

Jerzy Straszko, Monika Fidecka, Luciano A. Paulo

Ocena jakości powietrza w regionach przemysłowych

Województwo szczecińskie należy do największych w kraju, a najistotniejsze źródła emisji zanieczyszczeń powietrza na jego obszarze skoncentrowane są w aglomeracji szczecińskiej. Stanowią je źródła emisji zorganizowanej, głównie przemysłowej, a także niezorganizowanej, pochodzącej z transportu samochodowego i procesów spalania węgla w gospodarstwach domowych. W niniejszej pracy badano ich wpływ na jakość powietrza atmosferycznego w całym regionie.

W południowej części aglomeracji szczecińskiej znajduje się Elektrownia „Dolna Odra”, stanowiąc największe w województwie źródło emisji SO_2 , NO_x i pyłu. W południowej części miasta położone są Elektrownia „Pomorzany” oraz ZWCh „Chemitex-Wiskord”, które emitują CS_2 i H_2S . W mieście znajdują się Elektrownia „Szczecin” (SO_2 , NO_x), ZCh „Szczecin” (ksylen, toluen, inne węglowodory aromatyczne) oraz Stocznia Szczecińska (węglowodory alifatyczne i aromatyczne). W północnej części miasta położona jest Huta „Szczecin” (CO , SO_2 , pył); SZNF (SO_2 , NO_x , H_2SO_4 , związki fluoru) oraz papiernia „Skolwin” (SO_2 , NO_x , pył). W północnej części aglomeracji są zlokalizowane ZCh „Police” (związki fluoru, SO_2 , NH_3 , H_2SO_4 , pył). Poza aglomeracją szczecińską większe źródła emisji, głównie energetyczne, występują na terenach Stargardu Szczecińskiego, Świnoujścia, Kamienia Pomorskiego, Gryfic i Goleniowa.

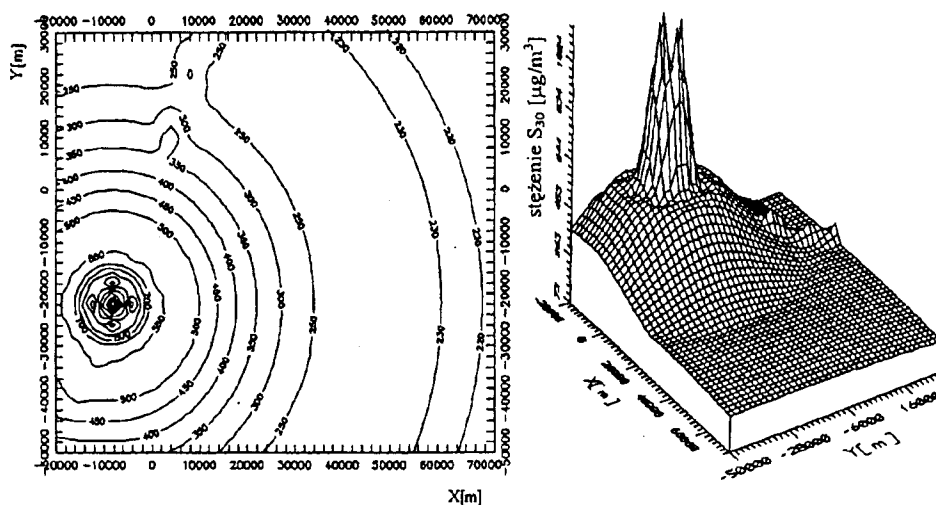
Według danych WIOŚ [1] wielkości emisji podstawowych zanieczyszczeń w 1995 r. były następujące: SO_2 – 87.421 t/a, NO_x – 35.557 t/a, CO – 20.629 t/a oraz pyłu – 20.447 t/a. Zanieczyszczeniami charakterystycznymi dla aglomeracji szczecińskiej są: CS_2 , H_2SO_4 , NH_3 , H_2S oraz związki fluoru. Ich emisja wynosiła: 869 t CS_2 /a, 1.164 t H_2SO_4 /a, 2.239 t NH_3 /a, 104 t H_2S /a oraz 35,9 tHF/a.

