

Zakład Biologii Komórki i Zakład Gleboznawstwa  
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi UMCS

MICHAŁ GÓRSKI, STANISŁAW UZIAK

## Niektóre metale ciężkie w glebach Tatrzańskiego Parku Narodowego

---

Some heavy metals in the soils of Tatra Mts National Park

### WSTĘP

Praca stanowi dalszy ciąg badań poświęconych środowisku Tatrzańskiego Parku Narodowego. Dotyczy ona zawartości wybranych metali ciężkich w glebach wymienionego obszaru. W pierwotnym zamyśle badaniami miały być objęte także niektóre rośliny runa i podszytu. Wskutek jednak znacznego zdekompletowania przy przechowywaniu zebranego materiału roślinnego autorzy musieli ograniczyć się do opracowania gleb.

W okresie międzywojennym, a także w pierwszych latach po II wojnie światowej badania dotyczące mikroelementów, z których wiele należy do metali ciężkich, były bardzo rozpowszechnione. Opublikowane zostały także odrębne monografie poświęcone wybranym pierwiastkom. Badania prowadzono głównie pod kątem zapotrzebowania roślin oraz organizmów zwierzęcych i człowieka na pierwiastki śladowe, czyli mikroelementy. Można tu dla przykładu wymienić prace tego typu dotyczące terenu Parku Tatrzańskiego i Pienińskiego (2, 3).

W ostatnich dziesiątkach lat bardzo nasiliło się zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego, w tym także metalami ciężkimi. Stąd też punkt ciężkości badań został przeniesiony raczej na problem zagrożenia tymi metalami szeroko pojętego środowiska przyrodniczego. Szczególne znaczenie mają badania poświęcone takim pierwiastkom, jak ołów, cynk, miedź, kadm.

Tab. 1. Zawartość metali ciężkich w profilach glebowych TPN  
The content of heavy metals in soil profiles of TPN

Nr profilu	Głęb. w cm	Poziom	Gleba	Położenie	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Co ppm	Ni ppm	Cd ppm
245	0-10	A1	brunatna właściwa gliniasta z pyłowców	2 S ab	86,1	21,0	6,1	38,8	137,5	0,2
	20-30	(B)			88,0	19,0	14,6	44,5	81,5	0,6
246	3-15	A1	murszowa halna gliniasta na wapieniach	3 K cb	172,2	132,5	8,9	8,5	10,5	4,3
	20-25	(B)			297,7	276,5	21,7	40,8	65,0	1,2
247	0-7	A0	bielcowa oglejona gliniasta ze skał krystalicznych kwaśnych	2 N a	136,8	196,0	23,9	-	13,0	3,3
	8-15	A1			47,4	55,5	10,4	5,3	11,5	2,0
	15-25	A2g			28,7	34,0	11,8	22,8	27,0	0,5
	25-35	B			54,4	24,5	19,5	22,9	39,0	1,2
248	3-15	A1	rędzina brunatna gliniasta z wapieni	2 N a	119,8	89,5	17,9	28,0	47,5	3,5
	20-30	(B)			46,0	44,0	16,2	24,1	52,5	0,1
249	0-3	A1	brunatna kwaśna pyłowa ze skał krystalicznych	2 S a	118,6	122,5	15,3	35,6	48,0	3,5
	3-6	A1/(B)			94,7	65,0	13,1	26,1	47,0	1,0
	12-20	(B)1			82,4	33,0	19,8	30,8	46,5	1,6
	40-50	(B)2			64,2	62,5	21,2	34,5	91,5	2,0
250	0-5	A1	brunatna kwaśna gliniasta z piaskowców	2 E d	53,6	95,0	13,3	17,7	20,5	1,7
	5-7	A1g			38,6	59,5	9,2	15,9	24,0	1,0
	12-25	(B)			36,2	44,5	10,2	24,1	29,5	1,5
251	0-5	A1	murszowo-próchnicza halna na skałach granitowych	3 N c	20,4	33,5	5,8	7,0	10,5	1,2
252	0-10	A1	murszowo-próchnicza halna na skałach granitowych	3 P c	36,1	48,0	6,8	-	6,5	2,7

253	0-8 15-25	A1 (B)	brunatna wiaściwa pyłowa na wapieniach	2 N a	188,7 151,0	70,0 41,0	19,6 17,2	25,5 28,8	76,0 106,0	4,5 3,7
254	2-10 15-25 30-40	A1 (B) (B)/C	brunatna kwaśna gliniasta z łupków	2 K d	124,4 95,4 100,1	49,5 35,0 37,5	20,5 18,0 23,5	30,5 30,1 33,3	79,0 101,0 130,0	- 0,9 0,9
255	2-10 15-25	A1 (B)	brunatna kwaśna gliniasta z granitów	2 S d	85,5 57,8	68,5 48,0	9,4 6,3	18,2 14,7	23,5 23,5	- 0,6
256	2-8 8-15	A1 (B)/C	rędzina brunatna gliniasta z wapieni	1 E a	112,0 100,1	74,5 82,5	17,9 16,5	25,2 26,2	54,0 62,0	1,2 0,2
257	5-10 10-15 15-20 30-40	A1 A2 B B/C	bielnicowa gliniasta z granitów	2 P a	83,3 19,3 15,2 35,1	158,5 39,5 39,5 34,0	11,6 3,5 5,1 5,6	3,3 4,7 12,2 13,6	10,0 10,0 13,5 17,5	1,7 1,0 0,8 0,1
258	3-10 10-20 25-35	A1 A1/(B) (B)	brunatna kwaśna gliniasta z granitów	1 P d	81,7 69,1 60,9	80,5 52,0 33,0	19,2 19,2 25,3	14,7 20,6 38,2	39,5 39,0 68,0	1,0 1,1 0,1

Objaśnienia: 1 — wysokość do 1000 m n.p.m., 2 — 1000-1500 m, 3 — 1500-2000 m, K — kulminacja, grzbiet, P — teren płaski, N — ekspozycja północna, S — ekspozycja południowa, E — ekspozycja wschodnia, a — las, b — kosodrzewina, c — roślinność halna, d — łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanation: 1 — height up to 1000 m a.s.l., 2 — 1000-1500 m, 3 — 1500-2000 m, K — top, ridge, P — flat area, N — northern exposition, S — southern exposition, E — eastern exposition, a — forest, b — dwarf mountain pine, c — mountain pasture, d — meadow, pasture, forest clearing (sodded area).

