

WOJCIECH KWASOWSKI

# ZASOLENIE GLEB I SKŁAD JONOWY SOLI ŁATWO ROZPUSZCZALNYCH W WODZIE W REJONIE WPŁYWU ELEKTROCIĘPŁOWNI SIEKIERKI

Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie

## WSTĘP

Przemysł energetyczny jest obecnie jednym z największych źródeł zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego, emitując szczególnie duże ilości substancji gazowych, głównie  $\text{CO}_2$  i  $\text{SO}_2$ . Wydzielany  $\text{CO}_2$  choć nietoksyczny, nie jest obojętny dla środowiska, natomiast  $\text{SO}_2$  stanowi bardzo uciążliwe zanieczyszczenie gazowe. Oprócz tlenków siarki do atmosfery wydzielane są toksyczne tlenki azotu ( $\text{NO}$  i  $\text{NO}_2$ ). W procesie spalania powstają również nietoksyczne pyły złożone głównie z  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ponadto przy stosowaniu węgla zawierającego lit, wanad, beryl, uran, fluor, kadm, ołów, rad i inne, powstają związki tych pierwiastków, które są najczęściej bardzo szkodliwe dla roślin, zwierząt i ludzi. Wielu autorów badało już wpływ elektrociepłowni na środowisko, biorąc jednak najczęściej pod uwagę metale ciężkie [Kucowski i in. 1987; Rejman, Truszkowska 1985; Pacyna 1980].

Celem tej pracy jest próba określenia, czy i w jaki sposób inne jony soli emitowane przez duży zakład energetyczny – Elektrociepłownię Siekierki – wpływają na otaczające go środowisko.

## METODYKA BADAŃ

Badania terenowe przeprowadzono jesienią 1989 r. oraz wiosną 1990 r. Elektrociepłownia Siekierki leży w południowo-wschodniej części lewobrzeżnej Warszawy przy ulicy Augustówki 1, na starym tarasie Wisły. Około 60% badanego terenu to gleby antropogeniczne zieleńców przyulicznych i osiedlowych oraz parków. Pozostałą część stanowią gleby aluwialne użytkowane rolniczo. Teren wokół Elektrociepłowni Siekierki – wykorzystując mapę Warszawy w skali 1:1000 – podzielono na 120 kwadratów, każdy o boku 500 m. Z każdego z tych kwadratów pobrano próbę mieszaną z poziomu 0–10 cm, na którą składało się 10 prób indywidualnych. Próby gleb powietrznie suche roztarto i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm, biorąc do analiz tylko części ziemiste ( $< 1$  mm). Sole

rozpuszczalne ekstrahowano wodą redestylowaną zachowując stosunek wagowy gleby do wody jak 1 : 5. Mieszaninę wodno-glebową mieszano na mieszadle rotacyjnym przez 1 godzinę, a następnie oddzielono roztwór wodny od części stałych na lejkach porcelanowych z filtracyjnym wkładem bibułowym w układzie wodnych pomp próżniowych.

W uzyskanych klarownych ekstraktach wodnych oznaczano:

$\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  – metodą fotopłomieniową,

$\text{Mg}^{+2}$  – metodą absorpcji atomowej (techniką AAS),

$\text{SO}_4^{-2}$  – nefelometrycznie,

$\text{Cl}^-$  – argentometrycznie wobec  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  miareczkując  $0,01\text{M AgNO}_3$ ,

$\text{HCO}_3^-$  – acidometrycznie wobec oranżu metylowego miareczkując  $0,01\text{M}$

