



**POLSKA • AKADEMIA • NAUK**  
**Instytut Badań Systemowych**

**MONITORING ŚRODOWISKA:  
BADANIA POKRYWY GLEBOWEJ  
PARKU SZCZYTNICKIEGO  
WE WROCŁAWIU**

**Redakcja:**

**Stanisława E. Licznar**

**Michał Licznar**

**Paweł Licznar**





**MONITORING ŚRODOWISKA:  
BADANIA POKRYWY GLEBOWEJ  
PARKU SZCZYTNICKIEGO  
WE WROCŁAWIU**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

**Seria: BADANIA SYSTEMOWE**

**Tom 53**

---

Redaktor naukowy:

**Prof. Jakub Gutenbaum**

Warszawa 2007

**MONITORING ŚRODOWISKA:  
BADANIA POKRYWY GLEBOWEJ  
PARKU SZCZYTNICKIEGO  
WE WROCŁAWIU**

**Redakcja:**

**Stanisława E. Licznar**

**Michał Licznar**

**Paweł Licznar**

Publikacja wydana ze środków projektu badawczego MINISTERSTWA NAUKI i SZKOLNICTWA WYŻSZEGO nr P04G08425.

Praca prezentuje oryginalne wyniki badań morfologii gleb, ich składu granulometrycznego, właściwości fizycznych i chemicznych oraz zawartości siarki i metali ciężkich na obszarze Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. Przedstawiono szczegółowy opis obiektu badań, w tym: historię użytkowania badanego obszaru, charakterystykę warunków geomorfologicznych i geologicznych, klimatu, warunków wodnych oraz szaty roślinnej. Istotnym osiągnięciem pracy jest zastosowanie algorytmów aproksymacji krigingowej w opracowaniu danych pochodzących z monitoringu gleb silnie przekształconych w wyniku antropopresji. Oryginalny sposób opracowania wyników badań elementów środowiska glebowego na obszarach przekształconych działalnością człowieka, przedstawiony w pracy, powinien znaleźć szersze zastosowanie a prezentowana publikacja powinna być dostępna w bibliotekach terenowych inspektoratów ochrony środowiska oraz uczelni, w których są prowadzone wykłady z zakresu monitoringu środowiska.

Recenzenci:

Dr hab. Janusz Łomotowski

Dr hab. Jan Studziński

Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2006

Instytut Badań Systemowych PAN  
Newelska 6, PL 01-447 Warsaw

Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw IBS PAN  
e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl



*Senia*  
**Bibl. podręczna**

45644

**ISBN 83-894-7510-3**

**9788389475107**

**ISSN 0208-8029**

# 1. WSTĘP

Tereny zieleni odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu środowiska szczególnie terenów mocno zurbanizowanych. Wśród nich bardzo ważną rolę pełnią parki. Powszechnie uważa się, że wywierają dobroczynny wpływ w sensie sanitarno-higienicznym, estetycznym i kulturalnym, a skupiska drzew tłumią hałas miejski i zmniejszają szum środków komunikacji (Drapella-Hermansdorfer, 1997; Hrynkiewicz-Sudnik, 1996; Lis, 2005). Ponadto soczysta zieleń parków, piękne rabaty i kwietniki, a zwłaszcza zładzone i częściowo filtrowane powietrze wpływają korzystnie na nastrój i usposobienie ludzi. W wielkich aglomeracjach miejskich parki są elementem architektoniczno-estetycznym.

Na terenie Wrocławia „miasta - ogrodu” ogółem lasy i zieleń miejska zajmują 22% powierzchni. W jego obrębie parki i skwery zajmują 651 ha, a parki leśne 236 ha (Haladyn, 1997). W stosunku do innych wiekowych miast Polski Wrocław posiada dużą ilość parków, które cechują się bogactwem gatunków roślin drzewiastych oraz znaczną liczbą zabytkowych drzew, sędziwych pomników przyrody. System zieleni miejskiej Wrocławia przedstawia układ promienisto-pierścieniowy, skoncentrowany głównie wokół położonych w centrum dzielnic Śródmieście i Stare Miasto (Drapella-Hermansdorfer i Ogielski, 1998; Hrynkiewicz-Sudnik, 1996).

W aglomeracji miejskiej Wrocławia największym i zarazem najstarszym jest Park Szczytnicki. Położony jest on we wschodniej części miasta na tzw. Wielkiej Wyspie, gdzie utworzony został Szczytnicki Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy (Drapella-Hermansdorfer, 1996; Masztalski, 1997). Obejmuje on tereny wystawowe, Halę Ludową i Ogród Zoologiczny, które tworzą otulinę zabytkowego Parku Szczytnickiego. Obszar ten reprezentuje wartości rangi europejskiej, wykracza poza potrzeby lokalne i służy promocji miasta na zewnątrz.

Prawidłowy rozwój roślinności w parkach uzależniony jest od fizjografii terenu, klimatu, wody, ale również od gleby i skażenia środowiska powodowanego oddziaływaniem aglomeracji miejskich. Dotychczas Park Szczytnicki był przedmiotem wielu opracowań dotyczących jego historii, przemian terytorialnych oraz kompozycji szaty roślinnej (Bińkowska, 1995,

1996; Bińkowska i in., 1995; Borcz, 2002; Cebrat, 1998; Drapella- Hermansdorfer i in., 1996; Łanowiecki i Chudzyński, 2004, Malczyk i in., 1998; Szopińska, 1999; Szamańska, 1999; Wąs, 1993). Natomiast nieliczne są prace charakteryzujące pokrywę glebową i jej stan (Karczewska i in., 2000; Licznarowie, 2005; Meinhardt, 1995, 1996).

Rozwijająca się dynamicznie w pobliżu parku aglomeracja miejska niesie niebezpieczeństwo dla środowiska przyrodniczego. W związku z powyższym zachodzi konieczność charakterystyki pokrywy glebowej Parku Szczytnickiego.



