

PODATNOŚĆ MAGNETYCZNA GLEB W NIEKTÓRYCH REZERWATACH LEŚNYCH OPOLSZCZYZNY

Grzegorz KUSZA*, Zygmunt STRZYSZCZ**

WSTĘP

Na obszarze województwa opolskiego działa szereg cementowni różniących się technologią produkcji cementu (sucha, mokra), zastosowanymi dodatkami, wielkością emisji i czasem oddziaływania na środowisko. Cementownie i wapienniki zlokalizowane są w centralnej części województwa, w miejscowościach: Opole, Góraždze, Tarnów Opolski i Strzelce Opolskie. Przemysł cementowo-wapienniczy pod względem wielkości emisji pyłów wyprzedza inne rodzaje działalności produkcyjnej, ustępując miejsca tylko energetyce. Ze względu na małą wysokość emitorów, charakteryzuje się on emisją zanieczyszczeń o zasięgu lokalnym. W ostatnich latach odnotowuje się zwiększanie jego udziału w zapyleniu powietrza atmosferycznego. Oceniając wpływ antropopresji przemysłowej na przekształcenia chemiczne gleb, lepsze właściwości wskaźnikowe posiadają grunty leśne, zwłaszcza obszarów wyłączonych z intensywnej gospodarki, jak rezerваты przyrody, parki narodowe i krajobrazowe. Wynika to z możliwości badania naturalnie zachowanych profili glebowych na tych obszarach. Aktualnie w Polsce monitorowanie stanu środowiska glebowego opiera się na metodach chemicznych, głównie na pomiarze zawartości metali ciężkich, lub ich związków, w glebie oraz roślinach – bioindykatorach. Badania realizowane są zarówno na terenach niezalenyonych obejmujących grunty orne i użytki zielone, jak również na obszarach leśnych. W obu przypadkach wymagane jest pobieranie olbrzymiej ilości prób i wykonywanie znacznej ilości czasochłonnych i bardzo kosztownych analiz. Z tego powodu w ostatnich latach poszukuje się alternatywnych metod wykorzystywanych do oceny stanu środowiska przyrodniczego, które byłyby dokładne, szybkie i tanie (*Strzyszcz, 1991; Strzyszcz i Magiera, 1993, 1994*). Do takich metod zalicza się oznaczenie właściwości magnetycznych gleb, w tym pomiar podatności magne-

* Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi, Uniwersytet Opolski, 45-052 Opole, ul. Oleska 22,
e-mail: Grzegorz.Kusza@uni.opole.pl

** Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polska Akademia Nauk, 41-819 Zabrze, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34

tycznej i określenie jej zależności częstotliwościowej (*Magiera i in.*, 2002). Prowadzone w kraju badania podatności magnetycznej pyłów dotyczyły zarówno popiołów lotnych powstających w energetyce (w tym po spalaniu węgla kamiennego i brunatnego), jak też pyłów metalurgicznych i cementowych. Prace dotyczące podatności magnetycznej pyłów hutniczych i energetycznych pozwoliły na stwierdzenie, że zależność pomiędzy zawartością metali ciężkich w tych pyłach a ich podatnością magnetyczną z reguły jest skorelowana na poziomie $> 0,9$. Również wysokie są współczynniki korelacji pomiędzy podatnością magnetyczną gleb a wielkością opadu pyłu i zawartością metali ciężkich. Stwierdzono, że pyły pochodzące z elektrowni spalających węgiel kamienny i brunatny przyczyniają się do wzrostu podatności magnetycznej gleb leśnych nawet na obszarach znacznie oddalonych od źródeł ich emisji, podczas gdy oddziaływanie pyłów metalurgicznych i cementowych na gleby ma zasięg lokalny (*Oldfield i in.*, 1981; *Hunt i in.*, 1984; *Strzyszczyński i in.*, 1988; *Strzyszczyński, 1989; Gołuchowska i Strzyszczyński, 1999*). Wykazano również przydatność zastosowanej metody pomiarów podatności magnetycznej do określenia intensywności oddziaływania pyłów na gleby i wyznaczania zasięgu emisji (*Strzyszczyński, 1995*). W Polsce pierwsze obszarowe badania gleb leśnych przeprowadzono na terenach należących do Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach, a ich wyniki opublikowano w 1994r. (*Strzyszczyński i in.*, 1994).