Tab. 1. Zawartość metali ciężkich w profilach glebowych TPN  
The content of heavy metals in soil profiles of TPN

Nr profilu	Głęb. w cm	Poziom	Gleba	Położenie	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Co ppm	Ni ppm	Cd ppm
245	0-10	A1	brunatna właściwa gliniasta z pyłowców	2 S ab	86,1	21,0	6,1	38,8	137,5	0,2
	20-30	(B)			88,0	19,0	14,6	44,5	81,5	0,6
246	3-15	A1	murszowa halna gliniasta na wapieniach	3 K cb	172,2	132,5	8,9	8,5	10,5	4,3
	20-25	(B)			297,7	276,5	21,7	40,8	65,0	1,2
247	0-7	Ao	bielicowa oglejona gliniasta ze skał krystalicznych kwaśnych	2 N a	136,8	196,0	23,9	-	13,0	3,3
	8-15	A1			47,4	55,5	10,4	5,3	11,5	2,0
	15-25	A2g			28,7	34,0	11,8	22,8	27,0	0,5
	25-35	B			54,4	24,5	19,5	22,9	39,0	1,2
248	3-15	A1	rędzina brunatna gliniasta z wapieni	2 N a	119,8	89,5	17,9	28,0	47,5	3,5
	20-30	(B)			46,0	44,0	16,2	24,1	52,5	0,1
249	0-3	A1	brunatna kwaśna pyłowa ze skał krystalicznych	2 S a	118,6	122,5	15,3	35,6	48,0	3,5
	3-6	A1/(B)			94,7	65,0	13,1	26,1	47,0	1,0
	12-20	(B)1			82,4	33,0	19,8	30,8	46,5	1,6
	40-50	(B)2			64,2	62,5	21,2	34,5	91,5	2,0
250	0-5	A1	brunatna kwaśna gliniasta z piaskowców	2 E d	53,6	95,0	13,3	17,7	20,5	1,7
	5-7	A1g			38,6	59,5	9,2	15,9	24,0	1,0
	12-25	(B)			36,2	44,5	10,2	24,1	29,5	1,5
251	0-5	A1	murszowo-próchniczna halna na skałach granitowych	3 N c	20,4	33,5	5,8	7,0	10,5	1,2
252	0-10	A1	murszowo-próchniczna halna na skałach granitowych	3 P c	36,1	48,0	6,8	-	6,5	2,7

253	0-8 15-25	A1 (B)	brunatna włściwa pyłowa na wapieniach	2 N a	188,7 151,0	70,0 41,0	19,6 17,2	25,5 28,8	76,0 106,0	4,5 3,7
254	2-10 15-25 30-40	A1 (B) (B)/C	brunatna kwaśna gliniasta z łupków	2 K d	124,4 95,4 100,1	49,5 35,0 37,5	20,5 18,0 23,5	30,5 30,1 33,3	79,0 101,0 130,0	- 0,9 0,9
255	2-10 15-25	A1 (B)	brunatna kwaśna gliniasta z granitów	2 S d	85,5 57,8	68,5 48,0	9,4 6,3	18,2 14,7	23,5 23,5	- 0,6
256	2-8 8-15	A1 (B)/C	rędzina brunatna gliniasta z wapieni	1 E a	112,0 100,1	74,5 82,5	17,9 16,5	25,2 26,2	54,0 62,0	1,2 0,2
257	5-10 10-15 15-20 30-40	A1 A2 B B/C	bielcowa gliniasta z granitów	2 P a	83,3 19,3 15,2 35,1	158,5 39,5 39,5 34,0	11,6 3,5 5,1 5,6	3,3 4,7 12,2 13,6	10,0 10,0 13,5 17,5	1,7 1,0 0,8 0,1
258	3-10 10-20 25-35	A1 A1/(B) (B)	brunatna kwaśna gliniasta z granitów	1 P d	81,7 69,1 60,9	80,5 52,0 33,0	19,2 19,2 25,3	14,7 20,6 38,2	39,5 39,0 68,0	1,0 1,1 0,1

Objaśnienia: 1 — wysokość do 1000 m n.p.m., 2 — 1000-1500 m, 3 — 1500-2000 m, K — kulminacja, grzbiet, P — teren płaski, N — ekspozycja północna, S — ekspozycja południowa, E — ekspozycja wschodnia, a — las, b — kosodrzewina, c — roślinność halna, d — łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanation: 1 — height up to 1000 m a.s.l., 2 — 1000-1500 m, 3 — 1500-2000 m, K — top, ridge, P — flat area, N — northern exposition, S — southern exposition, E — eastern exposition, a — forest, b — dwarf mountain pine, c — mountain pasture, d — meadow, pasture, forest clearing (sodded area).

## MATERIAŁY I METODYKA

Materiały zbierano z terenu parku w miesiącach letnich w latach 80. Próbki roślinne pobierano z kilku gatunków, próbki glebowe — z wierzchniej warstwy gleby (0–5 cm), jako że w tym właśnie poziomie gromadzi się zwykle najwięcej zanieczyszczeń. Wymieniony materiał (roślinny i glebowy w liczbie 207 sztuk) zebrany został przez pierwszego autora. Ponadto pobrano próbki gleb z 13 profili z wyróżnionych poziomów genetycznych. Wszystkie próbki z poziomu 0–5 cm pobierane były na różnych wysokościach, od około 900 do 2200 m n.p.m. (przyjęto w uproszczeniu cztery grupy wysokościowe: poniżej 1000 m, 1000–1500 m, 1500–2000 m i powyżej 2000 m), i w różnych położeniach topograficznych. Miejsca pobrania gleb porasta różna roślinność: las, łąkowa lub pastwiskowa, kosodrzewina, roślinność halna, porosty i mchy.

Próbki glebowe spod lasu i łąki pochodziły z dwóch pierwszych grup wysokościowych (poniżej 1000 m i 1000–1500 m), spod kosodrzewiny i roślinności halnej — z trzeciej i drugiej grupy (1500–2000 m i 1000–1500 m), natomiast spod porostów i mchów — z czwartej i trzeciej grupy (powyżej 2000 m oraz 1500–2000 m). Należy też pamiętać, że piętra roślinne na obszarze parku nie mają ostrych granic, mogą się przenikać, a ponadto na ich rozmieszczenie wywiera wpływ ekspozycja, czyli wystawa terenu. Materiał roślinny i glebowy pobierany był zwykle w tych samych miejscach.

