

## **Próba oceny skażenia powietrza dwutlenkiem siarki w obszarze wpływów Petrochemii Płock S.A. za pomocą stref lichenindykacyjnych**

### **Attempt of valuation of sulphur dioxide air pollution in region of influence Petrochemia Plock by means of lichens-indication areas**

#### **Wprowadzenie**

Jedną z bezpośrednich przyczyn degradacji środowiska naturalnego jest skażenie powietrza atmosferycznego. Głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza jest pozyskiwanie energii z paliw nieodnawialnych, takich jak węgiel kamienny, paliwa płynne i gazowe. Polski węgiel kamienny zawiera przeciętnie 0,8% siarki, przy czym udział ten waha się od 0,5–5%. Tak więc jedną z podstawowych substancji zanieczyszczających powietrze jest dwutlenek siarki, który obok działania bezpośredniego wpływa na środowisko także pośrednio (kwaśne deszcze).

Z wyjątkiem sporadycznych przypadków mających charakter klęsk, wpływ dwutlenku siarki na środowisko wynika z oddziaływania długotrwałego. Ma to szczególne znaczenie w odniesie-

niu do flory pozostającej stale pod długotrwałym wpływem szkodliwych emisji. Bezpośrednie pomiary skażenia powietrza atmosferycznego wykonywane są różnymi metodami w stacjach ogólnopolskiego monitoringu środowiska Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska, Państwowej Inspekcji Sanitarnej, stacjach kontrolnych zakładów przemysłowych w dużym stopniu oddziałujących na środowisko. Do metod pomiarów pośrednich zaliczyć można metody oparte na **bioindykacji**, rozumianej jako czerpanie informacji o świecie na podstawie reakcji organizmów żywych, roślin i zwierząt na zmiany zachodzące w otaczającym je środowisku.

Do testowania jakości środowiska rośliny stosowano już w XIX wieku. Belg W. Nylander i Niemiec S. Arnold w 1860 roku zaobserwowali wrażliwość mchów i porostów na pogarszanie się jakości powietrza. Reakcja roślin objawiała się

zmianą barwy i obumieraniem plech (Sokół 1993). W tym samym czasie R. Sernander (Fałtynowicz 1995) badał zanik porostów w Monachium i Sztokholmie. Po raz pierwszy zwrócił on uwagę na fakt, że wokół miasta tworzą się strefy o podobnym stopniu destrukcji plech porostowych. Wprowadził on terminy: pustynia porostowa, strefa walki, strefa normalnego wzrostu.

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych naszego wieku, gdy nastąpił wzrost zanieczyszczeń i ich uciążliwości, zainteresowano się ponownie możliwością indykacji skażeń powietrza za pomocą porostów.

W 1970 roku w *Nature* opublikowali badania z terenów Wielkiej Brytanii D.L. Hawksworth i F. Rose (Sokół 1993). Potwierdzały one spostrzeżenia Sernandera o strefach porostowych wokół miast, z tym że Hawksworth i Rose skorelowali strefy z zawartością dwutlenku siarki w atmosferze. Wydzielili oni 11 stref zagrożenia oraz wyróżnili najczęściej występujące tam porosty. Według nich strefa zerowa, najbardziej skażona, odpowiada pustyni porostowej, nie ma w niej w ogóle porostów. W pierwszej strefie stężenia dwutlenku siarki przekraczają  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i na drzewach występują tylko glony protokokkoidalne (*Protococcus*). Porosty pojawiają się dopiero od drugiej strefy, gdzie stężenia dwutlenku siarki mają wartość około  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Przy przejściu od strefy trzeciej do jedenastej pojawia się coraz więcej porostów, a oprócz form skorupiastych pojawiają się także listkowate i krzaczkowate przy czym stężenia dwutlenku siarki zmniejszają się odpowiednio aż do poziomu tła.