Stan powietrza atmosferycznego ocenia się na podstawie obowiązujących norm [2], które dotyczą emisji danego zanieczyszczenia oraz jakości powietrza, określanej przez dopuszczalne stężenia substancji toksycznych w powietrzu. Przy kompleksowej ocenie zwykle uwzględnia się tylko stężenia chwilowe (S_{30}) i średnioroczne (S_a). W niniejszej pracy przy ocenie stopnia wykorzystania zasobów atmosfery zastosowano także kryterium Rutkowskiego [3].

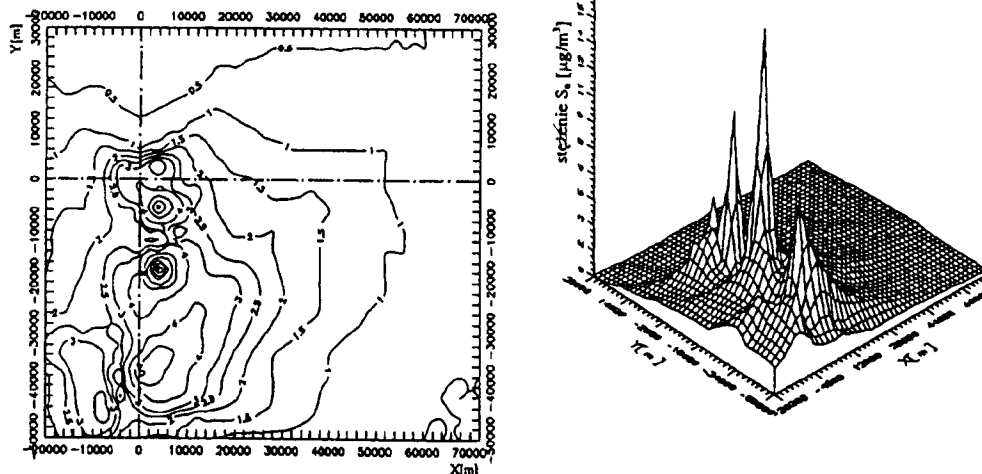
Wielkość emisji określa się na podstawie bezpośrednich pomiarów, natomiast imisję można wyznaczyć na podstawie pomiarów, albo też metodą matematycznego modelowania rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w atmosferze [4]. Pierwszy sposób wymaga odpowiednio rozbudowanej, kosztownej sieci monitoringu. W regionie szczecińskim w części sieć taka została zbudowana [5,6].

Wyniki oceny stanu atmosfery w regionie z wykorzystaniem sieci monitoringu podano w pracach [4–6]. Stwierdzono, że w 1995 roku maksymalne stężenia średnioroczne podstawowych zanieczyszczeń wystąpiły na terenie miasta i wynosiły: NO_x – 129,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (norma 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), CO – 104,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (norma 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO_2 – 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (norma 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Druga metoda określania imisji polega na matematycznym modelowaniu propagacji zanieczyszczeń w atmosferze. Obowiązujące w kraju zasady obliczeń zostały podane w wytycznych [7].

Obliczenia wykonuje się na podstawie wyznaczonych doświadczalnie wielkości emisji oraz technicznych parametrów emitorów. Takie dane dla regionu szczecińskiego zamieszczono w pracy [8]. Metodę zweryfikowano porównując stężenia obliczone i zmierzone [8].



Rys. 1. Rozkład stężeń chwilowych sumarycznego SO_2 (1995 r.)

Rys. 2. Rozkład stężeń średniorocznych sumarycznego SO₂ (1995 r.)

Wyniki obliczeń

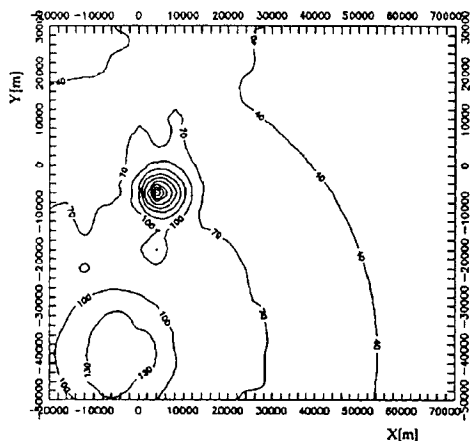
Uciążliwość dla atmosfery jedenastu największych zakładów przemysłowych oceniono na podstawie rozkładów stężeń zanieczyszczeń podstawowych (SO₂, NO_x), wybranego zanieczyszczenia specyficznego (związki fluoru) oraz sumarycznego równoważnego SO₂. Wartości stężeń poszczególnych zanieczyszczeń podano dla powierzchni gruntu.

