

**Andrzej Czerniak, Dariusz Kayzer,
Agata Poszyler-Adamska**

**Nowe metody zasięgu migracji
poziomej i pionowej pierwiastków
śladowych w glebie przydrożnej**

Przegląd Naukowo-Metodyczny. Edukacja dla Bezpieczeństwa nr 2, 132-138

2010

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

Andrzej CZERNIAK

Dariusz KAYZER

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Agata POSZYLER-ADAMSKA

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa z siedzibą w Poznaniu

NOWE METODY OCENY ZASIĘGU MIGRACJI POZIOMEJ I PIONOWEJ PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W GLEBIE PRZYDROŻNEJ

Pierwiastki śladowe, emitowane do środowiska leśnego na skutek budowy i użytkowania dróg przez pojazdy, mogą powodować szereg niekorzystnych zmian zachodzących w strefie przydrożnej, czego konsekwencją może być pogorszenie stanu zdrowotnego drzew i obniżenie jakości i wartości surowca drzewnego. Pierwiastki śladowe stanowią zagrożenie dla wszystkich składników biosfery.¹ Pod pojęciem pierwiastki śladowe rozumiemy siń metale, których gęstość jest większa od 5,0 g/cm³ i można je podzielić na te, które sñ niezbędne we właściwych ilościach dla prawidłowego funkcjonowania komórki roślinnej (takie jak Fe, Cu, Mn, Co, Zn, Ni), a dopiero ich nadmiar jest szkodliwy oraz na te, które sñ niewykorzystywane w metabolizmie komórkowym (takie jak Cd, Hg, Al), a ich toksyczne działanie jest już zauważalne w niskich stężeniach. Drogi, ze względu na ruch samochodów oraz stosowane do ich budowy materiały, mogą w istotny sposób zanieczyszczać środowisko przyrodnicze, między innymi pierwiastkami śladowymi. Uruchamianie pierwiastki metaliczne mogą zanieczyszczać środowisko zarówno w najbliższym otoczeniu jezdni, jak i w pewnej od niej odległości. Na terenie otwartym, w pobliżu tras szybkiego ruchu, szerokość strefy o wysokim stopniu skażenia różnymi związkami chemicznymi szacuje się na 30-50m. Dalsze 100-150 metrów od korony drogi uznaje się za zanieczyszczone w stopniu zmniejszającym znacznie produkcję masy roślinnej.² Najlepszy sposób, aby przeciwdziałać temu zjawisku to wprowadzenie wzdłuż drogi, w pasie strefy ekotonowej odpowiedniej zieleni izolacyjnej.³ Szczególnie istotne zagadnienie w tworzeniu zespołów zieleni stanowi prawidłowy dobór gatunków drzew.

Wszystkie pierwiastki chemiczne występujące w nadmiernych ilościach mogą stwarzać warunki stresowe dla świata ożywionego. Jednak pierwiastki śladowe sñ szczególnie aktywne i szkodliwe ze względu na spełnianie przez nie specyficznych ról w procesach biochemicznych oraz charakterystyczne interakcje typu synergicznego lub antagonistycznego z innymi pierwiastkami. Zjawisko interakcji polega na wzajemnym oddziaływaniu jonów lub związków chemicznych, w wyniku którego biologiczny efekt działania określonego pierwiastka jest uzależniony od obecności i stężenia innych jonów lub substancji chemicznych. W zależności od interakcji, efekt może powodować zwiększenie (synergizm) lub zmniejszenie (antagonizm) zachodzącego procesu. Zjawisko interakcji odgrywa istotną rolę, ponieważ często

¹ A. Sadowska, G. Obidowska, M. Rumowiska: *Ekotoksykologia. Toksyczne czynniki środowiskowe i metody ich wykrywania*. Warszawa 2000

² A. Lis, M. Lis: *Modelowe zespoły zwartej zieleni izolacyjnej przy autostradzie na siedliskach użytkowych*. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumietus* 4 (2) 2005, s. 37-48

³ Ibidem

wywołuje zaburzenia równowagi chemicznej w poszczególnych organizmach, co w konsekwencji może prowadzić do nieoczekiwanych skutków biologicznych. Zmiany we wzajemnych proporcjach pierwiastków śladowych mogą przyspieszać pewne procesy przy jednoczesnym hamowaniu innych, powodując dysfunkcję w tkankowej przemianie materii. Od zawartości pierwiastka śladowego w glebie będzie zależał zachodzący w niej procesy mikrobiologiczne i biochemiczne.⁴