Kompleksy leśne na terenie Opolszczyzny, wśród których znajdują się rezerwaty, zajmują powierzchnię 256,9 tyś. ha, co stanowi 26,92 % lesistości (stan na 1 styczeń 2004). Równomierne rozmieszczenie rezerwatów przyrody na terenie województwa oraz naturalne drzewostany porastające te obszary sprawiają, iż mogą one posłużyć jako powierzchnie reprezentatywne, wykorzystywane w regionalnym monitoringu środowiska przyrodniczego.

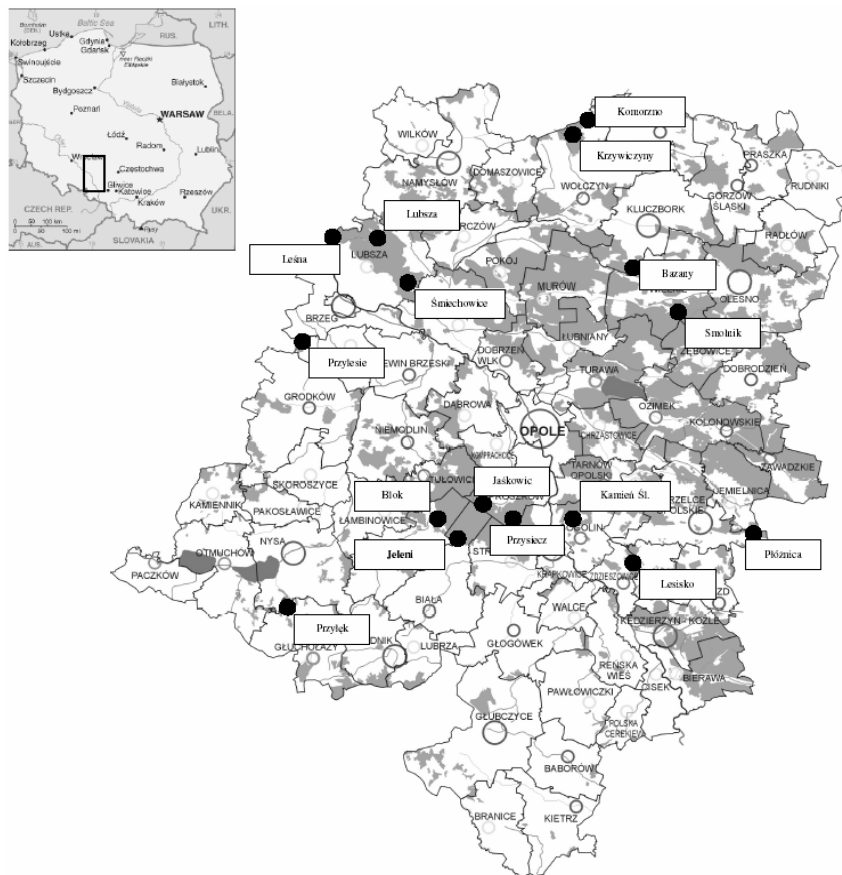
Celem pracy jest identyfikacja poziomów genetycznych o największej podatności magnetycznej w profilach glebowych leśnych rezerwatów przyrody w województwie opolskim.

METODYKA I OBIEKT BADAŃ

Do badań wybrano 16 rezerwatów leśnych, które uszeregowano w pięć grup: obszar Brzeg (rezerwat Leśna Woda, Lubsza, Śmiechowice i Przylesie), obszar Kluczbork (Komorzno, Krzywiczyny, Bazany i Smolnik), obszar Bory Niemodlińskie (Blok, Jeleni Dwór, Jaśkowice i Przysiecz), obszar Góra Św. Anny (Kamień Śląski, Płużnica i Lesisko), obszar Nysa (Przyłęk) (Ryc. 1). Wybór rezerwatów przeprowadzono kierując się wielkością emisji zanieczyszczeń (*IBL, 1995*). Z założonych 87 profili glebowych pobrano 579 próbek glebowych. Próbkę glebową pobrano ze wszystkich występujących poziomów genetycznych w każdym profilu, natomiast w przypadku próchnic nadkładowych uwzględniono wszystkie istniejące podpoziomy. Materiał glebowy pobrany za pomocą noża umieszczono w woreczkach plastikowych, a następnie po przewiezieniu do laboratorium wysu-