Sumaryczne stężenie SO₂

Obliczone rozkłady stężeń chwilowych sumarycznego SO₂ przedstawiono na rysunku 1, a stężeń średniorocznych na rysunku 2. Widać, że na obszarze aglomeracji szczecińskiej stwierdzono występowanie kilku centrów o podwyższonym stężeniu SO₂. Były one położone w rejonie Polic, na terenie miasta i w otoczeniu Elektrowni „Dolna Odra”. Widać też, że na pewnym obszarze w części północnej, stężenia chwilowe sumarycznego SO₂ były wyższe od stężenia dopuszczalnego dla obszarów chronionych, natomiast obliczone stężenia średnioroczne na terenie całej aglomeracji były niższe od dopuszczalnych. Należy zauważyć, że wykonując pomiary z wykorzystaniem sieci monitoringu także nie stwierdzono przekroczenia normatywnego stężenia średniorocznego SO₂ [5].

Sumaryczne stężenie NO_x

Obliczone rozkłady chwilowego stężenia sumarycznego NO_x przedstawiono na rysunku 3, a sumarycznego stężenia średniorocznego NO_x na rysunku 4.

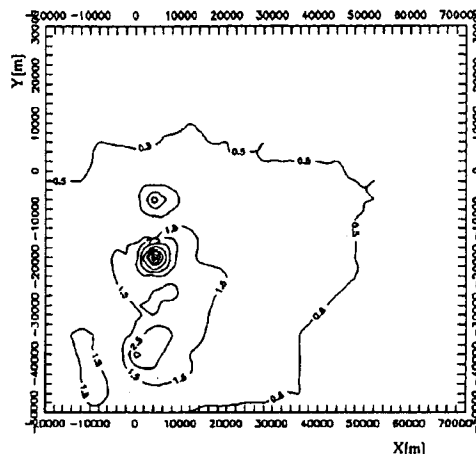
Rys. 3. Wybrane izolinie stężeń chwilowych (S₃₀, µg/m³) sumarycznego NO_x (1995 r.)

Widać, że emitowane w 1995 roku ilości NO_x z największych zakładów przemysłowych aglomeracji szczecińskiej nie powodowały przekroczenia stężeń dopuszczalnych dla NO_x. Tlenki azotu, szczególnie w rejonach dużego natężenia ruchu samochodowego, pochodzą głównie z transportu. Z pomiarów wynika, że na tych obszarach normy były znacznie przekraczane [5]. Zasadniczy udział w generowaniu sumarycznego stężenia NO_x miała tu zatem emisja niezorganizowana.

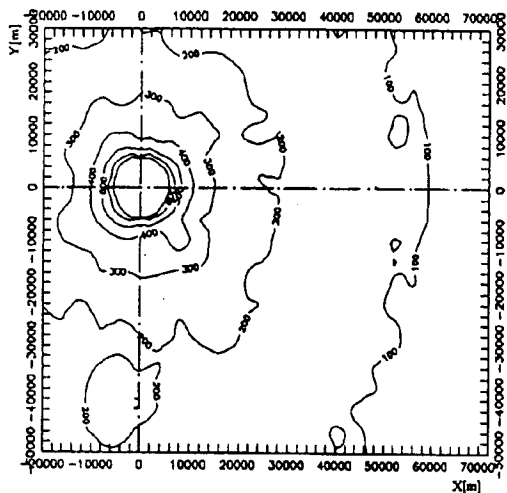
Sumaryczne stężenie rozpuszczalnych w wodzie związków fluoru

Związki fluoru, obok CS₂ i H₂S, są w aglomeracji szczecińskiej zanieczyszczeniami specyficznymi. Fluor i jego związki należą do grupy bardziej toksycznych, ulegających akumulacji w organizmach żywych, substancji. Fluor w gazach zwykle występuje w postaci fluorowodoru albo tetrafluorku krzemu [9]. W aglomeracji szczecińskiej jest on emitowany przez wytwórnię nawozów fosforowych oraz elektrownie węglowe. W obliczeniach uwzględniono wszystkie znane źródła emisji związków fluoru, także emisję niezorganizowaną, pochodzącą z hałd w rejonie Polic. Z uwagi na szczególne właściwości toksyczne związków fluoru zamieszczono zarówno wyniki dotyczące rozkładu stężeń jak i rezultaty badań biologicznych.

