

AGATA BARTKOWIAK

Zawartość rtęci w glebach leśnych narażonych na oddziaływanie zanieczyszczeń komunikacyjnych

Content of mercury in the forest soils exposed to traffic pollution

ABSTRACT

Bartkowiak A. 2015. Zawartość rtęci w glebach leśnych narażonych na oddziaływanie zanieczyszczeń komunikacyjnych. Sylwan 159 (3): 246-251.

The increased content of trace elements in the environment is one of the major factors determining hazard for humans, animals and plants. The aim of the paper was to evaluate the total content of mercury forms in the surface horizons of the forest soils exposed to the effect of road traffic pollution in a close vicinity of provincial road #223 between Bydgoszcz and Białe Błota (N Poland). The study involved 12 measurement points 25 meters away from the road, in the afforested land. The research material was sampled from two soil horizons: 5-20 cm and 20-50 cm in depth. The total mercury content was assayed using the AMA-254 analyser.

The soil samples showed light grain size composition, with loamy sand dominating. There was a small range of variation in the content of clay fraction from 0.75 to 1.96% as well as silt fraction from 9.35 to 22.11%. The soil reaction was acid and it ranged from 3.9 to 5.2 pH in H₂O as well as from 3.6 to 4.6 pH in 1 M KCl. The organic carbon content ranged from 0.6 to 17.2 g/kg. The results showed that there was no mercury contamination. The determined concentrations of mercury were close to the geochemical background level. The total content of the mercury in the soil samples from the humus horizons (5-20 cm) ranged from 55.01 to 117,52 µg/kg, while from the eluvial horizons (20-50 cm) from 21.61 to 102.17 µg/kg. We found a decrease in the total mercury content with soil depth. The soil samples analysed can be considered unpolluted with that metal. The close vicinity of the road transport route does not have a considerable effect on the content of the element. The clay fraction and the content of organic carbon does not play a significant role in binding mercury in the analysed soils.

KEY WORDS

top soil, mercury, contamination, road traffic

ADDRESSES

Agata Bartkowiak – e-mail: bartkowiak@utp.edu.pl

Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy;
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz

Wstęp

Rozwój przemysłowy świata spowodował wzrost niebezpieczeństwa zatrucia środowiska naturalnego pierwiastkami śladowymi, wśród których występują pierwiastki niezbędne dla organizmów żywych (mikroelementy), pierwiastki o nieznannej roli fizjologicznej oraz pierwiastki działające toksycznie. Prawdopodobnie przyrodniczego obiegu pierwiastków skażających środowisko biologiczne polega na ich włączeniu do łańcucha pokarmowego. Gleby są ogniwem tego łańcucha, w którym

następuje depozycja pierwiastków [Gorlach, Gambuś 2000]. Na ogół zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi ocenia się na podstawie ich zawartości całkowitej [Kabata-Pendias, Pendias 2001].

Do pierwiastków najbardziej toksycznych, wywołujących liczne schorzenia organizmów żywych, zalicza się rtęć – metal zbędny dla organizmów [Ociepa-Kubicka, Ociepa 2012]. Pomimo ograniczeń emisji spowodowanych rygorami technicznymi i prawnymi rtęć występuje we wszystkich elementach środowiska. Jest metalem o dużej toksyczności, zagrażającej środowisku i dlatego należy kontrolować jej stężenie: w wodzie, powietrzu, a przede wszystkim w glebie. Uziarnienie gleby jest istotnym czynnikiem, który decyduje o wiązaniu w niej rtęci [Kabata-Pendias, Pendias 2001], obserwuje się więc zwiększenie ilości tego pierwiastka w glebach zawierających duże ilości frakcji ilowej. Innym elementem odpowiedzialnym w znacznym stopniu za wiązanie rtęci w glebie jest materia organiczna [Boszke i in. 2008; Szopka i in. 2011], która uważana jest za filtr wiążący ten metal w glebie.

Celem pracy, która miała charakter monitoringowy, była ocena zawartości form całkowitych rtęci w poziomach powierzchniowych gleb leśnych narażonych na oddziaływanie zanieczyszczeń komunikacyjnych wzdłuż drogi na odcinku Bydgoszcz – Białe Błota w kontekście ich zanieczyszczenia oraz analiza zależności pomiędzy składnikami gleby a zawartością omawianego metalu.