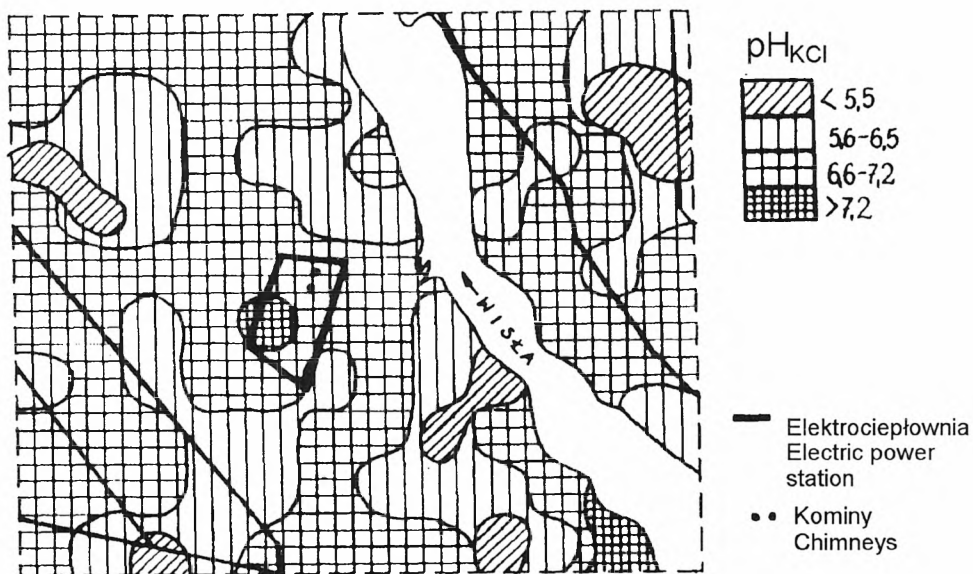
$\text{H}_2\text{SO}_4$ ,

pH – elektrometrycznie.

## WYNIKI BADAŃ

Gleby o odczynie obojętnym (pH w 1n KCl 6,6–7,2) zajmują 58% badanej powierzchni, a lekko kwaśne (pH w 1n KCl 5,6–6,5) 32%. W kilku punktach zaobserwowano zakwaszenie gleby, które może być spowodowane rolniczym użytkowaniem tych terenów (rys. 1).

Zawartość w glebie  $\text{Ca}^{+2}$  rozpuszczalnego w wodzie waha się w granicach 0,7–19,2 mg/100 g gleby. Największą część badanego terenu (ok. 65%) zajmują gleby, w których stężenie tego jonu jest wyższe od 5 mg/100 g gleby (rys. 2).



RYSUNEK 1. pH<sub>KCl</sub> w warstwie 0–10 cm badanych gleb  
FIGURE 1. pH<sub>KCl</sub> in the 0–10 cm layer of investigated soils

TABELA 1. Zawartość jonów [mg/100 g gleby] w powierzchniowej warstwie gleb  
 TABLE 1. Content of ions [mg/100g of soil] in the surface layer of soils

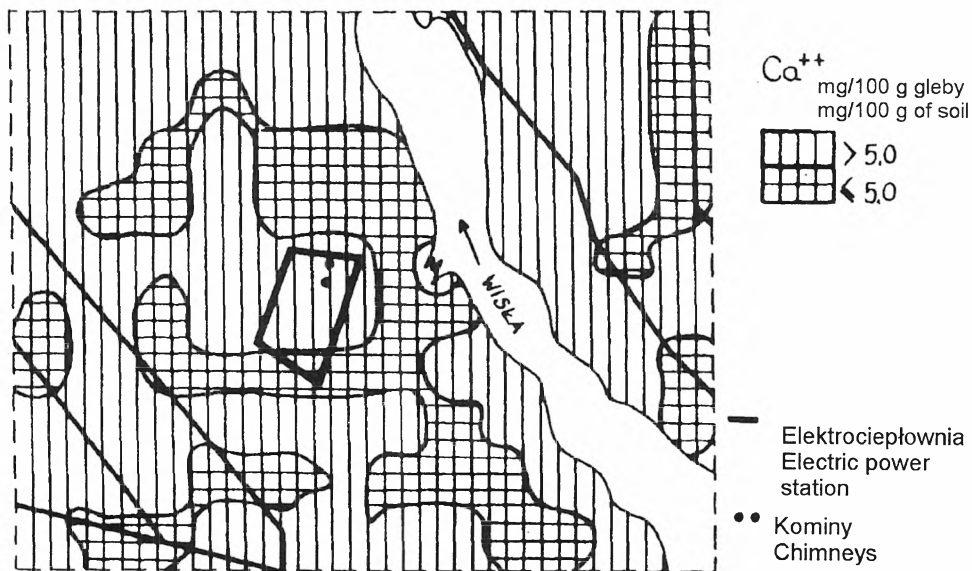
Jon – Ion	Przedziały za wartości jonów Classes of ions content	% powierzchni Percent of area
K <sup>+</sup>	<6,0	84,0
	6,0–13,0	16,0
Na <sup>+</sup>	<2,0	90,0
	2,0–7,0	10,0
Cl <sup>-</sup>	< 4,0	96,0
	4,0–10,0	4,0
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	<4,0	1,0
	4,0–6,0	45,0
	6,0–10,0	42,0
	>10,0	12,0