## 4. METODYKA BADAŃ

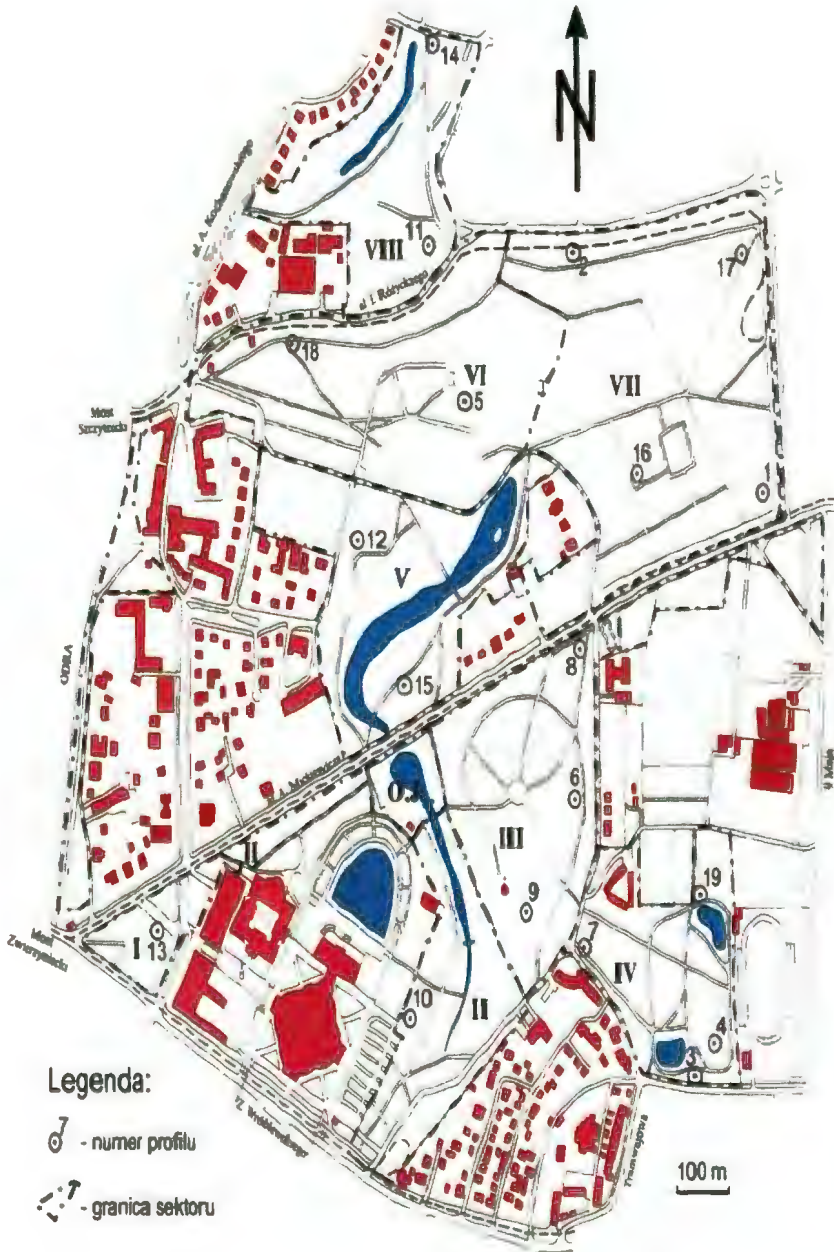
Badania pokrywy glebowej Parku Szczytnickiego prowadzono po wstępnym zapoznaniu się z obiektem: dotychczasowymi opracowaniami charakteryzującymi jego osobliwości uwzględniającymi jednocześnie jego historię powstania. W ramach prac kartograficzno-gleboznawczych na podstawie wykonanych 19 odkrywek rozmieszczonych w różnych sektorach określono zróżnicowanie pokrywy glebowej (Rysunek 1). Stosując metodę punktów rozproszonych wykonano 96 wierceń pomocnych do wyznaczenia konturów wydzielonych jednostek systematycznych gleb.

Metoda punktów rozproszonych polega na ustaleniu przebiegu granic poszczególnych konturów glebowych na podstawie obserwacji wzrokowej tych wszystkich elementów, które wskazują na jedność pokrywy glebowej lub jej zróżnicowanie w stosunku do terenu położonego obok (Drozd i in., 2002). Podział parku na sektory z wewnętrzną siecią alei i ścieżek, na mniejsze kompleksy, historyczna ich przeszłość, współczesna pokrywa roślinna i zagospodarowanie umożliwiły zastosowanie metody punktów rozproszonych jako najodpowiedniejszej do wykreślenia połowej mapy glebowej.

Charakterystykę pokrywy glebowej opracowano w oparciu o pobrane próby glebowe do badań laboratoryjnych. Pobrano je z poziomów genetycznych 19 profilów glebowych oraz z głębokości 5-10 cm i 15-20 cm z punktów wierceń.

W zebranych materiale oznaczono:

- skład granulometryczny metodą areometryczną Cassandrane'a w modyfikacji Prószyńskiego,
- pH w H<sub>2</sub>O potencjometrycznie,
- pH w 1mol KCl dm<sup>-3</sup> potencjometrycznie,
- kwasowość hydrolityczną metodą Kappena,
- wymienne kationy zasadowe metodą Pallmanna: Ca, K, i Na na aparacie płomieniowym, Mg na aparacie AAS,
- CaCO<sub>3</sub> metodą Scheiblera



Rysunek 1. Lokalizacja profili glebowych na terenie Parku Szczytnickiego.

- ogólną zawartość: Zn, Cu, Pb, Ni, Cd, Cr w wyciągu  $\text{HNO}_3+\text{HCl}$  na spektromerze emisji atomowej IPC- AES Liberty 220,
- rozpuszczalne formy C, Zn, Ni w 1 mol  $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$  na aparacie AAS,
- C-organiczny metodą Tiurina,
- S-ogółem na aparacie CS MAT 5500,
- S- $\text{SO}_4$  metodą Bardsley'a i Lancastera,
- skład frakcyjny związków próchnicznych metodą Kononowej i Bieliczikowej.

Wyniki badań opracowano graficznie stosując tradycyjne metody kartograficzne oraz metody geostatystyczne.

#### 4.1. Podstawy metody geostatystycznej

W badaniach środowiska naturalnego, często ze względów na koszty przeprowadzenia badań ogranicza się ilość losowo wybranych punktów analizowanej przestrzeni, z których pobiera się próbki do wykonania analiz. W wyniku tego uzyskuje się dyskretne pole zmienności analizowanych wskaźników lub parametrów środowiska. Dla wielu celów praktycznych konieczna jest aproksymacja analizowanych wyników na obszar nie objęty badaniami. Dokonać tego można różnymi modelami, przy czym modele te muszą uwzględniać błędy pomiarowe. Zazwyczaj zakłada się, że wyniki pomiarów, które sąsiadują ze sobą w czasie, bądź też w przestrzeni, są do siebie bardziej zbliżone, niż wyniki pomiarów z punktów od siebie bardziej odległych. Założenie to wynika z ciągłości cech systemów przyrodniczych, w których zmienności parametrów (analizowanych wskaźników) nie można traktować jako niezależnych zdarzeń losowych.

Dla opracowania danych pomiarowych z monitoringu środowiska przydatnymi narzędziami są metody geostatystyczne. Metody te powstały dla potrzeb oceny parametrów i zasobów złóż mineralnych. Ich podstawy teoretyczne zostały sformułowane przez Francuza G. Matherona i zawarte w obszernej monografii wydanej w latach 1962-1963, zatytułowanej: „*Traité de géostatistique appliquée*”. Niemniej jednak praktyczny rozwój tych metod rozpoczął się znacznie wcześniej. Za ich prekursora uznaje się inżyniera z Republiki Południowej Afryki – D. Krige'a. Od jego nazwiska pochodzi nazwa podstawowej w obrębie geostatystyki procedury szacowania wartości średniej parametru, czyli procedury krigingu (Mucha, 1991).

Podstawą metod geostatystycznych jest traktowanie analizowanego parametru jako tzw. zmiennej zregionalizowanej (zwanej też często przestrzenną lub zlokalizowaną), zdefiniowanej jako ciągła funkcja współrzęd-

nych przestrzeni. Wartości tej zmiennej zregionalizowanej są rozpoznane tylko w obrębie określonych lokalizacji pomiarowych (tzw. bazy geometrycznej pomiarów), o znikomo małych rozmiarach w porównaniu z całą analizowaną przestrzenią (Cressie, 1991; Isaaks i Srivastava, 1989).

