

Zygmunt STRZYSZCZ, Tadeusz MAGIERA  
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN  
Ul. M. Curie-Skłodowskiej 34, 41-819 Zabrze,  
magiera@ipis.zabrze.pl

## **OCENA ZANIECZYSZCZENIA GLEB LEŚNYCH NA PODSTAWIE PODATNOŚCI MAGNETYCZNEJ NA PRZYKŁADZIE NADLEŚNICTWA KATOWICE**

ASSESSMENT OF POLLUTION IN FOREST SOILS AS BASED ON MAGNETIC  
SUSCEPTIBILITY ON THE EXEMPLE OF THE KATOWICE FOREST DISTRICT

***Abstract:** The assessment of industrial and urban dust influx onto the topsoil in the area of Katowice Forest District (including contamination with heavy metals) is difficult because chemical data are lacking. As direct chemical analyses of pollutant content in this area are laborious, time-consuming and expensive, therefore magnetic susceptibility was applied it is an easily detectable geophysical parameter, being a tracer of forest topsoil pollution. The magnetic susceptibility is a measure of degree to which a substance can be magnetized in external magnetic field. Magnetic particles contained in industrial and urban dusts falling down on the soil surface cause stimulation of topsoil magnetic susceptibility in areas influenced by anthropogenic dust emissions. Field measurements were carried out during 1 month in 57 points, including 44 points located just within the territory of the Katowice Forest District and 13 points on its fringe. In each selected point the magnetic susceptibility was measured using Barington Magnetic System equipped with field loop sensor MS2D integrated with the Geographic Position System „Pathfinder – Trimble”. The final value of magnetic susceptibility in individual point is a mean value of several measurements in dependence on local variability. Measurements were done on the soil surface after removal of fresh leaves and needles (O1 horizon). Additionally in 12 points 30 cm deep cores with undisturbed structure of soil profile were taken using the “Humax” sampler. Cores were sampled directly to the plastic tubes of 35 mm in diameter. The magnetic susceptibility was measured using Bartington Magnetic System equipped with MS2F sensor with the 1 cm resolution. The magnetometric study shows that the most polluted areas in the territory of the Katowice Forest District are located in the northern part of Panewnik and Murcki Forest Subdistricts (foresteries Panewnik and Śmiłowice in its northern part, Muchowiec and Ochojec), as well as in northern and eastern parts of the Imielin Forest Subdistrict (foresteries Janów, Wesola, Imielin – mostly areas located along the Przemsza River).*

***Key words :** magnetic susceptibility, forest soil, industrial pollution*

## 1. WSTĘP

Dotychczasowe badania zanieczyszczenia gleb obejmowały głównie tereny rolne. Badania gleb leśnych pod kątem zawartości metali ciężkich i innych zanieczyszczeń prowadzone są wyrywkowo, szczególnie w terenach górskich (WALENDZIK 1992, 1994ab, GRESZTA i in. 1989, NIEMTUR 1997, SKIBA 1995, SKIBA i in. 1995, STRZYSZCZYŃSKI 1999) lub w pobliżu lokalnych źródeł emisji (FALEŃCZAK-JABŁOŃSKA 1993, OLSZOWSKA 1997, ZWOLIŃSKI 1994). Jedynie prace Zwolińskiego (ZWOLIŃSKI 1995, 1999, ZWOLIŃSKI i in. 1998) traktują bardziej kompleksowo ten problem. Stały monitoring na terenach Lasów Państwowych, prowadzony przez Instytut Badawczy Leśnictwa, dotyczy głównie zanieczyszczeń gazowych, pyłu i niektórych metali. Dostępne dane, np. z Atlasu Geochemicznego Polski (LIS, PASIECZNA 1995), nie uwzględniają poziomów ściółki leśnej, gdzie zwykle notuje się najwyższą koncentrację metali ciężkich. Zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju las pełni różnorakie funkcje. Coraz mocniej podkreślana jest rekreacyjna funkcja lasów i to nie tylko w rejonach „ekologicznie czystych”, ale również lasów znajdujących się na obrzeżach wielkich aglomeracji miejsko-przemysłowych i lasów miejskich. Aby lasy tych obszarów mogły skutecznie i bezpiecznie pełnić te funkcje, niezbędne jest dokładne zbadanie ich pod kątem zanieczyszczeń, które niewątpliwie nagromadziły się w nich przez dziesiątki, a na niektórych obszarach nawet setki lat, bezustannej industrializacji i urbanizacji. Odbiornikiem tych zanieczyszczeń jest powietrze, woda powierzchniowa i gruntowa oraz gleba. W przypadku powietrza i wody radykalne obniżenie emisji szkodliwych substancji powoduje stosunkowo szybką poprawę sytuacji ekologicznej. W przypadku gleby zanieczyszczenia pozostają w niej przez wiele lat i mogą stanowić tzw. bombę ekologiczną, która po długim okresie „uśpienia”, przy nagłej zmianie warunków środowiskowych, może doprowadzić do katastrofy ekologicznej. W większej mierze dotyczy to terenów leśnych, gdzie gleby mają bardzo kwaśny odczyn, a zabiegi agrotechniczne poprawiające istniejący stan są prawie niemożliwe. Nawet niewielka zmiana odczynu gleby leśnej może spowodować nagłe uwolnienie zgromadzonych w niej szkodliwych pierwiastków. Zagrożone skażeniem chemicznym są szczególnie grzyby i owoce runa leśnego, które przy rekreacyjnym wykorzystaniu lasu odgrywają dużą rolę.