## Cel badań

Celem badań autorki (Szyber 1998) była ocena przydatności metody porostowych gatunków wskaźnikowych do szacowania wielkości zanieczyszczeń powietrza przez dwutlenek siarki na przykładzie okolic Petrochemii Płock S.A., polegająca na:

- wyznaczeniu stref lichenoindykacyjnych i sporządzeniu map lichenoindykacyjnych na wybranym terenie, pozostającym pod długotrwałym wpływem działania dwutlenku siarki,
- przeprowadzeniu analizy porównawczej stężeń dwutlenku siarki, oszacowanych na podstawie skali lichenoindykacyjnej i otrzymanych innymi metodami (pomiaru bezpośrednie w stacjach WIOŚ-ii, Petrochemii, badania zawartości  $\text{SO}_2$  w śniegu).

Wybór Płocka na miejsce badań nie był przypadkowy. Zanieczyszczenia emitowane do atmosfery przez Petrochemię w Płocku to głównie dwutlenek siarki, następnie węglowodory, tlenki węgla i azotu, a ponadto duże ilości trójtlenku siarki, pięciotlenku wanadu i metali ciężkich (Petrochemia 1998). Teren więc nadawał się do dokonania próby przypisania określonych stężeń  $\text{SO}_2$  poszczególnym strefom porostowym. Korelację tę uzasadniał skład zanieczyszczeń emitowanych przez Petrochemię, gdyż poza dwutlenkiem siarki i tlenkiem azotu (których działanie polega na potęgowaniu oddziaływania  $\text{SO}_2$ ), nie było tu innych związków mających wpływ na porosty.

## Metodyka badań

Do oceny skażenia powietrza dwutlenkiem siarki w rejonie Petrochemii Płock zastosowano metodę porostowych gatunków wskaźnikowych (Duszkar i Wiącek 1986, Marska 1988). Metoda ta powiązana ze zmodyfikowanymi korelacjami Hawkswortha i Rose'a (Sokół 1993) pozwala na otrzymanie obrazu rozkładu stężeń wokół źródła skażenia. Modyfikacja korelacji Hawkswortha i Rose'a konieczna była z powodu mniej wilgotnego klimatu Polski w porównaniu do atlantyckiego klimatu Anglii i Walii i polegała na przyjęciu w Polsce nieco wyższych wartości stężeń, charakterystycznych dla poszczególnych stref lichenindykacyjnych (Le Blanca i in. 1976, Kiszka 1977). Metoda gatunków wskaźnikowych polega na opisanu istniejących na danym terenie wszystkich gatunków porostów, wybraniu charakterystycznych dla tego