Na zmienną zregionalizowaną nakłada się pewne ograniczenia, które pozwalają na jej dalszą analizę statystyczną. Ograniczeniem takim może być przyjęcie hipotezy słabej stacjonarności, która oznacza, że wartość oczekiwana zmiennej nie zależy od miejsca pomiaru, zaś jej kowariancja jest jedynie funkcją odległości pomiędzy punktami pomiarów. W praktyce hipoteza słabej stacjonarności często okazuje się być zbyt rygorystyczna w odniesieniu do rzeczywistych parametrów. Zakłada się słabą stacjonarność nie tyle samej zmiennej zregionalizowanej, lecz jej przyrostów. Wariancja tychże przyrostów odpowiada wariogramowi, który jest podstawową funkcją charakterystyczną geostatystyki (Mucha 1991):

$$D^2(Z(x+h) - Z(x)) = E(Z(x+h) - Z(x))^2 = 2\gamma(h) \quad (1)$$

gdzie:

$D$ ,  $E$  - operatory wariancji i wartości oczekiwanej,

$2\gamma(h)$  - wariogram,

$\gamma(h)$  - semiwariogram (półwariogram),

$Z(x+h)$ ,  $Z(x)$  - wartości zmiennej zregionalizowanej w punkcie początkowym i odległym o  $h$ .

Zamiast wariogramu w metodach geostatystycznych częściej stosuje się połowę jego wartości, czyli tzw. semiwariogram (Rysunek 2). Obliczenie wartości semiwariogramu empirycznego jest punktem wyjściowym każdej analizy geostatystycznej. Może on być interpretowany jako miara średniego niepodobieństwa, (czyli braku podobieństwa) między danymi pomiarowymi odległymi o pewien wektor  $h$ . Jest on obliczany jako połowa średniego kwadratu różnic między wartościami parametru w punkcie 0 i punkcie  $0+h$ , według następującej formuły (Stach 2002):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} [z(u_\alpha) - z(u_\alpha + h)]^2 \quad (2)$$

gdzie:

$N(h)$  - liczba par danych dla danego odstepu odległości  $h$  między nimi,

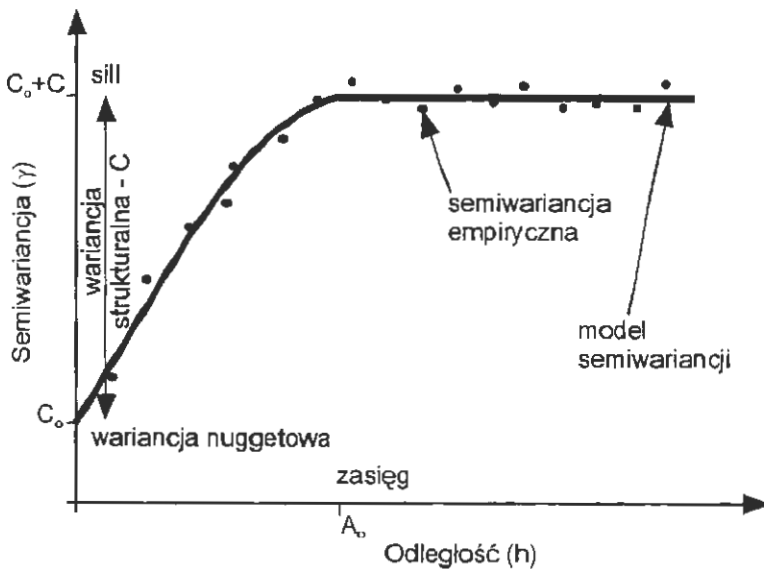
$z(u_\alpha)$  - wartości parametru dla kolejnych elementów zbioru pomiarowego,  $\alpha=1,2,\dots,n$ ,

$u_\alpha$  - wektor lokalizacji wykonanych pomiarów.

Semiwariogram jest funkcją odległości pomiędzy kolejnymi lokalizacjami pomiarowymi. Przy wyznaczaniu całego przebiegu semiwariogramu empirycznego oblicza się w pierwszej kolejności wartości średniego kwadratu różnic dla wszystkich par utworzonych z wartości analizowanego parametru, określonych w punkcie wyróżnionym (bazowym) i w każdym z punktów, który znalazł się w obszarze grupowania danych, a następnie przypisuje się wartość średnią kwadratu różnic średniej odległości pomiędzy punktem bazowym a punktami z rozpatrywanego sektora zliczania. Tę całą procedurę powtarza się dla kolejnych przedziałów odległości przejmując kolejne punkty pomiarowe jako punkty bazowe.

Opisywany algorytm obliczeniowy jest bardzo pracołłonny, nawet w przypadku niezbyt licznych zbiorów pomiarowych. Z tej racji jego realizacja wymaga wspomagania komputerowego, a rosnąca w ostatnich latach popularność stosowania metod geostatystycznych wynika w znacznej mierze z coraz większej dostępności do specjalistycznych programów komputerowych, takich jak np. Surfer, GeoEAS czy VarioWin. Programy te zwalniają użytkownika ze żmudnego prowadzenia obliczeń wartości semiwariogramu empirycznego. Jednak nawet programy komputerowe napotykają na granice swoich możliwości obliczeniowych przy analizie dużych, bądź też nawet średniej wielkości zbiorów danych. W dokumentacji programu Surfer możemy odnaleźć informację, że wzajemne porównanie obserwacji ze zbioru  $N=5.000$  obserwacji wymaga przeanalizowania  $N(N-1)/2$ , czyli 12.497.500 par pomiarów (Surfer 8). Dla samego przechowywania informacji dotyczącego wzajemnego porównania tych par niezbędne jest około 191 megabajtów pamięci. Dlatego też klasyczny algorytm obliczania semiwariogramu empirycznego jest często modyfikowany. We wspomnianym już programie Surfer semiwariogram jest obliczany dla poszczególnych sektorów specjalnie konstruowanej siatki biegunowej, co pozwala na zdecydowaną redukcję koniecznych do porównania ze sobą par pomiarowych.

Nieciągłość zbioru pomiarowego przekłada się na punktową formę semiwariogramu empirycznego (Rysunek 2). Nie może on być zatem bezpośrednio użyty dla oceny wielkości analizowanego parametru w niezbadanych miejscach pola. Dla realizacji tego zadania koniecznym jest przybliżenie semiwariogramu empirycznego funkcją analityczną, która w dalszym postępowaniu traktowana jest jako geostatystyczny modele zmienności.