W artykule zaprezentowano badania monitoringowe wybranych pierwiastków śladowych, które mogą być uruchamiane do środowiska leśnego w wyniku stosowania niektórych materiałów do budowy dróg publicznych i leśnych oraz ich użytkowania: miedź, cynk, kadm, ołów, chrom i nikiel. Pierwiastki te uruchamiane są w wyniku użytkowania pojazdów, procesów korozji i ścierania się ruchomych metalowych części, okładzin hamulcowych i opon,⁵ a także z nawierzchni drogowych wykonanych z różnego typu odpadów przemysłowych.⁶ Największa ilość pierwiastków śladowych koncentruje się w pasie około 15m od drogi.⁷

Celem zaprezentowanych badań była ocena zasięgu migracji poziomej i pionowej pierwiastków śladowych w glebie w sąsiedztwie drogi krajowej o dużym natężeniu ruchu samochodowego.

METODY BADAŃ

Zanieczyszczenie i oddziaływanie pierwiastków śladowych na rośliny można badać różnorodnymi metodami. Jedną z najnowszych metod pozwalających na identyfikację zanieczyszczających pierwiastkami śladowymi środowiska jest metoda magnetometryczna. Metoda ta, stanowiąca alternatywę do kosztownych metod geochemicznych, opisuje zdolność danej substancji do zmian namagnesowania pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego.⁸ Na terenach zanieczyszczonych podatność magnetyczna jest znacznie większa w stosunku do naturalnej.⁹ Procedura pomiarów podatności magnetycznej (PM) oparta jest na związku pomiędzy podatnością magnetyczną a zawartością pierwiastków śladowych w środowisku glebowym. BECKWITH i in. wykazali zależność liniową pomiędzy zawartością cząstek magnetycznych a zawartością miedzi, żelaza, ołowiu i cynku w pyłach pochodzenia antropogenicznego. Jeżeli cząstki magnetyczne oraz znaczna część pierwiastków metalicznych dostających się do gleby w wyniku emisji przemysłowych pochodzi z tych samych źródeł możliwe jest zastosowanie cząstek magnetycznych jako wskaźnika zanieczyszczenia gleby.

⁴ H. Babich, G. Stotzky, M. Schiftenbauer: *Comparative toxicity of trivalent and hexavalent chromium to fungi*. *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.* 28, s. 452-459, 1982; W. Barabasz, B. Hetmańska, P. Tomasiak: *The metal and metal interactions. Part I. Escherichia coli*. *Walter, Air Soil Pollut.* 52, s. 337-357, 1990

⁵ T. Magiera: *Wykorzystanie magnetometrii do oceny zanieczyszczenia gleb i osadów jeziornych*. Zabrze 2004, s. 130

⁶ A. Czerniak: *Zanieczyszczenie i bioindykacja stref ekotonowych lasu mieszanego świeżego (LMSw) w zasięgu oddziaływania cementowo-gruntowych podbudów drogowych*. *Rozprawy Naukowe* Zeszyt 257. Poznań 2004, s. 191

⁷ V. Hoffmann, M. Knab, E. Appel: *Magnetic susceptibility mapping of roadside pollution*. *Explor.* 66, p. 313-326, 1999

⁸ Z. Strzyszczyński, T. Magiera: *Record of industrial pollution in Polish ombrotrophic peat bogs*. *Physics and Chemistry of the Earth*. 26, 11-12: 859-866, 2001

⁹ T. Magiera, Z. Strzyszczyński, M. Ferdyn, B. Gajda: *Screening of anthropogenic dust pollutions in topsoil by using magnetic proxies*. *Environmental Engineering Studies*. Edited by Pawłowski et al. New York 2003, p. 399-407

Podatność magnetyczna obliczana jest z następującej zależności:

$$M = \chi H$$

gdzie:

M namagnesowanie (moment magnetyczny jednostki objętości substancji) ($A \times m^{-2}$)

χ objętościowa podatność magnetyczna

H natężenie pola magnetycznego ($A \times m^{-2}$)

Podatność magnetyczna jest w systemie SI wielkością bezwymiarową

Do pomiarów użyto miernika podatności magnetycznej wyposażonego w angielski czujnik terenowy MS2D firmy Bartington Instrument (rys. 1). Czujnik podatności magnetycznej w celu precyzyjnego określenia pozycji geograficznej mierzonego punktu zintegrowano z systemem GPS Pathfinder amerykańskiej firmy Trimble. Sprzęt pomiarowy udostępnił Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze.