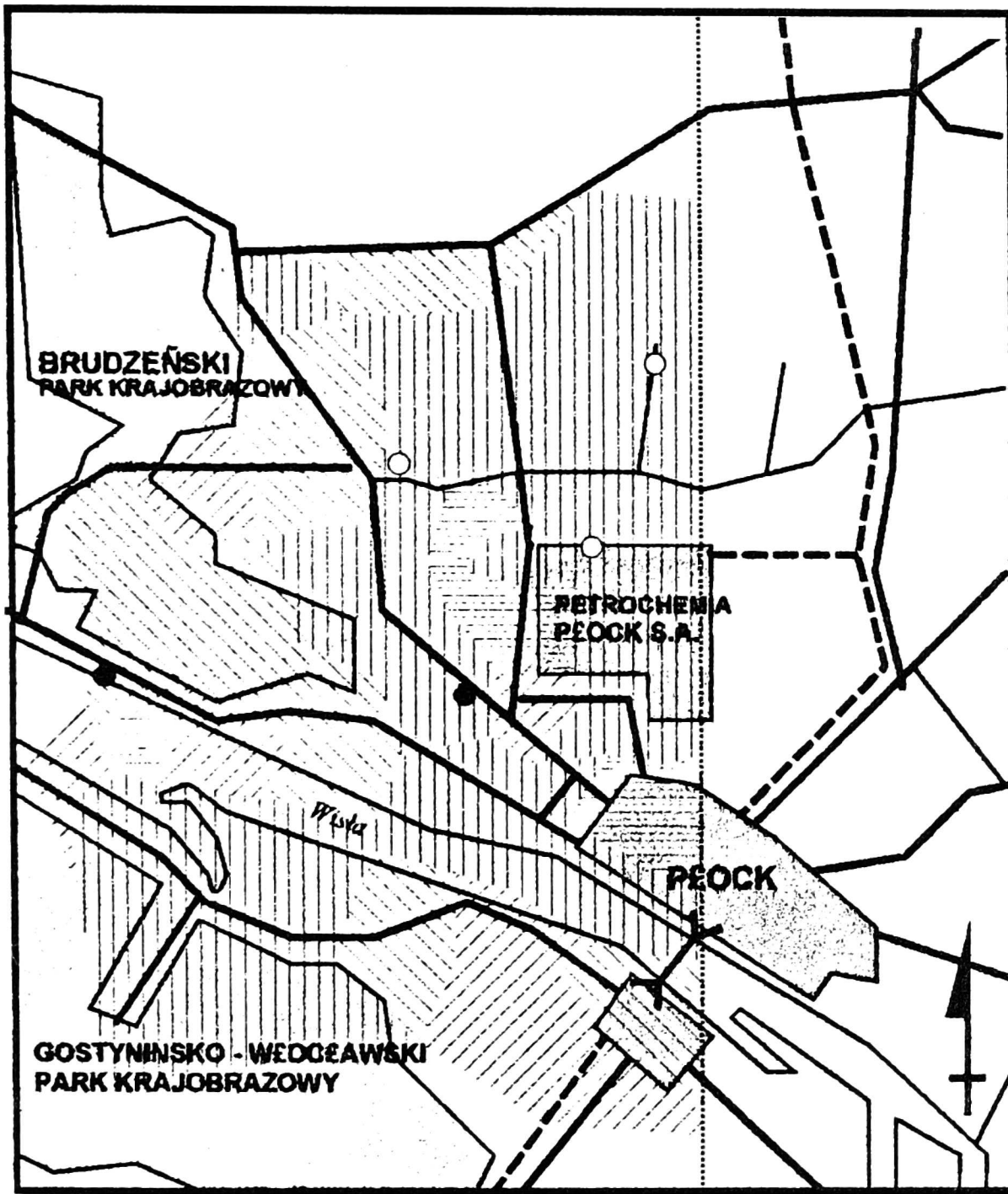
obszaru gatunków wskaźnikowych i wyznaczeniu za pomocą skali porostowej stref lichenindykacyjnych. Skala ta umożliwia przypisanie poszczególnym obszarom przybliżonych stężeń  $\text{SO}_2$  i sporządzenie na tej podstawie mapy lichenindykacyjnej; przez interpolacje danych z punktów pomiarowych. Przyjęto listę bioindykacyjną (skale porostową) podaną w tabeli.

Badany obszar to teren o powierzchni ok. 13 600 ha, położony po zachodniej stronie Petrochemii Płock S.A., obejmujący część miasta Płock oraz fragment Gostynińsko-Włocławskiego Parku Krajobrazowego, znajdującego się na lewym brzegu Wisły (rys.). Przybliżone granice badanego terenu wyznaczają miejscowości: Draganie, Dziarnowo, Proboszczewice, Kamionki, Sikórz, Murzynowo, Wola Brwileńska, Sędeń, Góry, Radziwie, Płock.

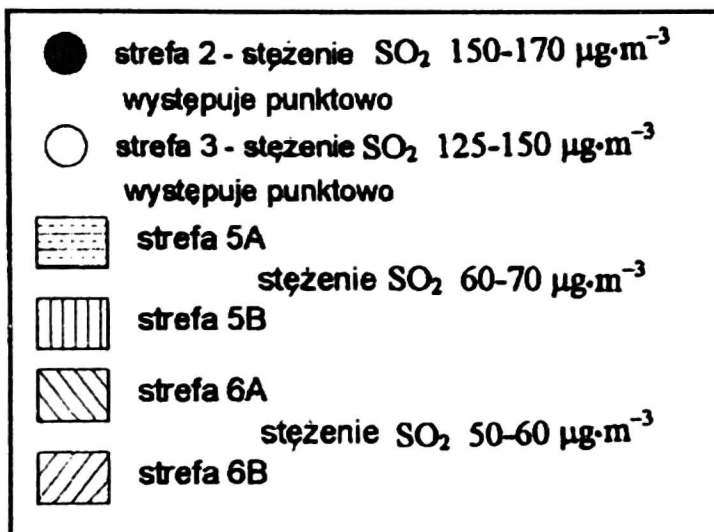
TABELA. Lista bioindykacyjna stężeń  $\text{SO}_2$  (Kiszka 1977)