Dokładne badania zanieczyszczeń gleb na terenach leśnych są konieczne szczególnie na obszarach narażonych na emisje przemysłowe. Metody geochemiczne, aczkolwiek dokładne, są kosztowne i czasochłonne. Niezbędne jest opracowanie alternatywnych metod szybkiej, taniej i w miarę dokładnej oceny stanu zanieczyszczenia gleb leśnych na terenach miejskich i podmiejskich, szczególnie tam, gdzie las ma łączyć w sobie funkcję produkcyjną, rekreacyjną i ekologiczną.

Podatność magnetyczna jest łatwo mierzalną wielkością geofizyczną opisującą zdolność danej substancji do zmian namagnesowania pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego. Na terenach w zasięgu pyłowych emisji przemysłowych często jest ona znacznie podwyższona w stosunku do naturalnej. Jest to

efektem depozycji na powierzchni gleby cząstek magnetycznych pochodzenia antropogenicznego, głównie ferrimagnetycznych tlenków żelaza (minerałów o strukturze krystalicznej, w temperaturze pokojowej mających własności magnetyczne) pochodzących z opadu pyłów przemysłowo-miejskich. Obecność cząstek magnetycznych stwierdzono w pyłach przemysłowych pochodzących z wielu procesów technologicznych (metalurgia żelaza i metali nieżelaznych, przemysł cementowy, ceramiczny koksowniczy itp.). W Polsce największym emitorem antropogenicznych cząstek magnetycznych jest energetyka bazująca na spalaniu paliw stałych – węgla kamiennego i brunatnego (STRZYSZCZ 1989a, b, 1993, 1995, STRZYSZCZ i in. 1988, 1996). Poza energetyką przemysłową, której emisje pyłowe w ostatnich latach są znacznie ograniczane poprzez zastosowanie coraz wydajniejszych urządzeń odpylających, olbrzymie, a często niedoceniane znaczenie ma tak zwana „niska emisja” pochodząca ze spalania węgla w tysiącach małych kotłowni miejskich i osiedlowych oraz milionów palenisk domowych (MAGIERA i in. 2002).

W procesie spalania żelazo zawarte w węglu (głównie w postaci siarczków) jest przekształcane w magnetyczne tlenki żelaza (głównie magnetyt i maghemit). Według F LANDERSA (1994) wagowy wzrost zawartości siarczków w węglu o 1% powoduje wzrost zawartości tlenków żelaza w popiele o 7%. Dzięki wysokim kominom elektrowni popioły lotne emitowane do atmosfery mogą być transportowane na znaczne odległości (H ANDY i D AVIDSON 1953), powodując wzrost podatności magnetycznej gleb nawet na terenach znacznie oddalonych od głównych obszarów emisji zanieczyszczeń. Takie zjawisko obserwowane jest np. w Bieszczadach (STRZYSZCZ 1999).

Badania wykonane na terenie dawnego województwa katowickiego wykazały wysoką korelację między podatnością magnetyczną gleb a takimi parametrami emisji i imisji, jak: całkowita emisja pyłów ( $r=0,903$ ), emisja pyłów energetycznych ( $r=0,868$ ), emisja pyłów metalurgicznych ( $r=0,918$ ), emisja pyłów cementowych ( $r=0,365$ ), zawartość pyłu zawieszzonego ( $r=0,656$ ), zawartość żelaza w powietrzu ( $r=0,656$ ) oraz opad pyłu ( $r=0,677$ ), żelaza ( $r=0,440$ ), cynku ( $r=0,590$ ), ołowiu ( $r=0,600$ ) i kadmu ( $r=0,540$ ) (STRZYSZCZ 1993, STRZYSZCZ, MAGIERA 1998a).

Liczne badania geochemiczne popiołów lotnych z elektrowni węglowych polskich (P ACYNA 1980, K ONIECZYŃSKI 1982, R ÓŻKOWSKA 1984), amerykańskich (H ULLET i in., 1980, H ANSEN i in. 1981) i angielskich (W ADGE i in. 1986) wykazały, że zawierają one znaczne ilości metali ciężkich. Co więcej, badania H ULLET i in. (1980) wykazały, że w popiołach lotnych większość pierwiastków, szczególnie należących do pierwszego szeregu przejściowego (podgrupa b w grupach III–VIII układu okresowego), takich jak: Pb, Zn, Cd, V, Co, Ni, Cu, występujących w węglu głównie w postaci siarczków, związana jest z minerałami magnetycznymi. Struktura wewnętrzna sieci krystalicznej magnetytu i różnego rodzaju ferrytów tworzących się w wysokich temperaturach umożliwia włączenie się w jej obręb licznych pierwiastków, które w środowisku glebowym mogą być

niebezpieczne dla roślin, zwierząt i ludzi. Geochemiczne badania popiołów lotnych dowiodły, że metale ciężkie mogą być również zaadsorbowane na powierzchni cząstek. Szczególnie najdrobniejsza frakcja popiołów lotnych, o bardzo rozwiniętej powierzchni czynnej, może ulec wzbogaceniu w takie metale jak: Cr, Mn, Pb, V i Zn (KEYSER i in., 1978). Metale ciężkie, związane na powierzchni cząstek popiołów jedynie siłami adsorpcji, mogą być łatwo uruchomione w glebie, szczególnie przy odczynie kwaśnym, stanowiąc poważne niebezpieczeństwo dla środowiska. Postępujące zakwaszenie gleb związane z emisją SO<sub>2</sub> i kwaśnymi deszczami może być elementem przyspieszającym uwalnianie metali ciężkich. Słabo rozpoznane są natomiast przemiany ferrimagnetycznych minerałów żelaza w glebach pod wpływem niektórych związków organicznych o cechach chelatów (KINNINBURGH i in. 1998).