Rysunek nr 1. Bartington do wykonywania pomiarów magnetometrycznych gleb

Badania magnetometryczne są szczególnie przydatne na obszarach leśnych, gdzie długotrwała depozycja zanieczyszczeń następuje w sposób niezakończony zabiegami agrotechnicznymi, a naturalny układ profilu glebowego ułatwia interpretację ekologiczną. Analiza pionowego rozkładu podatności magnetycznej w profilu glebowym pozwala na wskazanie źródła jej pochodzenia (antropogeniczne lub naturalne). Ferrimagnetyki odkładające się w glebach leśnych będących pod presją antropogeniczną gromadzą się głównie w podpoziomie detrytusowym, czyli na głębokości około 3-7 cm. Podatność magnetyczna gleb jest ściśle skorelowana z koncentracją pierwiastków śladowych.¹⁰ Wartości podatności magnetycznej gleb o wartości poniżej 30×10^{-5} jednostek SI charakteryzują gleby terenów uważanych za czyste ekologicznie¹¹ gdzie stopień antropopresji jest niewielki. Podatność magnetyczna na powierzchni gleby wynosiła od 30 do 50×10^{-5} jednostek SI

¹⁰ J. Lis, A. Pasieczna: *Atlas Geochemiczny Polski*. Warszawa 1995

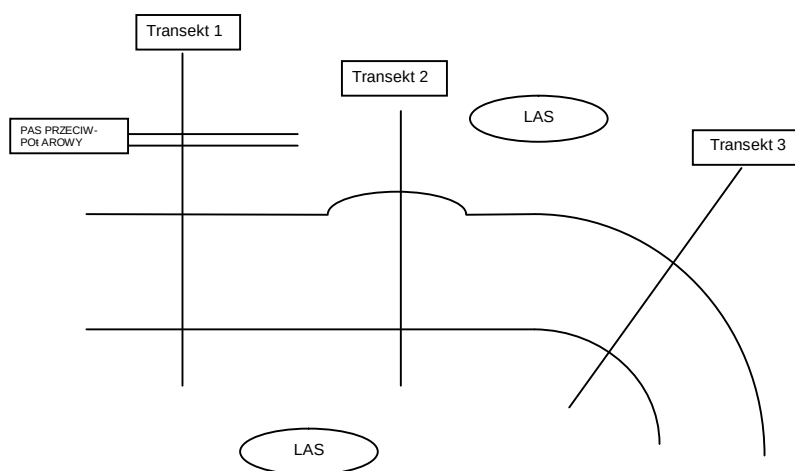
¹¹ T. Magiera, J. Lis, J. Nawrocki, Z. Strzyszczyński: *Podatność magnetyczna gleb Polski*. Warszawa 2002

może oznaczać potencjalne zagrożenie środowiska przez metale ciężkie, ponieważ ilość przynajmniej jednego z metali przekracza wartość graniczną dopuszczalną dla gleb terenów leśnych (Dz.U.02.165.1359). Średnia krajowa podatność magnetyczna gleb leśnych w Polsce wynosi 22×10^{-5} jednostek SI.

W maju 2007r. wykonano pomiary powierzchniowej i pionowej podatności magnetycznej gleb przy drodze krajowej nr 11. Punkty badawcze powierzchniowej podatności magnetycznej drogi oraz sąsiadujących z nią gleb zlokalizowano w 3 transektach badawczych prostopadłych do korony drogi przy następujących fragmentach drogi krajowej:

- 6) Transekt 1 - asfaltowy zjazd autobusowy (z uwagi na intensywne hamowanie i ruszanie pojazdów, czego konsekwencją może być intensywna emisja pierwiastków śladowych do środowiska).
- 7) Transekt 2 - zjazd drogi (z uwagi na hamowanie i intensywne zużywanie części samochodowych).
- 8) Transekt 3 - odcinek drogi z pasem przeciwpowodziowym, zlokalizowanym w odległości 12m od korony drogi.

Sposób lokalizacji transektów doświadczalnych przedstawia rys. 1.