szone w temperaturze pokojowej uzyskując glebę powietrznie suchą. Tak przygotowane próbki przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm oddzielając części szkieletowe od ziemistych, które poddano badaniom laboratoryjnym. Pomiar podatności magnetycznej prowadzono na mierniku MS2 D i B firmy Bargtington. W trakcie badań terenowych wykonano pomiar niskopolowej podatności magnetycznej (κ), oznaczanej jako podatność objętościowa definiowana przez moment magnetyczny przypadający na jednostkę objętości ciała. Podatność magnetyczną specyficzną (masową) obliczono ze wzoru $\chi = \kappa \gamma_o^{-1}$, gdzie κ oznacza podatność magnetyczną objętościową, γ_o - gęstość objętościową próbki gleby. W układzie SI podatność magnetyczna κ wyrażona jest w jednostkach niemianowanych, natomiast podatność magnetyczna specyficzną χ w m^3kg^{-1} . W laboratorium przeprowadzono pomiar podatności magnetycznej χ_{lf} w niskiej (470 Hz) i χ_{hf} wysokiej (4700Hz) częstotliwości. Zależność częstotliwościową obliczono ze wzoru:

$$f_d [\%] = \frac{(\chi_{lf} - \chi_{hf})}{\chi_{lf}} \times 100 \%$$



Rys. 1. Lokalizacja rezerwatów przyrody na tle województwa opolskiego

OMÓWIENIE I DISKUSJA WYNIKÓW

W latach 1991-96 Strzyszczyński (1991) i Magiera (1996) przeprowadzili pomiary podatności magnetycznej gleb w kilku polskich parkach narodowych. W trakcie ich realizacji zidentyfikowano antropogeniczny charakter cząstek magnetycznych, przyczyniających się do wzrostu podatności magnetycznej wierzchnich warstw gleby. Z danych uzyskanych na podstawie badań prowadzonych w kraju i zagranicą wynika, iż pomiar podatności magnetycznej w warunkach terenowych pozwala na zdecydowane przyspieszenie monitoringu powierzchni ziemi, gdyż nie ma potrzeby zakładania odkrywek glebowych, jak również pobierania próbek do badań laboratoryjnych i określenia w nich zawartości metali ciężkich (Strzyszczyński, 1989; Strzyszczyński i in., 1996; Kapićka i in., 2000).

Badając podatność magnetyczną niskopolołą gleb rezerwatów leśnych Opolszczyzny największe jej wartości (194×10^{-5}) uzyskano w poziomie butwinowym (Of) próchnicy nadkładowej w glebach rezerwatu Płużnica. W glebach pozostałych rezerwatów największe wartości niskopolołej podatności magnetycznej charakteryzowały również poziom butwinowy oraz humifikacyjny; będąc jednocześnie ponad 6 – krotnie mniejsze niż w rezerwacie Płużnica. Podobną tendencję zaobserwowano analizując podatność magnetyczną specyficzną. Maksymalne jej wartości ($100,31 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), uzyskane w rezerwacie Płużnica, były od 4 do 5 razy wyższe od tych jakie otrzymano w glebach pozostałych rezerwatów (Tab.1).

Zbliżone wyniki rozkładu wartości podatności magnetycznej w profilu glebowym uzyskał Strzyszczyński (1996), analizując podatność magnetyczną gleb leśnych w województwie katowickim. Autor wykazał najwyższe wartości tego parametru w warstwie próchnicy nadkładowej - w poziomie surowinowym (Ol), butwinowym (Of) i humifikacyjny (Oh). Na obszarach o bardziej nasilonej emisji zanieczyszczeń maksymalna podatność magnetyczna gleb została oznaczona w podpoziomie Oh, podczas gdy na obszarach gdzie wielkość emisji była niższa, wartości podatności magnetycznej były wyższe w podpoziomie Of.

Stwierdzenie obecności w glebach ferromagnetyków antropogenicznych pochodzących ze spalania paliw stałych (głównie węgla kamiennego i brunatnego) oraz działalności przemysłu cementowo-wapienniczego wymaga poznania ich cech. Przy rozpoznawaniu naturalnego bądź antropogenicznego charakteru cząstek magnetycznych istotne jest ich rozmieszczenie w obrębie profilu glebowego. W przypadku litologicznego pochodzenia z wietrzejących skał podłoża, magnetyczne tlenki żelaza koncentrują się w dolnej części profilu, podczas gdy ferromagnetyki antropogeniczne kumulują się w wierzchnich warstwach gleby (Strzyszczyński, Magiera, 2000).

Biorąc pod uwagę zależność częstotliwościową podatności magnetycznej, jej wartości uzyskane w warstwach organicznych (poziom surowinowy, butwinowy i humifikacyjny) i w poziomie próchnicznym (Ah) gleb badanych rezerwatów Opolszczyzny utrzymywały się w zakresie od 0 % do 5%; potwierdzając tym samym antropogeniczne pochodzenia cząstek magnetycznych.