Materiał i metody

Próbki glebowe pobrano wzdłuż trasy prowadzącej z Bydgoszczy do Białych Błot w odległości 25 m od drogi leżącej na obszarze Lasu Szubińskiego. Las Szubiński to bór świeży sosnowy położony na glebach piaszczystych i piaszczysto-gliniastych, w którego składzie gatunkowym dominuje sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*). Do badań wyznaczono 12 punktów pomiarowych. Odległość między punktami wynosiła 100 metrów. Przy wyborze miejsc poboru wzięto pod uwagę czynniki, których obecność wpływa na zawartość rtęci w glebie, tj. odległość od drogi wojewódzkiej 223, charakteryzującej się dużym natężeniem ruchu [Raport... 2009]. Próbkę gleby pobrano z poziomów mineralnych gleb bielicoziemnych, z dwóch głębokości: 5-20 cm (poziomu próchnicznego) i 20-50 cm (poziomu eluwalnego). Następnie wysuszono je i przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. W tak przygotowanych próbkach oznaczono podstawowe właściwości fizykochemiczne: pH w H₂O i 1M KCl – potencjometrycznie przy użyciu pehametru CPC-551 [PN... 1997], węgiel organiczny metodą Tiurina [PN... 2003], skład granulometryczny przy użyciu analizatora cząstek Mastersizer 2000. Całkowitą zawartość rtęci oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej, przy pomocy analizatora rtęci AMA 254, który jednocześnie mineralizuje próbkę glebową oraz dokonuje pomiaru rtęci uwalnianej z próbki w wyniku mineralizacji. W celu sprawdzenia wiarygodności zastosowanej procedury badawczej do pomiarów użyto również certyfikowanego materiału referencyjnego TraceMetals – Loamy Clay No. CRM052-050. Wszystkie oznaczenia laboratoryjne wykonano w trzech powtórzeniach, a w pracy przedstawiono średnią arytmetyczną. Dla otrzymanych wyników wyliczono miary położenia (średnią arytmetyczną) i miary zmienności (odchylenie standardowe – *SD*, współczynnik zmienności – *CV%* i współczynnik zanieczyszczenia – *CF*). Wartości *CV* w przedziałach 0-15%, 16-35% oraz >36% wskazują odpowiednio na niską, umiarkowaną i wysoką zmienność. Współczynnik zanieczyszczenia wyliczono ze wzoru:

$$CF = C_{0,1}/C_n$$

gdzie:

$C_{0,1}$ – średnie arytmetyczne stężenie analizowanego pierwiastka wyznaczone na podstawie co najmniej 5 punktów pomiarowych,

C_n – tło geochemiczne (20 µg/kg [Gawlik, Bidoglio 2006]).

Dla stwierdzenia ewentualnych interakcji pomiędzy właściwościami fizykochemicznymi a całkowitą zawartością rtęci przeprowadzono analizę statystyczną wyników (współczynniki korelacji Pearsona przy $p < 0,05$), wykorzystując program komputerowy Statistica 10.

Wyniki i dyskusja

Analiza składu granulometrycznego pozwoliła na wyodrębnienie tylko 2 grup granulometrycznych: piasku gliniastego (21 próbek) oraz piasku słabogliniastego (3 próbki) [Klasyfikacja... 2009]. W składzie granulometrycznym analizowanych próbek glebowych dominował piasek o średnicy 0,5-0,25 mm (76,93 do 89,85%). Stwierdzono także zróżnicowaną zawartość frakcji pyłowej (od 9,35 do 22,11%) i bardzo małe ilości frakcji ilowej (od 0,75 do 2%) (tab.). Odczyn badanych gleb był kwaśny. Wartości pH odpowiadające kwasowości czynnej mieściły się w zakresie od 3,88 do 5,19, natomiast wymiennej od 3,57 do 4,70. Uzyskane wartości lokują badane gleby w kategoriach odczynu gleb bardzo silnie kwaśnego i silnie kwaśnego oraz kwaśnego [Klasyfikacja... 2000]. W badanych poziomach zawartość węgla organicznego wynosiła dla poziomów próchnicznych (5-20 cm) od 3,05 do 17,2 g/kg i dla poziomów eluwalnych (20-50 cm) od 0,6 do 8,7 g/kg. Średnia zawartość węgla organicznego w poziomach próchnicznych wynosiła 8,08 g/kg oraz w poziomach wymycia 6,04 g/kg.