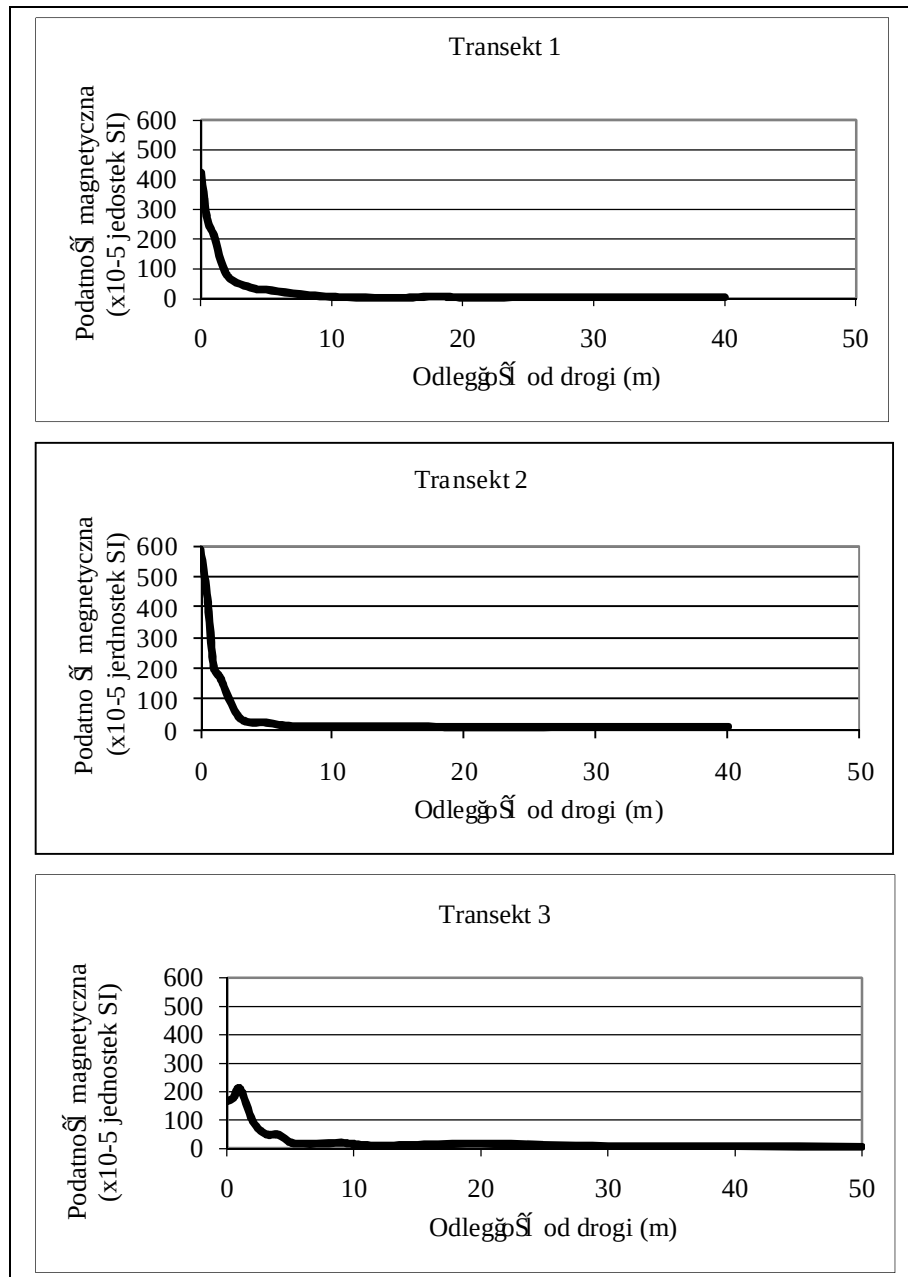
Rysunek nr 1. Lokalizacja transektów badawczych

W każdym wyznaczonym transekcie badawczym wykonano 10 pomiarów powierzchniowej podatności magnetycznej.

Pomiary pionowej podatności magnetycznej wykonano w odległości 10 i 12m od krawędzi drogi nr 11. Pobrano sondę Huga rdzenie glebowe o długości 20cm i średnicy 35mm. Pomiary podatności magnetycznej w rdzeniach wykonano czujnikiem MS2F Bartington z rozdzielczością 0,2mm. Badania wykonano w siedlisku rosnących brzoź brodawkowatych. Rdzenie glebowe pobrano z zachowaniem naturalnego układu profilu glebowego.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań zasięgu migracji pierwiastków śladowych w glebie przydrożnej w układzie poziomym przedstawiono na rys. 2.