TABLE. Bioindication list of sulphur dioxide concentration (by Kiszka 1977)

| Stopień<br>Index | Stężenie $\text{SO}_2$<br>Concentration $\text{SO}_2$<br>[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Wyróżniające gatunki porostów<br>Distinguishing lichens species   |
|------------------|---|---|
| 0                | –   | Brak epifitów   |
| 1                | ponad 170   | Glon <i>Desmococcus viridis</i>   |
| 2                | 150–170   | misecznica proszkowata <i>Lecanora conizaeoides</i> , glon <i>Desmococcus viridis</i>   |
| 3                | 125–150   | Liszajec zwyczajny <i>Lepraria incana</i> , brunatka kropkowata <i>Buellia punctata</i> i inne  |
| 4                | 70–125  | Tarczownica bruzdkowana <i>Parmelia. sulcata</i> i złotorost ścienny <i>Xantoria parientina</i> i inne  |
| 5                | 60–70   | Mąkla tarniowa <i>Evernia prunastri</i> , obrost drobny <i>Physcia tenella</i> , obrost kolisty <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , złotorost postrzępiony <i>Xantoria candelaria</i> , misecznica jaśniejsza <i>Lecanora chlarotera</i> i inne |
| 6                | 50–60   | Gatunki z rodzajów tarczownic <i>Parmelia</i> , misecznic <i>Lecanora</i> oraz złotorost wieloowocnikowy <i>Xantoria polycarpa</i> i inne   |



1 km



RYSUNEK. Rozkład stężenia  $\text{SO}_2$  wyznaczony na podstawie listy bioindykacyjnej  
 FIG. Distribution sulphur dioxide concentration based on lichens bioindication list

Badania terenowe odbywały się od września 1997 roku do maja 1998 roku. Badany obszar został pokryty siecią 50. punktów badawczych, oddalonych od siebie prawie o 1–2 km. W każdym punkcie zbadane zostały do wysokości 1,5 m nie 10 drzew. Punkty najczęściej umieszczane były przy drogach, ponieważ przydrożne drzewa niejednokrotnie były jedynymi występującymi lub nadającymi się do badania. Porosty spisywane były w miarę możliwości ze starszych drzew liściastych, z pominięciem drzew obcych gatunków np. grochodrzewu czy kasztanowca oraz gatunków słabo porastających porostami, np. dębów.

Gatunki porostów oznaczane były za pomocą klucza do oznaczania porostów (Lipnicki i Wójciak 1995) oraz odczynników chemicznych (10% roztworu KOH, roztworu wodnego podchlorynu wapnia) dających określone reakcje barwne. Rozpoznane gatunki porostów wpisane zostały do raptularzy z zaznaczeniem procentowego lub powierzchniowego stopnia pokrycia pnia i z ewentualnymi uwagami dotyczącymi wyraźnego zniszczenia plechy porostu.

W zbadanych punktach oznaczono 20 gatunków drzew. Najczęściej występującymi gatunkami były: klon zwyczajny (*Acer platanoides*), klon polny (*Acer campestre*) i brzoza brodawkowata (*Betula pendula*). Na drzewach oprócz glonu *Desmoccocus viridis* stwierdzono obecność 12 gatunków porostów: misecznicy proszkowatej (*Lecanora conizaoides*), obrostu drobnego (*Physcia tenella*), obrostu kolistego (*Physcia orbicularis*), złotorostu ściennego (*Xantoria parientina*), złotorostu wieloowocnikowego

(*Xantoria polycarpa*), złotorostu postrzępionego (*Xantoria candelaria*), liszajca zwyczajnego (*Lepraria incana*), brunatki kropkowanej (*Buellia punctata*), tarczownicy bruzdkowanej (*Parmelia sulcata*), makli tarniowej (*Evernia prunastri*), chrobotka szydlastego (*Cladonia coniocraea*) i misecznicy jaśniejszej (*Lecanora chlarotera*).

