrzu a indywidualnym narażeniem przeprowadzono badania epidemiologiczne wśród mieszkańców Krakowa. Badania trwały od listopada 2000 roku do listopada 2003 roku i obejmowały 85 kobiet w ciąży. Statystycznie istotne pomiary uzyskano w przypadku 78 kobiet. Stwierdzono zależność indywidualnego narażenia od stężenia benzo[a]pirenu w otaczającym środowisku [34].

W celu poprawy stanu sanitarnego powietrza atmosferycznego na terenie Górnego Śląska, należy przede wszystkim ograniczyć źródła emisji niskiej zamieniając obecnie stosowane metody ogrzewania na proekologiczne. Również w sektorze przemysłowo-

wym należy dążyć do zastępowania starych technologii nowymi, mniej uciążliwymi dla środowiska. Znaczącym problemem pozostaje ruch komunikacyjny. Dążenie do obniżenia wartości stężeń jest konieczne ze względu na dobro populacji zamieszkującej ten teren.

Wnioski

Średnioroczne stężenia benzo[a]pirenu na przestrzeni trzech okresów badawczych 1983–1990/1991–1998/1999–2005, na terenie jednostek administracyjnych woj. śląskiego wielokrotnie przekraczały dopuszczalną normę $Da = 1 \text{ ng/m}^3$. W okresie 1983–1990, stężenia średnioroczne BaP zawierały się w przedziale od $42,00 \text{ ng/m}^3$ do $272,00 \text{ ng/m}^3$. W latach 1991–1998 były w przedziale od $9,13 \text{ ng/m}^3$ do $44,83 \text{ ng/m}^3$, natomiast w okresie 1999–2005 osiągały wartości od $12,21 \text{ ng/m}^3$ do $20,52 \text{ ng/m}^3$.

W kolejnych przedziałach czasowych zaobserwowano spadek stężenia benzo[a]pirenu oraz coraz mniejszy rozrzut prób wokół wartości średniej.

Występowała wyraźna zmienność sezonową stężeń benzo[a]pirenu.

Podziękowania

Autorzy dziękują Panu mgr inż. Andrzejowi Tyczyńskiemu za cenne uwagi i pomoc w realizacji powyższego opracowania.