Podwyższone stężenie jonu wodorowęglanowego HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ponad 15 mg/100 g gleby występuje aż na 85% analizowanej powierzchni (rys. 3).

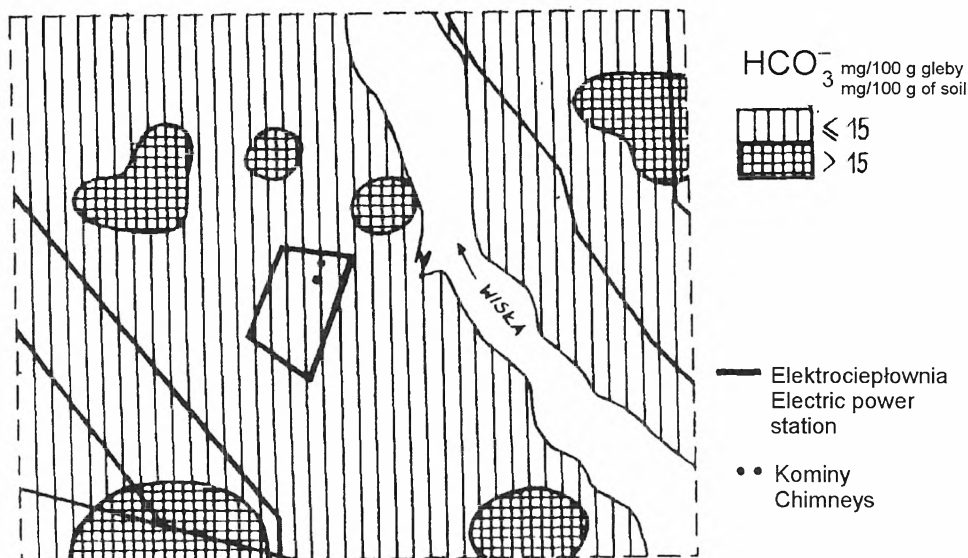
Stężenie kationu K<sup>+</sup> mieści się w przedziale 0,48–13,08 mg/100 g gleby, jednak w 90 kwadratach (co stanowi 84% badanej powierzchni) zawartość potasu nie przekracza 6 mg/100 g gleby (tab. 1). Podobnie kształtują się zawartości Na<sup>+</sup>, którego stężenie waha się wprawdzie w granicach od 0,3 do 6,9 mg/100 g gleby, jednak na ok. 90% badanego terenu ilość sodu nie przekracza 2 mg/100 g (tab. 1)

Ostatnim analizowanym kationem jest Mg<sup>+2</sup>, jego najwyższa zawartość wynosi 12 mg/100 g gleby. W przeciwieństwie do sodu i potasu stężenie magnezu na badanej powierzchni jest

średnie lub wysokie, gdyż na 52% terenu przekracza 2 mg/100 g gleby (rys. 4). Należy zwrócić uwagę, iż wyższe zawartości magnezu stwierdzano głównie w glebach na południe od elektrociepłowni.