Po przypisaniu poszczególnym punktom pomiarowym wartości ze skali porostowej, sporządzono przez interpolację mapę lichenindykacyjną na podkładzie z mapy topograficznej w skali 1:10 000 (rys.).

## Wyniki badań

Na badanym obszarze (na zachód od Petrochemii Płock S.A.) nie stwierdzono miejsc należących do stref 0 i 1, a więc odpowiadających największym stężeniom dwutlenku siarki – ponad  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Stężenia  $\text{SO}_2$  odpowiadające strefom 2 i 3 (odpowiednio stężenie  $\text{SO}_2$  pomiędzy  $150\text{--}170$  i  $125\text{--}150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) stwierdzono sporadycznie i nie uwzględniono ich przy przedstawianiu ogólnej tendencji w rozkładzie zanieczyszczeń w rejonie Petrochemii. Stężeń dwutlenku siarki odpowiadających czwartej strefie nie zaobserwowano.

Na badanym terenie dominowały obszary należące do strefy 5 (o stężeniu  $\text{SO}_2$  pomiędzy  $60\text{--}70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Znajdowały się one w bezpośredniej bliskości Petrochemii i w mieście Płocku. Strefę tę podzielono na dwie podstrefy 5A i 5B (rys.). Do podstrefy 5A przypisano punkty, na których występowały porosty charakterysty-

czne dla strefy 5, ale znajdowały się one w ilościach śladowych, na mniej niż 5 drzewach w punkcie. Podstrefę 5A mamy po zachodniej stronie zakładu oraz w mieście po prawej stronie Wisły. Podstrefa 5B charakteryzowała się obfitym występowaniem gatunków wskaźnikowych, a przy tym pokrycie pni drzew porostami wynosiło co najmniej 1% lub przy pokryciu śladowym ( $> 1\%$ ) gatunki te obecne były na 5 i więcej drzewach w punkcie.

Za strefą piątą, w dalszej odległości od Petrochemii, znajdowały się obszary należące do strefy szóstej – najmniej skażonej (o stężeniu  $\text{SO}_2$  pomiędzy 50–60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Podobnie jak strefa 5 podzielona została ona na dwie podstrefy. Strefy 5 i 6 tworzyły po zachodniej stronie Petrochemii obszary stanowiące fragment elipsy, która prawdopodobnie rozszerzać się będzie po stronie wschodniej zakładu.

Dla badanego terenu pomiary stężenia dwutlenku siarki prowadzone są w automatycznych stacjach służb Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (WIOS – 3 stacje), Państwowej Inspekcji Sanitarnej (WSSE – 3 stacje) oraz Petrochemii Płock S.A (4 stacje). Stężenia średnioroczne dwutlenku siarki w Płocku w roku 1996 pomierzone przez różne stacje wynosiły (*Atlas 1997*) od 8,1 do 23,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , średnio 14,04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – nie przekraczały więc normy, która wynosi 32  $\text{mg SO}_2/\text{m}^3$ . Stężenia  $\text{SO}_2$  w poprzednich latach były większe, ale wykazywały na ogół tendencję spadkową. W 1991 roku było to – 24,0  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ , w 1992 – 17,5, w 1993 – 17,9, w 1994 – 13,8, w 1995 – 9,5, w 1996 – 13,5.

Głównym źródłem emisji na badanym terenie jest Petrochemia Płock S.A.

