

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W GLEBACH RÓŻNYCH FORM GEOMORFOLOGICZNYCH TERENU OKOLIC OLSZTYNA

Arkadiusz Bieniek

Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

Zawartość metali ciężkich w glebach jest skutkiem ich naturalnej obecności w skale, bądź wynika z działalności człowieka. W współczesnych przemianach gleb coraz częściej obserwuje się dominację wielokierunkowej działalności gospodarczej człowieka nad czynnikami przyrodniczymi, kształtującymi procesy glebowe. Wynika to z sposobu użytkowania gleb, stosowanego nawożenia oraz skażenia przemysłowego. Uważa się, że procesy te zachodzą wyraźniej w południowej i zachodniej części kraju, gdzie uprzemysłowienie jest większe, a gospodarka rolna odznacza się wyższym zużyciem nawozów i środków ochrony roślin [STARKEŁ 1999]. Mniejsze uprzemysłowienie północno-wschodniej Polski i duża różnorodność form geomorfologicznych terenu oraz budujących je utworów, sugeruje, że występujące gleby mają tu swoją odrębność. W województwie warmińsko-mazurskim ponad 90% gleb użytków rolnych charakteryzuje się naturalną (0°) zawartością metali ciężkich [TERELAK i in. 2001].

Celem pracy jest określenie zawartości metali ciężkich w glebach różnych form geomorfologicznych terenu strefy podmiejskiej. Oprócz rodzaju utworu geologicznego, występujące jednostki glebowe różnicuje element rzeźby określonej formy terenu.

Materiał i metody

Prowadzono badania na glebach podmiejskich usytuowanych w południowo-zachodniej części Olsztyna, w krajobrazie sandru wewnętrznego [BIENIEK 2003]. W niedalekim sąsiedztwie znajdują się obiekty przemysłowe, w tym kotłownia miejska, stacja benzynowa, sieć komunikacyjna (droga szybkiego ruchu) oraz zabudowania miejskie. Lokalizacja badanych profili na różnych formach geomorfologicznych terenu miała na celu wykazanie wpływu budowy litologicznej gleb na akumulację w nich metali ciężkich. W profilach wybranych elementach rzeźby terenu, tj. na wierzcholinie i zboczu pobrano próbki glebowe, a w laboratorium oznaczono: skład granulometryczny metodą areometryczną (grupy ustalono

według normy BN-78/9180-11); zawartość substancji organicznej wraz z wodą chemicznie związaną poprzez spalenie w temperaturze 550°C; odczyn potencjometrycznie (w H₂O i KCl); pierwiastki śladowe (Zn, Pb, Cu, Cd, Cr, Ni) techniką atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA) po trawieniu próbek w gorącej mieszaninie kwasów HNO₃ i HClO₄. Do detekcji użyto aparatu SOLAAR 969 firmy Pye Unicam. Zawartość rozpuszczalnych form metali ciężkich oznaczono w 1 mol HCl·dm⁻³ metodą absorpcji atomowej stosowaną przez IUNG w Puławach [GEMBARZEWSKI, KORZENIOWSKA 1996]. Ocenę stopnia zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi przeprowadzono na podstawie ich całkowitej zawartości uwzględniając uziarnienie, odczyn i ilość materii organicznej [DUDKA 1992; KABATA-PENDIAS i in. 1993].

Wyniki i dyskusja

Badany teren geomorfologicznie jest dość skomplikowany, gdyż obok piaszczystych powierzchni sandrowych występują pagórki kemowe i wzgórze morenowe (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Skład granulometryczny gleb
Granulometric composition of soils