Wykaz piśmiennictwa

1. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Vol.34. Polynuclear Aromatic Compounds. Part 3. Industrial Exposure in Aluminium Production, Coal Gasification Coke Production and Iron and Steel Founding. IARC; Lyon 1989.
2. Zasadowski A., Wysocki A.: Some toxicological aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) effects? Rocz PZH 2002; 53, 1: 33-45.
3. Tang D, Li Kapota, Liu Kapota, Zhou Z, Yuan Kapota, Chen Y, Raut V, Xie J. Effects of prenatal exposure to coal-burning pollutants on children's development in China. Environ Health Perspect 2008; 116 (5): 674-679.
4. Jakubiak E.: Wpływ stanu środowiska na zdrowie ludności województwa katowickiego. Prob. Med. Społ. 34, Warszawa 2001.
5. Śląski Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach: Stan środowiska w województwie śląskim w 2004 roku. B.M.Ś. Katowice 2005.
6. Monographs on the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans Vol. 32. Polynuclear Aromatic Compounds. Part 1. Chemical, Environmental and Experimental Data. IARC. Lyon, 1983.
7. Nisbet ICT., LaGoy PK.: Toxic (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Reg.Toxicol.Pharmacol. 1992; 16: 290-300.
8. Gawlik M., Bilek M.: Możliwości obniżania emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych ze źródeł antropogenicznych. Med. Środ. 2006; 9 (1): 79 – 82.
9. Metody sanitarnego badania powietrza atmosferycznego cz. III. Oznaczanie benzo-a-pirenu i innych węglowodorów aromatycznych wielopierścieniowych w pyłach powietrza atmosferycznego. Wydawnictwo Metodyczne PZH 1966; 1/16; 8.
10. Ustawa z dnia 31.01.1980 r., O Ochronie i Kształtowaniu Środowiska; Dz.U. nr 3 z dnia 11.02 1980.
11. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, z dnia 12.02.1990 r., w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem; Dz.U. nr15 z dnia 14.03 1990.
12. Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Katowicach. Zanieczyszczenia atmosfery w województwie katowickim w roku 1975. Biuletyn WSSE, Katowice, 1976.
13. Możdziej A., Juszczo-Piekot M., Wyszynska M., Kaźmierczak J, Stojko J.: Benzo(a)pyrene emission in the cities of the Upper Silesia industrial area Southern Poland: 1980-2005. Eur.J.Public Health 2009; 19, Suppl.1: 96
2nd European Public Health Conference: „Human ecology and public health”. Lodz [Poland], 25-28.11.2009.
14. WHO – Raport z Narady Ekspertów: Składowiska odpadów – ryzyko dla zdrowia. Med. Pracy 2000; 3: 311.
15. Gawlik M., Bilek M.: Możliwości obniżania emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych ze źródeł antropogenicznych. Med. Środ. 2006; 9, (1): 79 – 82.
16. Kapka L., Mielżyńska D., Siwińska E.: Ocena sezonowej i przestrzennej zmienności stężeń PM10 oraz wybranych WWA w powietrzu atmosferycznym województwa śląskiego. Med. Środ. 2004; 7,(1): 25 – 31.
17. Śląski Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach: Stan środowiska w województwie śląskim w 2005 roku. B.M.Ś. Katowice 2006.
18. Menichini E., Iacovella N., Monfredini F., Turrio-Baldassarri L.: Atmospheric pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs simultaneously collected at a regional background site in central Italy and an urban site in Rome. Chemosphere 2007; 69: 422 – 434.
19. Sharma H., Jain V.K., Khan Z.H.: Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the urban air of Delhi during 2003. Environ Monit Assess. 2008; 147(1-3):43-55.
20. Pośniak M., Makhniashvili I., Kozieł E., Kowalska J.: Spaliny silników Diesla – zagrożenie dla zdrowia pracowników. Bezpieczeństwo Pracy 2001; 9: 11-14.
21. Chmielewski A.G., Ostapczuk A., Zimek Z., Licki J., Kubica K.: Reduction of VOCs in flue gas from coal combustion by electron beam treatment. Radiat. Phys. Chem. 2002; 63, (3-6): 653-655.
22. Alloway B.J., Ayres D.C.: Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska. (Tł) Kłosowicz ST PWN, Warszawa 1999.
23. Śląski Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach : Stan środowiska w województwie śląskim w 2008 roku. Katowice 2009; B.M.Ś.: 9-52.
24. Abraham J., Berger F., Ciecchanowicz-Kusztal R. iwsp: Wspólny raport o jakości powietrza w obszarze Czarnego Trójkąta w 2001 roku. 2002 aHM?, WIOA, LfUG, UBA
25. Ministerstvo životního prostředí české republiky. www.env.cz/
26. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. www.umwelt.sachsen.de/
27. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu www.wroclaw.pios.gov.pl/
28. Šišović A., Bešlić I., Šega K., Vadić V.: PAH mass concentrations measured in PM10particle fraction. Environmental International 2008; 34: 580-584.
29. Keith V.: Assessment of benzo[a]pyrene concentrations in the United Kingdom in the period 2003-2020. April 2006. AEAT/ENV/R/1861 www.airquality.co.uk/
30. UK Air Quality Archive www.aeat.co.uk/

31. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM10 i PM2,5 z uwzględnieniem składu chemicznego pyłu, w tym metali ciężkich i WWA. Raport końcowy. Warszawa, maj 2008.
www.gios.gov.pl
32. Kasperczyk J., Stęplewski Z.: Przebieg kliniczny astmy oskrzelowej w zależności od stężeń gazowych i pyłowych zanieczyszczeń powietrza. *Nowiny Lek.* 2006; 75,(1): 22-26.
33. Moździerz A., Jusko-Piekut M., Kołosa Z. i wsp.: Comparative study of certain pollutant concentrations in the former Katowice Voivodeship (1991-1998 and 1983-1990). *Pol.J. Environ. Stud.* 2007; 16, 5C, 2: 399-404.
34. Pac A., Jacek R., Sochacka-Tatara E. i wsp.: Zanieczyszczenie powietrza pyłem drobnym (PM2,5) oraz benzo(a)piranem w Krakowie. *Med. Środ.* 2008; 11,(2):17-22.

Adres do korespondencji:

Aleksandra Moździerz

Zakład Higieny, Bioanalizy i Badania Środowiska ŚUM

41-200 Sosnowiec

ul. Kasztanowa 3a

tel./fax: 32 269 98 25

amozdzierz@sum.edu.pl