Tabela 1. Uśrednione wartości wybranych parametrów magnetycznych w poszczególnych poziomach genetycznych gleby brunatnej na badanych obszarach

Obszar	Poziom genetyczny	Głębokość pobrania [cm]	χ $\times 10^{-8}[\text{m}^3\text{kg}^{-1}]$	κ $\times 10^{-5}[\text{SI}]$	fd [5%]	Opad pyłu $[\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}]$
Brzeg	Ol	3-2	1,49	2	0,1	36,8
	Of	3-1	26,91	30	2,2	
	Oh	1-0	25,79	28	3,0	
	Ah	0-20	26,41	30	3,7	
	Bbr	20-70	4,89	5	5,2	
	C	>70	1,84	2	5,8	
Kluczbork	Ol	4-3	1,52	5,4	0,8	38,2
	Of	3-1	20,76	38,2	3,3	
	Oh	1-0	32,18	48,9	3,2	
	Ah	0-30	12,21	11,9	5,1	
	Bbr	30-70	6,23	10,3	5,9	
	C	>70	5,27	4	6,3	
Góra Św. Anny	Ol	3-2	12,31	21	0,8	55,9
	Of	2-1	100,31	194	2,5	
	Oh	1-0	89,43	106	2,3	
	Ah	0-15	29,71	32	4,3	
	Bbr	15-60	19,89	19	7,3	
	C	>60	17,78	14	7,8	
Bory Niemodlińskie	Ol	5-4	1,92	17	4,3	24,0
	Of	4-1	6,57	45	3,1	
	Oh	1-0	3,37	26	2,3	
	Ah	0-25	0,70	7	5,7	
	Bbr	25-50	0,42	6	7,3	
	C	>50	0,38	2	8,9	
Nysa	Ol	4-3	1,21	6	2,0	26,4
	Of	3-1	21,32	26	1,2	
	Oh	1-0	12,45	15	3,8	
	Ah	0-15	20,12	19	5,6	
	Bbr	15-60	22,89	23	6,3	
	C	>60	6,89	5	7,6	

Poziomy genetyczne leżące niżej, tj. poziom eluwialny, iluwialny i skała macierzysta charakteryzowały się zależnością częstotliwościową powyżej 5%. Jak wynika z badań przeprowadzonych w kraju (Strzyszczyński i in., 1996; Strzyszczyński i Magiera, 1998) i zagranicą m.in. w Austrii (Schloger, 1997), Bułgarii (Jordanowa i Jordanowa, 1999), Czechach (Kapička, 2001) i Kanadzie (De Jong, 1999), wierzchnie warstwy gleb, szczególnie narażonych na imisje przemysłowe, cechowała zależność częstotliwościowa f_d o wartości nie przekraczającej 5%. Z uwagi na rozwinięty na Opolszczyźnie przemysł cementowo-wapienniczy można wnioskować, iż jest on poważnym źródłem ferromagnetyków występujących w wierzchnich warstwach gleb badanych rezerwatów.

WNIOSKI

1. Spośród wszystkich badanych terenów rezerwaty Płużnica i Kamień Śląski są najbardziej narażone na zmiany środowiska przyrodniczego o charakterze antropogenicznym. Potwierdzają to najwyższe wartości, w skali całego województwa opolskiego, analizowanych parametrów (opad pyłu i podatność magnetyczna gleb).
2. Zmienność podatności magnetycznej w badanych profilach glebowych, wykazująca podwyższone wartości w wierzchnich warstwach gleby oraz nie przekraczające wielkości 5 % wartości zależności częstotliwościowej podatności magnetycznej w podpoziomach Of/Oh, wskazują na antropogeniczne pochodzenie ferrimagnetyków odpowiedzialnych za efekt wzmocnienia magnetycznego.
3. Za powszechnym wykorzystaniem pomiarów magnetycznych w rejestrowaniu i ocenie stopnia nasilenia zmian zachodzących z upływem czasu w glebach, w tym wskazywaniu obszarów potencjalnie skażonych metalami ciężkimi, przemawia szereg zalet metodyki badań. W porównaniu do klasycznych metod analizy chemicznej są to bowiem metody znacznie czulsze, szybsze i tańsze oraz nie wymagające poboru olbrzymiej ilości próbek.