**Rysunek 2.** Semiwariogram empiryczny i przyjęty model semiwariancji (Stach, 2002).

Do grona najczęściej używanych modeli semiwariogramów należą: (Mucha, 1991; Surfer 8; Deutsch i Journel 1998; Pannatier, 1996):

1) modele nieograniczonego wzrostu  $\gamma(h)$ :

- model liniowy:

$$\gamma(h) = C_0 + b \cdot h \quad (3)$$

- model de Wijsa:

$$\gamma(h) = 3\alpha \cdot \ln h \quad (4)$$

- model potęgowy:

$$\gamma(h) = C_0 + b \cdot h^e \quad (5)$$

gdzie  $e < 2$

2) modele ograniczonego wzrostu  $\gamma(h)$ :

- model sferyczny Matherona:

$$\gamma(h) = C \left[ \frac{3}{2} \cdot \frac{h}{A_0} - \frac{h^3}{2A_0^3} \right] + C_0 \quad \text{dla } h \leq A_0 \quad (6)$$

$$\gamma(h) = C + C_0 = \sigma^2 \quad \text{dla } h \geq A_0 \quad (7)$$

- model liniowy Matherona:

$$\gamma(h) = C_0 + \frac{C}{A_0} \cdot h \quad \text{dla } h \leq A_0 \quad (8)$$

$$\gamma(h) = C + C_0 = \sigma^2 \quad \text{dla } h \geq A_0 \quad (9)$$

- model Formery'ego:

$$\gamma(h) = C \cdot \left[ 1 - e^{-\frac{h}{A_0}} \right] + C_0 \quad (10)$$

dla  $h \rightarrow \infty$ :

$$\gamma(h) \rightarrow C + C_0 = \sigma^2 \quad (11)$$

- model Gaussa:

$$\gamma(h) = C \cdot \left[ 1 - e^{-\frac{h^2}{A_0^2}} \right] + C_0 \quad (12)$$

dla  $h \rightarrow \infty$  określony jest równaniem (11)

3) model losowy  $\gamma(h)=0$ :

$$\gamma(h) = \sigma^2 \quad (13)$$

We wzorach od (3) do (13)  $A_0, b, C_0, C, \alpha$  to parametry modeli, a  $\sigma^2$  – wariancja teoretyczna.

Występujący w wyżej wymienionych wzorach parametr  $C_0$  nosi nazwę stałej efektu samorodków (ang. nugget effect). Charakteryzuje ona zmienność lokalną badanego parametru złożowego i odpowiada składnikowi loso-

wemu zmienności przy  $h$  dążącym do 0. Jest to teoretycznie oszacowana różnica między pomiarami wykonanymi w tym samym punkcie i składa się na nią wartość zarówno błędu pomiarowego, jak i krótkodystansowa zmienność badanego parametru występująca w skali odległości mniejszej, niż odstęp kolejnych pomiarów. Interpretacją składnika w geologii złóż jest nieciągłość złoża wynikająca z występowanie samorodków i stąd przyjęta została nazwa - efekt samorodków. Parametr  $C$  jest nazywany wariancją strukturalną i określa wartość wzrostu semiwariancji od poziomu nuggetowego  $C_0$  do granicy zasięgu danych skorelowanych, czyli  $C_0 + C$  (ang. sill). Parametr  $A_0$ , czyli zasięg, określa odległość, dla której obserwowana jest autokorelacja (podobieństwo) między parami.

Dopasowanie wybranego modelu teoretycznego do opracowanego uprzednio semiwariogramu empirycznego polega na doborze optymalnej kombinacji parametrów przyjętego modelu. Kitanidis (1997) zaleca na tym etapie, jak i już przy uprzednim dobieraniu typu modelu teoretycznego, korzystanie z dodatkowej wiedzy eksperckiej. Typ modelu jak i jego parametry powinny pozostawać w zgodzie z ogólną wiedzą o modelowanym zjawisku. Jeśli więc na przykład na rozpatrywanym polu nie może występować zjawisko samorodka, parametrowi  $C_0$  należy przypisywać a priori wartość 0. Najczęściej jednak, zwłaszcza w przypadku stosowania wspomagającego oprogramowania komputerowego, dobór parametrów wybranego modelu teoretycznego aproksymującego jest przeprowadzany przy wykorzystaniu metody najmniejszych kwadratów.

Metoda najmniejszych kwadratów jest szczególnie przydatna przy dużej skali obliczeń, kiedy to otrzymany semiwariogram empiryczny składa się z dużej liczby punktów. Niemniej procedura obliczeniowa, nawet w tym przypadku, wymaga zwykle zastosowania aproksymacji ważonej, ze względu na różną dokładność oceny poszczególnych wartości semiwariogramu empirycznego. Wynika to z różnej liczebności par danych, na podstawie których są wyznaczone kolejne punkty semiwariogramu (liczba ta bardzo szybko wzrasta wraz ze zwiększaniem się odległości  $h$ ). Dlatego zazwyczaj pomija się wartości semiwariogramu określone dla zbyt ubogiej liczby danych (np. zaledwie kilku par danych), przyjmując je za obciążone sporym błędem. Opisany powyżej problem może być także eliminowany w inny sposób, tak jak to było wspomniane wcześniej dla programu Surfer, gdzie obliczenia semiwariogramu empirycznego prowadzi się w oczkach siatki polarnej, przez co liczebności par danych nie są tak silnie zróżnicowane, przy założeniu zbliżonego do równomiernego rozmieszczenia punktów pomiarowych na analizowanym obiekcie (Surfer 8).



Obliczenia semiwariogramów empirycznych, a następnie aproksymację modeli teoretycznych, przeprowadza się dla różnych orientacji linii (pasów, sektorów) zliczeniowych. Wykrycie wyraźnych różnic postaci semiwariogramów kierunkowych jest dowodem na anizotropową strukturę zmienności parametru. Stwierdzenie anizotropii ma duże znaczenie dla rozpoznania i charakterystyki badanego parametru, ale jednocześnie komplikuje dalszą procedurę obliczeniową.

Ustalenie modelu semiwariogramu i określenie jego parametrów pozwala na użycie metody kriginu dla szacowania średnich wartości analizowanego parametru dla badanego pola oraz jego wartości w poszczególnych punktach tego pola. W metodzie kriginu estymator wartości średniej parametru ma postać średniej ważonej i określony jest zależnością (Kitanidis, 1997, Pannatier, 1996, Wackernagel, 1998):

$$z_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot z_i \quad (14)$$

gdzie:

$\lambda_i$  – współczynnik wagowy kriginu  $i$ ,

$z_i$  – wartość analizowanego parametru w  $i$ -tym punkcie pomiarowym.

Podstawą procedury kriginu jest właściwe ustalenie wartości współczynników wagowych. W tym celu zakłada się, że wartości współczynników wagowych winny spełniać dwa założenia: nieobciążoności i maksymalnej efektywności. Założenie te są spełnione wówczas, gdy spełniony jest warunek (Mucha, 1991):

$$\begin{cases} E(z_i^* - m) = 0 \\ \sigma_\varepsilon^2 = E(z_i^* - m)^2 = \min \end{cases} \quad (15)$$

gdzie:

$E$  - operator wartości oczekiwanej,

$\sigma_\varepsilon^2$  - wariancja błędu,

$z_i^*$  - ocena parametru w  $i$ -tym punkcie pomiarowym,

$m$  - rzeczywista średnia wartość parametru.

Z pierwszego warunku (15) wynika wymóg, aby spełniona była równość:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (16)$$

Warunkiem koniecznym do spełnienia drugiego warunku (15) jest zerowanie się pierwszych pochodnych wariancji z uwagi na wszystkie współczynniki wagowe:

$$\frac{\partial \left[ \sigma_c^2 - 2v \sum_{i=1}^n \lambda_i \right]}{\partial \lambda_i} = 0, \text{ dla } i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (17)$$

gdzie  $v$  jest mnożnikiem Lagrange'a.

W wyniku różniczkowania równania 17 otrzymuje się układ  $n$  równań z  $n$  niewiadomymi współczynnikami wagowymi. Rozwiązanie tego układu równań prowadzi do ustalenia liczbowych wartości współczynników wagowych (Mucha, 1991).