Już w latach osiemdziesiątych wielu autorów zauważyło związek pomiędzy wzrostem podatności magnetycznej a zawartością pewnych metali ciężkich w wielu środowiskach. BECKWITH i in. (1986) wykazali zależność liniową pomiędzy zawartością cząstek magnetycznych a zawartością takich metali jak: Cu, Fe, Pb i Zn w pyłach miejskich. Podobną zależność pomiędzy podatnością magnetyczną z jednej strony a zawartością Pb, Cu, Zn i Cd w pyłach atmosferycznych z drugiej zaobserwował HUNT i in. (1984).

Badania własne (STRZYSZCZYŃSKI 1993) potwierdziły, że zależność pomiędzy wartością podatności magnetycznej a zawartością metali ciężkich w pyłach jest bardzo wysoka (współczynnik korelacji rzędu 0,8–0,9).

Jeżeli cząstki magnetyczne oraz znaczna część metali ciężkich dostających się do gleby w wyniku imisji przemysłowych pochodzi z tych samych źródeł, możliwe jest wykorzystanie cząstek magnetycznych jako wskaźnika zanieczyszczenia gleby. Pomiary podatności magnetycznej górnej warstwy gleby in situ są proste, szybkie i tanie oraz pozwalają na zebranie w krótkim czasie odpowiedniej ilości danych do wykonania orientacyjnych map przestrzennego rozkładu podatności magnetycznej pochodzącej ze źródeł antropogenicznych (emisje pyłowe). Podatność magnetyczna może być wskazówką do poszukiwania na tym terenie obecności również innych zanieczyszczeń przemysłowych. Dotyczy to szczególnie wielocyklicznych wodorów aromatycznych – WWA (MORRIS i in. 1994) oraz selenu (STRZYSZCZYŃSKI, MAGIERA 2001).

W wielu przypadkach stwierdzone anomalie magnetyczne pokrywają się z anomaliami geochemicznymi, o ile te mają podłoże antropogeniczne, a w szczególności związane są z pyłowymi emisjami przemysłowymi i komunalnymi. Z dotychczasowych badań wynika, że na obszarach, gdzie podatność magnetyczna przekracza wartość  $50 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , zawartość co najmniej jednego z metali ciężkich znacznie przewyższa wartość tła geochemicznego typowego dla danego rejonu (STRZYSZCZYŃSKI, MAGIERA, 2001), natomiast na obszarach miejsko-przemysłowych, gdzie roczny opad pyłu przekracza lub na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci przekraczał  $100 \text{ g/m}^2$ , korelacja pomiędzy podatnością magnetyczną a koncentracją metali ciężkich jest wysoka (STRZYSZCZYŃSKI 1993, HELLER i in.

1998). Tereny takie predysponowane są do zastosowania metody magnetometrii terenowej opartej na pomiarach podatności magnetycznej górnej warstwy gleby in situ w celu przeprowadzenia szybkiego rozpoznania wstępnego stanu zanieczyszczenia gleb.

Magnetometria jest szczególnie przydatna na obszarach leśnych, gdzie długotrwała depozycja zanieczyszczeń (w tym również cząstek magnetycznych) następuje w sposób niezakłócony 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 bądź naturalne). Ferrimagnetyki antropogeniczne w glebach leśnych gromadzą się głównie w podpoziomach Of i Oh ściółki leśnej, dlatego też te poziomy wykazują w profilu glebowym znacznie podwyższoną wartość podatności magnetycznej.

Na obszarze Nadleśnictwa Katowice ocena wpływu na gleby zanieczyszczeń pyłowych, w tym zawartych w pyłach metali ciężkich, jest utrudniona z powodu braku danych o zawartości metali ciężkich w glebach.

W Polsce badania zawartości metali ciężkich w glebach leśnych za pomocą ich podatności magnetycznej były już prowadzone w lasach na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach. Chcąc oszacować zagrożenie przez depozycję pyłów i metali ciężkich zmierzono podatność magnetyczną gleb we wszystkich nadleśnictwach RDLP Katowice. Na terenie każdego nadleśnictwa założono przynajmniej 3 odkrywki glebowe (najwięcej – 18, odkrywek założono w Nadleśnictwie Turawa) i pobrano próby do laboratoryjnych badań podatności magnetycznej. Z badań tych wynika, że podatność magnetyczna poziomu Of/Oh gleb leśnych jest najwyższa na terenie Nadleśnictwa Katowice (STRZYSCZCZ i in. 1991).