Rysunek nr 2. Rozkład powierzchniowej podatności magnetycznej w glebach przylegających do drogi krajowej

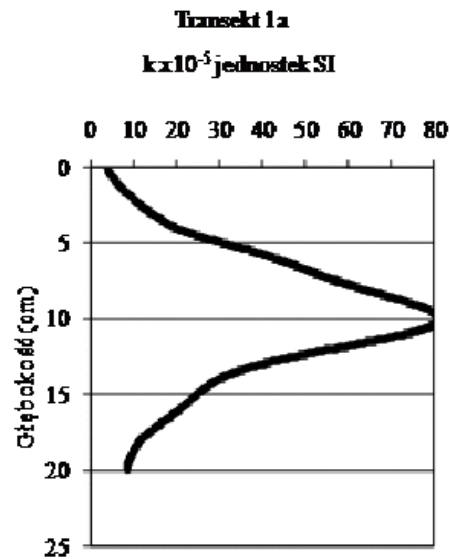
gdzie:

Transekt 1: bruk drogi

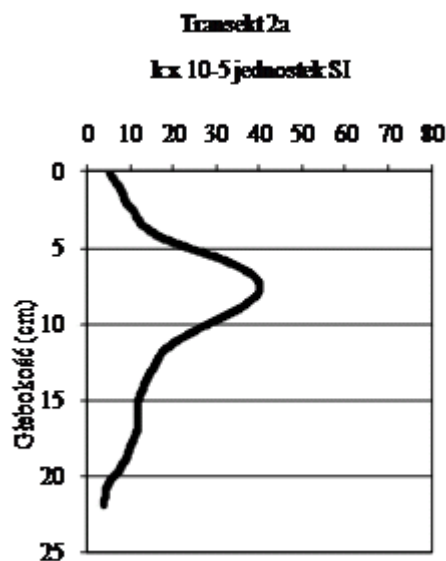
Transekt 2: asfaltowy zjazd autobusowy

Transekt 3: odcinek drogowy z pasem przeciwpowodziowym zlokalizowanym w odległości 12m od korony drogi

Reprezentatywne wyniki badań zasięgi migracji pierwiastków śladowych w glebie przydrożnej w układzie poziomym przedstawiono na rys. 3 i 4.



Rysunek nr 3. Rozkład pionowej podatności magnetycznej gleb przy Źytku drogowym



Rysunek nr 4. Rozkład pionowej podatności magnetycznej gleb przy asfaltowym zjeździe autobusowym

ANALIZA WYNIKÓW

We wszystkich analizowanych transektach badawczych wartości podatności magnetycznej malały wraz z odległościami od drogi. W odległości 5m od korony drogi wartości α nie przekraczały średnich wartości przyjętych dla gleb Polski.

Najwyższe wartości powierzchniowej podatności magnetycznej zanotowano przy asfaltowej zatoce autobusowej, gdzie intensywne hamowanie i ruszanie pojazdów przyczynia się do zwiększonego uruchomienia pierwiastków metalicznych do strefy ekotonowej. Również tutaj nie zaobserwowano migracji ferrimagnetyków w głąb strefy ekotonowej.

Maksymalne wartości pionowej podatności magnetycznej wystąpiły na głębokości 5-10cm i nie przekroczyły wartości 80×10^{-5} jednostek SI. Pierwiastki śadowe kumulowały się w wierzchniej warstwie gleby (warstwa humusowa).

Przeprowadzone badania wykazały, iż stwierdzenie pierwiastków śadowych zagrażające homeostazie środowiska leśnego sięga leśnej strefy ekotonowej. W dalszej odległości otrzymane wartości były mniejsze od uznanej za typ geochemiczne dla obszaru Polski. Zastosowana w pomiarach aparatura magnetometryczna pozwala na rozróżnienie frakcji naturalnych (m.in. podłoża geologiczne) od antropogenicznych (m.in. użytkowanie i budowa dróg). Możliwość szybkiej i dokładnej oceny stanu środowiska w oraz natychmiastowe uzyskanie wyników w terenie to tylko część z zalet metody magnetometrycznej, która może być jedną z metod stosowanych w monitoringu środowiska leśnego. Uzyskane wyniki podatności magnetycznej gleb są spójne z tymi, które otrzymano w wyniku laboratoryjnej analizy chemicznej.