## 4.2. Zastosowanie krigingu dla oceny stanu środowiska glebowego Parku Szczytnickiego

Metoda krigingu, ze względu na wymienione już we wstępie własności, stanowi dogodną metodę interpolacyjną, wysoce przydatną np. w geologii przy sporządzaniu map izarytm (izolinii) parametrów złożowych. Jest także coraz częściej stosowana w innych dziedzinach nauki, takich jak klimatologia, meteorologia, ale także gleboznawstwo (Bishop i in., 2001; Bourennane i in., 2000; Castrignanò i in., 2000; Goovaerts 1999, 2001). Z uwagi na minimalizację błędu oceny parametru, procedura krigingu zapewnia większą dokładność w porównaniu z innymi klasycznymi procedurami interpolacyjnymi, np. opartymi na ważeniu odwrotności odległości (lub ich kwadratu) węzła interpolacyjnego od punktów pomiaru. Z tego względu zdecydowano się na podjęcie próby wykorzystania techniki krigingu także dla kompleksowej oceny stanu środowiska glebowego Parku Szczytnickiego.

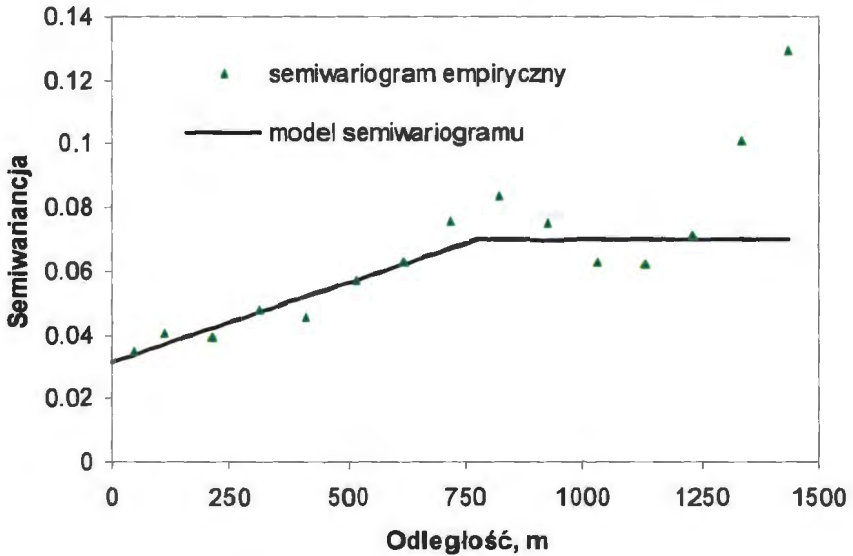
Dla praktycznej realizacji tego zadania wykorzystano specjalistyczny program komputerowy KRIPOS, opracowany w Instytucie Badań Systemowych PAN w Warszawie. Program ten pozwalał zarówno na obliczenie wartości semiwariogramu empirycznego, jak i dopasowanie do niego wybranego

modelu teoretycznego wariogramu. Na wejściu programu podawane były pomierzone wartości liczbowe poszczególnych badanych parametrów środowiska glebowego dla wspomnianych już sieci punktów pomiarowych na terenie Parku Szczytnickiego. W przypadku takich parametrów, jak np. zawartość siarki ogółem, siarki siarczanowej i węgla organicznego, dysponowano danymi z łącznej liczby 96 punktów, natomiast w przypadku zawartości metali ciężkich, tzn. ołowiu, cynku, miedzi, niklu, kadmu i chromu posiadano dane z 82 punktów pomiarowych.

Wczytywane dane w programie KRIPOS były poddawane wstępnej obróbce statystycznej, połączonej z wyznaczeniem semiwariogramu empirycznego. W następnym etapie po wskazaniu konkretnego typu modelu teoretycznego semiwariogramu program dokonywał estymacji jego parametrów. Na etapie tym nie stwierdzono występowania zauważalnych różnic w postaci semiwariogramów kierunkowych, co mogłoby wskazywać na anizotropową strukturę zmienności analizowanych parametrów środowiska glebowego. Jednocześnie całkowicie chaotyczna struktura semiwariogramów empirycznych uzyskanych w przypadku pojemności sorpcyjnej, stopnia wysycenia gleb parku kationami o charakterze zasadowym, zawartości węgla organicznego i odczynu gleb nie pozwalała na zastosowanie metod geostatystycznych do opracowania map ich zmienności. Przykładowy semiwariogram empiryczny wraz z dopasowanym do niego modelem semiwariogramu liniowego Matherona dla zawartości siarki ogółem są przedstawione na Rysunku 3.

Teoretyczny model semiwariogramu liniowego Matherona został wykorzystany w przypadku opracowania zawartości siarki ogółem i siarki siarczanowej, model potęgowy przy wykładniku potęgi równym 0,25 dla opracowania zawartości niklu, a model sferyczny dla zawartości pozostałych metali ciężkich w glebach parku. Po doborze i określeniu parametrów semiwariogramów teoretycznych program KRIPOS dokonywał predykcji wartości analizowanych parametrów dla regularnej siatki kwadratowej punktów o rozmiarze 10m × 10m na obszarze Parku Szczytnickiego. Dane te ostatecznie były wykorzystywane dla przygotowania końcowych opracowań mapowych.

Z uwagi na bardzo skomplikowany przebieg granic zewnętrznych i wewnętrznych na terenie Parku Szczytnickiego, dla zautomatyzowania wykonywania końcowych map oszacowane wartości badanych parametrów dla regularnej siatki kwadratów były wczytywane do programu InRoads, działającego w środowisku graficznym programu MicroStation V8 firmy Bentley.



**Rysunek 3.** Semiwariogram empiryczny i przyjęty model semiwariancji liniowej Matherona dla zawartości siarki ogółem.

W programie tym z danych była tworzona trójwymiarowa ich reprezentacja, analogiczna do numerycznego modelu terenu, z której generowano automatycznie zasięgi gleb w określonych przedziałach zawartości badanych parametrów. Zasięgi te były wyświetlane przy pomocy zadanej skali barwnej na uprzednio skalibrowanym obrazie rastrowym obszaru Parku Szczytnickiego. Program InRoads przy określaniu zasięgów gleb w określonych przedziałach zawartości badanych parametrów generował ponadto raport z ich obszarem wyrażonym w  $m^2$ .