Położenie Location	Poziom Horizon	Głębokość Depth (cm)	% zawartość frakcji o średnicy Percent of fraction of diameter (mm)					Utwór glebowy* Soil texture*
			>1,0	1,0-0,1	0,1-0,02	<0,02	<0,002	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
MORENA GLINIASTA; LOAMY MORaine								
Gleba brunatna wylugowana; Leached brown soil								
Wierzchowina Summit	Ad	0-17	0,2	41	24	35	7	gl
	Bbr	17-65	0,3	25	25	50	23	gs
	BbrC	65-110	0,0	25	25	50	23	gs
	C	110-150	0,0	27	24	49	24	gs
Gleba płowa, typowa; Typical lessives soil								
Zbocze Slope	Ad	0-23	1,8	56	24	20	8	pgm
	AEt	23-56	0,9	60	25	15	10	pgl
	Bt	56-90	0,0	13	25	62	33	gc
	BtC	90-120	0,0	27	23	50	24	gs
	C	120-150	0,0	29	25	46	17	gs
MORENA PIASZCZYSTA; SANDY MORaine								
Gleba brunatno-rdzawa; Brown-rusty soil								
Wierzchowina Summit	Ap	0-30	0,6	65	29	6	4	psp
	ABbr,v	30-103	0,4	65	26	9	5	psp
	C	103-150	0,6	69	27	4	4	plp
Gleba słabo wykształcona (arenosol właściwy); Proper arenosol								
Zbocze Slope	Ap	0-31	0,6	67	27	6	2	psp
	C	31-90	0,5	77	22	1	1	pl
	C	90-150	0,1	74	24	2	1	pl

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SANDR; OUTWASH								
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil								
Teren płaski Flat area	A	0-11	5,5	73	21	6	4	ps
	ABv	11-34	5,1	77	15	8	5	ps
	Bv	34-63	2,1	77	16	7	5	ps
	C	63-150	0,3	97	2	1	0	pl
KEM; KEM								
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil								
Wierzchowina Summit	A	0-17	0,3	79	15	6	4	ps
	Bv	17-73	0,5	85	10	5	5	pl
	C	73-200	0,0	79	20	1	0	pl
Gleba opadowo-glejowa, właściwa; Proper pseudogley soil								
Zbocze Slope	Ap	0-38	0,6	66	26	8	1	psp
	C	38-70	0,1	91	6	3	2	pl
	Wg	70-74	0,0	22	46	32	18	plg
	Cg	74-150	0,1	87	9	4	2	pl

- * pl piasek luźny; loose sand
 plp piasek luźny pylasty; loose silty sand
 ps piasek słabogliniasty; slightly loamy sand
 psp piasek słabogliniasty pylasty; slightly loamy silty sand
 plg piasek glinisty lekki; light loamy sand
 pgm piasek glinisty mocny; heavy loamy sand
 glp glina lekka pylasta; light silty loam
 gs glina średnia; medium loam
 gc glina ciężka; heavy loam
 plg pył glinisty; loamy silt

W krajobrazie tym powierzchnie sandrowe są często znacznie skonfigurowane co wynika z zaburzonej sedymentacji fluwialnej. Na sandrach występują głównie gleby rdzawe zbudowane z silnie przemytych piasków fluwialnych. Wierzchowiny pagórków kemowych budują również gleby rdzawe wytworzone z piasków, ale są to piaski drobnofrakcyjne (do 81% frakcji piasku drobnego), zwłaszcza na zboczach pagórków gdzie występują gleby opadowo-glejowe. Są one licznie przewarstwiane utworami pyłowymi, które ograniczają filtrację wód opadowych. Wzgórza morenowe budują gleby brunatne wytworzone z glin zwałowych, a zbocza gleby płowe powstałe z powierzchniowo przemytych glin zwałowych. Na piaszczystych morenach wydzielono gleby brunatno-rdzawe i słabo wykształcone (arenosole), (tab. 1).

W krajobrazie piaszczystej moreny i glinistej, gleby usytuowane na wierzchowinie mają odczyn bardzo kwaśny (pH_{KCl} 4,0-4,2), a na zboczu kwaśny (pH_{KCl} 4,6-4,8), podobnie jak i gleby na sandrze (tab. 2). W glebach na wzgórzu kemowym odczyn jest bardzo kwaśny (pH_{KCl} 3,3-3,7). Pojemność sorpcyjna gliniastych gleb morenowych jest stosunkowo wysoka (50,1-175,0 $\text{mmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby), a gleb wytworzonych z utworów piaszczystych niska (24,3-76,2 $\text{mmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) i zróżnicowana zawartością materii organicznej.

Sumaryczna zawartość metali ciężkich w analizowanych glebach, w największym stopniu uzależniona jest od składu granulometrycznego (tab. 3). Gliniaste utwory wysoczyzn morenowych wykazują kilkukrotnie wyższą sumaryczną zawartość pierwiastków niż piaszczyste utwory sandrów i kemów.

