

WPLYW EMISJI OŁOWIU I KADMU Z PALENISK DOMOWYCH NA KSZTAŁTOWANIE STĘŻEŃ TYCH ZANIECZYSZCZEŃ W POWIETRZU

CZESŁAW KLIŚ, STANISŁAW HŁAWICZKA

Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, ul. Kossutha 6, 40-832 Katowice

Keywords: lead, cadmium, concentration, residential furnaces, heavy metals, neural network.

EFFECT OF LEAD AND CADMIUM EMISSION FROM RESIDENTIAL FURNACES ON CONCENTRATION OF THESE POLLUTANTS IN THE AIR

Analysis of lead and cadmium concentrations in the air comparing concentration values difference between heating and summer seasons was carried out in the paper. Relevant procedure was adopted to find out if the concentration values in these two seasons differed in kind. The concentration seasonal difference was not found in case of cadmium but it was found for lead.

It was proved in further part of the paper that the analysed mean 24-hour Pb concentrations for heating season could be presented as a sum of the mean annual background concentration and the concentration values resulted from Pb emission from sources active only in the heating season. In the area where the measurements were carried out residential furnaces were this kind of sources. The cumulative distribution function of the mean 24-hour lead concentration resulted from Pb emissions in the heating season was determined using two-layer neural network. It was found according to this approach that Pb concentration as the result of Pb emissions from residential furnaces, for 145 days, i.e. 80% of the heating season period, were at least two-fold lower than the lead concentration values as the result of Pb emission from the all year active sources. Only for 14 days emission sources active in the heating season produced Pb concentrations higher than Pb mean annual background concentration.

Streszczenie

W pracy przeprowadzono analizę danych pomiarowych stężeń ołowiu i kadmu w powietrzu w celu określenia stopnia zróżnicowania stężeń tych metali w sezonie grzewczym i letnim. Analiza wykazała brak istotnych różnic między średniodobowymi stężeniami kadmu w sezonie grzewczym i w sezonie letnim. Jednocześnie wykazano, że różnice między średniodobowymi stężeniami ołowiu w sezonie grzewczym i w sezonie letnim są istotne. W dalszej części pracy zastosowano uniwersalną

metodę przedstawienia stężeń średniodobowych ołowiu w okresie grzewczym jako sumy zmiennej losowej reprezentującej roczne tło średniodobowych stężeń ołowiu i zmiennej losowej reprezentującej stężenia ołowiu powodowane przez źródła działające jedynie w okresie grzewczym. W przypadku punktu pomiarowego, w którym wykonano pomiary stężeń Pb i Cd, źródłami takimi były zwłaszcza paleniska domowe. Do wyznaczenia dystrybuanty średniodobowych stężeń ołowiu powodowanych przez źródła działające jedynie w okresie grzewczym wykorzystano dwuwarstwową sieć neuronową. Wykazano, że średniodobowe stężenia ołowiu powodowane przez emisje z palenisk domowych przez prawie 145 dni, tj. 80% czasu w sezonie grzewczym, były co najmniej dwukrotnie niższe niż stężenia ołowiu powodowane przez źródła działające w ciągu całego roku. Jedynie przez 14 dni w okresie grzewczym stężenia ołowiu powodowane przez źródła działające wyłącznie w tym okresie były wyższe od stężeń tła w tym czasie.

WPROWADZENIE

Według krajowego bilansu emisji metali ciężkich do powietrza, w roku 1998 procesy energetycznego spalania węgla były źródłem emisji do atmosfery 43 Mg kadmu oraz 255 Mg ołowiu [2]. Z tej ilości na emisję z palenisk domowych przypadało 29,5 Mg kadmu i 161,2 Mg ołowiu. Przyjmując, że ciepłownie rejonowe, kotłownie komunalne oraz indywidualne paleniska domowe funkcjonują w okresie grzewczym, można stwierdzić, że w przypadku ołowiu stosunek jego emisji w okresie grzewczym do emisji w okresie letnim wynosi ok. 5 do 1. Wynika stąd, że przy tak dużej różnicy emisji w okresie letnim i w okresie grzewczym powinny być obserwowane duże różnice stężeń ołowiu w powietrzu w obu tych sezonach. Podobne zróżnicowanie emisji w sezonie letnim i sezonie grzewczym występuje w przypadku kadmu. Wobec wykazanych różnic w wielkościach sezonowych emisji omawianych metali ciężkich, stężenia kadmu i ołowiu w powietrzu w okresie grzewczym, w rejonie dużych skupisk palenisk domowych powinny być istotnie wyższe niż stężenia tych zanieczyszczeń w okresie letnim.

Celem pracy było dokonanie analizy danych pomiarowych średniodobowych stężeń ołowiu i kadmu w powietrzu, pod kątem oceny stopnia zróżnicowania wartości stężeń tych metali w powietrzu w sezonie grzewczym i w sezonie letnim. Wynik zastosowanej w pracy metody analizy danych powinien dać możliwość stwierdzenia, w jakim stopniu sezonowe różnice wielkości emisji Pb i Cd przekładają się na obserwowane sezonowe różnice stężeń tych metali w powietrzu.