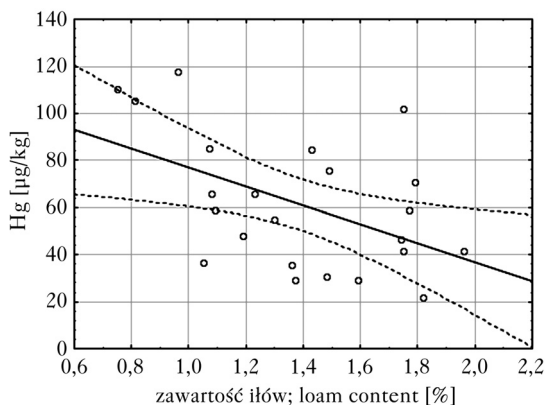
Tabela.

Wybrane właściwości fizykochemiczne badanych gleb
Selected physicochemical properties of studied soils

Profil Profile	Głębokość Depth [cm]	pH		Corg [g/kg]	Udział frakcji Share of fraction [%]		
		KCl	H ₂ O		2,0-0,05 [mm]	0,05-0,002 [mm]	<0,002 [mm]
I	5-20	5,19	4,61	3,05	89,85	9,35	0,81
	20-50	4,73	4,48	1,65	78,39	19,86	1,75
II	5-20	4,82	4,44	6,10	82,73	15,85	1,43
	20-50	4,98	4,70	1,40	81,91	16,13	1,96
III	5-20	4,95	4,33	4,20	81,14	17,07	1,79
	20-50	4,51	4,23	3,10	80,83	17,04	1,77
IV	5-20	4,70	4,33	7,30	85,05	13,87	1,08
	20-50	4,51	4,38	6,90	86,63	12,28	1,09
V	5-20	4,11	3,86	6,65	81,52	17,18	1,30
	20-50	4,41	4,36	0,60	87,55	11,08	1,37
VI	5-20	4,44	4,08	8,75	80,28	18,49	1,23
	20-50	4,48	4,35	1,80	85,38	13,26	1,36
VII	5-20	4,09	3,81	10,4	79,48	19,04	1,49
	20-50	4,21	4,06	5,70	81,73	16,78	1,48
VIII	5-20	3,88	3,57	17,2	81,40	17,84	0,75
	20-50	4,03	3,72	6,45	81,49	17,49	1,05
IX	5-20	4,11	3,78	12,6	76,93	22,11	0,96
	20-50	4,67	4,63	8,70	83,25	15,00	1,75
X	5-20	4,04	3,82	9,70	78,15	20,78	1,07
	20-50	4,48	4,44	6,90	83,53	14,88	1,59
XI	5-20	4,26	4,06	13,20	78,48	19,78	1,74
	20-50	4,36	4,29	8,45	80,51	17,66	1,82
XII	5-20	4,38	4,01	11,65	84,43	14,37	1,19
	20-50	4,54	4,02	1,20	85,36	12,93	1,71