Tabela 2; Table 2

Właściwości fizykochemiczne gleb
Physico-chemical properties of soils

Położenie Location	Głębokość Depth (cm)	Poziom Horizon	pH		Materia organiczna Organic matter (%)	T CEC (mmol(+)-kg ⁻¹)	V BS (%)
			H ₂ O	KCl			
MORENA GLINIASTA; LOAMY MORAINÉ							
Gleba brunatna wylugowana; Leached brown soil							
Wierzchowina Summit	0-17	Ad	4,3	4,0	7,49	175,4	53,2
	17-65	Bbr	4,6	4,5		121,4	79,4
	65-110	BbrC	4,8	4,7		122,3	81,2
	110-150	C	5,0	4,7		129,1	83,0
Gleba płowa, typowa; Typical lessives soil							
Zbocze Slope	0-23	Ad	5,1	4,6	4,18	93,8	63,8
	23-56	AEt	5,6	5,3	1,15	50,1	76,0
	56-90	Bt	5,0	4,9		139,5	81,4
	90-120	BtC	5,0	4,9		115,6	81,0
	120-150	C	4,9	4,7		108,5	77,9
MORENA PIASZCZYSTO-ŻWIROWA; SANDY MORAINÉ							
Gleba brunatno-rdzawa; Brown-rusty soil							
Wierzchowina Summit	0-30	Ap	4,3	4,2	1,44	59,3	44,4
	30-103	ABbr,v	4,3	4,2	0,93	39,1	43,7
	103-150	C	4,3	4,2		47,8	28,9
Gleba słabo wykształcona (arenosol właściwy); Proper arenosol							
Zbocze Slope	0-31	Ap	4,9	4,8	1,02	50,9	60,7
	31-90	C	5,1	5,0		35,7	58,0
	90-150	C	5,0	4,9		35,0	68,6
SANDR; OUTWASH PLAIN							
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil							
Teren płaski Flat area	0-11	A	4,8	4,6	6,63	76,2	55,4
	11-34	ABv	4,9	4,6	1,55	68,4	67,8
	34-63	Bv	5,0	4,9		44,9	62,1
	63-150	C	5,6	5,3		24,3	71,2
KEM; KEM							
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil							
Wierzchowina Summit	0-17	A	3,4	3,3	4,05	73,2	23,5
	17-73	Bv	4,1	3,6		41,7	20,9
	73-200	C	4,7	4,5		38,3	66,1
Gleba opadowo-glejowa właściwa; Proper pseudogley soil							
Zbocze Slope	0-38	Ap	4,0	3,7	1,70	65,6	46,6
	38-70	C	3,7	3,6		37,6	41,5
	70-74	Wg	n.o.	n.o.			
	74-150	Cg	5,0	4,8		34,8	56,9

T pojemność sorpcyjna w mmol(+)-kg⁻¹; exchange capacity in mmol(+)-kg⁻¹

V stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami; degree of base saturation

n.o. nie oznaczano; not determined

Tabela 3; Table 3

Zawartość metali ciężkich w glebach
Content of heavy metals in soils

Położenie Location	Poziom Horizon	Zawartość ogółem Total content					
		Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni
		mg·kg ⁻¹					
MORENA GLINIASTA; LOAMY MORAINÉ							
Gleba brunatna wylugowana; Leached brown soil							
Wierzcho- wina Summit	Ad	17,9	66,9	34,9	0,13	54,5	35,1*
	Bbr	15,7	120,7*	13,0	0,07	108,6	45,3*
	BbrC	21,1	131,3*	14,6	0,07	121,8	24,9
	C	20,1	64,0	14,6	0,07	133,4	18,3
Gleba płowa, typowa; Typical lessives soil							
Zbocze Slope	Ad	17,2*	92,7*	15,5	0,15	32,3	23,9*
	AEet	15,4	98,8*	10,7	0,13	26,1	22,7*
	Bt	27,5	189,8*	14,2	0,13	119,2	48,7*
	BiC	20,3	162,6*	13,5	0,12	62,8	20,3
	C	24,8	69,3	13,3	0,10	53,1	23,5
MORENA PIASZCZYSTA; SANDY MORAINÉ							
Gleba brunatno-rdzawa; Brown-rusty soil							
Wierzcho- wina Summit	Ap	2,3	91,9*	26,2	0,20	32,1	2,2
	ABbr,v	1,5	27,3	25,1	0,20	16,4	2,1
	C	1,7	9,7	12,4	0,07	73,0	6,9
Gleba słabo wykształcona (arenosol właściwy); Proper arenosol							
Zbocze Slope	Ap	2,1	16,4	34,7*	0,20	46,5	3,0
	C	1,8	14,7	28,7	0,27	11,9	2,1
	C	1,7	28,9	11,5	0,07	8,9	7,9
SANDR; OUTWASH PLAIN							
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil							
Teren płaski Flat area	A	7,7	70,6*	37,1*	0,60*	28,1	9,3
	ABv	3,4	31,9	29,3	0,27	13,7	7,2
	Bv	2,3	49,3	21,0	0,09	4,1	6,4
	C	2,0	30,5	10,1	0,27	2,7	6,9
KEM; KEM							
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil							
Wierzcho- wina Summit	A	14,1	61,4	12,9	0,07	4,7	11,6
	Bv	14,1	60,2	16,5	0,07	3,7	10,3
	C	14,9	75,1	13,3	0,07	3,7	14,0
Gleba opadowo-glejowa właściwa; Proper pseudogley soil							
Zbocze Slope	Ap	17,3*	97,0*	13,1	0,15	3,7	14,9*
	C	14,9	65,8*	9,2	0,13	3,2	13,4*
	Wg	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	Cg	14,8	40,9	7,0	0,07	2,7	9,6