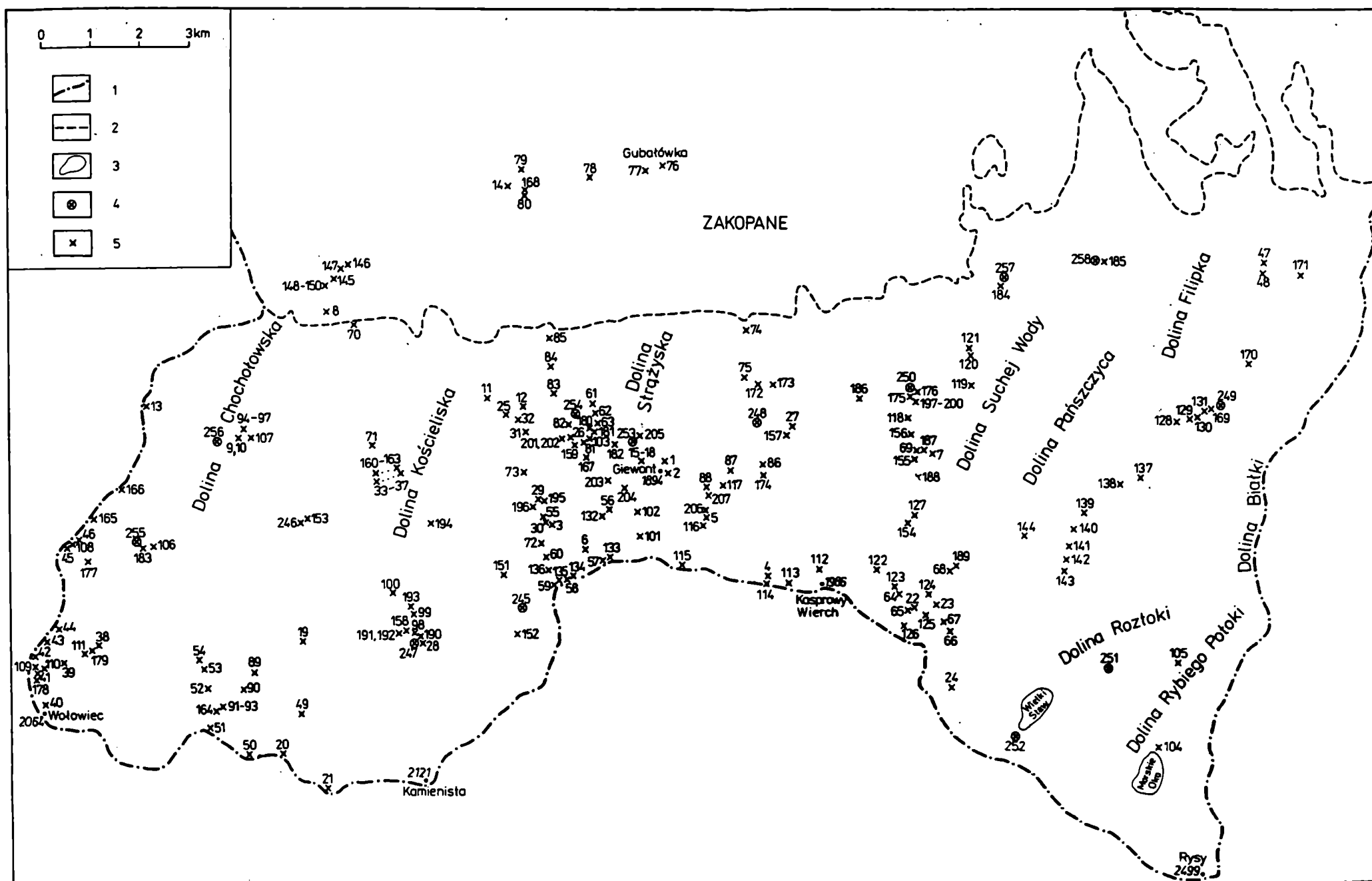
Pobrane próbki glebowe pochodzą z gleb wytworzonych z różnych skał i o różnym stopniu rozwoju, gdyż pokrywa glebowa TPN jest ogromnie zróżnicowana (1, 9). Reprezentują one gleby inicjalne i rankery, gleby brunatne wylugowane i kwaśne, gleby bielcowe, glejowe, torfiasto-bielcowe i torfiasto-glejowe, rędziny inicjalne i brunatne oraz z butwiną, a także gleby murszowo-próchniczne. Skałami macierzystymi wymienionych gleb są zwykle granity, często zmetamorfizowane, wapienie oraz skały typu fliszowego — piaskowce i łupki. Wykazują one skład granulometryczny gliniasty, często z dużą ilością szkieletu, ich miąższość jest średnia lub płytka, a nawet bardzo płytka. Miejsca pobrania próbek ilustruje ryc. 1.

W zebranym materiale glebowym z warstwy 0–5 cm oznaczono ogólnie zawartości metali ciężkich: cynku, ołowiu, miedzi i kobaltu, a ponadto w profilach glebowych nikiel i kadm. Próbki powietrznie suche o wymiarach poniżej 1 mm rozcierano w moździerzu agatowym, a następnie 1–2 g roztwarzano w mieszaninie kwasów:  $\text{HNO}_3$  (rozcieńczenie 1:1),  $\text{HClO}_4$  (rozcieńczenie 1:4) i  $\text{HF}$  (stężony), zmieszanych w stosunku 1:1:2.

Poszczególne pierwiastki oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS): Zn i Cu — bezpośrednio z roztworu, Pb i Co — po zagęszczeniu w ketonie metylo-izobutylovym. Do oznaczeń używano aparatu Zeissa typu 1N (produkcji NRD), do próbek z profili glebowych wykorzystano aparat firmy Perkin-Elmer model 3300. W tym przypadku pierwiastki oznaczono bezpośrednio w roztworze.