RYSUNEK 2. Zawartość jonów Ca<sup>++</sup> w warstwie 0–10 cm badanych gleb  
 FIGURE 2. Content of Ca<sup>++</sup> ions in the 0–10 cm layer of investigated soils



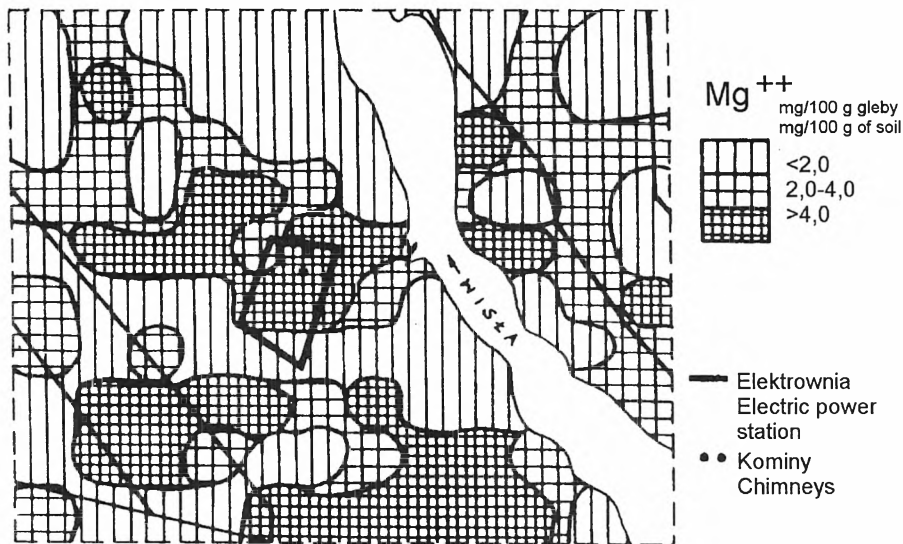
RYSUNEK 3. Zawartość jonów  $\text{HCO}_3^-$  w warstwie 0–10 cm badanych gleb  
 FIGURE 3. Content of  $\text{HCO}_3^-$  ions in the 0–10 cm layer of investigated soils

Zawartość  $\text{SO}_4^{-2}$  w badanej glebie zmienia się w dużym zakresie od 4,1 do 51,2 mg/100 g gleby. Średnie stężenie tego jonu w granicach 4,0–6,0 mg/100 g gleby występuje na 45% analizowanej powierzchni, podwyższoną akumulację od 6,1 do 10,0 mg/100 g gleby notujemy na 42%, a najwyższą zawartość (ponad 10,0 mg/100 g gleby) na 12% badanego terenu (tab. 1).

Akumulacja jonu  $\text{Cl}^-$  nie wykazuje dużych wahań, bowiem na około 96% powierzchni zawartość tego anionu nie przekracza 4 mg/100 g gleby (tab. 1). Maksymalne stężenie  $\text{Cl}^-$  wynoszące 9,9 mg/100 g gleby odnotowano przy ulicy Jana Sobieskiego.

Suma jonów soli rozpuszczalnych oznaczona w powierzchniowych warstwach gleb terenów przyległych do elektrociepłowni waha się w granicach od 21,6 do 100,1 mg/100 g gleby. W strefie przyległej do elektrociepłowni na 26,9% analizowanej powierzchni gleba zawiera 20–40 mg/100 g gleby soli łatwo rozpuszczalnych, 25% 60–80 mg/100 g gleby, zaś na 8,3% – 80–100 mg/100 g gleby.