* zawartość podwyższona (I stopień zanieczyszczenia)
increased level (I degree of contamination)

n.o. nie oznaczano; not determined

Wśród oznaczonych pierwiastków stwierdzono najwyższe zawartości cynku (do 189,8 mg·kg⁻¹) i chromu (do 133,4 mg·kg⁻¹), najmniejsze zaś kadmu (do 0,60 mg·kg⁻¹). W utworach zwałowych, mieszczą się one w zakresie średniej ilości pierwiastków śladowych gleb Polski [DUDKA 1992; CZARNOWSKA 1996]. W glebach brunatnych i płowych wytworzonych z glin zwałowych w porównaniu do innych, zdecydowanie więcej jest Cu (15,4–27,5 mg·kg⁻¹), Zn (66,9–189,8 mg·kg⁻¹), Cr (26,1–133,4 mg·kg⁻¹) i Ni (18,3–48,7 mg·kg⁻¹). Zawartość ołowiu i kadmu jest natomiast zbliżona (tab. 3). Najniższą zawartością, zwłaszcza miedzi, cynku i niklu, charakteryzują się skały macierzyste gleb brunatno-rdzawych i słabo wykształconych (arenosole) piaszczystej moreny. Jest to wynikiem intensywnego przemysłu lekkich utworów, co potwierdza miejscowe wzbogacenie skał macierzystych w cynk, chrom i nikiel.

W glebach rdzawych i opadowo-glejowych wytworzonych z utworów fluwioglacjalnych, poziomy próchniczne wykazują większą ilość oznaczonych metali niż poziomy podpowierzchniowe. Są to zawartości zazwyczaj 2–3-krotnie wyższe, a w przypadku chromu wzbogacenie jest nawet 10-krotne. Zależność ta nie jest widoczna w glebach wytworzonych z utworów zwałowych. W glebach brunatnych i płowych, najwyższą zawartość metali ciężkich wykazują poziomy wzbogacenia (*cambic*, *argillic*). W glebach brunatnych, w stosunku do poziomu próchnicznego i skały macierzystej, wzbogacenie w poziomie *cambic* jest wyraźne. Cynku, chromu i niklu jest nawet 2-krotnie więcej.

W glebach płowych, wyraźne wzbogacenie wykazuje poziom wmycia (*argillic*) w stosunku do poziomu wymycia (*luvic*), jak i skały macierzystej. Miedzi, cynku i niklu jest prawie 2-krotnie więcej, a wzbogacenie w chrom jest większe – niemal 5-krotne. Poziomy wzbogacenia (*cambic*, *argillic*) wykazują podwyższoną zawartość (I stopień zanieczyszczenia) przynajmniej dwóch badanych metali.