## WYNIKI BADAŃ I DyskusJA

Rezultaty badań przedstawiono w tabelach (1–6) oraz w zbiorczych zestawieniach (tab. 7–9). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdza się duże zróżnicowanie metali ciężkich zarówno w poszczególnych profilach, jak i ich genetycznych poziomach (tab. 1). Najwyższe zawartości wykazuje cynk i ołów, a w niektórych profilach również nikiel, najniższe zaś kadm, natomiast kobalt i miedź zajmują miejsce pośrednie. Zawartość cynku i ołowiu jest w większości profili najwyższa w poziomie powierzchniowym, podobnie zachowuje się kadm



Ryc. 1. Miejsca pobrania próbek na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego; 1 — granica państwa, 2 — granica TPN, 3 — stawy, 4 — odkrywki glebowe, 5 — miejsca pobrania prób  
 The sites, where samples were collected in Tatra Mts National Park (TPN); 1 — State border, 2 — TPN boundaries, 3 — ponds, 4 — soil pits, 5 — sites, where samples were collected

Tab. 2. Zawartość metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gleb leśnych, TPN  
The content of heavy metals in surface layer of forest soil, TPN

Nr	Polożenie	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Co ppm
12	2a	142,0	56,3	30,1	11,5
13	2a	126,5	61,4	12,5	2,6
14	2a	154,0	168,9	25,8	2,6
25	2a	–	36,3	14,2	8,6
27	2a	53,0	36,4	7,0	2,2
28	2a	36,0	45,5	10,0	1,1
29	2a	382,0	146,8	13,4	4,8
38	2a	180,5	77,3	22,0	7,8
47	2a	–	35,5	14,7	13,7
48	2a	382,2	162,7	12,7	4,3
61	2a	204,0	225,4	26,0	10,6
62	2a	255,5	150,0	23,5	6,7
63	2a	42,0	21,5	12,0	2,2
70	2a	–	44,0	24,7	26,8
74	1a	62,0	41,0	19,0	7,8
75	1a	102,0	50,0	12,0	6,1
83	2a	70,5	31,8	13,5	10,6
84	1a	47,5	27,3	15,5	9,5
85	1a	68,0	41,0	23,5	6,1
98	2a	23,0	31,8	17,0	2,2
99	2a	62,0	159,1	30,0	3,5
100	2a	21,5	13,6	23,5	4,4
119	2a	32,5	28,4	9,5	2,3
121	2a	333,5	167,5	49,5	8,0
128	2a	132,0	62,2	14,1	5,5
129	2a	254,0	138,5	18,4	3,5
130	2a	159,0	42,8	34,5	22,1
131	2a	121,0	51,0	23,2	16,6
145	2a	70,0	29,2	9,0	12,6
147	2a	77,5	47,9	12,0	7,4
148	2a	97,5	89,6	15,0	9,7
149	2a	107,5	81,0	17,0	7,9
150	2a	120,0	72,2	13,3	9,3
158	2a	–	175,9	23,5	–
168	2a	142,0	56,3	30,1	11,5
170	2a	120,5	121,9	30,2	16,0
171	2a	107,5	116,9	45,4	9,5
172	2a	178,0	240,5	28,5	8,2
173	2a	212,0	219,2	26,9	7,8
174	2a	64,5	135,9	13,4	1,6
175	2a	77,5	89,2	13,4	2,1
176	2a	80,5	196,9	13,6	2,5
177	2a	34,5	79,4	13,4	1,6



182	2a	171,5	67,8	28,5	11,6
184	2a	10,5	27,6	13,4	—
185	2a	83,0	50,8	28,9	4,1
186	2a	286,5	165,6	15,0	6,0
190	2a	81,7	108,1	22,0	2,7
191	2a	63,3	36,8	30,0	3,8
192	2a	63,3	46,0	39,0	2,7
193	2a	83,2	64,4	27,5	5,0
194	2a	234,3	82,8	30,0	15,3
199	2a	133,5	92,0	25,0	12,1
200	2a	83,3	101,2	2,0	3,8
202	2a	153,3	46,0	12,0	15,3

Objaśnienia: 1 — wysokość do 1000 m n.p.m., 2 — 1000–1500 m, a — las.

Explanation: 1 — height up to 1000 m a.s.l., 2 — 1000–1500 m, a — forest.

w części profili. Zawartość niklu w większości profili wzrasta z głębokością, analogicznie kobaltu w części profili; świadczy to o wpływie skały macierzystej na skład metali w glebie.

Duże zróżnicowanie metali ciężkich w poszczególnych profilach, a także poziomach gleb potwierdzają prace z terenu Karpat czy Sudetów (np. 4–7, 10–13).

Zawartość badanych metali w warstwie gleb 0–5 cm zestawiono w zależności od rodzaju szaty roślinnej (tab. 2–6), od niej bowiem zależy zawartość substancji organicznej gleb. Ta zaś decyduje w głównej mierze, obok minerałów ilastych, o wielkości sorpcji metali ciężkich (8). Tendencja do stałego kumulowania się metali w glebie oraz mała ruchliwość wielu z nich, np. Pb, Cu, sprawia, że ma miejsce znaczne nagromadzenie metali ciężkich w powierzchniowym poziomie gleb parku. Rolę substancji organicznej w akumulacji metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gleb podkreślali Maciaszek (10) i Niemyska-Łukaszk (11), która zwracała również uwagę na zależność ich gromadzenia od rodzaju użytkowania (las, łąka, uprawa).

Przeprowadzone badania wykazały również duże zróżnicowanie w zawartości poszczególnych metali ciężkich w warstwie 0–5 cm. Najwyższą zawartość wykazują cynk i ołów, najniższą zaś — kobalt. Wyliczone średnie zawartości (tab. 7) wskazują też na pewne prawidłowości. Najwyższe średnie koncentracje ołowiu obserwuje się pod kosodrzewiną, niższe pod roślinnością halną, porostami i mchami, a także pod lasami, najniższe w glebach pod łąkami. W przypadku cynku i kobaltu zróżnicowanie jest mniejsze, w odniesieniu do miedzi — właściwie brak zróżnicowania.

Tabela 8 zawiera zestawienie rozpiętości i średniej zawartości metali ciężkich w zależności od wyniesienia nad poziom morza próbek glebowych. Z wysokością wiążą się, jak wiadomo, główne strefy roślinne i w pewnym stopniu charakter gleb. Z zestawienia wynika, że średnie zawartości badanych pierwiastków są

Tab. 3. Zawartość metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gleb pod kosodrzewiną w TPN  
The content of heavy metals in surface layer of the soils under dwarf mountain pine in TPN