MATERIAŁY I METODY

DANE O STĘŻENIACH METALI W POWIETRZU

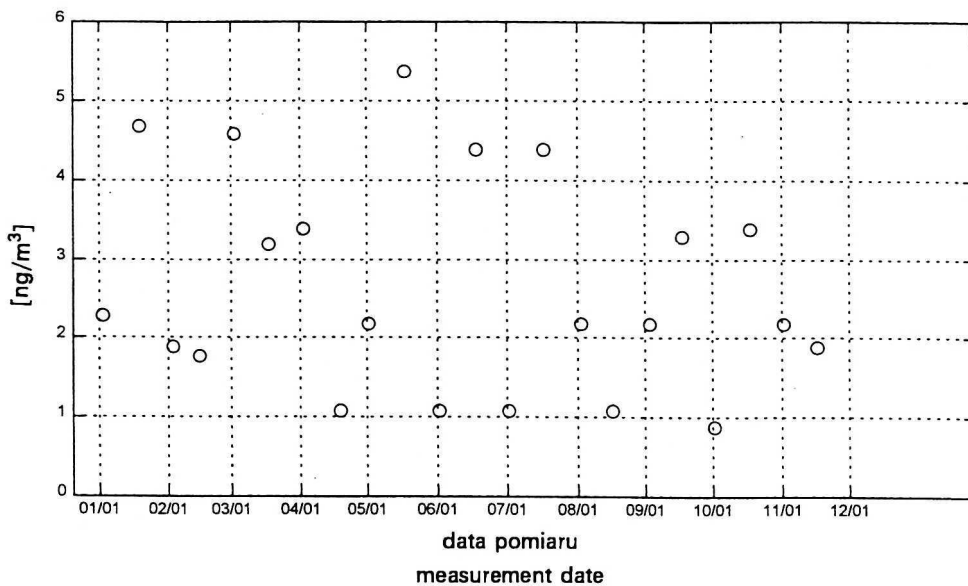
Wykorzystano dane cytowane w raporcie [3], pochodzące z rutynowych pomiarów stężeń ołowiu i kadmu, wykonanych w 1999 roku przez stację pomiarową Śląskiej Wojewódzkiej Stacji Sanitarnej i Epidemiologicznej

nej (ŚWSSE) w Katowicach, zlokalizowaną w Pszczynie (Rys. 1). Na rysunku 2 przedstawiono wykres średniodobowych stężeń kadmu, a na rysunku 3 średniodobowe stężenia ołowiu, zarejestrowane przez stację pomiarową.



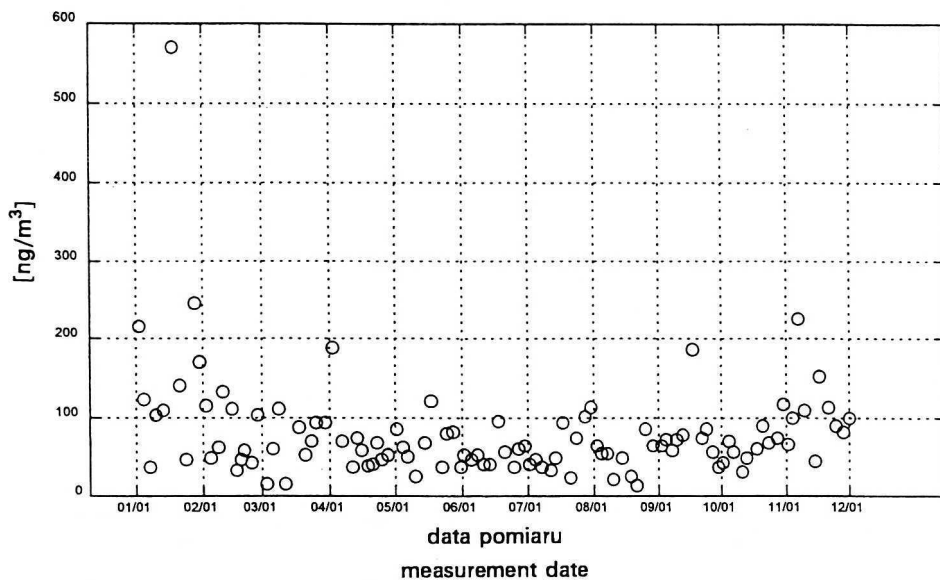
Rys. 1. Liczba budynków ogrzewanych piecami węglowymi w otoczeniu stacji pomiarowej ŚWSSE w Pszczynie

Number of houses heated by coal furnaces around the ŚWSSE monitoring station in Pszczyna



Rys. 2. Stężenia średniodobowe kadmu wyznaczone na stacji ŚWSSE w Pszczynie w roku 1999

Mean annual cadmium concentrations determined by the ŚWSSE monitoring station in Pszczyna in 1999



Rys. 3. Stężenia średniodobowe ołowiu wyznaczone na stacji ŚWSSE w Pszczynie w roku 1999

Mean annual lead concentrations determined by the ŚWSSE monitoring station in Pszczyna in 1999

METODA ANALIZY DANYCH POMIAROWYCH

Analiza danych pomiarowych dotyczących stężeń badanych metali w powietrzu polegała na znalezieniu odpowiedzi na pytanie, czy średniodobowe stężenia Cd i Pb w okresie letnim, Cd_1 i Pb_1 , oraz w okresie grzewczym, Cd_g i Pb_g , są próbami tej samej zmiennej losowej. Problem ten postawiono w postaci dwóch hipotez statystycznych: $Cd_1 = Cd_g$ oraz $Pb_1 = Pb_g$.

Do rozstrzygnięcia obu hipotez wykorzystano nieparametryczny test Smirnowa zgodności dwóch rozkładów empirycznych [5]. Statystyka mierząca odległość między dystrybuantą F_n próby o liczności n i dystrybuantą G_m próby o liczności m jest zdefiniowana formułą $D_{nm} = \max(|F_n(x) - G_m(x)|)$. Wartości krytyczne statystyki D_{nm} dla małych wartości n i m (n, m mniejsze niż 20) podają tablice [5]. W pozostałych przypadkach do wyznaczania wartości krytycznych

testu Smirnowa wykorzystuje się fakt, że zmienna losowa $\sqrt{\frac{n \cdot m}{n+m}} D_{nm}$ ma rozkład Kołmogorowa K . Jeżeli wartość statystyki D_{nm} przekracza wartość krytyczną testu, to hipotezę, że próby są próbami tej samej zmiennej losowej, należy odrzucić. W przeciwnym przypadku nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy.

Ponieważ w przypadku ołowiu stężenia średniodobowe tego metalu w okresie grzewczym były znacznie wyższe niż w okresie letnim, zakres analizy danych pomiarowych dotyczących ołowiu został poszerzony. Pokazano, w jaki sposób stężenia ołowiu w okresie grzewczym można przedstawić jako sumę rocznego tła stężeń ołowiu oraz stężeń tego metalu w okresie grzewczym, powodowanych przez źródła emisji użytkowane jedynie w okresie grzewczym. Przez roczne tło stężeń rozumiano stężenia powodowane przez źródła emitujące podobne ilości ołowiu w okresie letnim i w okresie grzewczym.