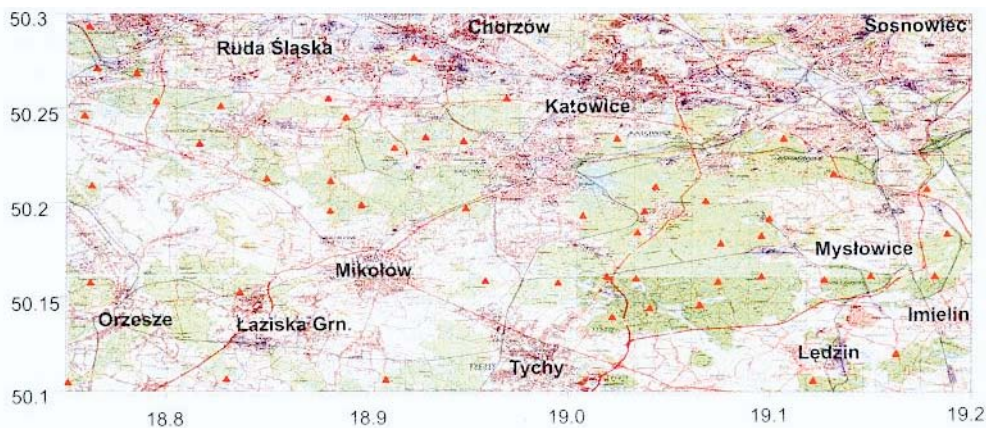
Celem obecnych badań, zleconych przez Instytut Badawczy Leśnictwa w ramach projektu celowego zamawianego PCZ-002-23, była analiza i ocena zanieczyszczenia lasów Nadleśnictwa Katowice przez imisje przemysłowe i miejskie za pomocą podatności magnetycznej gleb.

## **2. METODYKA BADAŃ**

Do oceny wpływu zagrożeń gleb leśnych Nadleśnictwa Katowice przez imisje przemysłowe wykorzystano pomiar podatności magnetycznej. Zastosowano nowoczesną aparaturę pozwalającą na określenie wartości podatności magnetycznej w warunkach terenowych, a także wykorzystano doświadczenie zdobyte w toku realizacji projektu w ramach 5. Programu Ramowego UE, pt. „Monitoring zanieczyszczeń środowiska pochodzenia antropogenicznego na terenie centralnej Europy przy użyciu metod magnetycznych” (MAGPROX). W niniejszej pracy wielkość podatności magnetycznej jest podawana w bezwymiarowych jednostkach SI.

Pomiary terenowe przeprowadzono w listopadzie 2002 r. w 57 punktach, z których 44 znajdowały się na terenie lasów Nadleśnictwa Katowice, a 13 na jego





**Ryc. 1. Rozkład punktów pomiarowych gleb leśnych na terenie Nadleśnictwa Katowice**

Fig. 1. Distribution of forest soil measuring points on the Katowice Forest District area

obrzeżach (ryc. 1). W każdym z punktów dokonano pomiarów podatności magnetycznej za pomocą czujnika magnetycznego MS2D "Bartington", sprzężonego z systemem GPS "Pathfinder" firmy Trimble, określającym w sposób automatyczny pozycję geograficzną punktu pomiarowego. Na końcową wartość podatności magnetycznej w punkcie pomiarowym składała się wartość średnia z kilkunastu do kilkudziesięciu pomiarów (zależnie od zmienności przestrzennej w punkcie) w kole o promieniu 2 m (środkiem koła była pozycja anteny odbiornika GPS). Pomiary wykonywano na powierzchni gleby po zdjęciu świeżego listowia bądź igliwia.

Dodatkowo w 12 punktach, za pomocą sondy glebowej Huga, pobrano rdzenie glebowe długości ok. 30 cm, z zachowaniem naturalnego układu profilu glebowego. Rdzenie pobierane były bezpośrednio do plastikowych tub o średnicy 35 mm. Pomiarów podatności magnetycznej w rdzeniach dokonano z rozdzielczością 1 cm w laboratorium Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze za pomocą czujnika podatności magnetycznej MS2F "Bartington".

### 3. WYNIKI BADAŃ

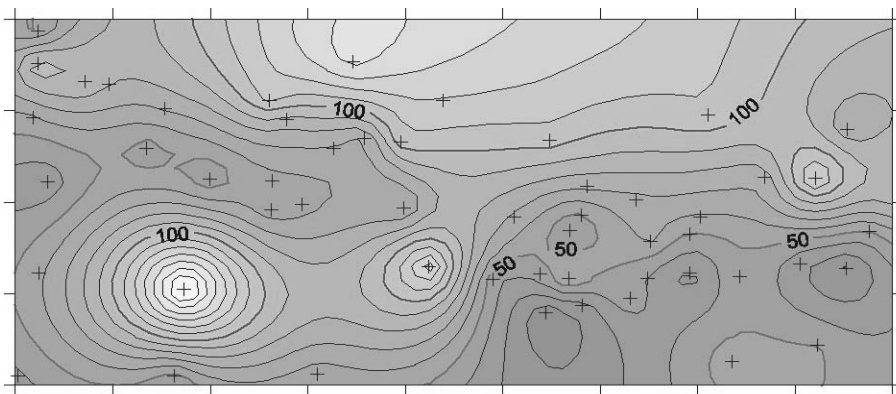
#### Rozkład powierzchniowej podatności magnetycznej

Rozkład powierzchniowej podatności magnetycznej na terenie Nadleśnictwa Katowice cechuje się dużym zróżnicowaniem przestrzennym, co jest charakterystyczne dla obszarów będących pod wpływem silnej antropopresji. Prawie 80% terenów leśnych wykazuje powierzchniową podatność magnetyczną powyżej  $50 \times 10^{-5}$  jednostek SI (ryc. 2). Generalnie podatność magnetyczna wzrasta w kierunku północnym, w stronę centralnej części GOP, a także w kierunku wschodnim, w stronę granicznej rzeki Przemszy, gdzie wyraźnie widoczne jest oddziaływanie

kompleksu elektrowni Jaworzno (I, II i III), oraz w kierunku północno-zachodnim, w stronę Zabrze i Gliwic. Najwyższą wartość ( $137 \times 10^{-5}$ ) zanotowano w enklawie leśnej pomiędzy Mikołowem a Tychami (Leśnictwo Podlesie, oddział 256), a niewiele niższe wartości na obszarze pomiędzy Panewnikiem i Kochłowicami, w rejonie Halemby i Makoszów (obręb Panewnik), nad Przemszą w rejonie Brzezinki (obręb Imielin) oraz w północnej części obrębu Murcki i Imielin (Leśnictwo Muchowiec i Janów).