Oprócz ogólnej ilości soli rozpuszczalnych w glebie, istotnym czynnikiem jest również skład jonowy tych soli. Z analizy sekwencji kationowej wynika, że na 63,0% powierzchni dominuje jon  $\text{Ca}^{+2}$ , na 33,4% jon  $\text{Mg}^{+2}$ , a na 3,4% jon  $\text{K}^+$ . Co się tyczy anionów, to aż na 94,6% powierzchni dominuje jon  $\text{HCO}_3^-$  a na 5,4% jon  $\text{SO}_4^{-2}$ . Rozpatrując typ hydrochemiczny badanych gleb stwierdzono pięć kombinacji, najważniejsza jest  $\text{Ca-HCO}_3$  przeważająca na 60,3% analizowanego terenu, drugą była  $\text{Mg-HCO}_3$  dominująca na 30,7% powierzchni, w dalszej kolejności  $\text{K-HCO}_3$  – 3,6% powierzchni,  $\text{Ca-SO}_4$  i  $\text{Mg-SO}_4$  po 2,7% analizowanej powierzchni.



RYSUNEK 4. Zawartość jonów  $Mg^{++}$  w warstwie 0–10 cm badanych gleb  
 FIGURE 4. Content of  $Mg^{++}$  ions in the 0–10 cm layer of investigated soils

## DYSKUSJA

Podobne chociaż bardziej ogólne badania przeprowadził Czerwiński [1989], analizując skład kationowy i anionowy soli rozpuszczalnych w glebach Warszawy. Analogiczne badania składu chemicznego wyciągów wodnych gleb Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego wykonał Skawina [1958].

Uzyskane wyniki wskazują na wyraźną alkalizację badanych terenów (rys. 1). Jedyne w kilku punktach zaobserwowano zakwaszenie gleby, które może być spowodowane rolniczym użytkowaniem tych terenów. Alkalizacja wynika z wyraźnej kumulacji  $Ca^{+2}$  oraz  $HCO_3^-$ , które są ze sobą skorelowane. Obserwujemy występowanie wysokiej kumulacji jonu  $Ca^{+2}$  na tych samych powierzchniach, w których stwierdzono wysoką zawartość  $HCO_3^-$ . Podobne wyniki uzyskali inni autorzy [Skawina 1958; Skorupski 1976]. Potwierdzają to również wyniki Czerwińskiego [1989], który podaje wprawdzie w niektórych punktach Warszawy znacznie wyższe wartości, ale zaznacza, iż związane są one z pyłami cementowni, obszarami osiedli z nagromadzoną warstwą nasywową gleby lub zwapnowanymi gruntami ornymi.

Jon  $Mg^{+2}$  zajmuje drugie miejsce po jonie  $Ca^{+2}$ . Ponad połowę badanego terenu zajmują gleby o wyższym stężeniu magnezu w porównaniu z wynikami badań na terenie Warszawy [Czerwiński 1989]. Te podwyższone zawartości Mg są porównywalne ze stężeniem tego pierwiastka w glebach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [Skawina 1958, 1967; Laudyn 1982]. Ostatecznie można sądzić, iż jon magnezowy wpływa na alkalizację badanych powierzchni. Stężenia kationów  $K^+$  i  $Na^+$  nie wpływają już tak zdecydowanie na alkalizację gleby. Zawartość kationu  $K^+$  w pewnych punktach jest zbliżona do jego stężeń w glebach na terenach przemysłowych [Skawina 1967; Kucowski i in. 1987], jednak w większej części badanego terenu stężenia tego jonu są znacznie niższe; podobnie

jest z kationem  $\text{Na}^+$ . Jon ten jako jeden z najłatwiej ługowanych z gleby przez wody opadowe może znajdować się w większych ilościach tylko wtedy, gdy obserwuje się ciągły dopływ związków sodowych do gleby [Czerwiński 1984] na przykład w wyniku chemicznej technologii odśnieżania ulic [Czerwiński 1989]. Jest to jednak wpływ krótkotrwały i odnosi się tylko do strefy bezpośrednio przyległej do jezdni.