Dzięki rozdzieleniu stężeń ołowiu w okresie grzewczym na sumę dwóch niezależnych zmiennych losowych, można było uzyskać dodatkowe informacje o rozkładzie średniodobowych stężeń ołowiu powodowanych przez źródła działające wyłącznie w okresie grzewczym. Szczegółowy opis tej metody przedstawiono w następnym rozdziale, uznając, że oddzielna prezentacja ułatwi jej lepsze zrozumienie.

LOKALIZACJA STACJI POMIAROWEJ

Wybrano stację pomiarową, której lokalizacja upoważniała do wykorzystania pochodzących z niej danych do analizy istotności wpływu emisji ołowiu i kadmu z palenisk domowych na kształtowanie stężeń tych zanieczyszczeń w powietrzu, z rozróżnieniem okresu letniego i grzewczego. Lokalizację stacji monitoringu ŚWSSE w Pszczynie, w okresie, którego dotyczą analizowane dane pomiarowe, przedstawia rysunek 1. Ulica, przy której w 1999 roku zlokalizowana była stacja, jest jedną z głównych dróg przelotowych, co wpływa na poziom stężeń ołowiu w jej otoczeniu. W sąsiedztwie stacji pomiarowej występuje duże zagęszczenie źródeł emisji typu paleniska domowe. W promieniu

500 m od stacji jest ponad dwieście domów mieszkalnych, w których spalany jest węgiel dla celów grzewczych. Są w tym rejonie również kotłownie opalane węglem, których oddziaływanie na punkt pomiarowy wydaje się jednak mniejsze niż wpływ emisji z palenisk domowych [3].

IDENTYFIKACJA OKRESU LETNIEGO I GRZEW CZEGO

Czas trwania okresu grzewczego w roku pomiarowym, którego dotyczą analizowane dane, ustalono na podstawie średnich temperatur w ciągu doby. W analizie danych pomiarowych przyjęto, że paleniska domowe działały wówczas, gdy średnia temperatura w ciągu doby spadała poniżej 10°C. W czasie objętym pomiarami był to okres od 5 października do 5 maja.

METODA PRZEDSTAWIENIA ZMIENNEJ LOSOWEJ W POSTACI SUMY NIEZALEŻNYCH ZMIENNYCH LOSOWYCH

W analizie stężeń zanieczyszczeń powietrza często występuje sytuacja: znane stężenia tła X sumują się z nieznanymi stężeniami Y pochodzącymi z pewnej grupy źródeł, dając w wyniku stężenia Z . Wartości stężeń Z możemy wyznaczyć przy pomocy pomiarów. Chcemy zbadać własności nieznanymi stężeń Y . Taka sytuacja występuje przy porównywaniu stężeń ołowiu w okresie letnim i w okresie grzewczym. Oznaczmy przez X zmienną losową opisującą średniodobowe stężenia ołowiu powodowane w okresie zimowym przez źródła o zbliżonej emisji w ciągu całego roku. Dzięki temu założeniu zmienna X ma ten sam rozkład w okresie zimowym i w okresie letnim więc możemy potraktować ją jako niezmienną tło dla obu okresów. Przez Y oznaczmy zmienną losową reprezentującą stężenia średniodobowe ołowiu powodowane przez źródła działające jedynie w okresie grzewczym. Cały przyrost stężeń ołowiu w okresie grzewczym możemy przypisywać zmiennej Y . Suma $Z = X + Y$ obu zmiennych daje stężenia rejestrowane przez stację monitoringu w okresie grzewczym. Przy dodatkowym założeniu, że zmienne X i Y są niezależne, dystrybucja $X + Y$ spełnia równanie spłotowe $F_{X+Y} = F_X * f_Y$, gdzie f_Y jest gęstością Y i ma postać [4]:

$$F_{X+Y}(x) = \sum_j y_{Y,j} F_X(x - x_{Y,j}), \quad (1)$$

gdzie: $F_X(x) = \sum_i y_{X,i} H(x - x_{X,i})$ jest dystrybuantą zmiennej X ,

$$F_Y(x) = \sum_i y_{Y,i} H(x - x_{Y,i}) \text{ jest dystrybuantą zmiennej } Y,$$

$$H(x) = 0 \text{ dla } x < 0 \text{ oraz } H(x) = 1 \text{ dla } x \geq 0.$$

Będziemy zakładać, że dla znanych zmiennych losowych Z i X rozwiązaniem równania $Z = X + Y$ jest zmienna losowa Y , dla której dystrybuanty F_{X+Y} i F_Z są nierozróżnialne dla testu Smirnowa na poziomie istotności 5%

$$\left\{ Y: K \left(\sqrt{\frac{n \cdot m}{n+m}} \max_x (|F_Z(x) - F_{X+Y}(x)|) \right) < 1 - 0,05 \right\}, \quad (2)$$

gdzie: K jest dystrybuantą Kołmogorowa, m – liczbą skoków dystrybuanty sumy zmiennych X i Y , a n – liczbą skoków dystrybuanty zmiennej Z .

Przy ustalonych wartościach $x_X = (x_{X,1}, \dots, x_{X,n})$ zagadnienie znalezienia zmiennej losowej Y , która dodana do X przybliża Z , sprowadza się do zagadnienia minimalizacji odległości

$$D_{n,m} = \min_x (|F_Z(x) - \sum_j y_{Y,j} F_X(x - x_{Y,j})|) \quad (3)$$

dla nieujemnych współczynników $y_Y = (y_{Y,1}, \dots, y_{Y,n})$ spełniających warunek $y_{X,1} + \dots + y_{X,n} = 1$.

Może się więc zdarzyć, że istotnie różne zmienne losowe Y_1, Y_2 po dodaniu do X będą z podobną dokładnością przybliżać Z .