Nr	Położenie	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Co ppm
5	2b	59,0	113,9	21,5	4,6
7	2b	134,0	81,9	21,5	8,9
55	2b	181,5	276,0	19,5	7,1
68	3b	–	142,3	10,5	1,4
90	3b	261,0	159,1	60,0	19,0
104	3b	36,5	40,9	23,0	1,1
110	3b	108,5	202,7	26,7	2,6
111	2b	116,0	212,0	28,0	1,8
116	3b	26,0	11,0	17,7	7,3
118	2b	103,0	51,2	19,7	4,1
122	3b	45,0	45,1	9,5	5,0
124	3b	79,5	156,5	18,5	2,4
137	3b	179,6	188,7	23,7	2,3
138	3b	185,0	180,2	19,0	3,4
144	2b	77,5	72,2	8,5	1,0
151	3b	92,5	128,5	7,0	6,3
152	3b	87,5	59,3	9,3	10,2
153	3b	157,5	218,7	10,5	2,3
156	2b	77,5	141,8	16,8	3,3
166	3b	37,5	144,6	16,8	2,5
179	2b	27,0	27,7	18,5	0,8
180	2b	152,5	57,1	25,2	11,1
181	2b	171,5	73,9	28,5	11,1
187	3b	193,9	112,5	15,0	3,8
189	3b	43,4	50,6	18,0	1,5
196	2b	63,3	92,0	22,0	2,7
204	2b	334,6	206,6	32,5	25,7
206	2b	76,6	92,0	14,0	5,4
207	2b	83,3	147,2	12,0	1,5

Objaśnienia: 2 — 1000–1500 m n.p.m., 3 — 1500–2000 m, b — kosodrzewina

Explanation: 2 — 1000–1500 m a.s.l., 3 — 1500–2000 m, b — dwarf mountain pine.

zróznicowane w zależności od rodzaju metalu i wysokości. Zawartość średnia cynku i ołowiu jest najwyższa dla gleb zalegających na wysokości 1000–2000 m n.p.m., dużo niższe są zawartości dla gleb położonych powyżej 2000 m i poniżej 1000 m. Zawartość średnia miedzi jest trochę niższa w glebach powyżej 2000 m, kobaltu zaś maleje ze wzrostem wysokości.

Tab. 4. Zawartość metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gleb łąkowych i pastwiskowych  
The content of heavy metals in surface layer of meadow and pasture soils

Nr	Położenie	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Co ppm
8	1d	90,5	51,2	12,9	5,1
9	1d	154,0	76,8	25,8	5,1
10	1d	138,0	51,2	25,8	10,2
11	2d	197,5	102,4	17,2	10,2
26	2d	–	4,5	15,5	7,2
31	2d	199,0	7,0	16,0	14,4
32	2d	85,0	18,2	22,0	7,2
33	2d	55,5	22,7	8,5	4,4
34	2d	164,0	156,0	22,5	3,7
35	2d	152,0	52,3	20,5	7,2
36	2d	114,0	50,0	22,0	1,1
37	2d	24,5	13,6	12,0	2,2
71	2d	85,0	18,2	17,0	10,6
73	2d	140,0	72,7	19,0	7,2
76	2d	36,0	11,4	37,0	11,7
77	2d	39,0	13,6	14,5	8,9
78	2d	47,0	18,2	23,5	10,6
79	2d	47,0	25,0	17,0	11,7
80	2d	70,5	29,5	15,5	6,1
81	2d	59,0	22,7	13,5	11,7
82	2d	146,0	45,5	20,5	10,0
86	2d	53,5	54,5	20,5	2,8
87	2d	53,0	36,4	8,5	3,3
88	2d	44,5	41,0	8,5	3,3
89	2d	111,6	284,0	28,0	5,2
94	1d	68,0	68,2	20,5	11,2
95	1d	22,5	50,0	7,0	3,3
96	1d	76,5	53,5	27,0	8,9
97	1d	59,0	34,1	15,5	11,2
103	2d	76,5	18,2	20,0	11,7
106	2d	30,5	25,0	13,5	1,6
107	1d	82,5	31,1	38,5	1,1
146	2d	85,0	47,8	13,3	12,0
169	2d	102,5	91,0	18,4	3,3
197	2d	193,4	66,7	2,0	14,8
198	2d	180,5	103,5	12,0	17,6
201	2d	162,8	70,3	24,5	22,4
203	2d	193,1	73,6	15,0	13,7
205	2d	–	243,8	20,0	13,2

Objaśnienia: 1 — wysokość do 1000 m n.p.m., 2 — 1000–1500 m, d — łąka, pastwisko, polana w lesie (zadarniona).

Explanation: 1 — height up to 1000 m a.s.l., 2 — 1000–1500 m, d — meadow, pasture, forest clearing (sodded area).

Tab. 5. Zawartość metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gleb pod roślinnością halną, TPN  
The content of heavy metals in surface soil layer under mountain pasture, TPN

Nr	Położenie	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Co ppm
3	3c	252,0	189,9	17,2	4,6
4	3c	59,0	88,6	21,5	4,6
6	3c	379,0	227,8	21,5	7,7
19	3c	185,0	184,3	21,5	2,5
20	3c	39,5	102,4	8,6	2,5
22	3c	71,5	46,0	8,6	1,3
23	3c	55,5	40,6	8,5	1,3
24	3c	55,5	46,0	12,5	1,3
30	3c	94,0	35,0	12,0	8,9
39	3c	50,5	36,4	15,5	2,8
41	3c	56,5	22,7	18,5	3,3
42	3c	30,0	13,6	13,5	3,3
43	3c	39,0	25,0	20,5	1,6
44	3c	39,0	27,3	10,5	1,1
45	3c	79,0	188,0	24,2	3,7
46	3c	128,0	132,0	17,0	1,1
49	3c	59,0	29,5	10,0	1,1
52	3c	53,5	72,7	15,5	1,1
53	3c	94,0	56,1	44,0	8,4
54	3c	111,0	50,0	10,0	2,2
56	3c	174,0	77,3	20,0	2,2
57	3c	21,5	11,4	15,5	1,6
60	3c	50,3	119,0	22,5	4,9
64	3c	33,0	61,5	15,0	3,2
65	3c	35,5	31,9	25,5	3,3
69	2c	120,0	72,7	13,5	3,9
72	3c	–	253,5	15,7	13,2
91	3c	59,0	41,0	12,0	3,9
92	3c	62,0	45,5	8,5	4,4
93	3c	65,0	59,1	8,5	3,9
101	3c	271,0	145,5	27,0	6,1
102	3c	308,0	168,2	34,0	14,5
105	3c	48,0	50,0	34,0	3,3
108	3c	180,0	225,0	19,5	2,6
109	3c	90,5	90,0	16,1	4,9
112	3c	57,0	69,6	25,5	6,7
113	3c	–	77,9	16,5	2,3
114	3c	30,0	38,9	12,0	2,5
117	2c	46,5	22,5	15,0	4,7
120	2c	140,5	121,0	24,0	2,9
123	3c	203,6	265,3	19,0	2,7
125	3c	50,5	89,8	14,0	2,0
127	3c	40,0	49,0	20,0	2,2
132	3c	151,5	75,1	24,2	7,1