Zakład położony jest w północno-zachodniej części miasta i zajmuje powierzchnię ok. 1600 ha. Mimo znacznego ograniczenia ilości emitowanych do powietrza zanieczyszczeń (Petrochemia 1998), zajmuje on wciąż pierwsze miejsce pod względem emisji zarówno na terenie miasta, jak i dawnego województwa. Udział Petrochemii w emisji gazów wynosi 94,9% w stosunku do emisji całego miasta (dla dwutlenku siarki udział zakładu w emisji miasta wynosi 98,6%). Stężenia dwutlenku siarki w Płocku w 1996 roku, wynikające z działalności zakładów przemysłowych, tworzą wokół zakładów elipsy o maksymalnych wartościach stężeń przy źródłach emisji i malejących stężeniach w miarę oddalania się od tych źródeł. Najwyższe stężenie równe 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  stwierdzono na terenie Petrochemii (*Atlas 1997*).

Zaznaczyć należy, iż nie obserwuje się wyraźnego wpływu wysokiej emisji dwutlenku siarki z Petrochemii Płock S.A. na podwyższenie poziomu emisji tego zanieczyszczenia w powietrzu na obszarze aglomeracji miejskiej i sąsiadujących z nią terenach. Zanieczyszczenie to bowiem, głównie emitowane z elektrowni Petrochemii przez wysokie kominy, przenoszone jest na dalsze obszary, nawet poza byłe województwo płockie (z elektrowni pochodzi 68,24% emisji  $\text{SO}_2$  Petrochemii, stan na rok 1997). (Petrochemia 1988, *Atlas 1997*).

Stwierdzić należy, że mapa lichenindykacyjna, wykonana na podstawie spisu gatunków wskaźnikowych, podobnie przedstawia charakter rozkładu zanieczyszczeń jak bezpośrednie pomiary (maksymalne przy źródle), ale stężenia,

na które wskazuje skala porostowa, są dużo wyższe. Blisko Petrochemii przyjmują wartości  $60 \text{ SO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a dalej  $50 \text{ SO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Stężenia wynikające z mapy PIOŚ-iu zostały pomierzone w punktach pomiarowych w danym roku i są stężeniami średnimi. Mapa lichenindykacyjna, bazująca na informacjach „zapisanych w porostach”, może przedstawiać najwyższe stężenia, także pochodzące sprzed wielu lat, których wpływ kumulował się.

Stężenia dwutlenku siarki otrzymane metodą porostowych gatunków wskaźnikowych porównano także z danymi pochodzącymi z wcześniejszych lat i określającymi krótkotrwałą, dotyczącą 3–4-tygodniowego okresu czasu emisję zanieczyszczeń. W lutym 1981 i 1983 roku zespół Mazowieckiego Obserwatorium Geograficznego WGSR UW badał chemizm śniegu na obszarze wokół Petrochemii (Lenart 1985). Według tych badań najwyższe stężenia  $\text{SO}_4^-$  – o wartości  $660 \text{ mg}/\text{m}^3$ , otrzymane z próbek śniegu, występowały na terenie Petrochemii i miasta.

Powyższe dane są bliższe stężeniom otrzymanym metodą lichenindykacyjną niż stężenia z pomiarów bezpośrednich. Stężenia wynikające ze skali porostowej ukazują bowiem wysokie, chwilowe stężenia, na jakie narażone były porosty w czasie swojej wegetacji, a nie odzwierciedlają obecnego stanu środowiska.

## Wnioski

1. Metoda porostowych gatunków wskaźnikowych jest przydatna do oceny wpływu zanieczyszczeń powietrza na środowisko przyrodnicze.

Pozwala ona na ogólną ocenę stanu powietrza atmosferycznego.