Anion  $\text{Cl}^-$  jest usuwany z powierzchniowych warstw gleb jeszcze szybciej niż sód. Jego stężenie w badanych glebach jest znacznie niższe niż w glebach terenów przemysłowych. Zawartość w glebie łatwo rozpuszczalnego chloru nie powinna przekraczać 10 mg/100 g gleby. Analizowane tereny nie wykazują wysokiej koncentracji tego jonu, jedynie na niewielkich powierzchniach stężenie chloru może być szkodliwe dla roślin.

Stężenia  $\text{SO}_4^{-2}$  są wprawdzie znacznie niższe od ilości znajdujących w glebach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [Kucowski i in. 1987; Skawina 1967], lecz wiadomo, że akumulacja siarczanów na tych terenach jest bardzo wysoka. Jednak w ponad 50% analizowanych gleb ilość  $\text{SO}_4^{-2}$  przekracza stężenia dominujące w glebach Warszawy, co świadczy o zaznaczającym się wpływie Elektrociepłowni Siekierki na zawartość  $\text{SO}_4^{-2}$  w glebie.

Przestrzenne zróżnicowanie ilości soli łatwo rozpuszczalnych w glebach na analizowanym terenie nie jest jednakowe. Na ogół gleby zawierające najwięcej soli rozpuszczalnych są bardziej oddalone od elektrociepłowni niż gleby o mniejszej ilości związków rozpuszczalnych. Wyraźny brak strefowości w stopniu zasolenia gleb może być następstwem nierównomiernego opadania alkalicznych pyłów, zawierających  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  i  $\text{Na}_2\text{O}$  emitowanych przez elektrociepłownię do atmosfery. Zakłócenia opadania na powierzchnię pyłów mogą być związane z różnymi kierunkami wiatru, obecnością na badanym terenie zadrzewień i zakrzewień oraz niskiej i wysokiej zabudowy mieszkaniowej. Ilość soli rozpuszczalnych w glebach może być również zależna od sposobu ich użytkowania. Łatwiej i szybciej ługowane są związki rozpuszczalne z gleb użytków rolnych niż z użytków zielonych charakteryzujących się dużym deficytem wody w okresie letnim i większą przepuszczalnością gleby. Dodatkowym i lokalnym źródłem podwyższającym ilość soli rozpuszczalnych w glebach jest nawożenie mineralne wszystkich użytków rolnych oraz obecność dróg i ulic, które w okresie zimowym odśnieżane są metodą chemiczną [Czerwiński 1970; Dobrzański i in. 1971].

W analizowanych próbach glebowych obserwuje się wyraźny wzrost zawartości  $\text{Mg}^{+2}$  w stosunku do innych kationów. Wprawdzie na 60,3% badanej powierzchni wśród soli łatwo rozpuszczalnych dominują sole o charakterze wapniowo-wodorowęglanowym, to jednak aż 30,7% gleb wykazuje hydrochemiczny typ magnezowo-wodorowęglanowy [rys. 3 i 4]. Jest to spowodowane zarówno emisją pyłów z elektrociepłowni, jak również z palenisk gospodarczych (domowych). Najbardziej typowe dla warunków klimatu umiarkowanego w części anionowej są sole wodorowęglanowe, one też dominują na 94,6% analizowanej powierzchni, natomiast zdecydowana przewaga jonu siarczanowego na 5,4% terenu świadczy o antropogenizacji środowiska.

## WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. W wyniku opadu alkalicznych pyłów dymnicowych wokół Elektrociepłowni Siekierki nastąpiła zmiana odczynu gleby w kierunku alkalicznym.

2. W glebach przyległych do terenu elektrociepłowni utrzymuje się wyższa koncentracja kationów  $\text{Ca}^{+2}$  i  $\text{Mg}^{+2}$ , a stężenie jonu  $\text{HCO}_3^-$  zależy głównie od zawartości w glebie  $\text{Ca}^{+2}$ .

3. Stwierdzono wpływ elektrociepłowni na zawartość w glebie poszczególnych jonów związków rozpuszczalnych w wodzie, jednak koncentracja w glebie najbardziej szkodliwych jonów, takich jak  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ , nie przekracza wartości toksycznych dla większości roślin.