Tabela 4; Table 4

Zawartość w glebach form metali ciężkich
rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm⁻³

Content of heavy metals in soils soluble in 1 mol HCl·dm⁻³

Położenie Location	Poziom Horizon	1 mol HCl·dm ⁻³					
		Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni
		mg·kg ⁻¹					
1	2	4	5	6	7	8	9
MORENA GLINIASTA; LOAMY MORAINÉ							
Gleba brunatna wylugowana; Leached brown soil							
Wierzchowina Summit	Ad	2,2	6,1	3,6	0,10	3,4	0,8
	Bbr	1,4	3,9	2,8	0,01	5,1	2,3
	BbrC	2,1	4,4	0,3	0,01	5,1	2,3
	C	3,1	5,3	0,3	0,01	4,7	2,7
Gleba płowa, typowa; Typical lessives soil							
Zbocze Slope	Ad	2,0	5,8	8,7	0,12	2,0	1,6
	AEt	1,3	2,3	2,0	0,11	1,9	1,3
	Bt	2,1	3,5	4,9	0,11	3,6	1,9
	BtC	2,3	3,1	3,9	0,10	3,7	1,4
	C	3,0	3,7	1,6	0,08	2,8	1,5

1	2	4	5	6	7	8	9
MORENA PIASZCZYSTA; SANDY MORAINÉ							
Gleba brunatno-rdzawa; Brown-rusty soil							
Wierzchowina Summit	Ap	0,9	6,6	14,4	0,01	2,8	0,7
	ABbr,v	0,8	3,6	13,4	0,01	2,1	0,6
	C	1,1	1,0	8,1	0,01	2,5	0,6
Gleba słabo wykształcona (arenosol właściwy); Proper arenosol							
Zbocze Slope	Ap	1,5	3,1	18,4	0,02	2,2	0,7
	C	1,2	1,0	11,0	0,01	1,9	0,8
	C	1,3	0,8	3,5	0,01	1,8	0,4
SANDR; OUTWASH PLAIN							
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil							
Teren płaski Flat area	A	4,6	16,1	21,7	0,20	2,5	1,5
	ABv	2,9	3,3	14,0	0,08	1,8	0,8
	Bv	1,7	3,7	10,6	0,01	2,8	0,9
	C	1,0	0,1	4,1	0,01	1,7	1,0
KEM; KEM							
Gleba rdzawa właściwa; Proper rusty soil							
Wierzchowina Summit	A	0,8	4,1	10,8	0,02	1,9	1,2
	Bv	1,0	0,9	8,3	0,01	2,3	1,2
	C	0,6	0,7	8,0	0,01	2,5	0,9
Gleba opadowo-glejowa właściwa; Proper pseudogley soil							
Zbocze Slope	Ap	0,9	4,2	10,0	0,11	2,8	0,9
	C	0,4	1,7	7,4	0,01	2,6	1,1
	Wg	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o	n.o
	Cg	0,6	0,1	5,8	0,02	2,6	1,2

* - objaśnienia jak pod tabelą 1; explanations see Table 1

n.o. - nie oznaczano; not determined

Spośród form rozpuszczalnych w 1 mol $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ najwięcej stwierdzono cynku (do $16,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i ołowiu (do $21,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), (tab. 4). Cynk rozpuszczalny ma jednak najmniejszy udział w odniesieniu do form ogólnych, a jego udział nie przekracza 10%. Najmniejsze ilości form rozpuszczalnych w 1 mol $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ stwierdzono w przypadku kadmu, który stanowi jednak w utworach zwałowych nawet powyżej 80% jego zawartości ogółem. Bez względu na rodzaj gleby nie stwierdzono wyraźnej prawidłowości rozmieszczenia w profilu badanych pierwiastków rozpuszczalnych w 1 mol $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$. Wszystkie badane gleby bez względu na formę geomorfologiczną terenu wykazują podwyższoną zawartość przynajmniej jednego metalu ciężkiego w poziomie powierzchniowym. Jest to wynikiem działalności człowieka, a nie procesów glebowych czy geologicznych. DUDKA [1992] potwierdza, że występowanie metali ciężkich uzależnione jest w znacznym stopniu od czynników antropogenicznych osłabiających wpływ skały macierzystej na ich zawartość.

Wnioski

1. Skały macierzyste badanych gleb bez względu na genezę, wykazują naturalną zawartość analizowanych pierwiastków, natomiast w poziomach powierzch-

- chniowych, a także podpowierzchniowych (*cambic*, *argillic*) stwierdzono podwyższoną ich zawartość – do I° zanieczyszczenia.
- Zawartość metali wykazuje ścisły związek z składem mineralogicznym skał macierzystych. Największe ilości stwierdzono w glebach wytworzonych z glin zwałowych, znacznie mniej w piaskach – zarówno zwałowych jak i fluwio-glacialnych.
 - W glebach okolic Olsztyna, niezależnie od formy geomorfologicznej terenu, z uwagi na podwyższoną zawartość metali ciężkich (do I° zanieczyszczenia), nie powinno się prowadzić jedynie uprawy warzyw przeznaczonych do konsumpcji dla dzieci.