Najniższe wartości podatności magnetycznej w warstwie powierzchniowej na terenie Nadleśnictwa Katowice były notowane w południowym pasie największego zwartej kompleksu leśnego w obrębie Murcki (Leśnictwa Łędziny i Czulów) oraz w rejonie południowym obrębu Imielin w lasach na północ od Imielina i Hołdunowa. Niskie wartości podatności magnetycznej zanotowano też w rejonie Borowej Wsi (południowa część Leśnictwa Śmiłowice – obręb Panewnik). Podatność w warstwie powierzchniowej gleby nie przekracza tu  $30 \times 10^{-5}$  (minimalna zanotowana wartość wynosi  $12 \times 10^{-5}$  – Leśnictwo Czulów, oddział 224). Takie wartości podatności magnetycznej ma większość gleb i notuje się je na terenach uważanych za „czyste ekologicznie” (M AGIERA i in. 2002).

W otoczeniu Nadleśnictwa Katowice najwyższe wartości zanotowano w rejonie Huty i Elektrowni Łaziska ( $182 \times 10^{-5}$ ) oraz Świętochłowic ( $145 \times 10^{-5}$ ) (ryc. 2).

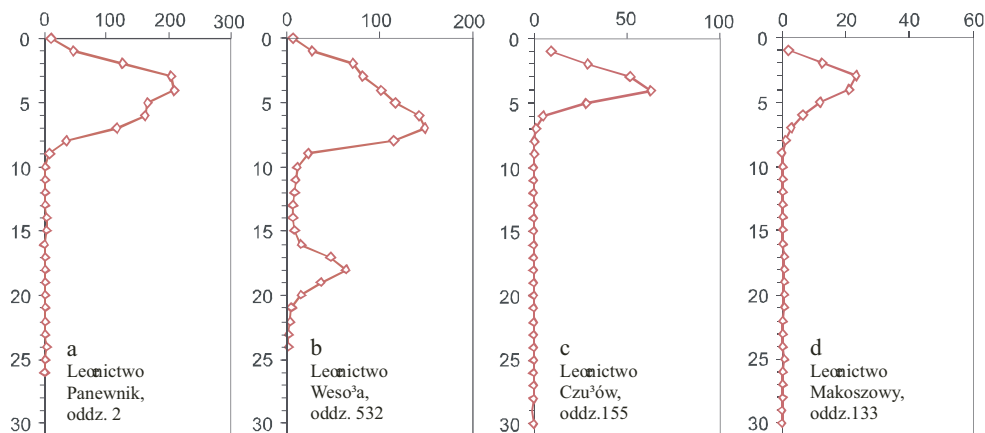


**Ryc. 2. Rozkład przestrzenny podatności magnetycznej (w jednostkach SI) w powierzchniowej warstwie gleby leśnej na terenie Nadleśnictwa Katowice**

Fig. 2. Spatial distribution of magnetic susceptibility (in SI units) in the surface layer of forest soil in the Katowice Forest District area

### Rozkład pionowy podatności magnetycznej

Analiza rozkładu wartości podatności magnetycznej w profilu pionowym w wybranych punktach pomiarowych pokazuje, że wartości notowane na powierzchni w trakcie pomiarów terenowych nie są wartościami maksymalnymi. W



**Ryc. 3. Rozkład podatności magnetycznej w pionowych profilach glebowych Nadleśnictwa Katowice**

Fig. 3. Distribution of magnetic susceptibility in vertical profiles of soil in the Katowice Forest District area

typowym profilu glebowym na terenach będących pod wpływem imisji przemysłowych najwyższą podatność magnetyczną obserwuje się w poziomach Of/Oh, a więc, w zależności od rozwoju profilu glebowego i grubości ściółki leśnej, na głębokości ok. 3–7 cm. We wszystkich badanych profilach rozkład podatności magnetycznej miał charakter typowo antropogeniczny, z wyraźnie rysującym się maksimum w warstwie Of/Oh (ryc. 3). W przypadku profili w północnej części leśnictw Muchowiec i Panewnik, a więc na obszarach leżących najbliżej terenów miejsko- przemysłowych GOP, podatność magnetyczna w poziomie Of/Oh dochodzi nawet do  $200 \times 10^{-5}$  jednostek SI (ryc. 3a), natomiast na głębokości ok. 10 cm spada do wartości poniżej  $10 \times 10^{-5}$ . W niektórych profilach gleb bielcowych widoczny jest jeszcze pedogeniczny poziom akumulacji wtórnej wodorotlenków żelaza (poziom B; ryc. 3b).