## 7. WNIOSKI

1. Na terenie Parku Szczytnickiego występują gleby napływowe: mady brunatne i mady próchniczne oraz gleby industro- i urbanoziemne: antropogeniczne o niewykształconym profilu, antropogeniczne próchniczne i pararędziny antropogeniczne. Antropogeniczne gleby parku powstały w wyniku mechanicznego zniekształcenia gleb aluwialnych oraz włączenia w proces glebotwórczy materiałów gruzowiskowych,
2. Gleby parku wykazują budowę wielocząłonową i zróżnicowany skład granulomertyczny kwalifikujący je do kategorii gleb bardzo lekkich, lekkich, średnich, ciężkich i bardzo ciężkich. Zróżnicowanie gatunkowe gleb na terenie parku jest warunkowane przynależnością typologiczną i położeniem względem koryta rzeki Odry.
3. Układ czynników glebotwórczych oraz wzmoczona faza antropogenezy gleb związana z rozwojem aglomeracji miejskiej wpływają w sposób zasadniczy na właściwości chemicznych i fizykochemicznych gleb parku.
4. Aktualnie wśród zróżnicowanych pod względem odczynu gleb na terenie parku dominują gleby silnie kwaśne i kwaśne. Oddziaływanie aglomeracji miejskiej wzmacnia przyrodnicze procesy zakwaszania gleb w wyniku kumulacji S-SO<sub>4</sub> i jednocześnie przyczynia się do ich alkalizacji, głównie przez włączenie w proces glebotwórczy gruzu węglanowego.
5. Współdziałanie czynników przyrodniczych i antropogenicznych nie sprzyjają kumulacji i humifikacji materii organicznej zwłaszcza w silnie kwaśnych i kwaśnych glebach parku. Materia organiczna tych gleb wykazuje niski stopień humifikacji, a wśród jej produktów dominują połączenia niskocząsteczkowe kwasów fulwowych nad kwasami huminowymi.
6. Gleby Parku Szczytnickiego wykazują znaczne zawartości cynku, miedzi i ołowiu. Ponadnormatywne stężenia metali ciężkich w powierzchniowej warstwie poziomów próchnicznych oraz wysoki udział

ich form rozpuszczalnych wskazują na znaczny stopień antropogennizacji gleb parku związany z jego historią i oddziaływaniem aglomeracji Wrocławia.

7. W przeprowadzonych badaniach gleboznawczych zaobserwowano możliwość praktycznego wykorzystania metod krigingu do sporządzania map przestrzennego rozmieszczenia stężeń metali ciężkich i siarki w glebach. Metody te nie były jednakże możliwe do zastosowania w graficznym przedstawieniu pokrywy glebowej, z uwagi na silną antropopresję, jakiej były poddane gleby Parku Szczytnickiego.

## LITERATURA

- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z. (2004) *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Wyd. PWN, Warszawa, 344.
- Bieniek A., Łachacz A. (2003) Zawartość metali ciężkich w glebach strefy podmiejskiej Olsztyna. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493: 31-38.
- Bińkowska I. (1995) Kształtowanie systemu zieleni miejskiej we Wrocławiu w XIX i na początku XX stulecia. *Architektura Wrocławia, Urbanistyka*, 225-244.
- Bińkowska I., Grajewski G., Ilkosz J. (1995) *Studium historyczno-konserwatorskie Parku Szczytnickiego*. Maszynopis Urząd Miasta Wrocławia.
- Bińkowska I. (1996) Wrocławskie parki miejskie i tereny spacerowe na przełomie XIX i XX wieku. *Roczn. Wrocławskie*, 3: 194-200. Towarzystwo Przyjaciół Ossolineum.
- Bishop T.F.A., McBartney A.B. (2001) A comparison of prediction methods for the creation of field-extent soil property maps. *Geoderma*, 103: 149-160.
- Bogda A., Karczewska A., Lech E., Marynowicz K. (2003) Metale ciężkie w glebach sąsiadujących z hałdami dawnego górnictwa miedzi i uranu w Miedziance (Rudawy Janowickie). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493: 45-51.
- Borc Z. (2002) Elementy projektowania zieleni. Wyd. Akademii Rolniczej, 475: 139.
- Bourennane H., King D., Couturier A. (2000) Comparison of kriging with external drift and simple linear regression for predicting soil horizon thickness with different sample densities. *Geoderma*, 97: 255-271.
- Bowanko G., Hajnos M. (2003) Wybrane właściwości urbanoziemów. *Badania modelowe. Acta Agrophysica, Monografia*, 81: 83.
- Castrignanò A., Giugliarini L., Risaliti R., Martinelli N. (2000) Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. *Geoderma*, 97: 39-60.
- Cebat K. (1998) Koncepcja wystaw ogrodniczych we Wrocławiu w kontekście wielkich światowych ekspozycji zieleni. W: *Miasto – ogród sto lat rozwoju idei*. Dolnośląskie Wyd. Nauk, 199-208.
- Cressie N.A.C. (1991) *Statistics for Spatial Data*. John Wiley and Sons, Inc., New York. 900.

- Curzydło J. (1995) Skażenia motoryzacyjne wzdłuż dróg i autostrad oraz sposoby przeciwdziałania ujemnym skutkom motoryzacji w środowisku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 265-270.
- Czarnowska K. (1995) Gleby i rośliny w środowisku miejskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 87-90.
- Czarnowska K. (1997) Poziom niektórych metali ciężkich w glebach i liściach drzew miasta Łodzi. *Roczn. Glebozn.* 48, 3/4: 49-61.
- Czarnowska K. (1999) Metale ciężkie w glebach zieleńców Warszawy. *Roczn. Glebozn.* 50, 1/2: 31-39.
- Czarnowska K., Bednarz I. (2000) Heavy metals in street dust from Warsaw. *Roczn. Glebozn.* 51, 3/4: 28-56.
- Czarnowska K., Chlibiniuk M., Kazanecka T. (2002) Pierwiastki śladowe w glebach uprawnych przy drogach wokół Warszawy. *Roczn. Glebozn.* 53, 3/4: 67-74.
- Czarnowska K., Gworek B. (1991) Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb Warszawy. *Roczn. Glebozn.* 42, 1/2: 49-66.
- Czarnowska K., Konecka-Betley K. (1977) Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na właściwości gleb i akumulację metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie Warszawy. *Człowiek i środowisko.* 1/4: 73-90.
- Czarnowska K., Kozanecka T. (2001) Rozpuszczalne formy metali ciężkich w glebach antropogenicznych z terenu Warszawy. *Roczn. Glebozn.* 52, 3/4: 45-51.
- Czarnowska K., Kozanecka T. (2003) Akumulacja Zn, Pb, Cu, i Cd w glebach antropogenicznych Warszawy. *Roczn. Glebozn.* 54, 4: 77-81.
- Czerwiński Z. (1978) Wpływ chemicznej technologii odśnieżania ulic na gleby i roślinność drzewiastą aglomeracji miejskich. *Zesz. Nauk SGGW, Rozpr. nauk.* 104: 1-42.
- Czerwiński Z., Pracz J. (1990) Kierunki przekształceń gleb Warszawy pod wpływem czynników antropogenicznych i systematyka gleb terenów zurbanizowanych. W: *Problemy ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczego na obszarach zurbanizowanych. Cz. I. SGGW-AR, Warszawa, 28-34.*
- Czerwiński Z., Pracz J., Rolczyk K., Zagórski Z. (1990) Odczyn powierzchniowej warstwy gleb Warszawy i zawartość w glebach węgla wapnia. W: *Problemy ochrony i kształtowania środowiska na obszarach urbanoziemnych. Cz. I. SGGW-AR, Warszawa, 45-51.*
- Deutsch C.V., Journel A.G. (1998) *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide.* 2nd Edition. Oxford University Press, New York Oxford, 369.
- Dobrzański B., Borek S., Czarnowska K., Czerwiński Z., Czempińska-Kamińska D., Kepka M., Konecka-Betley K., Kusińska A., Mazurek A., Pracz J. (1975) Badania gleboznawcze Parku Łazienkowskiego w Warszawie w nawiązaniu