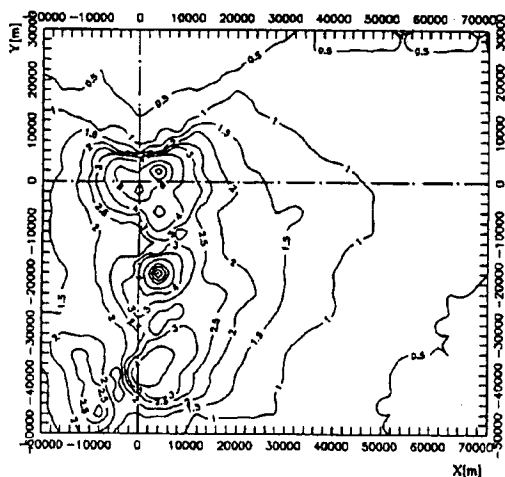
Obliczone na podstawie najwcześniejszych danych o emisji (1983 r.) rozkłady stężeń wykazały, że w tym czasie na obszarze w odległości około 8 km od ZCh „Police” stężenie

Rys. 4. Wybrane izolinie stężeń średniorocznych (S_a, µg/m³) sumarycznego NO_x (1995 r.)

chwilowe związków fluoru wynosiło $877 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i było wyższe około 30-krotnie od stężenia dopuszczalnego, natomiast stężenie średnioroczne wynosiło wtedy $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i było 10-krotnie wyższe od dopuszczalnego. W latach następnych, głównie pod naciskiem opinii publicznej, podjęto działania zmierzające do ograniczenia emisji związków fluoru. Dla przykładu, w 1992 roku maksymalne stężenie chwilowe w rejonie Polic było już tylko trzykrotnie wyższe od dopuszczalnego, a średnioroczne dwukrotnie. W ostatnich latach poziomy emisji i imisji są w zasadzie stabilne. Stan ten charakteryzują dane pokazane na rysunkach 5 i 6. Widać, że na terenie całej aglomeracji stężenia S_{30} i S_a rozpuszczalnych w wodzie związków fluoru były niższe od wartości dopuszczalnych.



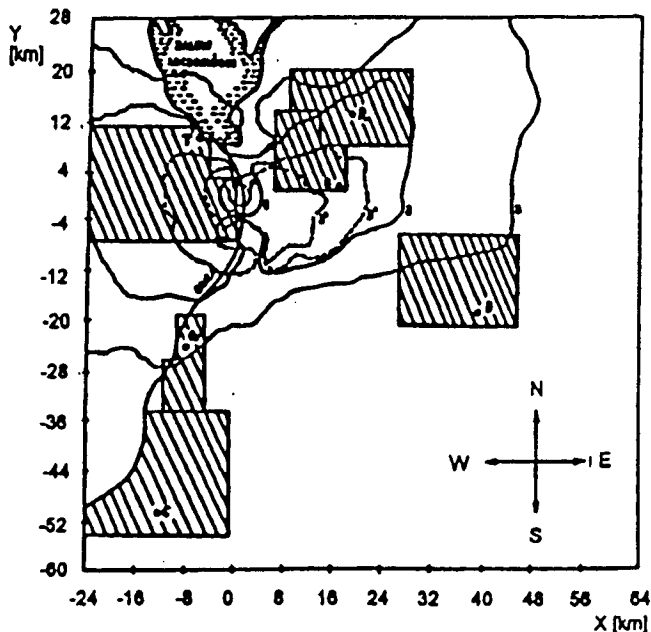
Rys. 5. Wybrane izolinie stężeń chwilowych ($S_{30} \cdot 10^2, \mu\text{g}/\text{m}^3$) sumarycznego fluoru (1995 r.)



Rys. 6. Izolinie stężeń średniorocznych ($S_a \cdot 10^2, \mu\text{g}/\text{m}^3$) sumarycznego fluoru (1995 r.)

