

BARBARA GODZIK

ZANIECZYSZCZENIE MCHÓW GORCZAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO METALAMI CIĘŻKIMI

HEAVY METAL CONTAMINATION OF MOSSES IN THE GORCE NATIONAL PARK

Barbara Godzik: Zanieczyszczenie mchów Gorczańskiego Parku Narodowego metalami ciężkimi. Summary. *Ochr. Przyr. Ann.* 49: 87 – 92, 1990 Kraków.

Abstract: The concentration of heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu) in samples of two moss species — *Pleurozium schreberii* and *Hylacomium splendens* was determined in more than ten localities in the Gorce National Park. There were found differences in heavy metal content between brown and green parts of the examined mosses and no differences between the central and marginal parts of the Park. Using mosses as bioindicators the author has demonstrated that among the investigated protected areas the Gorce National Park may be considered as moderately contaminated.

Key words: heavy metal contamination, mosses, protected areas, Gorce National Park.

Barbara Godzik: Instytut Botaniki im. W. Szafera. Polska Akademia Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków.

Manuscript received: September 1987

accepted: October 1988

Treść. W kilkunastu punktach Gorczańskiego Parku Narodowego zbadano koncentrację metali ciężkich (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu) w próbach dwóch gatunków mchów — *Pleurozium schreberii* i *Hylacomium splendens*. Stwierdzono różnice w zawartościach metali pomiędzy zielonymi i brązowymi częściami mchów, brak różnic pomiędzy centralną i brzeżną częścią Parku. Stosując mchy jako biowskaźniki

Autorka wykazała, że Gorczański Park Narodowy należy do średnio zanieczyszczonych metalami ciężkimi wśród badanych obszarów chronionych.

I. WSTĘP

Spośród 15 polskich parków narodowych Gorczański jest jednym z najmłodszych. Utworzony został rozporządzeniem Rady Ministrów PRL (Dz. U. z dnia 21 sierpnia 1980 roku, nr 18, poz. 66). Uchwała weszła w życie z dniem 1 stycznia 1981 roku. Obszar parku wynosi 5908,44 ha, należy więc do średnich pod względem wielkości (Gawłowska 1981).

Gorce są stosunkowo mało zniszczonym wycinkiem polskich Karpat fliszowych (Kornaś, Medwecka-Kornaś 1981). Najpiękniejsza i najbardziej dzika część — Gorczański Park Narodowy (GPN) — obejmuje centralne, najwyższe partie Gorców. Park ten chroni wzorcową dla Beskidów florę i zbiorowiska roślinne (Kornaś, Medwecka-Kornaś 1981). Obejmuje on dwa piętra roślinne: regiel dolny z panującym zespołem buczyny karpackiej (*Dentario glandulosae-Fagetum*) i regiel górny z borem świerkowym (*Piceetum tatricum*). Lasy stanowią aż 95% powierzchni tego chronionego obszaru. Drzewostany są różnowiekowe, o naturalnym składzie gatunkowym (Medwecka-Kornaś, Kornaś 1967, Michalik 1967) i niewielkich przekształceniach antropogenicznych (Michalik 1975). Ostatnio znaczne zniszczenia drzewostanów świerkowych po-

woduje szybko rozprzestrzeniająca się zasnuja wysokogórska *Cephalcia falleni* (Ptaszycka-Jaczkowska, Baranowska-Janota 1986).

Obszary chronione, w tym i parki narodowe, znajdują się pod presją emisji przemysłowych o różnym natężeniu. Spośród 15 polskich parków narodowych 13 zbadano dokładnie pod względem zanieczyszczenia metalami ciężkimi używając mchów jako roślin testowych (Grodzińska 1978, 1980, Berbeka, Godzik 1982).

II. MATERIAŁ I METODA

Dwa pospolite gatunki mchów: *Pleurozium schreberii* Mitt. i *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br. eur., które należą do najlepszych bioindykatorów skażenia środowiska metalami ciężkimi (Rühling, Tyler 1968, 1971, 1973, Pakarinen, Tolonen 1975, Grodzińska, Kaźmierczakowa 1977, Grodzińska 1978), zebrano z 22 stanowisk położonych w Gorcach na wysokości od 500 do 1250 m n.p.m. (ryc. 1). W obrębie GPN znajdowało się 17 stanowisk, 5 natomiast poza granicami obszaru chronionego. Wśród nich 9 wydzielono jako część centralną, 11 natomiast jako część brzeżną całego kompleksu lasów obejmujących Gorce. *Pleurozium* pochodziło z 20 punktów, *Hylocomium* odnaleziono w koniecznej do analiz ilości jedynie w 3 stanowiskach. Wszystkie próby mchów zebrano jesienią 1983 roku.