- do ochrony środowiska. Cz. I. Charakterystyka gleb. *Rocz. Nauk. Roln. A*, **101**, 1: 101-140.
- Dobrzański B., Czarnowska K., Czerwiński Z., Konecka-Betley K., Praczk J. (1975) Badania gleboznawcze Parku Łazienkowskiego w Warszawie w nawiązaniu do ochrony środowiska. Cz. II. Wpływ aglomeracji miejskiej na gleby i rośliny. *Rocz. Nauk. Roln. A*, **101**, 1: 141-158.
- Drapella-Hermansdorfer A. (1997) Wrocławska architektura krajobrazu w XX wieku. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 9-15.
- Drapella-Hermansdorfer A., Masztalski R., Świerkosz K., Wojtyszyn B. (1996) Wielka wyspa - ekodzielnicza Wrocławia. *Roczn. Wrocławski*, **3**: 24-55. Towarzystwo Przyjaciół Ossolineum.
- Drapella-Hermansdorfer A., Ogiński P. (1998): Zielony pierścień Wrocławia. Tradycje i perspektywy rozwoju osadnictwa w strefie podmiejskiej. W: *Miasto – ogród sto lat rozwoju idei*. Dolnośląskie Wyd. Nauk. Wrocław, 159-170.
- Drozd J. (1973) Związki próchniczne niektórych gleb na tle ich fizykochemicznych właściwości. *Roczn. Glebozn.* **24**, 1: 3-55.
- Drozd J. (1996) Gleby terenów urbanizowanych ich zagrożenie ekologiczne i metody kształtowania żyzności. W: *Zieleń w środowisku miejskim*. Wrocław, 11-15.
- Drozd J. (1997) Gleby terenów miejskich i metody podnoszenia ich żyzności. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 168-172.
- Drozd J. (1998) Środowisko glebowe na terenach zieleni miejskiej. W: *Miasto – ogród sto lat rozwoju idei*. Dolnośląskie Wyd. Nauk, 29-34.
- Drozd J., Licznar M. (1994) Influence of copper smelter pollution on soils organic matter transformations. In: *Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health*, Ed. N. Senesi and T.M. Miano, Elsevier Science B.V., 567-572.
- Drozd J., Licznar M., Nowakowski A. (2001) Zawartość ołowiu i kadmu w glebach wzdłuż głównych tras komunikacyjnych na przykładzie wybranych tras komunikacyjnych miasta Wrocławia. *Acta Agrophysica*, **56**, 105-114.
- Drozd J., Licznar M., Licznar S.E., Weber J. (1998) Związki próchniczne degradowanych gleb górnośląskich ekosystemów leśnych Karkonoszy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **464**, 281-291.
- Drozd J., Licznar M., Licznar S.E., Weber J. (2002): *Gleboznawstwo z elementami geologii*. Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, **470**, 210.

- Drozd J., Licznar M., Weber J., Licznar S.E., Jamroz E., Dadrach A., Mastalska-Cetera B., Zawerbny T. (1998a) *Degradacja gleb w niszczonej ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania*. PTSH Wrocław, 123.
- Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski A. (2002) Klimat Wrocławia. W: *Środowisko Wrocławia. Informator 2002*. Dolnośląski Fundusz Ekorozwoju, 9-25.
- Dziadowiec H. (1993) Ekologiczna rola próchnicy glebowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 411: 271-282.
- Gąsiorek M., Niemyska-Lukaszczuk J. (2004) Kadm i ołów w glebach antropogenicznych ogrodów klasztornych Krakowa. *Roczn. Glebozn.* 55, 1: 127-134.
- Gliński J., Turski R. (2002) Ewolucja, zasoby i główne zagrożenia gleb. *Acta Agrophysica, Monografie*, 65: 88.
- Goovaerts P. (1999) Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspective. *Geoderma*, 89: 1-45.
- Goovaerts P. (2001) Geostatistical modeling of uncertainty in soil science. *Geoderma*, 103: 3-26.
- Greinert A. (2001) Soils of the Zielona Góra urban forest parks as an example of anthropogenic transformation of natural forest soil. *Acta Agrophysica*, 51: 57-66.
- Hajduk E., Baran S., Kaniuczak J. (2003) Zawartość Ni w glebach objętych wpływem zanieczyszczeń przemysłowych w wybranych rejonach południowo-wschodniej Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493: 101-109.
- Haladyn K. (1997) Możliwości rozwoju terenów zieleni w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Wrocław. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 39-44.
- Hryniewicz-Sudnik J. (1996) Zieleń miasta Wrocławia. W: *Zieleń w środowisku miejskim*. Wrocław, 7-9.
- Isaaks E.H., Srivastava, R.M. (1989) *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York, 561.
- Kabała C., Chodak T. (2002) Gleby. W: *Środowisko. Wrocławia Informator 2002*, Dolnośląski Fundusz Ekorozwoju, 66-73.
- Kabała C., Kaszubkiewicz J. (2003) Zanieczyszczenie gleb i roślin uprawnych na terenie gminy Wrocław. W: *Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim 2003 r.* Bibliot. Monitoringu Środowiska Wrocław, 228-229.
- Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H. (1993) Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy, P. (53), ss 20.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. (1999) Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. PWN Warszawa, 398.

- Karczewska A. (2003) Mniszek pospolity *Taraxacum officinale* FH. WIGG jako roślina wskaźnikowa całkowitych zawartości i form rozpuszczalnych Cu, Pb, Zn i Cd w glebach zanieczyszczonych Dolnego Śląska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493: 139-146.
- Karczewska A., Kabała C., Avenarius K. (2000) Metale ciężkie w glebach na obszarze Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. *Zesz. Probl. Nauk Roln.* 471: 981-987.
- Kitanidis P.K. (1997) *Introduction to Geostatistics: Applications to Hydrogeology*. Cambridge University Press, Cambridge, 249.
- Klasyfikacja Gleb Leśnych Polski (2000) Wyd. Centr. Infor. Lasów Polskich, 123.
- Klimowicz Z., Melke J. (2000) Zawartość metali ciężkich w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych na przykładzie wybranych tras. *Roczn. Glebozn.* 51, 1/2: 73-78.
- Konecka-Betley K., Czępińska-Kamińska D., Janowska E. (1999) Przemiany pokrywy glebowej w Kampinowskim Parku Narodowym (1991-1994). *Roczn. Glebozn.* 50, 4: 5-29.
- Konecka-Betley K., Czępińska-Kamińska D., Janowska E., Okołowicz M. (2002) Gleby stref: ochrony ścisłej i częściowej w rezerwacie biosfery „Puszcza Kampinowska”. *Roczn. Glebozn.* 53,1/2: 5-21.
- Konecka-Betley K., Janowska E., Łuniewska-Broda J., Szpotański M. (1984) Wstępna klasyfikacja gleb aglomeracji warszawskiej. *Roczn. Glebozn.* 35, 2: 151-163.
- Kowalski J. (1977) Dynamika stanów wód podziemnych m. Wrocławia. *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rozprawy.* 8: 1-67.
- Kusińska A. (1991) Przemiany substancji organicznej zieleńców i parków miasta Łodzi. *Roczn. Glebozn.* 42, 1/2: 101-107.
- Kusza G., Strzyszczyński Z. (2005) Rezerwy leśne Opolszczyzny stan i technogenne zagrożenia. Inst. Inżynierii Środowiska PAN Zabrze, *Prace i studia*, 63: 156.
- Kwiatkowska-Szygulska B., Mikołajczyk A., Zyniewicz S. (2002) Powietrze. W: *Środowisko Wrocławia. Informator 2002*. Dolnośląski Fundusz Ekoro-zwoju. 26-37.
- Laskowski S., Tołoczko W. (1998) Zmiany odczynu i zawartości siarki w glebach objętych oddziaływaniem aglomeracji miejsko-przemysłowej Zgierza. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 456: 343-351.
- Licznar S.E., Licznar M. (2005) Oddziaływanie aglomeracji miejskiej Wrocławia na poziomy próchniczne gleb Parku Szczytnickiego. *Roczn. Glebozn.* 56, 1/2: 113-118.