Do aproksymacji dystrybuanty Y zastosowano sieć neuronową [4]. Niech $x_X = (x_{X,1}, \dots, x_{X,n})$ będzie rosnącym ciągiem liczb, w których dystrybuanta F_X zmiennej losowej X skokowo przyrasta o wartości nieujemne $y_X = (y_{X,1}, \dots, y_{X,n})$, przy czym jest spełniony warunek: $y_{X,1} + \dots + y_{X,n} = 1$. W zapisie wektorowym dystrybuantę F_X możemy przedstawić w postaci iloczynu skalarnego:

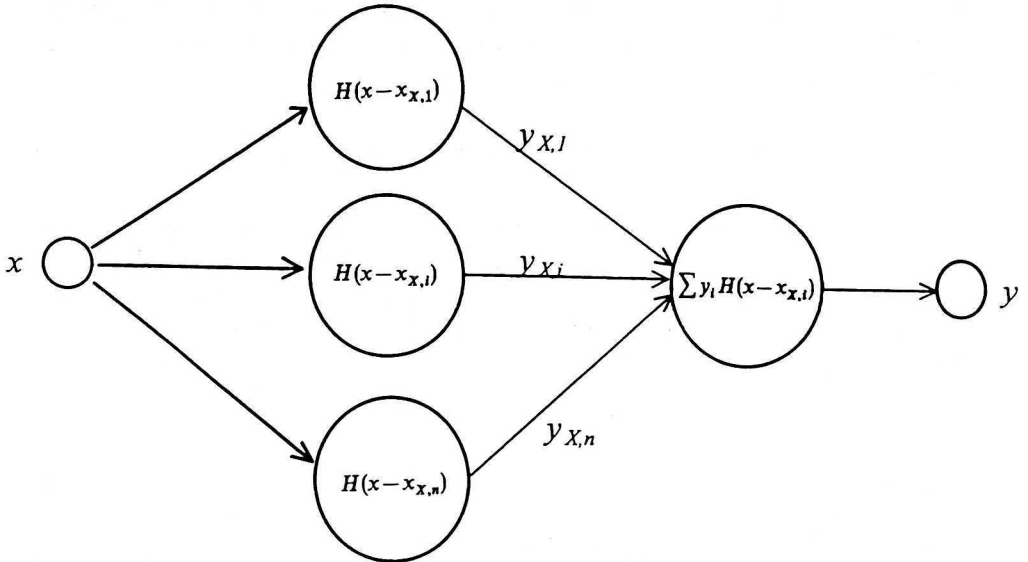
$$F_X(x) = y_X H((x - x_X)^T), \quad (4)$$

gdzie $(x - x_X)^T$ oznacza wektor transponowany do wektora $(x - x_X)$. Zauważmy, że dystrybuanta o postaci (4) jest jednokierunkową, dwuwarstwową siecią neuronową o schemacie przedstawionym na rysunku 4 [1]. W dalszej części dla uproszczenia zapisu sieć neuronową reprezentującą dystrybuantę oznaczymy tym samym symbolem co dystrybuantę.

Pierwsza warstwa sieci F_X składa się z n neuronów o funkcji aktywacji H . Neuron o numerze i przechodzi w stan wzbudzenia, jeśli x przekracza wartość progową $x_{X,i}$. Wzbudzony i -ty neuron przekazuje impuls o wadze $y_{X,i}$ do jedynego neuronu w drugiej warstwie, który sumuje wszystkie otrzymane impulsy i wynik przekazuje na wyjście sieci. W ten sposób sieć F_X jest wyznaczona przez dwa wektory x, y . Współrzędna wektora x_X o numerze i oznacza przesunięcie poziomu wzbudzenia i -tego neuronu, a i -ta współrzędna wektora y_X wagę synaptyczną tego neuronu.

Analogicznie przez x_Y oznaczymy wektor liczb, w których dyskretna dystrybuanta F_Y zmiennej losowej Y skokowo przyrasta o wartości dodatnie y_Y . Dystrybuanta F_Y ma postać:

$$F_Y(x) = \sum_i y_{Y,i} H(x - x_{Y,i}) = y_Y H((x - x_Y)^T) \quad (5)$$



Rys. 4. Schemat dwuwarstwowej sieci neuronowej reprezentującej dystrybuantę dyskretną
Diagram of two-layer neuron network for cumulative distribution function

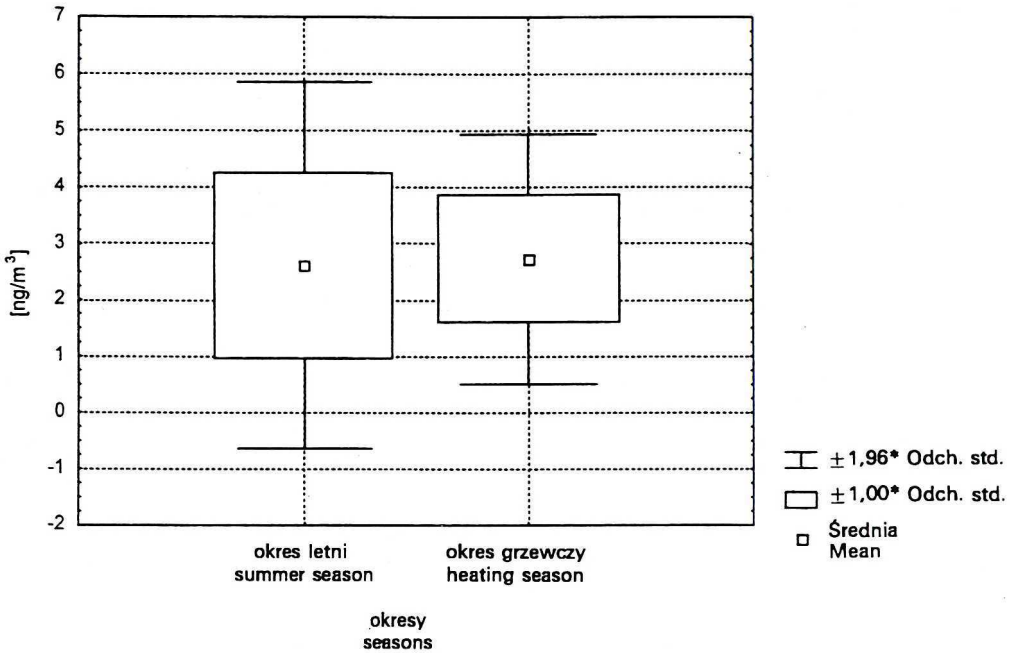
Z (1) wynika, że dystrybuanta F_{X+Y} sumy $X + Y$ dwóch niezależnych zmiennych losowych ma postać:

$$F_{Y+Y}(x) = \sum_j y_{Y,j} F_X(x - x_{Y,j}) = y_Y F_X((x - x_Y)^T). \quad (6)$$