W profilu w leśnictwie Wesoła podatność magnetyczna wynosi ok.  $150 \times 10^{-5}$  jednostek SI, a w profilach zlokalizowanych w leśnictwie Reta i północnej części leśnictwa Śmiłowice (południowe dzielnice Rudy Śląskiej) podatność w warstwie Of/Oh jedynie nieznacznie przekracza wartość  $100 \times 10^{-5}$  (ryc. 3b). W profilach Imielin, Górki i Czułów wartość maksymalna waha się pomiędzy 50 i  $100 \times 10^{-5}$  (ryc. 3c). Profile w leśnictwach Makoszowy i Łęziny charakteryzują się niską podatnością magnetyczną wzdłuż całego profilu, chociaż poziom Of/Oh jest tu wyraźnie zaznaczony (ryc. 3d).



#### 4. Dyskusja wyników

Doświadczenia zdobyte w trakcie realizacji projektu MAGPROX wykazują, że podatność magnetyczna na powierzchni gleby wynosząca od  $30$  do  $50 \times 10^{-5}$  jednostek SI może oznaczać potencjalne zagrożenie przez metale ciężkie, bowiem ilość przynajmniej jednego z metali przekracza wartość graniczną dopuszczalną dla gleb terenów leśnych (Dz.U. 02.165.1359, STRZYSZCZ i M AGIERA 2001). Przeważnie dotyczy to ołowiu, którego zachowanie w trakcie rozprzestrzeniania w powietrzu jest nieco inne niż pozostałych metali. Jeśli podatność magnetyczna przekracza wartość  $50 \times 10^{-5}$ , to zawartość ołowiu (rozpuszczalnego w  $2\text{MHNO}_3$ ) w glebie wynosi powyżej  $50$  mg/kg. Z wcześniejszych badań prowadzonych na terenie południowej Polski wynika, że przy podatności magnetycznej  $50$ – $200 \times 10^{-5}$  zawartość ołowiu wahała się od  $65$  do  $145$  mg/kg. Zwiększonej zawartości ołowiu w glebie towarzyszy często również podwyższona zawartość kadmu. Udział obszarów, na których podatność magnetyczna przekracza  $50 \times 10^{-5}$  jednostek SI, jest na terenie Nadleśnictwa Katowice znaczny (prawie  $80\%$ ). Na obszarach tych należałoby przeprowadzić szczegółowe badania zawartości metali ciężkich w glebie. Być może również zawartość innych zanieczyszczeń (w tym i organicznych) jest na tym obszarze przekroczone. Dla przykładu można podać, że w rejonie Łazisk Górnych, a więc na terenie przylegającym od południowego-zachodu do terenów Nadleśnictwa Katowice, zawartość cynku w poziomie O/Ah wahała się od  $250$  do  $440$  mg/kg, a zawartość ołowiu i kadmu odpowiednio  $280$ – $645$  i  $0,5$ – $3,5$  mg/kg (dane niepublikowane).

Atlas Geochemiczny Górnego Śląska (L IS i P ASIECZNA 1995) pokazuje, że w rejonie Kochłowic, południowych dzielnic Katowic, i na terenach przylegających do rzeki Przemszy, a więc należących do leśnictw Śmiłowice (część północna), Panewnik, Muchowiec, Ochojec, Janów, Wesola i Imielin, zawartość ołowiu w glebie przekracza  $100$ , cynku –  $300$ , a kadmu –  $4$  mg/kg. Potwierdzają to wyniki badań podatności magnetycznej, przy czym wspomnieć należy, że autorzy Atlasu wykonywali badania w całej, dwudziestocentymetrowej warstwie gleby, odrzucając na obszarach leśnych warstwę ściółki, co, jak wynika z rozkładu wartości podatności magnetycznej w profilach, mogło dać znacznie zaniżony wynik, gdyż maksimum koncentracji metali ciężkich podobnie jak cząstek magnetycznych pochodzenia antropogenicznego notowane jest w poziomach Of/Oh ściółki.

Zawartość metali ciężkich w glebie ma bez wątpienia związek z wielkością opadu pyłu i samych metali. Z danych opublikowanych przez Wojewódzką Stację Sanitarно-Epidemiologiczną w Katowicach (Zanieczyszczenie atmosfery w województwie śląskim 2002) wynika, że następuje wyraźny spadek wielkości opadu metali po 1999 r. Jednakże w latach poprzednich ich imisje były na niektórych obszarach bardzo wysokie, a leśnictwo ma ograniczone możliwości „rozcieńczenia” ich zawartości poprzez stosowanie np. systematycznej orki, wapnowanie czy magnezowanie gleb bardzo kwaśnych. Nie ma podstaw, by sądzić, że w ciągu najbliższych  $10$ – $20$  lat wypracowane zostaną technologie zmniejszające za-

grożenie ekologiczne, bo wzrost pH gleb leśnych nawet do wartości 5,5–6,0 nie rozwiązuje problemu.

## 5. ZAKOŃCZENIE

Wstępne wyniki badań podatności magnetycznej gleb Nadleśnictwa Katowice wskazują na znaczne jej zróżnicowanie w poszczególnych leśnictwach. Jest oczywiste, że w pobliżu zakładów przemysłowych (huty, zakłady energetyczne, koksownie, skupiska domów) podatność magnetyczna wzrasta, a z nią zagrożenie przez metale ciężkie takich miejsc, które często są miejscem rekreacji ludzi mieszkających w pobliżu. Na niektórych terenach buduje się nawet ośrodki rekreacyjne lub wykorzystuje do celów rekreacji naturalne zbiorniki wodne. Poznanie zagrożenia w wyniku skażenia środowiska przez metale ciężkie na pewno przyczyni się do zmiany polityki w zakresie zrównoważonego rozwoju leśnictwa wielofunkcyjnego w rejonie uprzemysłowionym.