136	3c	62,3	83,4	23,7	3,4
154	3c	144,5	140,3	11,7	11,1
155	2c	96,0	161,5	16,8	2,9
157	2c	64,0	183,7	20,1	0,8
159	2c	158,0	158,9	26,9	13,2
160	2c	125,5	179,2	30,2	10,3
161	2c	155,5	107,9	35,3	8,5
162	2c	147,0	109,2	26,9	11,0
163	2c	136,5	148,1	23,5	8,5
164	3c	166,0	174,1	23,5	3,3
165	2c	66,5	210,3	20,2	1,6
167	2c	153,5	169,3	26,9	10,7
178	3c	42,5	64,2	20,1	1,6
183	2c	69,5	44,6	21,8	1,6
188	3c	43,4	28,0	15,0	1,5
195	2c	–	285,1	5,0	2,3

Objaśnienia: 2 — 1000–1500 m n.p.m., 3 — 1500–2000 m, c — roślinność halna.

Explanation: 2 — 1000–1500 m a.s.l., 3 — 1500–2000 m, c — mountain pasture.

Tab. 6. Zawartość metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gleb pod porostami i mchami w TPN

The content of heavy metals in surface soil layer under lichens and mosses in TPN

Nr	Położenie	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Co ppm
1	3e	213,0	81,9	12,9	1,3
2	3e	237,0	113,9	21,5	9,3
15	3e	–	269,9	34,4	7,7
16	3e	173,5	56,3	17,2	5,1
17	3e	363,0	153,6	34,4	7,8
18	3e	–	215,0	17,2	15,3
21	4e	55,0	30,7	21,5	3,8
40	4e	44,5	2,3	33,0	–
50	4e	111,0	63,6	15,5	7,2
51	4e	59,0	20,5	8,5	1,6
58	4e	27,5	6,8	8,5	1,6
59	4e	341,0	216,7	23,5	16,4
66	4e	195,0	17,5	6,2	2,3
67	4e	–	80,7	12,0	1,9
115	3e	38,0	91,7	20,0	4,7
126	4e	43,0	38,5	14,5	2,2
133	4e	24,0	44,8	20,2	1,1
134	4e	275,5	180,5	24,2	8,1
135	4e	–	261,0	21,2	14,4
139	4e	152,2	161,0	18,0	2,3
140	4e	55,0	54,2	10,5	2,3
141	4e	52,5	37,3	16,5	2,3

142	4e	82,5	61,5	8,0	5,0
143	4e	62,5	85,2	8,0	2,3

Objaśnienia: 3 — 1500–2000 m n.p.m., 4 — powyżej 2000 m, e — roślinność w wyższych partiach gór (porosty, mchy).

Explanation: 3 — 1500–2000 m a.s.l., 4 — above 2000 m, e — vegetation in higher parts of the mountains (lichens, mosses).

Tab. 7. Najwyższe i najniższe oraz średnie zawartości metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gleb pod różną roślinnością w TPN

The highest, the lowest, and the average content values of heavy metals in surface layer of the soil under various types of vegetation in TPN

Roślinność	Liczba prób	Zn ppm	Pb pmm	Cu ppm	Co ppm
Las (a)	55	$\frac{10,5-382,2^*}{116,1^{**}}$	$\frac{13,6-240,5}{85,9}$	$\frac{2,0-49,5}{20,5}$	$\frac{1,1-26,8}{7,3}$
Kosodrzewina (b)	29	$\frac{26,0-334,6}{110,0}$	$\frac{11,0-276,0}{120,2}$	$\frac{7,0-60,0}{19,8}$	$\frac{0,8-25,7}{5,5}$
Łąka, pastwisko (d)	39	$\frac{22,5-199,0}{93,3}$	$\frac{4,5-284,0}{57,8}$	$\frac{2,1-38,5}{18,2}$	$\frac{1,1-22,4}{8,4}$
Hala (c)	60	$\frac{21,5-379,0}{96,4}$	$\frac{11,4-285,1}{101,8}$	$\frac{5,0-44,0}{19,1}$	$\frac{0,8-14,5}{4,5}$
Porosty, mchy (e)	24	$\frac{27,5-363,0}{108,5}$	$\frac{2,3-296,9}{98,8}$	$\frac{6,2-34,4}{17,8}$	$\frac{1,1-16,4}{5,2}$

\* — wartości skrajne, \*\* — wartość średnia; \* — extreme values, \*\* — mean value.

Tab. 8. Najwyższe i najniższe oraz średnie zawartości metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gleb na różnych wysokościach w TPN

The highest, the lowest, and the average content values of heavy metals in surface layer of the soil at different heights in TPN

Wysokość	Liczba prób	Zn ppm	Pb pmm	Cu ppm	Co ppm
do 1000 m n.p.m. (1)	12	$\frac{22,5-154,0^*}{80,9^{**}}$	$\frac{27,3-76,8}{47,9}$	$\frac{7,0-38,5}{20,2}$	$\frac{1,1-11,2}{7,1}$
1000-1500 m (2)	110	$\frac{10,5-382,2}{110,8}$	$\frac{4,5-285,1}{91,1}$	$\frac{2,0-49,5}{19,9}$	$\frac{0,8-26,8}{7,4}$
1500–2000 m (3)	69	$\frac{26,0-379,0}{106,2}$	$\frac{11,0-296,9}{106,0}$	$\frac{7,0-60,0}{19,0}$	$\frac{1,1-19,0}{4,8}$
powyżej 2000 m (4)	16	$\frac{21,5-275,5}{73,5}$	$\frac{2,3-261,0}{68,9}$	$\frac{6,2-33,0}{15,9}$	$\frac{1,1-14,4}{3,5}$

\* — wartości skrajne, \*\* — wartość średnia; \* — extreme values, \*\* — mean value.

Warto przypomnieć, że Skiba i wsp. (14) stwierdzili wyraźnie podwyższone zawartości ołowiu i kadmu w warstwie 0–5 cm gleb w wyższych partiach Karkonoszy, a także w niżej położonych terenach zdegradowanych obszarów leśnych.

W tabeli 9 zestawiono zawartości skrajne i średnie w zależności od rodzaju pokrywy roślinnej i wyniesienia nad poziom morza. Liczebność prób przy takim podziale zmniejszyła się, zwłaszcza w kilku wydzieleniach. Tym niemniej pewne tendencje można zaobserwować i generalnie wyniki mogą być przyjęte za wiarygodne.