2. Niemożliwe jest oszacowanie doraźnych stężeń dwutlenku siarki. Stężenia wynikające z mapy lichenindykacyjnej są obrazem najwyższych, chwilowych wielkości zanieczyszczeń, na jakie narażone były porosty w przeszłości i nie pokrywają się one ze stężeniami zmierzonymi innymi metodami. Brak jest danych mówiących o wielkości stężeń i czasie, w jakim występowały one w przeszłości.
3. Na podstawie metody porostów wskaźnikowych stwierdza się, że badany obszar znajdował się pod długotrwałym wpływem emisji dwutlenku siarki. Flora porostowa jest uboga i wyniszczona; zaobserwowano jedynie 12 gatunków porostów, często o zmienionych, przebarwionych plechach. Wyznaczone strefy lichenindykacyjne wskazują w badanym terenie na stężenia dwutlenku siarki w granicach  $50\text{--}60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i są istotnie wyższe od rzeczywistych stężeń zmierzonych w stacjach monitoringowych (poniżej  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
4. Celowe jest przeprowadzenie na badanym terenie i terenach mu podobnych systematycznych badań skażenia środowiska metodą porostów wskaźnikowych. Badania prowadzone tą metodą w dłuższych odstępach czasu, np. co 5–10 lat, mogłyby ukazać ewentualne zmiany w ilości emitowanych zanieczyszczeń powietrza, co znalazłoby swoje odbicie w kondycji flory porostowej. Stanowiłoby to swoisty monitoring stanu środowi-

ska, uzupełniający pomiary bezpośrednie.

5. Celowe jest przeprowadzanie takich badań również na wybranych terenach uznawanych dotychczas za niezanieczyszczone. Systematyczne kontynuowanie badań lichenoflory pozwoli na wychwycenie momentu pogarszania się warunków czystości powietrza.

## Literatura

- Atlas 1998: *Atlas stanu i zagrożeń środowiska województwa płockiego*. Państw. Insp. Ochr. Środ., Woj. Inspekt. Ochr. Środ. w Płocku, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Płock.
- DUSZKAR L., WIĄCEK K. 1986: *Wykorzystanie porostów jako bioindykatorów skażenia środowiska w rejonie Zakładów Azotowych w Puławach*. IUNG, Puławy.
- FAŁTYNOWICZ W. 1995: *Wykorzystanie porostów do oceny zanieczyszczenia powietrza*, Centrum Edukacji Ekologicznej Wsi, Krosno.
- KISZKA J. 1977: *Wpływ emisji miejskich i przemysłowych na florę porostów Krakowa i Puszczy Niepołomickiej*, Wydaw. Nauk. WSP, Kraków.
- LE BLANC F., ROBITAILLES G., RAO D.N. 1976: *Ecophysiological response of lichen transplants to air pollution in the Murdochville Gaspé Coopre Mines Avca*. Quebec, J. Hattori Bot. Lab. 40; 27–40.
- LENART W. i inni 1985: *Mazowieckie Zakłady Rafineryjne i Petrochemiczne w Płocku a środowisko*. Biul. nr 1 PAN, Komitet Inżynierii Środowiska, Warszawa.
- LIPNICKI L., WÓJCIAK H. 1995: *Klucz – Atlas Porosty*. WSiP, Warszawa.
- MARSKA B. 1988: *Wpływ wieloletniego oddziaływania emisji przemysłowych na florę poro-*

*stów zagrożonych obszarów leśnych województwa szczecińskiego*, Wydaw. AR Szczecin.

Petrochemia 1998: *Ochrona środowiska w 1997 roku*. Petrochemia Płock S.A. Główny Inżynier ds. Ochrony Środowiska, Płock.

SOKÓŁ S. 1993: *Przyroda ostrzeża*. Almaprint, Katowice.

SZTYBER J. 1998: *Geograficzna analiza rozmieszczenia stężeń zanieczyszczenia powietrza w rejonie Petrochemii Płock S.A., część zachodnia – bioindykacyjna rola porostów*. UW, Warszawa (maszynopis pracy magister.).

## Summary

**Attempt of valuation of sulphur dioxide air pollution in region of influence Petrochemia Plock by means of lichens species method.** The usefulness of different lichens species for the estimation of sulphur dioxide air pollution in Petrochemia Plock region is being presented in this essay. The lichens in that region were affected by sulphur dioxide for a very long time. The lichens-indication areas were distinguished and the adequate maps were made. Sulphur dioxide emissions were estimated on those bases. The comparison between the obtained data and the field measurements proves that the method is not useful for the estimation of sulphur dioxide concentration, however may be used for environmental impact assessment of long-drawn toxic emissions.

### Author's address:

J. Szyber  
Warsaw Agricultural University – SGGW  
02-787 Warszawa  
ul. Nowoursynowska 166  
Poland