Powszechnie przyjmuje się, że przy spełnieniu norm jakości powietrza emitowane substancje nie powinny działać toksycznie na organizmy żywe. Jednakże takie przekonanie nie zawsze jest uzasadnione. W badaniach nad wpływem związków fluoru na zwierzynę wolnożyjącą, a zwłaszcza na akumulację fluoru w jej układzie kostnoszkieletowym, zaobserwowano szereg niepożądanych objawów (zaburzenia mineralizacji, niedorozwój orzęza, kruchość szabel) [10].

Należy podkreślić, że – jak wykazały obliczenia własne – w całym okresie objętym badaniami biologicznymi [10] stężenia związków fluoru w powietrzu były znacznie niższe od dopuszczalnych (rys.7).



Rys. 7. Izolinie stężeń średniorocznych fluoru dla rejonu Szczecina i Polic (1, 2, 3 dotyczą 1982 r., a 1', 2', 3' 1990 r.; 1,1' oznacza wartość $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 2,2' – $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 3,3' – $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ powietrza atmosferycznego (norma wynosi $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$); symbole nadleśnictw: T – Trzebież, G – Goleniów, R – Rokita, Gr – Gryfino, C – Chojna, D – Dobrzany)

Ocena wykorzystania zasobów atmosfery

W wielu pracach wykazano, że przy jednoczesnym występowaniu w powietrzu szeregu zanieczyszczeń, ich oddzielne traktowanie, jak wymagają tego obowiązujące normy, nie daje właściwej oceny jakości powietrza. Przy różnym możliwym oddziaływaniu zanieczyszczeń na środowisko najczęściej działanie ich sumuje się. Aby to uwzględnić Rutkowski [3] zaproponował następujące kryterium:

$$\sum S_i/D_i \leq 1,5 \quad (1)$$

gdzie:

S_i – stężenie aktualne zanieczyszczenia, $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
 D_i – wartość dopuszczalna stężenia, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dla uproszczenia obliczeń w niniejszej pracy zastosowano pojęcie emisji równoważnej:

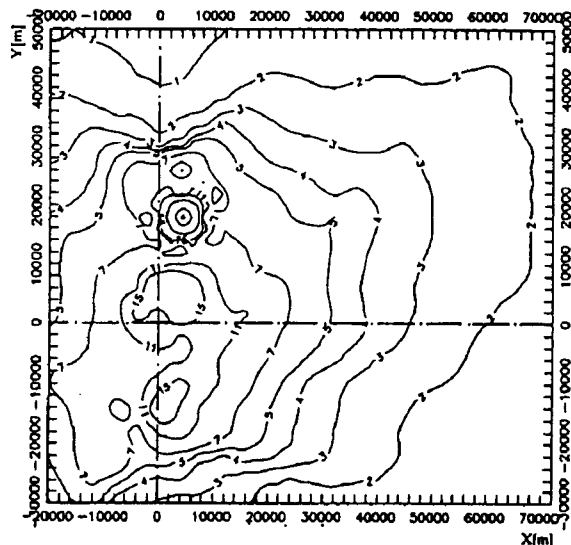
$$E_r = \sum t_i E_i \quad (2)$$

gdzie:

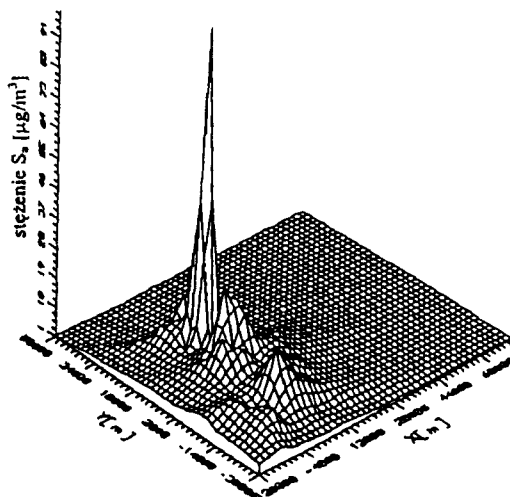
E_r – emisja równoważna, kg/h,
 E_i – emisja danego zanieczyszczenia, kg/h,
 t_i – współczynnik toksyczności.