Tab. 9. Najwyższe i najniższe oraz średnie zawartości metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gleb pod różną roślinnością i na różnych wysokościach w TPN  
The highest, the lowest, and the average content values of heavy metals in surface layer of the soil under different vegetation and at different heights in TPN

Wysokość użytkowanie	Liczba prób	Zn ppm	Pb pmm	Cu ppm	Co ppm
1a	4	$\frac{47,5-102,0}{69,9}$	$\frac{27,3-50,0}{39,8}$	$\frac{12,0-23,5}{17,5}$	$\frac{6,1-9,5}{7,4}$
1d	8	$\frac{22,5-154,0}{86,4}$	$\frac{31,1-76,8}{52,0}$	$\frac{7,0-38,5}{21,6}$	$\frac{1,1-11,2}{7,0}$
2a	51	$\frac{10,5-382,2}{119,7}$	$\frac{13,6-240,5}{89,5}$	$\frac{2,0-49,5}{20,8}$	$\frac{1,1-26,8}{7,34}$
2b	14	$\frac{27,0-334,6}{118,4}$	$\frac{27,7-206,6}{117,5}$	$\frac{8,5-32,5}{20,6}$	$\frac{1,0-25,7}{6,3}$
2c	14	$\frac{46,5-158,0}{105,6}$	$\frac{22,5-285,1}{141,0}$	$\frac{5,0-35,3}{21,9}$	$\frac{0,8-11,0}{5,9}$
2d	31	$\frac{24,5-199,0}{95,1}$	$\frac{4,5-284,0}{59,3}$	$\frac{2,0-37,0}{17,3}$	$\frac{1,1-22,4}{8,8}$
3b	15	$\frac{26,0-261,0}{102,2}$	$\frac{11,0-218,7}{122,7}$	$\frac{7,0-60,0}{19,0}$	$\frac{1,1-19,0}{4,7}$
3c	46	$\frac{21,5-379,0}{93,5}$	$\frac{11,4-265,3}{89,8}$	$\frac{8,5-44,0}{18,3}$	$\frac{1,1-14,5}{4,03}$
3e	8	$\frac{38,0-363,0}{170,7}$	$\frac{56,3-296,9}{153,2}$	$\frac{12,9-34,4}{22,6}$	$\frac{1,3-16,4}{8,45}$
4c	16	$\frac{24,0-275,5}{77,4}$	$\frac{2,3-261,0}{71,6}$	$\frac{6,2-33,0}{15,4}$	$\frac{1,1-14,4}{3,6}$

Zawartość cynku i ołowiu w glebach pod lasem jest znacznie wyższa na wysokości 1000–1500 m n.p.m. niż na wysokości poniżej 1000 m. Różnice zaś pod łąką na obu wymienionych wysokościach (poniżej 1000 m i 1000–1500 m) są nieduże, podobnie małe są różnice w zawartości cynku i ołowiu na wysokości 1000–2000 m pod kosodrzewiną. Z kolei ołów wykazuje znacznie wyższe zawartości pod roślinnością halną w glebach na wysokości 1000–1500 m w porównaniu do gleb położonych wyżej (1500–2000 m). Bardzo duże jest też zróżnicowanie cynku i ołowiu pod porostami i mchami zależnie od wysokości: duże zawartości na wysokości 1500–2000 m, małe — powyżej 2000 m. Podobną zależność obserwuje się w przypadku miedzi i kobaltu. W odniesieniu do kobaltu widoczne są także różnice w jego zawartości pod kosodrzewiną i roślinnością halną, wyższe w glebach położonych na wysokości 1000–1500 m i niższe — na wysokościach 1500–2000 m.

Uogólniając można powiedzieć, że koncentracja cynku i ołowiu ma miejsce w glebach przeważnie na wysokości 1000–2000 m i to pod różną roślinnością. Można sądzić, że fakt ten ma charakter antropogeniczny. Wzbogacenie zaś miedzi i kobaltu rozpoczyna się w glebach już na wysokości poniżej 1000 m, maleje natomiast powyżej 2000 m (kobalt powyżej 1500 m, z wyjątkiem gleb pod porostami i mchami).

Należy także podkreślić, że koncentracja metali ciężkich jest w szeregu zbadanych gleb dość znaczna. Wprawdzie rośliny mogą rozwijać mechanizmy tolerancyjne na znaczne nawet koncentracje metali, np. ołowiu, ale wyższe ich stężenie może wpływać, jak zaznaczają A. i H. Pendiásowie (8), niekorzystnie na aktywność biologiczną gleb.

#### WNIOSKI

1. Zawartość metali ciężkich w glebach Tatrzańskiego Parku Narodowego jest bardzo zróżnicowana. Dotyczy to zawartości pierwiastków w profilach glebowych a także w powierzchniowej warstwie gleb (w zależności od okrywy roślinnej i wyniesienia nad poziom morza).

2. Najwyższe zawartości wykazuje na ogół cynk i ołów, zwłaszcza w warstwie powierzchniowej gleb na wysokości 1000–1500 m n.p.m. i to pod różną roślinnością. Mogą one mieć częściowo charakter antropogeniczny.

3. Znaczna zawartość niklu wzrasta zwykle z głębokością profilu i jest związana głównie ze skałą macierzystą.

4. Miedź, kobalt i kadm występują w glebach TPN w znacznie niższych koncentracjach. Miedź i kobalt podlegają również pewnym prawidłowościom (zmniejszanie zawartości z wysokością — powyżej 1500 m lub powyżej 2000 m).

#### PIŚMIENNICTWO

1. Atlas Parku Narodowego (Gleby — T. Komornicki, S. Skiba). TPN, PTPNZ, Oddz. w Krakowie, Zakopane–Kraków 1985.
2. Baszyński T.: Mikroelementy i witaminy w zespołach łąkowych Pienińskiego Parku Narodowego. *Acta Agrobotanica* **7**, 131–142 (1958).
3. Baszyński T., Sławiński W., Zawadzka I., Zawadzki K.: Wartość sian i gleb w dolinach Kościeliskiej i Chochołowskiej. *Acta Agrobotanica* **7**, 143–148 (1958).
4. Borkowski J., Dietrych A., Kocowicz A., Szeszeń L.: Zawartość metali ciężkich w glebach Karkonoskiego Parku Narodowego. *Mat. Konfer. „Geoekologiczne problemy Karkonoszy”*. Wyd. Uniw. Wrocławskiego, Wrocław 1993, s. 131–135.
5. Dobrzański B., Gliński J.: Występowanie mikroelementów w glebach Bieszczadów. *Roczn. Gleb.* **21**, 2, 365–376 (1970).
6. Dobrzański B., Gliński J., Uziak S.: Występowanie niektórych pierwiastków w glebach woj. rzeszowskiego w zależności od rodzaju skały macierzystej i typologii gleb. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. E* **24**, 1–25 (1970).