Badania magnetometryczne pokazały, że na terenie Nadleśnictwa Katowice szczególnie zanieczyszczone są obszary położone w północnej części obrębów Panewnik, (leśnictwa Panewnik, Śmiłowice – część północna), Murcki (leśnictwa Muchowiec, Ochojec) oraz północnej i wschodniej części obrębu Imielin (leśnictwa Janów, Wesoła, Imielin – głównie tereny przylegające do rzeki Przemszy). Lokalnie takie zagrożenia występują również w rejonie Zabrze – Makoszowy (leśnictwo Makoszowy), oraz w rejonie Mikołowa i Tychów (leśnictwo Podlesie). W tych rejonach można spodziewać się przekroczenia zawartości granicznej jednego lub kilku metali ciężkich i wysokiej zawartości również innych zanieczyszczeń (w tym i organicznych), dlatego też tu należałoby w kolejnym etapie badań przeprowadzić analizy chemiczne określające dokładną zawartość zanieczyszczeń mogących stanowić potencjalne zagrożenie dla użytkowników lasu.

Praca została złożona 15 marca 2003 i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 30 czerwca 2003 r.

## LITERATURA

- BECKWITH, P. R., ELLIS J. B., REVITT D. M., OLDFIELD F. 1986: Heavy metal and magnetic relationships for urban source sediments. *Phys. Earth Planet Interiors*, 42: 67–75.
- FALENCKA -JABŁOŃSKA M., GŁĄBIŃSKI J., KOTOWSKI W. 1993: Wpływ elektrowni Kozielnice na środowisko leśne – synteza badań. *Prace Inst. Bad. Leś.*, 761/769: 27–60.
- FLANDERS P.J. 1994: Collection, measurements and analysis of airborne magnetic particulates from pollution in the environment. *J. Appl. Phys.*, 75: 5931–5936.

- GRESZTA J., BARSZCZ J., NIEMTUR S. 1989: Evaluation of damage to mountain forests in southern Poland. [W:] Air pollution and forest decline. Vol. 1 (eds: Bucher J.B. and Bucher-Wallin I.). EAFV Brimensdorf, 41–50.
- HANDY R. L., DAVIDSON D. T. 1953: On the curious resemblance between fly ash and the meteoritic dust. *Proc. Iowa Acad. Sci.*, 60: 373–379.
- HANSEN L. D., SILBERMAN D., FISHER G. L. 1981, Crystalline components of stack-collected, size-fractionated coal fly ash. *Environ. Sci. Technol.*, 15: 1057–1062.
- HELLER F., STRZYSZCZ Z., MAGIERA T. 1998: Magnetic record of industrial pollution on forest soils of Upper Silesia (Poland). *J. Geoph. Res.*, 103, B8: 17767–17774.
- HULETT L. D., WEINBERGER A., J., Northcutt K., J., Ferguson M. 1980: Chemical species in fly ash from coal-burning power plant. *Science*, 210: 1356–1358.
- HUNT A., JONES J., OLDFIELD F. 1984: Magnetic measurements and heavy metals in atmospheric particulates of anthropogenic origin. *The Science of the Total Environment*, 33: 129–139.
- KEYSER T. R., NATUSCH F. S., EVANS Jr. C. A., LINTON R. W. 1978: Characterizing the surfaces of environmental particles. *Environ. Sci. Technol.*, 12: 768–773.
- KINNINBURGH D. G., VAN RIEMSDIJK W. H., KOOPAL L. K., BENEDETTI M. F. 1998: Ion binding to humic substances: measurements, models and mechanisms. [W:] Adsorption of metals by geomedia (ed. E. A. Jenne), *Proc. Am. Chem. Soc. Symp.*, Academic Press, San Diego, 484–520.
- KONIECZYŃSKI J. 1982: Skuteczność pracy elektrofiltrów, a emisja metali śladowych w spalinach elektrowni węglowych. *Ochrona Powietrza*, 1–3: 7–14.
- LIS J., P ASIECZNA A. 1995: Atlas Geochemiczny Polski. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- LIS J., P ASIECZNA A. 1995: Atlas Geochemiczny Górnego Śląska. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- MAGIERA T., LIS J., NAWROCKI J., STRZYSZCZ Z. 2002: Podatność magnetyczna gleb Polski. *PIG Warszawa*. 2002.
- MORRIS W. A., VERSTEEG J. K., MARVIN C. H., MCCARRY B. E., RUKAVINA N. A. 1994: Preliminary comparisons between magnetic susceptibility and polycyclic aromatic hydrocarbon content in sediments from Hamilton Harbour, western Lake Ontario. *The Science of the Total Environment*, 152: 153–160.
- NIEMTUR S. 1997: Skażenie antropogeniczne ekosystemów leśnych w Gorczańskim Parku Narodowym. (Rozprawa habilitacyjna). *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 835: 3–119.
- OLSZOWSKA G. 1997: Aktywność enzymatyczna gleb leśnych w rejonie oddziaływania emisji huty cynku i ołowiu „Miasteczko Śląskie”. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 830/834: 107–130.
- PACYNA J. M. 1980: Elektrownie węglowe jako źródło skażenia środowiska metalami ciężkimi i radionuklidami. *Prace Naukowe IKŚ Politechniki Wrocławskiej, Ser. Monografie 17*, Wrocław.
- RÓŻKOWSKA A. 1984: Zawartość pierwiastków śladowych w węglach kamiennych z centralnej i południowej części GZW. Ogólnokrajowa konferencja nt. Problemy badań węgla w pracach geologiczno-żelaznych w aspekcie nowych technologii jego utylizacji”. *Uniwersytet Śląski, Katowice*. SKIBA S. 1995: Ocena wpływu emisji przemysłowych na gleby Karkonoszy. [W:] *Problemy ekologiczne wysokogórskiej części Karkonoszy* (ed. Fischer Z.). Oficyna Wydawnicza Instytutu Ekologii PAN, Dziekanów Leśny, 97–111.
- SKIBA S., DREWNIK M., SZMUC R., PREDKI R. 1995: Zawartość metali ciężkich w glebach Bieszczadzkiego Parku Narodowego. *Roczniki Bieszczadzkie*, 4: 111–116.
- STRZYSZCZ Z. 1989a: Anwesenheit des ferromagnetischen Eisen in oberschlesischen Waldböden und deren Ursachen. *Mitt. Deut. Boden. Ges.* 59: 1197–1202.
- STRZYSZCZ Z. 1989b: Ferromagnetic properties of forest soils being under influence of industrial pollution. *Air pollution and forest decline*. In *Proc. 14th Int. Meeting for Specialist in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems*. IUFRO, 1989, Interlaken, 201–207.