Dystrybuanta F_{X+Y} jest więc dwuwarstwową siecią neuronową, której funkcją aktywacji pierwszej warstwy neuronów jest dystrybuanta F_X , a wagi sieci F_{X+Y} są równe wagom sieci F_Y . Wyznaczenie wag sieci F_Y jest równoważne wyznaczeniu wag sieci F_{X+Y} . Do wyznaczania wag sieci neuronowej F_{X+Y} możemy zastosować procedury uczenia sieci z wykorzystaniem wzorców [1].

WYNIKI I PODSUMOWANIE

Średnie stężenie kadmu w okresie letnim wynosiło $2,61 \text{ ng/m}^3$ (odchylenie standardowe $1,66 \text{ ng/m}^3$). W okresie grzewczym średnie stężenie kadmu było nieznacznie wyższe: $2,72 \text{ ng/m}^3$ przy odchyleniu standardowym $1,33 \text{ ng/m}^3$. Na rysunku 5 pokazano wykres ramkowy stężeń kadmu w okresie letnim i w okresie grzewczym. Wartość statystyki Smirnowa dla obu prób jest równa $D_{10,12} = 0,317$. Odczytana z tablic wartość krytyczna $D_{10,12}(0,05)$ dla poziomu istotności 5% wynosi 0,55. Ponieważ zaobserwowana wartość statystyki $D_{10,12} = 0,317$ nie przekracza wartości krytycznej $D_{10,12}(0,05) = 0,55$, nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy, że zaobserwowane stężenia kadmu w okresie letnim i w okresie grzewczym są próbkami tej samej zmiennej losowej, mimo

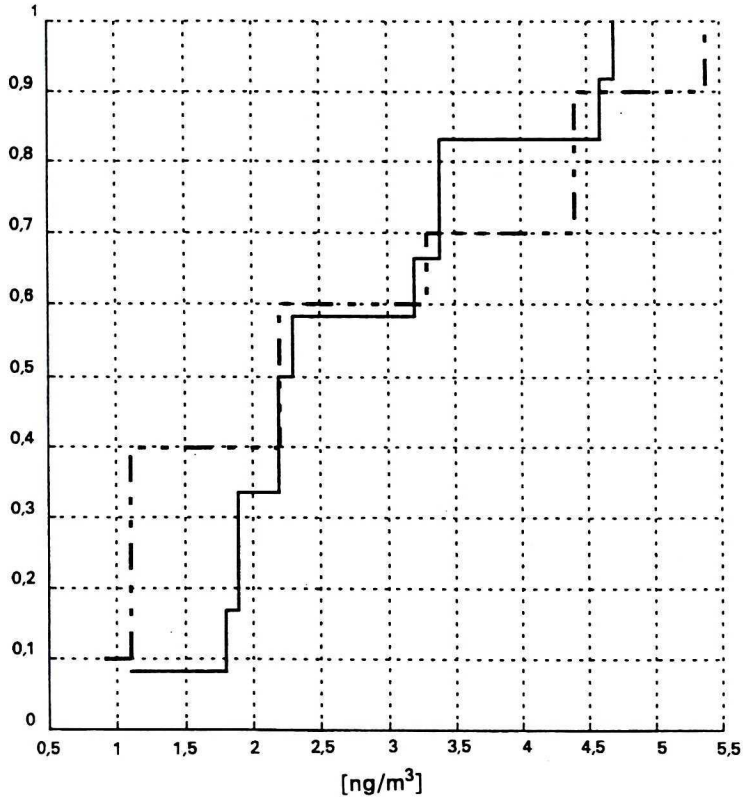


Rys. 5. Wykres ramkowy średniodobowych stężeń kadmu w okresie letnim i w okresie grzewczym
 Mean 24-hour cadmium concentrations in summer and heating seasons

nieco wyższego średniego stężenia kadmu w okresie grzewczym. Oznacza to, że wpływ emisji zanieczyszczeń z palenisk domowych ma nieduży wpływ na kształtowanie stężeń Cd w powietrzu w okresie grzewczym. Wykres dystrybuant stężeń kadmu przedstawia rysunek 6.

Średnie stężenie ołowiu w okresie letnim wynosiło 63,59 ng/m³, a odchylenie standardowe 30,53 ng/m³. Natomiast średnie stężenie ołowiu w okresie grzewczym było wyższe i wynosiło 96,05 ng/m³. Wyższe było również odchylenie standardowe, które wynosiło 78,80 ng/m³. Na rysunku 7 pokazano wykres ramkowy stężeń ołowiu w okresie letnim i w okresie grzewczym, a na rysunku 8 wykresy dystrybuant obu zmiennych.

Wyliczona wartość statystyki Smirnowa stężeń ołowiu w okresie letnim i w okresie grzewczym jest równa $D_{47,61} = 0,298$, a obliczona wartość krytyczna $D_{47,61}(0,05)$ dla poziomu istotności 5% wynosi 0,264. Ponieważ zaobserwowana wartość statystyki $D_{47,61} = 0,298$ jest większa niż wartość krytyczna $D_{47,61}(0,05) = 0,264$, należy odrzucić hipotezę, że zmierzone średniodobowe stężenia ołowiu w okresie letnim i w okresie grzewczym są próbkami tej samej zmiennej losowej. Dowodzi to, że średniodobowe stężenia ołowiu w okresie grzewczym i średniodobowe stężenia ołowiu w okresie letnim są istotnie różne. Należy przypuszczać, że obserwowany wzrost stężeń ołowiu w okresie grzewczym spowodowały źródła działające dodatkowo w okresie grzewczym, w tym paleniska domowe w rejonie stacji pomiarowej i źródła przemysłowe uruchamiane w okresie grzewczym.