7. Grodzińska K.: Zanieczyszczenie polskich parków narodowych metalami ciężkimi. Zakt. Ochrony Przyrody PAN, **43**, 9–27, Kraków 1980.
8. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa 1993.
9. Komornicki T. i inni: Gleby Tatrzańskiego Parku Narodowego, Cz. I–III. Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, Kraków, t. IV, 1975, s. 101–130; t. XII, 1984, s. 261–281; t. XII, 1984, s. 283–300.
10. Maciaszek W.: Mikroelementy (Mn, Zn, Cu, B i Mo) w glebach leśnych wytworzonych ze skał fliszu Karpackiego. Rocz. Gleb. **34**, 3, 75–94 (1983).
11. Niemyska-Łukaszuk J.: Formy cynku, ołowiu i kadmu w glebach wybranych regionów Karpat Zachodnich. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. **187**, 1993.
12. Panek E.: Zanieczyszczenie gleb Beskidu Śląskiego i Żywieckiego metalami ciężkimi. Zesz. Nauk. Akad. Gór.-Hutn. **1452**, 65–73, Kraków (1991).
13. Panek E.: Metale ciężkie w glebie i podłożu skalnym oraz w wybranych gatunkach roślin Babiogórskiego Parku Narodowego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi **7**, 4, 989–1006, Kraków (1991).
14. Skiba S., Drewnik M., Szmuc R.: Metale ciężkie w glebach wybranych rejonów Karkonoszy. Karkonoskie Badania Ekologiczne, II Konfer., Dziekanów Leśny, 1994. Oficyna Wydaw. Inst. Ekologii PAN, Warszawa 1994, s. 125–134.

#### SUMMARY

In the 80's the authors of the paper collected a rich material for research from the area of Tatra Mountains National Park. The material consisted of the samples from the surface soil layer (207 specimens) as well as from 13 soil profiles. The soil samples were collected from under various vegetation (forest, meadow or pasture, dwarf mountain pine, mountain vegetation, lichens and mosses) and at different height (in 4 height groups — below 1000 m a.s.l., 1000–1500 m, 1500–2000 m, above 2000 m).

In the laboratory there were determined values of heavy metals total content (Zn, Pb, Cu and Co — in the layer of 0–5 cm, and Zn, Pb, Cu, Co, Ni and Cd — in genetic soil profiles layers). The soil material was diluted by the mixture of acids ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ , HF) and then their content was determined by the method of absorption atomic spectrometry (AAS). The values were listed in 9 tables, the distribution of research stands is shown in Figure 1.

The results of examinations are the following:

1. The content of heavy metals in the soils of Tatra Mts National Park is very differentiated. This refers to the content of elements in soil profiles and also, in the surface of the soils (according to the plant cover and the height above sea level).

2. The highest content values are characteristic of zinc and lead, especially in the surface soil, at the height of 1000–2000 m a.s.l., under various vegetation. They may be of anthropogenic nature.

3. A considerable content of nickel usually increases together with the depth of the profile and is basically connected with the parent rock.

4. Copper, cobalt and cadmium occur in the soils of Tatra Mts National Park in much lower concentrations. Copper and cobalts are subject to certain regularities (the content decreases together with the height above 1500 m or above 2000 m).

---

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN – POLONIA

VOL. LII

SECTIO C

1997

---

- F. ŚWIĘS: A survey of ruderal vegetation in Poland: phytocenoses with *Lycium barbarum* L.  
Przegląd roślinności ruderalnej na obszarze Polski: fitocenozy z *Lycium barbarum* L.
- D. FIJAŁKOWSKI, M. BLOCH, A. KOWALCZEWSKI: Zbiorowiska roślinne i flora projektowanego rezerwatu Okólny Ług.  
Plant communities and flora of the planned reserve Okólny Ług.
- F. ŚWIĘS: Lasy projektowanego rezerwatu „Wodny Dół” (Wyżyna Lubelska).  
The forests of the planned reserve “Wodny Dół” (The Lublin Upland).
- Z. FLISIŃSKA: Grzyby wielkoowocnikowe rezerwatu leśnego Marynopol.  
*Macromycetes* of the forest reserve Marynopol.
- M. JASTRZĘBSKI, Z. SKRZYPIEC: Structure and topography of paraventricular nucleus (*nucleus paraventricularis*) and supraoptic nucleus (*nucleus supraopticus*) in gopher (*Spermophilus suslicus* Güld.) and dormouse (*Muscardinus avellanarius* L.).  
Budowa i topografia jądra przykomorowego (*nucleus paraventricularis*) i jądra nadwzrokowego (*nucleus supraopticus*) u susła perełkowanego (*Spermophilus suslicus* Güld.) i orzesznicy (*Muscardinus avellanarius* L.).
- D. FIJAŁKOWSKI, D. URBAN: Szata roślinna obiektu wodno-torfowiskowego „Uściwierzek” i jej przekształcenia.  
Vegetation of the water-peat unit “Uściwierzek” and its transformations.
- D. FIJAŁKOWSKI, D. URBAN, R. BARYŁA: Szata roślinna obiektu leśno-torfowiskowego Rogóźno.  
The flora of the forest-peatbog unit Rogóźno.
- Z. DANILKIEWICZ: Rozmieszczenie i zmienność kielbka krótkowąsego — *Gobio gobio* (L.) w dorzeczu Wieprza.  
Distribution and variability of the gudgeon — *Gobio gobio* (L.) in the Wieprz river-basin.
- R. KORNIJÓW: Symptomy eutrofizacji w powierzchniowych i przydennych warstwach wody dimiktycznych jezior łączyńsko-włodawskich a typologiczne znaczenie zoobentosu zasiedlającego ich profundal.  
Symptoms of eutrophication in the near-surface and near-bottom water layers in the dimictic Łęczna-Włodawa lakes versus typological value of zoobenthos inhabiting their profundal.
- J. LĘTOWSKI, K. PAWŁĘGA: Ryjkowcowate (*Curculionoidea: Attelabidae, Apionidae, Curculionidae*) roślinnych zbiorowisk śródmiejskich Sandomierza.  
The weevils (*Curculionoidea: Attelabidae, Apionidae, Curculionidae*) of the Sandomierz town plant communities.