## LITERATURA

- CZERWIŃSKI Z., 1970: Wpływ związków chemicznych stosowanych do odśnieżania na roślinność przyuliczną w Warszawie. *Ogrodnictwo* 10: 316–319.
- CZERWIŃSKI Z., 1989: Skład kationowy i anionowy soli rozpuszczalnych gleb Warszawy. Wyd. ? SGGW 22: 62–71.
- CZERWIŃSKI Z., 1984: Wpływ odpadów z Janikowskich Zakładów Sodowych na tereny rolnicze. *Rocz. Glebozn.* 35, 3–4: 87–89.
- DOBRAŃSKI B., CZERWIŃSKI Z., BOREK S., KĘPKA M., MAJSTERKOWICZ T., 1971: Wpływ związków chemicznych stosowanych do odśnieżania na zasolenie gleb zieleńców Warszawy. *Rocz. Glebozn.* 22, 1: 59–74.
- KUCOWSKI J., LAUDYN D., PRZEKWAŚ M., 1987: Energetyka a ochrona środowiska. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa. 56–59, 90–91, 222–223.
- LAUDYN D., 1982: Ochrona środowiska w Zagłębiu Górniczo-Energetycznym Bełchatów. Wpływ elektrowni Bełchatów 1 i 2 na środowisko. *Energoprojekt*: 9–11.
- PACYNA J., 1980: Elektrownie węglowe jako źródło skażenia środowiska metalami i radionuklidami. Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław. 33–35, 57–58.
- PINKO L., 1980: Metody ograniczenia emisji  $\text{SO}_2$  w energetyce. NOT, Warszawa ss. 73.
- REJMAN M., TRUSZKOWSKA R., 1985: Metody oceny wpływu przemysłu paliwowo-energetycznego na środowisko przyrodnicze. Wyd. PAN, Wrocław 14–16, 20–22.
- SKAWINA T., 1958: Procesy zniekształcenia gleb w okręgach górniczych i przemysłowych. *Rocz. Glebozn. dodatek 7*: 131–147.
- SKAWINA T., 1967: Charakterystyka glebowych zmian wywołanych przez zanieczyszczenie powietrza w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym. *Zesz. Nauk. AGH.* 155.
- SKORUPSKI W., 1976: Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego na terenie Warszawy. Ekologiczne problemy miasta – Mat. z symp. Ochrona środowiska miejskiego. SGGW. Warszawa 195–196.
- WOJCIESZCZUK T., 1981: Ocena stopnia zasolenia gleb miejskich solami chlorkowymi, ich oddziaływanie na drzewa oraz możliwość zapobiegania skutkom nadmiernej akumulacji soli. Akademia Rolnicza w Szczecinie 3.

W. KWASOWSKI

## SOILS SALINITY AND COMPOSITION OF READILY SOLUBLE SALTS IN SOILS IN THE VICINITY OF THERMAL ELECTRIC POWER STATION SIEKIERKI

Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University

### SUMMARY

The aim of the work was to investigate soils salinity and composition of soil soluble salts (in water) near Thermal-Electric Power Station Siekierki in Warsaw. Alkalinity of soils come from high content of ions  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  was found. Most of investigated soils contained a lot of magnesium, the concentration of  $\text{Mg}^{2+}$  ions was higher than 2 mg/100 g of soil on 52% of examined soils. The content of  $\text{SO}_4^{-2}$  ions was changed in wide range from 4.1 to 51.2 mg/100 g of soil. On 5.4% of investigated soils ions  $\text{SO}_4^{-2}$  were dominated. The low total content of readily soluble salts was observed. Maximum content of soils-soluble salts reached to 0.1%.

*Mgr Wojciech Kwasowski*

*Katedra Gleboznawstwa SGGW*

*02-528 Warszawa, ul. Rakowiecka 26/30*