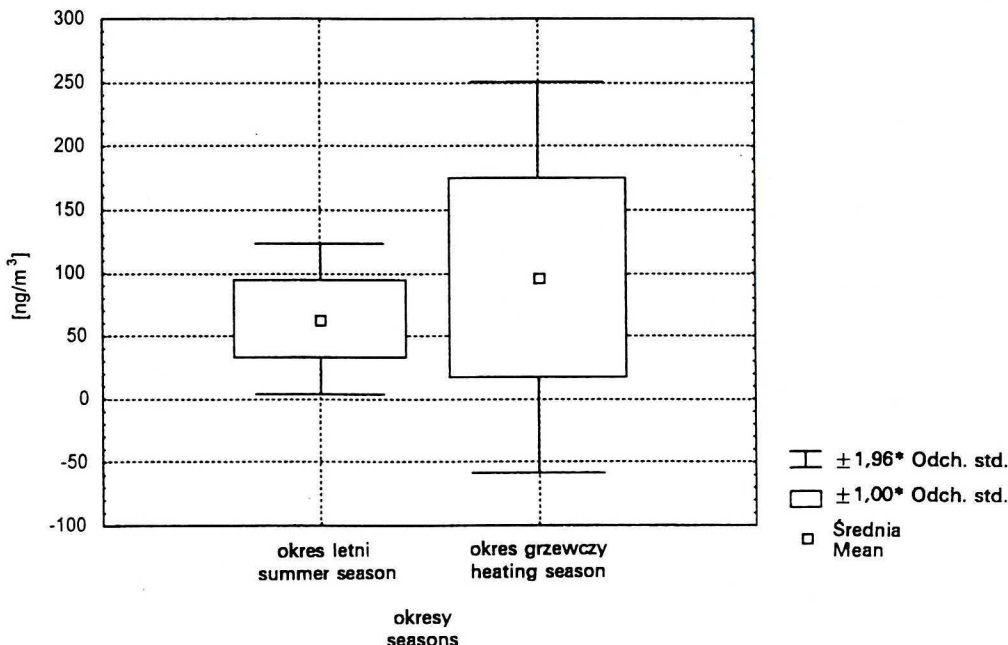


Rys. 6. Dystrybuanty zmierzonych stężeń kadmu (linia przerywana oznacza dystrybuantę stężeń w okresie letnim, linia ciągła w okresie grzewczym)

Cumulative distribution functions of the measured cadmium concentrations (broken line – for summer season, continuous line – for heating season)

Oznaczając przez Z średniodobowe stężenia ołowiu w okresie grzewczym, a przez Y stężenia ołowiu powodowane przez źródła działające wyłącznie w okresie grzewczym i zakładając, że są one niezależne od stężeń tła X możemy wyliczyć, że średnia wartość Y wynosiła $32,46 \text{ ng/m}^3$, a odchylenie standardowe $72,64 \text{ ng/m}^3$. Jednak rozkład zmiennej Y nie jest znany.

Korzystając z metody reprezentacji zmiennej losowej w postaci sumy dwóch niezależnych zmiennych losowych, przedstawionej w poprzednim rozdziale, możemy znaleźć przybliżony rozkład zmiennej Y tak, by $Z = X + Y$. W celu określenia rozkładu zmiennej Y założono, że dystrybuanta zostanie wyznaczona dla stężeń $0, 20, 30, \dots, 300 \text{ ng/m}^3$ tworzących wektor x_Y . Wyznaczanie współczynników y_Y sieci F_Y odbywa się poprzez proces uczenia sieci $F_{X+Y}(x) = y_Y F_X((x - y_Y)^T)$. W trakcie uczenia sieci modyfikowany jest wektor wag y_Y w celu minimalizacji różnicy odległości Kołmogorowa między

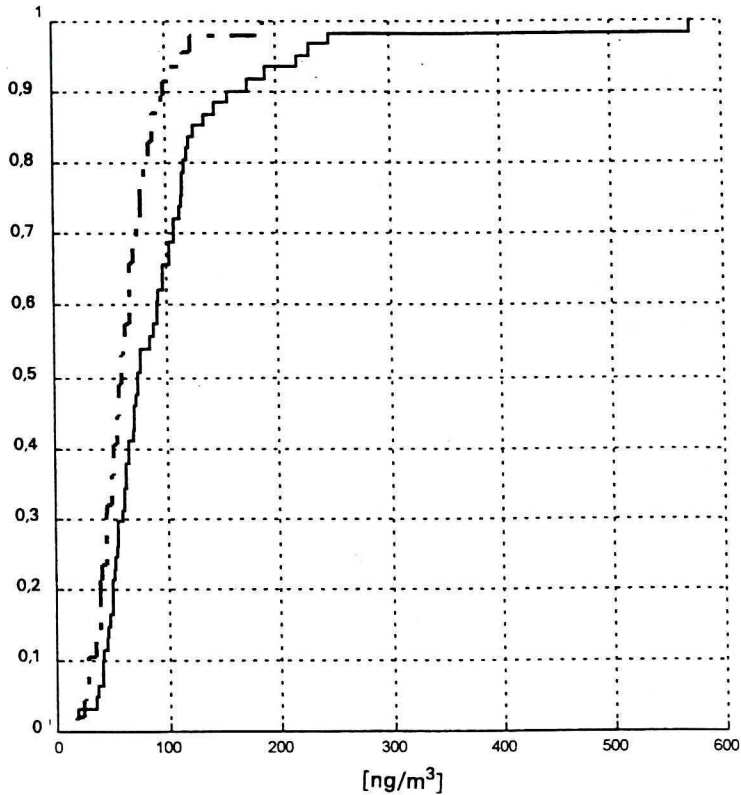


Rys. 7. Wykres ramkowy średniodobowych stężeń ołowiu w okresie letnim i w okresie grzewczym
 Mean 24-hour lead concentrations in summer and heating seasons

dystrybuantami: $F_{X+Y}(x)$ i $F_Z(x)$. Do treningu sieci neuronowej $F_{X+Y}(x)$ wykorzystano znane wartości dystrybuanty $F_Z(x)$.