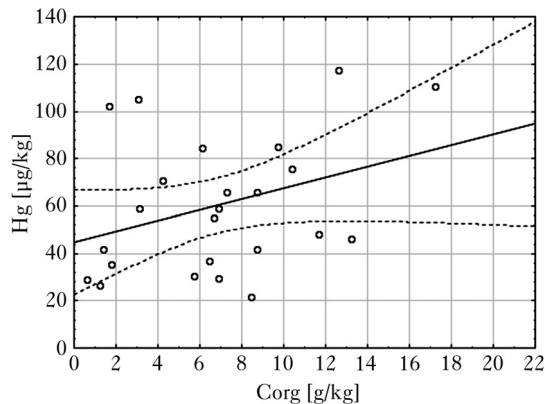
Całkowita zawartość rtęci na analizowanym obszarze oscylowała od 55,01 do 117,52 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w warstwie 5-20 cm oraz od 21,61 do 102,17 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w warstwie 20-50 cm. Średnia zawartość Hg w badanych poziomach próchnicznych wyniosła odpowiednio 77,52 oraz 42,76 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w poziomach podpowierzchniowych. Wyliczony współczynnik zanieczyszczenia pozwolił na zakwalifikowanie badanych gleb do odpowiedniej grupy w zależności od krotności przekroczenia tła geochemicznego [Diatta 2012]. Zgodnie z kryterium opracowanym przez Håkanssona [1980] analizowane gleby charakteryzowały się znaczną ($CF=3,88$ poziomy próchniczne) i średnią ($CF=2,14$ poziomy wymycia) wartością współczynnika zanieczyszczenia. Wyliczone współczynniki zmienności, wynoszące odpowiednio 30,7% dla poziomu powierzchniowego i 51,61% podpowierzchniowego, wskazują na umiarkowaną i wysoką zmienność zawartości rtęci. Oceniając stopień zanieczyszczenia badanych gleb rtęcią, należy stwierdzić, że nie przekroczono dopuszczalnych zawartości, co świadczy o naturalnej jej zawartości w glebie [Rozporządzenie... 2002]. Gleby poddane analizie zawierały mniej rtęci całkowitej niż gleby leśne Karkonoskiego Parku Narodowego w rejonie Łabskiego Szczytu [Szopka i in. 2010] oraz gleby leśne w wybranych rejonach USA, Francji czy Tybetu [Hissler, Probst 2006; Pant, Allen 2007; Wang i in. 2009]. Stwierdzone w wyniku badań wartości były nieco wyższe od wyników, które uzyskali Dąbkowska-Naskręt i in. [2008] oraz podobne do wyników uzyskanych przez Bartkowiak i in. [2013] w glebach intensywnie użytkowanych rolniczo obszaru Pomorza i Kujaw. Dla badanego regionu zawartość rtęci w analizowanych glebach była zróżnicowana i wahała się dla poziomów próchnicznych w granicach: 3,06-119,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a dla poziomów eluwalnych: 2,69-149,53 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała istotną ujemną korelację między całkowitą zawartością Hg a ilością części iłowych ($<0,002$ mm). Wartość współczynnika korelacji wynosiła $-0,516$ (ryc. 1). Podobną zależność stwierdził również Malczyk [2000] w badanych glebach leśnych. Uzyskany ujemny współczynnik korelacji wynika prawdopodobnie z niewielkiego zróżnicowania zawartości frakcji iłowej, przy jednoczesnym występowaniu jej w bardzo małej ilości. Minerale ilaste, które są istotnym elementem budującym kompleks sorpcyjny gleb, decydują o sorpcji metali ciężkich, w tym również rtęci [Boszke i in. 2003; Sarkar i in. 2000]. Wraz ze zwiększeniem powierzchni właściwej, będącej wynikiem budowy wewnętrznej pakietów mineralnych, wzrasta ich zdolność do gromadzenia pierwiastków należących do grona metali ciężkich. O takiej zależności donoszą również badania Jaworskiej i in. [2009], które mówią o materii organicznej oraz minerałach ilastych jako czynnikach glebowych decydujących o sorpcji tego pierwiastka w poziomach powierzchniowych gleby. W badaniach własnych nie stwierdzono jednak zależności pomiędzy zawartością rtęci a zawartością węgla organicznego ($r=0,342$, $p<0,05$) (ryc. 2), choć jak



Ryc. 1.

Korelacje między zawartością frakcji łu w glebach a całkowitą zawartością rtęci
Correlation between clay fraction and the total mercury concentration



Ryc. 2.

Relacje między zawartością całkowitą rtęci i zawartością węgla organicznego (Corg)
The relationships between the content of total mercury and organic carbon (Corg)

podaje Schlüter [1995], to właśnie materia organiczna jest podstawowym adsorbentem rtęci w warunkach kwaśnego odczynu.

Wnioski

- ✦ W analizowanych próbkach glebowych nie stwierdzono zanieczyszczenia rtęcią. Zawartość badanego metalu była zbliżona do poziomu tła geochemicznego.
- ✦ Uzyskane wyniki, potwierdzone analizą statystyczną (współczynniki korelacji Pearsona), wykazały istotną ujemną korelację pomiędzy zawartością frakcji ilowej a zawartością całkowitą rtęci.
- ✦ Analiza statystyczna wyników nie wykazała istotnych zależności pomiędzy zawartością rtęci a ilością materii organicznej. Jednak zauważalna jest tendencja, że w poziomach próchnicznych, gdzie zawartość węgla jest wyższa, wyższa jest również zawartość rtęci.