Literatura

- BIENIEK A. 2003. *Procesy glebowe w krajobrazach kulturowych okolic Olsztyna*. Maszynopis pracy doktorskiej UWM Olsztyn: 122 ss.
- CZARNOWSKA K. 1996. *Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb*. Roczn. Glebozn. 47(Supl.): 43–50.
- DUDKA S. 1992. *Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski*. Wyd. IUNG, Puławy (praca habilit.): 47 ss.
- GEMBARZEWSKI H., KORZENIOWSKA J. 1996. *Wybór metody ekstrakcji mikroelementów z gleby i opracowanie liczb granicznych przy użyciu regresji wielokrotnej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 353–364.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T. 1993. *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa*. Wyd. IUNG, Puławy, Seria P(53): 20 ss.
- STARKEL L. 1999. *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. PWN W-wa: 592 ss.
- TERELAK H., TUJAKA A., MOTOWICKA-TERELAK T. 2001. *Zawartość pierwiastków śladowych i siarki w glebach użytków rolnych województwa warmińsko-mazurskiego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 476: 327–334.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, formy geomorfologiczne terenu, gleby autogeniczne

Streszczenie

Prowadzono badania nad zawartością ogólnych i rozpuszczalnych form Cu, Zn, Pb, Cd, Cr i Ni w glebach podmiejskich okolic Olsztyna usytuowanych w krajobrazie sandru wewnętrznego. Badany teren jest geomorfologicznie skomplikowany, gdyż obok piaszczystych powierzchni sandrowych występują pagórki kemowe oraz piaszczyste i gliniaste wzgórza morenowe. Na powierzchniach sandrowych występują gleby rdzawe. Wierzchowiny pagórków kemowych budują gleby rdzawe, a zbocza gleby opadowo-glejowe. Morenowe wzgórza piaszczyste budują gleby rdzawe i arenosole, a wzgórza gliniaste – gleby brunatne na grzbietach

i płowe na zboczach.

Stwierdzono, że sumaryczna zawartość metali ciężkich w analizowanych glebach, w największym stopniu uzależniona jest od ich składu granulometrycznego. W porównaniu do piasków fluwiglacialnych, gliny zwałowe zawierają przeciętnie 2-krotnie więcej metali ciężkich, w tym zwłaszcza Zn, Cr i Ni. Stwierdzono występowanie podwyższonej zawartości (do I stopnia zanieczyszczenia) analizowanych pierwiastków w poziomach powierzchniowych, a w glebach brunatnoziemnych także w podpowierzchniowych poziomach wzbogacenia (*cambic*, *argillic*).

CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS OF DIFFERENT GEOMORPHOLOGICAL FORMS ON THE AREA OF OLSZTYN ENVIRONS

Arkadiusz Bieniek

Department of Soil Science and Soil Protection,
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: heavy metals, geomorphological forms, autogenic soils

Summary

A study was carried out to investigate the content of total and soluble forms of Cu, Zn, Pb, Cd, Cr and Ni in suburban soils in the vicinity of Olsztyn in the landscape of internal fluvioglacial surface. The location under study is geomorphologically complex as next to the sandy outwash surfaces kame hills as well as sand and clay moraine hills are present. On fluvioglacial surface material are covered by rusty soils. The tops of kame hills are covered by rusty soils while their slopes consist of pseudogley soils. Sandy moraine hills are built of rusty soils and arenosol while the clay hills possess brown soils on tops and lessives soils on slopes.

It was established that the total content of heavy metals in the analyzed soils is mainly dependent on their geochemical background. Compared to fluvioglacial sands, boulder leams contain twice more heavy metals, particularly Zn, Cr and Ni. Presence of increased contents (to the first degree contamination level) of the analyzed elements were found in the surface horizons while in brown forest soils such increased accumulations were also found in subsurface (*cambic*, *argillic*) horizons.

Dr inż. Arkadiusz **Bieniek**
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
pl. Łódzki 3
10-727 OLSZTYN
e-mail: bbiegleb@uwm.edu.pl