Jako związek modelowy przyjęto SO_2 , przy czym współczynniki toksyczności przyjęto z pracy [9]. Ze wzoru (2) obliczono dla każdego emitora, znajdującego się na terenie rozpatrywanych zakładów, emisję równoważną, a potem wyznaczono rozkłady stężeń równoważnego sumarycznego SO_2 dla aglomeracji szczecińskiej (rys.8).

Widać, że na niektórych obszarach tej aglomeracji zasoby atmosfery zostały już wyczerpane. Są zatem potrzebne działania zmierzające do ograniczenia emisji zanieczyszczeń. Otrzymane rezultaty wskazują, że kryterium Rutkowskiego jest bardzo użyteczne przy ocenie jakości powietrza w regionach przemysłowych, a zwłaszcza do oceny stopnia wykorzystania zasobów atmosfery przez poszczególne zakłady przemysłowe.



Rys. 8. Rozkład stężeń średniorocznych dla sumarycznej emisji równoważnej



Podsumowanie

Przedstawione w pracy wyniki badań wykazały, że przy kompleksowej ocenie jakości powietrza w regionach przemysłowych należy stosować jednocześnie monitoring i modelowanie matematyczne rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w atmosferze. Na podstawie uzyskanych rezultatów można stwierdzić, że w aglomeracji szczecińskiej przekroczenia dopuszczalnych stężeń NO_x i CO występują na terenie miasta i są one spowodowane głównie przez transport samochodowy. W całej aglomeracji, według obowiązujących obecnie norm, stan atmosfery można uznać za zadowalający. Jest przy tym istotne, że emisje przemysłowe nie powodują przekroczeń stężeń normatywnych.

LITERATURA

1. T. MUTKO: Monitoring powietrza atmosferycznego w Województwie szczecińskim. Mat. konf., N. Czarnowo 1995, s. 11.
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z 14-03-1990 r. w sprawie ochrony powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniami. Dz. U. nr 15, poz. 92, Warszawa 1990.
3. J. RUTKOWSKI: Współwystępowanie substancji toksycznych jako problem oceny stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Mat. I symp. „Ocena wielkości imisji zanieczyszczeń powietrza – POL-IMIS '95”, PZITS, PWr., Szklarska Poręba 1995, ss. 15–20.
4. P. ZANNETTI: Air pollution modeling theories, computational methods and available software. Van Nostrand Reinhold, New York 1990.
5. R. REWAJ: Stacje pomiarów ciągłych w Szczecinie. Mat. konf., Czarnowo 1995, s. 19.
6. J. ROKICKI, W. STASZKIEWICZ: Wdrożenie systemu ciągłych pomiarów emisji i imisji zanieczyszczeń powietrza w elektrowni Dolna Odra. Mat. konf., Czarnowo 1995, s. 51.
7. S. CHRÓŚCIEL i in.: Wytyczne obliczenia stanu powietrza atmosferycznego. MAGTiOŚ, Warszawa 1981/83.
8. L. A. PAULO: Analiza pól imisji zespołów źródeł punktowych. Praca doktorska, Szczecin 1996.
9. J. KONIECZYŃSKI: Oczyszczanie gazów odlotowych. Politechnika Śląska, Gliwice 1990.
10. Z. MACHOY: Biologiczne zagrożenie zwierzyny płowej związkami fluoru na terenach przyszłego Parku Nadodrzańskiego. Mat. V symp. fluorowego, Szczecin 1992, s. 9.
11. E. DĄBROWSKA, Z. MACHOY, J. STRASZKO, H. ZAKRZEWSKA, K. PASZKIEWICZ: Obszary Pomorza Zachodniego, gdzie najdłuższej utrzymuje się zagrożenie zwierzyny płowej przez emisje przemysłowe zawierające związki fluoru. Bromat, Chem. Toksykol., 1995, XXVIII, s. 271.

Assessment of Air Quality in Industrial Areas

The method of how to assess air quality over industrial areas is shown on the example of the city of Szczecin (in the north-west of Poland, near the coast of the Baltic Sea). In this method, use is made of monitoring data and mathematical models describing the migration of airborne pollutants. It was found that the admissible levels of NO_x and CO were exceeded only in the

atmosphere over the city of Szczecin. And this should be attributed primarily to car emissions. In terms of environmental standards (which are in force now), air quality in the entire agglomeration can be regarded as satisfactory. It is worth noting that industrial emissions did not make the concentrations of airborne pollutants exceed the admissible levels.