- STRZYSZCZ Z. 1993: Magnetic susceptibility of soils in the area influenced by industrial emission. [W:] Soil Monitoring (e ds: Schulin R., Desaulles A.), Birkhauser Verlag Basel, 255-269.
- STRZYSZCZ Z. 1995: Gehalt an Ferromagnetika in den von der Immission der Zement-industrie in der Wojewodschaft Opole beeinflussten Böden (Contents of ferromagnetics in soils of Opole region contaminated by cement-industry imissions). Mitt. Deut. Boden. Ges., 76: 1477-1480.
- STRZYSZCZ Z. 1999: Heavy metal contamination in mountain soils of Poland as a result of anthropogenic pressure. Biology Biuletin, 26, 6: 593-605.
- STRZYSZCZ Z., M AGIERA T. 1998: Heavy Metal Contamination and Magnetic Susceptibility in Soils of Southern Poland. Physics and Chemistry of the Earth, 23, 9-10: 1127-1131.
- STRZYSZCZ Z., M AGIERA T. 2001: Record of industrial pollution in Polish ombrotrophic peat bogs. Physics and Chemistry of the Earth, 26, 11-12: 859-866,
- STRZYSZCZ Z., MAGIERA T., BZOWSKI Z. 1991: Rozkład przestrzenny ferromagnetyków w glebach leśnych województwa katowickiego i terenów ościennych. Materiały konferencyjne: Poznań - cze i praktyczne efekty badań prowadzonych w CPBP nr 03.11 w latach 1986-1990, PAN Zabrze, 226-242.
- STRZYSZCZ Z., MAGIERA T., HELLER F. 1996: The influence of industrial immisions on the magnetic susceptibility of soils in Upper Silesia. Studia Geoph. et Geod., 40: 276-286.
- STRZYSZCZ Z, TÖLLE R., KATZUR J. 1988: Zur Anwendung eines hochfrequenten Messverfahrens für den Nachweis von ferromagnetischen Eisen in der Umwelt. Arch. Ochr. Środ. 3-4: 137-143.
- WADGE A., HUTTON M., PETERSON P.J. 1986: The concentration and particle size relationships of selected trace elements in fly ashes from U.K. coal-fired power plants and a refuse incinerator. The Science of the Total Environment, 54: 13-27.
- WALENDZIK R. 1994: Charakterystyka degradacji gleb leśnych Sudetów Zachodnich i próby ich rewitalizacji na przykładzie Nadleśnictwa Szklarska Poręba. Prace Inst. Bad. Leś., B, 21/1: 37-57.
- WALENDZIK R. 1994: Degradacja gleb leśnych w regionach górskich i w województwie katowickim oraz możliwości przeciwdziałania. Prace Inst. Bad. Leś., B, 19 s. 33-40. Zanieczyszczenie atmosfery w województwie śląskim w latach 2000-2001. 2002: Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Katowicach.
- ZWOLIŃSKI J. 1994: Rola metali ciężkich w degradacji ekosystemów leśnych pozostających pod wpływem emisji zakładów przemysłu miedziowego. [W:] Lasy Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Stan aktualny, zagrożenia, przyszłość. Cz. I. Oficyna Wydaw., Legnica: 53-64.
- ZWOLIŃSKI J. 1995: Wpływ emisji zakładów przemysłu metali nieżelaznych na środowisko leśne - rola metali ciężkich w degradacji lasów (rozprawa habilitacyjna). Prace Inst. Bad. Leś., A, 809: 3-86.
- ZWOLIŃSKI J. 1999: Zmiany zawartości metali ciężkich oraz aktywności mikrobiologicznej w glebach borów sosnowych na terenie Polski południowo-zachodniej w latach 1988-1997. Prace Inst. Bad. Leś., A, 866/872: 103-118.
- ZWOLIŃSKI J., MATUSZCZYK I., ZWOLIŃSKA B. 1998: Accumulation of sulphur and metals in and on pine (*Pinus sylvestris* L.) and regions in southern Poland. Fol. For. Pol., A, 40-57.