Proces uczenia może prowadzić do wyznaczenia różnych zmiennych Y . Na rysunku 9 pokazano wyniki dwóch sesji treningu sieci. Przedstawiono wykres dystrybuanty $F_Y(x)$ stężeń ołowiu, wykres dystrybuanty F_{X+Y} otrzymanej w wyniku treningu sieci i dla porównania wykres dystrybuanty F_Z , wykres dystrybuanty F_X oraz wykres różnicy dystrybuant $|F_Z - F_{X+Y}|$. Na wykresach dystrybuant $F_Y(x)$ daje się wyróżnić dwa zakresy stężeń: zakres poniżej i powyżej 80 ng/m^3 .

Z wykresu dystrybuanty F_Y na rysunku 9a możemy odczytać, że średniodobowe stężenia ołowiu, powodowane przez źródła działające jedynie w okresie grzewczym, niższe niż 20 ng/m^3 , występują przez ok. 45% czasu okresu grzewczego, a stężenia niższe niż 70 ng/m^3 przez 90% czasu trwania okresu grzewczego. W zakresie stężeń od 80 do 160 ng/m^3 dystrybuanta F_Y wzrasta liniowo. Z porównania jej wykresu z wykresem dystrybuanty F_X wynika, że w okresie grzewczym przez ok. 5% czasu stężenia powodowane przez źródła działające wyłącznie w okresie grzewczym są wyższe niż stężenia tła. Natomiast na rysunku 9b dystrybuanta F_Y w zakresie od 80 do 160 ng/m^3 przyrasta nieznacznie. Duży przyrost wartości tej dystrybuanty występuje powyżej 160 ng/m^3 .



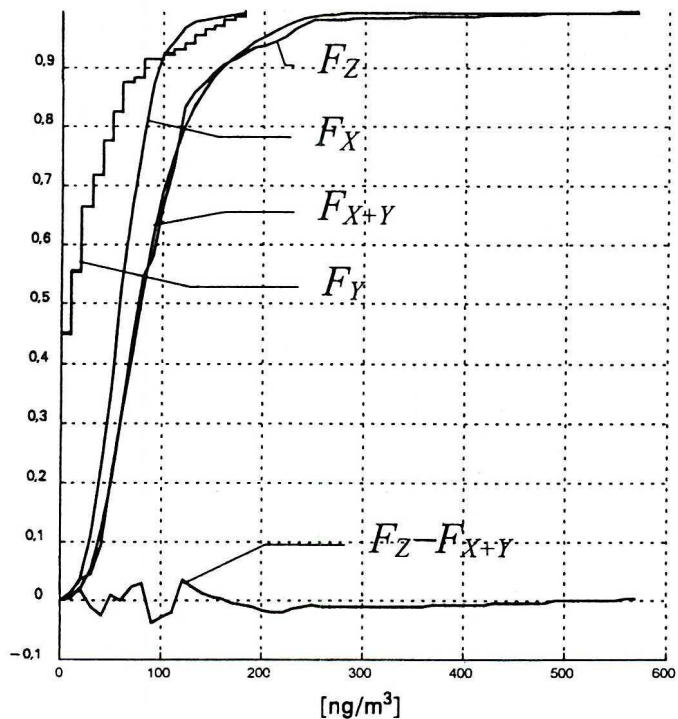
Rys. 8. Dystrybuanty zmierzonych stężeń ołowiu (linia przerywana oznacza dystrybuantę stężeń w okresie letnim, linia ciągła – w okresie grzewczym)

Cumulative distribution functions of the measured lead concentrations (broken line – for summer season, continuous line – for heating season)

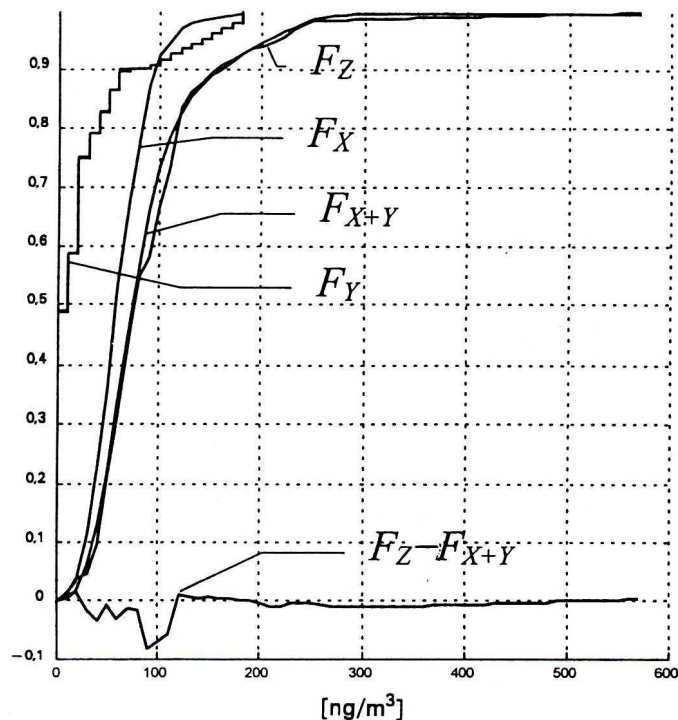
W obu przypadkach percentyle rzędu wyższego niż 92% zmiennej Y były większe niż percentyle zmiennej X . Oznacza to, że jedynie przez 8% sezonu grzewczego stężenia powodowane przez źródła działające jedynie w okresie grzewczym powodują stężenia wyższe niż źródła działające nieprzerwanie przez cały rok.