Literatura

- Bartkowiak A., Jaworska H., Róžański S. 2013. Ocena zawartości rtęci w poziomach powierzchniowych i podpowierzchniowych intensywnie użytkowanych rolniczo gleb aluwialnych. *Soil Science Annual* 64 (2): 49-53.
- Boszke L., Kowalski A., Astel A., Barański A., Gworek B., Siepak J. 2008. Mercury mobility and bioavailability in soil from contaminated area. *Environmental Geology* 55: 1075-1087.
- Boszke L., Kowalski A., Głosińska G., Szarek R., Siepak J. 2003. Environment factors affecting speciation of mercury in the bottom sediments; an overview. *Polish Journal of Environmental Study* 12: 5-13.
- Dąbkowska-Naskręt H., Bartkowiak A., Róžański S. 2008. Zawartość rtęci w glebach intensywnie użytkowanych rolniczo obszaru Pomorza i Kujaw. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 35/36: 153-156.
- Diatta J. B. 2012. Application of geochemical indices for assessing lead and cadmium contamination in recreational parks of the city Poznań. *Ecological Chemistry and Engineering A* 19 (1-2): 35-43. DOI: 10.2428/ecea. 2012.19(01)003.
- Gawlik B. M., Bidoglio G. 2006. Background values in European soils and sewage sludges. Results of a JRC-coordinated study on background values. European Commission. Directorate General. Joint Research Centre.
- Gorlach E., Gambuś F. 2000. Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe w glebach (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych* 472: 275-296.
- Håkanson L. 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach. *Water Research* 14: 975-1001.
- Hissler Ch., Probst J. 2006. Impact of mercury atmospheric deposition on soils and streams in a mountainous catchment (Vosges, France) polluted by chlor-alkali industrial activity: the important trapping role of the organic matter. *Science of the Total Environment* 361: 163-178.
- Jaworska H., Dąbkowska-Naskręt H., Róžański S. 2009. Total Content of mercury in arable soils in the vicinity of Lafarge – Cement Poland S.A plant. *Ecological Chemistry and Engineering* 16 (10): 1299-1305.
- Kabata-Pendias A., Pendias P. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. Wyd. 3. CRC Press.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski. 2000. CILP, Warszawa.
- Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych. 2009. *Roczniki Gleboznawcze* 60 (2): 5-16.

- Malczyk P. 2000. Forms of mercury in soils of selected forest ecosystems of Poland. *Mengen und Spurenelemente* 20: 529-535.
- Ociepa-Kubička A., Ociepa E. 2012. Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 15 (2): 169-180.
- Pant P., Allen M. 2007. Interaction of soil and mercury as a function of soil organic carbon: some field evidence. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 78: 539-542.
- PN-ISO-10390. 1997. Oznaczanie pH gleby.
- PN-ISO-14235. 2003. Jakość gleby – oznaczanie zawartości węgla organicznego przez utlenienie dwuchromianu potasu (VI) w środowisku kwasu siarkowego (VI).
- Raport o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w 2009 roku. 2009. Biblioteka Monitoringu środowiska, Bydgoszcz. 21-50.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. 2002. Dz. U. Nr 165, poz. 1359.
- Sarkar D., Essington M. E., Misra K. C. 2000. Adsorption of mercury (II) by kaolinite. *Soil Science Society of American Journal* 64: 1968-1975.
- Schlüter K. 1995. Mercury translocation in and evaporation from soil: II Evaporation of mercury from podzolised soil profiles treated with HgCl₂ and CH₃HgCl. *Journal of Soil Contamination* 4: 269-299.
- Szopka K., Karczewska A., Kabała C. 2011. Mercury accumulation in the surface layers of mountain soils: a case study from the Karkonosze Mountains, Poland. *Chemosphere* 83, 11: 1507-1512.
- Szopka K., Karczewska A., Kabała C., Jezierski P., Bogacz A. 2010. Zawartość rtęci w poziomach powierzchniowych gleb leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego w rejonie Szklarskiej Poręby. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 42: 167-175.
- Wang X., Cheng G., Zhong X., Li M. 2009. Trace elements in sub-alpine forest soils on the eastern edge of the Tibetan Plateau, China. *Environmental Geology* 58: 635-643.