LITERATURA

1. De Jong E., Kozak L., Rostad H., 1999, Effects of parent material and climate on the magnetic susceptibility of Saskatchewan soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 80, 135-142.
2. Gołuchowska B., Strzyszczyński Z., 1999, Some factors affecting an increase of magnetic susceptibility in cement dusts, w: *Geophysical Research Abstracts*, ed. A.K. Richter, 24 th General Assembly of European Geophysical Society, The Hague, The Netherlands, 19-23 April 1999, Vol. 1, Nr 1, p. 138. Katlenburg-Lindau, Germany: EGS.

3. Hunt A., Jonem J., Oldfield F., 1984, Magnetic measurements and heavy metals in atmospheric particulates of anthropogenic origin. *Sc. Total Environ.*, 33, 129-139.
4. Jordanowa D., Jordanowa N., 1999, Magnetic characteristics of different soil types from Bulgaria. *Studia geoph., et geod.*, 4, 303-318.
5. Kapićka A., Petrovsky E., Jordanowa N., 2001, Magnetic Parameter of Forest Top Soils in Karkonose Mountains, Czech Republik. *Phys. Chem. Earth (A)*, vol. 26, no 11-12, 917-922.
6. Kapićka A., Strzyszc Z., Magiera T., Petrovsky E., 2000, Magnetická susceptibilita raselin jako indykator antropogennich imisji v Česke a Polske části Krkonoš. *Opera Corcontica*, 37, 94-97.
7. Magiera T., 1996, Ferromagnetyki pochodzenia antropogenicznego w glebach wybranych parków narodowych. (Praca doktorska), IPIŚ PAN, Zabrze.
8. Magiera T., Lis J., Nawrocki J., Strzyszc Z. 2002. Podatność magnetyczna gleb Polski. PIG, Warszawa; IPIŚ PAN w Zabrzu.
9. Monitoring Techniczny IBL, 1986-1995. Warszawa, 1995.
10. Oldfield F., Tolonen K., Thompson R., 1981, History of particulate atmospheric pollution from magnetic measurements in datek Finnish peat profiles, *Ambio*, 10, 185-188.
11. Scholger R., 1997, Magnetic susceptibility as tool for mapping of heavy metal contamination of sediments and soils. Case studies from Styria Austria, Abstract *Annales Geophysicae.*, Part I. Suppl. 1, 15, C 105.
12. Strzyszc Z., 1989, Ferromagnetic properties of forest soils being under the influence of industrial pollution. w: *Air Pollution and Forest Decline (J.B. Bucher and I Bucher-Walli, eds.)*, Interlaken, s, 201-207.
13. Strzyszc Z., 1991, Ferromagnetism of soils in some Polish National Parks, *Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch.*, 66, 1119-1122.
14. Strzyszc Z., 1995, Gehalt an Ferromagnetika in den von der Immision der Zementindustrie in der Wojewodschaft Opole beeinflussten Böden, *Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch.* 76, 1477-1480.
15. Strzyszc Z., Magiera T., 1993, Distribution of ferromagnetics in forest soils of some Polish and German regions in relation to their origin, *Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch.*, 72, 1309-1312.
16. Strzyszc Z., Magiera T., 1994, Ferromagnetyki - nowy wskaźnik zanieczyszczenia gleb leśnych przez imisje przemysłowe, w: *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe* pod red. R.Siweckiego, Poznań, 1, 193 – 198.
17. Strzyszc Z., Magiera T., 1998, Magnetic susceptibility and heavy metals contamination in soils of Southern Poland, *Phys. Chem. Earth.*, vol. 23 no 9-10, 1127-1131.
18. Strzyszc Z., Magiera T., 2000, Ferrimagnetic minerals of anthropogenic origin in soils of some Polish National Parks, *Water, Air and Soil Pollution*, 124, 37-48
19. Strzyszc Z., Magiera T., Bzowski Z., 1994, Magnetic susceptibility as indicator of soils contamination in some regions of Poland. *Roczniki Gleboznawcze*, Warszawa, t. XLIV, 85-93.

20. Strzyszczyński Z., Magiera T., Heller F., 1996, The influence of industrial immissions on the magnetic susceptibility of soils in Upper Silesia. *Studia geoph. et geod.*, 40, 276-286.
21. Strzyszczyński Z., Tölle R., Katur J., 1988, Zur Anwendung eines hochfrequenten Messverfahrens für den nachweis von ferromagnetischen Eisen in der Umwelt. *Archiwum Ochrony Środowiska Zabrze*, 3-4, 137-143.