Z przedstawionej analizy wynika, że w 1999 roku w rejonie stacji pomiarowej w Pszczynie stężenia ołowiu powodowane przez źródła emisji związane z indywidualnymi gospodarstwami domowymi przez prawie 145 dni (80%) w sezonie grzewczym były co najmniej dwukrotnie niższe niż stężenia ołowiu powodowane przez źródła działające w ciągu całego roku. Jedynie przez 14 dni w okresie grzewczym stężenia ołowiu powodowane przez źródła działające wyłącznie w tym okresie były wyższe od stężeń tła w tym czasie.

a)



b)



Rys. 9. Wyznaczona dystrybuanta F_Y stężeń średniodobowych ołowiu powodowanych przez źródła działające w okresie grzewczym oraz dystrybuanty F_{X+Y} , F_X , F_Z i wykres różnicy $F_Z - F_{X+Y}$: a) dla pierwszej sesji uczenia; b) dla drugiej sesji uczenia

The determined cumulative distribution function F_Y for mean 24-hour lead concentrations resulted from emissions from sources active in heating season and cumulative distribution functions F_{X+Y} , F_X , F_Z and diagram of $F_Z - F_{X+Y}$ subtraction result: a) for the first learning session; b) for the second learning session

WNIOSKI

1. Stężenia ołowiu powodowane przez niskie źródła emisji (Y) mogą być mierzone jedynie łącznie ze stężeniami ołowiu powodowanymi przez inne źródła emisji tego zanieczyszczenia (X), traktowanymi jako tło stężeń ołowiu. Dla stężeń średniodobowych tło nie może być pominięte. Z tego powodu dystrybuanta stężeń ołowiu powodowanych przez niskie źródła emisji (charakterystyka stężeń Y) może być uzyskana przez porównanie stężeń ołowiu X i stężeń ołowiu $X + Y$ mierzonych przez stację pomiarową w okresie zimowym. Korzystając z tego, że średnia i wariancja sumy niezależnych zmiennych losowych jest równa odpowiednio sumie średnich i sumie wariancji składników, można wyznaczyć te parametry zmiennej Y . Jednak parametry te są niewystarczające dla opisu Y . Gęstość f_Y zmiennej Y spełnia równanie splotowe $F_{X+Y} = F_X * f_Y$ gdzie F_{X+Y} jest dystrybuantą sumy $X + Y$, a F_X jest dystrybuantą stężeń tła X . W pracy założono, że stężenia tła X w okresie grzewczym i w okresie letnim są zbliżone. Do rozwiązania równania $F_{X+Y} = F_X * f_Y$ wykorzystano fakt, że dystrybuanta F_{X+Y} jest dwuwarstwową siecią neuronową o funkcji przejścia F_X .

2. Zastosowana w pracy procedura analizy danych pomiarowych, wykorzystująca nieparametryczny test Smirnowa zgodności dwóch rozkładów empirycznych wykazała, że wyznaczone w okresie letnim i grzewczym stężenia kadmu są próbkami tej samej zmiennej losowej. Wskazuje to, że pomimo nieco wyższych wartości stężeń kadmu w okresie grzewczym, brak jest istotnych różnic między średniodobowymi stężeniami tego metalu w obu analizowanych sezonach. Ponieważ analiza możliwych źródeł emisji kadmu w badanym obszarze wskazuje, że są nimi zwłaszcza procesy spalania węgla, uzasadniony jest wniosek, że paleniska domowe, których aktywność znacznie wzrasta w okresie grzewczym, nie mają istotnego wpływu na kształtowanie stężeń kadmu w powietrzu w badanym obszarze.

3. Analogiczna jak w przypadku kadmu metoda analizy danych dotyczących stężeń ołowiu wykazała, że uzyskane wartości nie były próbkami tej samej zmiennej losowej. Wskazuje to, że sezonowe stężenia ołowiu w powietrzu badanego obszaru kształtowane były przez różne rodzaje źródeł emisji. Po wykluczeniu faktu zwiększonej w sezonie grzewczym emisji ołowiu ze źródeł komunikacyjnych, uzasadniony wydaje się wniosek, że obserwowany wzrost stężeń ołowiu należy kojarzyć zwłaszcza ze wzrostem aktywności palenisk domowych w sezonie grzewczym.

4. Dokonana w pracy analiza danych wskazuje na istotną ułomność prowadzenia pomiarów stężeń zanieczyszczeń w powietrzu, ograniczonych jedynie do wyznaczania wartości stężeń średniodobowych. Wadą takich pomiarów jest brak możliwości ustalenia wpływu określonych źródeł emisji na kształtowanie stężeń w punkcie pomiarowym. Jednoznaczne określenie wpływu danego źródła emisji na wartość stężenia jest możliwa w sytuacji, kiedy wyznaczane są wartości stężeń o krótkich czasach uśredniania z jednoczesną rejestracją kierunku wiatru.

LITERATURA

- [1] Hertz J., A. Krogh, R. G. Palmer: *Introduction to the theory of neural computation*, Lecture Notes, Volume I, Studies in the Sciences Complexity, Santa Fe Institute 1993.
- [2] Hławiczka S., M. Cenowski: *Inwentaryzacja emisji zanieczyszczeń powietrza na potrzeby Konwencji Genewskiej za rok 1998*, raport IETU, Katowice 2000.
- [3] Kasza H., C. Kliś: *Raport o stanie środowiska powiatu pszczyńskiego*, Starostwo Powiatowe w Pszczynie, Pszczyna 1999.
- [4] Kliś C., M. Matejczyk: *Zastosowanie sieci neuronowej do separacji stężeń zanieczyszczeń powietrza z wybranych emitorów od stężeń tła* (w przygotowaniu do druku).
- [5] Zieliński R.: *Tablice statystyczne*, PWN, Warszawa 1972.

Wpłynęło: 1 grudnia 2000, zaakceptowano do druku: 23 lutego 2001.