- Lis A. (2005) Struktura podłoża motywacyjnego zachowań użytkowników parków miejskich. *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Monografia*, 45: 73.
- Lityński T., Jurkowska H. (1982) *Żyzność gleby i odżywianie roślin*. PWN, Warszawa, 643.
- Łakomiec I. (1984) Substancja organiczna w glebach zieleńców parków warszawskich. W: *Wpływ zieleńców na kształtowanie środowiska miejskiego*. PWN, Warszawa, 145-150.
- Łanowiecki M., Chudzyński L. (2004) *Ogród Japoński we Wrocławiu*. Wyd. Oświat. Oficyny Wyd. ATUT, Wrocław.
- Malczyk T., Głubiak T., Rylewicz-Butryn M., Kusz A. (1998) Koncepcja zagospodarowania wybranych fragmentów dawnych terenów wystawowych Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. W: *Miasto – ogród sto lat idei*. Dolnośląskie Wyd. Nauk, 209-213.
- Masztalski R. (1997) Organizacyjno-prawna strategia ochrony miejskich założeń przyrodniczo-krajobrazowych. Szczytnicki Zespół Przyrodniczo – Krajobrazowy. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 25-30.
- Meinhardt B. (1995) Stan zanieczyszczenia gleb na terenie miasta Wrocławia i województwa wrocławskiego (na podstawie badań własnych WIOŚ Wrocław). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 285-290.
- Meinhardt B. (1998) Stan środowiska przyrodniczego Wrocławia ze szczególnym uwzględnieniem gleb. *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rolnictwo*, 73, 347: 9-41.
- Misra U.K., Das C.P., Mitra G.N. (1960) Forms of sulphur in some of orissa in relation to relevant soil properties. *Journ. the Indian Society of Soil Sci.* 38, 1: 61-69.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H. (1998) *Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenia*. PIOŚ Biblioteka Monitoringu Środowiska Warszawa, 106.
- Mucha J. (1991) *Wybrane metody matematyczne w geologii górniczej*. Wyd. AGH, Kraków, 157.
- Pannatier Y. (1996) *VARIOWIN Software for Spatial Data Analysis in 2D*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 91.
- Pływaczyk A. (1999) Ocena stosunków wodnych na terenie Parku Szczytnickiego. W.: *Kształtowanie pielęgnacja i ochrona zieleni miejskiej*, 47-51.
- Pływaczyk A., Kowalczyk T. (2000) Kształtowanie się stosunków wodnych we wrocławskim Parku Szczytnickim, *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Inżynieria Środowiska*, 11, 385: 301-308.

- Reda P. (1998) Wpływ powodzi w lipcu 1997r. na degradację drzewostanu terenów leśnych i parków Wrocławia. W: *Miasto – ogród sto lat idei*. Dolnośląskie Wyd. Nauk, 11-28.
- Reda P. (2002) Rozmieszczenie lasów i parków oraz zmiany w składzie dendroflory po powodzi w 1997 roku w dolinie zalewowej Odry we Wrocławiu. Komputeropis pracy doktorskiej, Uniwersytet Wrocławski.
- Roszyk E., Roszykowa S. (1975) Ołów w glebach i roślinach w pobliżu dróg na terenie Wrocławia. *Roczn. Glebozn.* **26**, 1: 177-185.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. (Dz.U. 02.165.1359 z dn. 4 października 2002 r.).
- Siuta J., Zielińska A., Makowiecki K. (1985) *Degradacja ziemi*. Warszawa IKS, 318.
- Stach A. (2002) Geostatystyczna identyfikacja mechanizmów transportu roztworów w ciekach. W: *Materiały sympozjum: „Erozja Gleb i Transport Rumowiska Rzecznego” Zakopane 10-12.X.2002*, 186-196.
- Surfire 8 – User’s Guide, Golden Software, Inc. 2002, Colorado U.S.A., 640.
- Systematyka gleb Polski 1974, Praca zbiorowa. 5 Kom. Pol. Tow. Gleb. *Roczn. Glebozn.* **25**, 1.
- Systematyka gleb Polski 1989, Praca zbiorowa. *Roczn. Glebozn.* **40**, 1.
- Szopińska E. (1999) Drzewa i krzewy parków wrocławskich oraz ich rola w kształtowaniu i ochronie terenów zieleni. Komputeropis pracy doktorskiej, Uniwersytet Wrocławski.
- Szymańska E. (1999) Wpływ powodzi w lipcu 1997 roku na szatę roślinną Parku Szczytnickiego. W: *Kształtowanie pielęgnacja i ochrona zieleni miejskiej*. Wrocław, 53-60.
- Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak.T., Stuczyński T., Budzyńska K. (1995) Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418**: 45-60.
- Urbanik J. (2002) *Wrocławska wystawa werkbundu WUWA 1929*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 343.
- Wackernagel H. (1998) *Multivariate Geostatistics – An Introduction with Applications*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 291.
- Wąs C. (1993) *Ogród i park księcia Hohenlohe w Szczytnikach*. Śląski labirynt krajoznawczy. Oddz. Wrocławski, PTTK 5, 138-143.



Stanisława E. Licznar, Michał Licznar, Paweł Licznar

**MONITORING ŚRODOWISKA: BADANIA POKRYWY  
GLEBOWEJ PARKU SZCZYTNICKIEGO WE WROCŁAWIU**

Praca dotyczy zagadnień monitoringu środowiska w odniesieniu do monitoringu składu gleby. Przedstawia oryginalne i bardzo szczegółowe oraz dobrze udokumentowane wyniki badań morfologii gleby, jej właściwości fizyko-chemicznych oraz zawartości metali ciężkich, wykonanych w Parku Szczytnickim we Wrocławiu, stanowiącym obecnie objęty ochroną Szczytnicki Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy. W pracy przedstawiono szczegółowo metodologię monitoringu pokrywy glebowej, polegającego na pobieraniu próbek gleby w terenie w odpowiednio wybranych punktach pomiarowych a następnie na wykonywaniu badań laboratoryjnych próbek. Wynikiem końcowym są mapy koncentracji badanych parametrów w badanym obszarze wykonane po przeprowadzeniu aproksymacji przestrzennej wartości parametrów przy użyciu algorytmów krigingowych. Praca umiejętnie łączy opis klasycznego sposobu pomiarów terenowych i laboratoryjnych z ich uogólnianiem i wizualizacją za pomocą nowoczesnych metod informatycznych.

ISBN 83-894-7510-3

9788389475107

ISSN 0208-8029