Próby suszono powietrznie, rozdzielono na części zielone (młodsze) i brązowe (starsze). Po wysuszeniu do stałej wagi mchy mineralizowano na mokro w mieszaninie kwasów HNO_3 i HClO_4 w stosunku 4:1. Ilościowe analizy zawartości Pb, Cd, Ni, Zn i Cu wykonano przy pomocy spe-



Ryc. 1. Rozmieszczenie stanowisk prób mchów w Gorczańskim Parku Narodowym: 1 — granica Parku, 2 — punkty zbioru

Fig. 1. Distribution of moss sampling sites in the Gorce National Park: 1 — Park border, 2 — sampling sites

ktrofotometru absorpcji atomowej typu Varian-Techtron model 1000.

Analizy statystyczne istotności różnic pomiędzy próbami wykonano w oparciu o test t-Studenta. Sumaryczny indeks zanieczyszczenia (S_j) dla pięciu analizowanych pierwiastków obliczono ze wzoru:

$$S_j = \sum_{i=1}^5 y_{ij}$$

po uprzedniej standaryzacji danych według formuły:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{x_i}$$

gdzie: y — stężenie i-tego pierwiastka w j-tej próbie mchu,

x — średnia zawartość i-tego pierwiastka w danym gatunku mchu we wszystkich punktach zbioru.

III. WYNIKI I DYSKUSJA

W tabelach I i II przedstawiono zawartość pięciu metali ciężkich: Pb, Cd, Ni, Zn, Cu w *Pleurozium schreberii* i *Hylocomium splendens*, oddzielnie dla części zielonych i brązowych, centralnej i brzeżnej partii parku, oraz wartości średnie.

Stężenia wszystkich analizowanych pierwiastków nie wykazały istotnych różnic w poziomie akumulacji w mchach reprezentujących centralną i brzeżną strefę parku.

Stwierdzono wzrost stężenia metali wraz z wiekiem mchów, dlatego ich poziom był wyższy w częściach starszych — brązowych, niż w młodszych — zielonych (tab. I, II). We wszystkich analizowanych próbach stwierdzono różnice wysoce istotne lub istotne w zawartości ołowiu i cynku, w większości przypadków także i miedzi pomiędzy młodszymi i starszymi częściami obu gatunków mchów (tab. III, IV). Różnice w stężeniu kadmu i niklu między obu częściami mchów były istotne dla części prób *Pleurozium schreberii* i dla wszystkich prób *Hylocomium splendens*.

Pleurozium schreberii i *Hylocomium splendens* gromadzą metale w pobocznych ilościach. Ze względu na szczupłość materiału *Hylocomium* analizowano statystycznie tylko po trzy próby każdego z gatunków mchów. Wykazano różnice istotne w poziomie ołowiu, kadmu i miedzi w czterech na sześć przypadków, cynku i niklu w dwóch na sześć przypadków.

Sumaryczny indeks zanieczyszczenia obliczony dla *Pleurozium schreberii* przyjmował wartości od -0,48 do 0,57 (ryc. 2). Potwierdził on niskie ob-

TABELA I

Stężenie metali ciężkich (ppm s.m.) w zielonych (z) i brązowych (b) częściach *Pleurozium schreberii* w centralnej i brzeżnej części Gorczańskiego Parku Narodowego

Heavy metal levels (in ppm dry weight) in green (z) and brown (b) parts of *Pleurozium schreberii* from the central and marginal parts of the Gorce National Park

Część parku Park section	Nr próby Sample number	Pb			Cd			Ni			Zn			Cu		
		z	b	x	z	b	x	z	b	x	z	b	x	z	b	x
centralna central	1	65,8	201,3	133,5	1,27	1,44	1,36	6,7	12,5	9,6	101,0	130,0	115,9	10,6	13,8	12,2
	2	26,5	80,3	53,4	0,77	0,93	0,85	5,4	7,2	6,3	71,3	129,0	100,4	7,6	9,2	8,4
	3	65,8	192,5	129,2	1,60	1,88	1,74	6,7	11,0	8,9	113,0	159,2	136,1	9,5	15,0	12,2
	4	27,0	63,9	45,4	0,72	0,89	0,81	3,1	3,8	3,4	67,0	92,6	79,8	7,6	9,0	8,3
	5	63,7	135,8	99,8	0,95	1,06	1,01	6,7	11,0	8,9	91,0	121,8	106,4	10,8	13,0	11,9
	6	41,0	141,7	91,0	0,82	0,90	0,86	6,7	10,5	8,6	71,7	90,1	80,9	8,9	9,3	9,1
	7	68,2	174,7	121,4	0,85	1,14	0,99	6,6	8,0	7,3	72,0	112,5	92,3	7,0	9,7	8,4
	8	56,3	189,5	122,9	1,40	1,20	1,30	6,6	9,3	8,0	91,0	111,7	101,3	11,7	12,5	12,1
	9	62,5	125,8	94,2	1,13	1,01	1,07	8,8	13,8	11,3	95,0	135,9	115,5	9,5	14,8	11,6
		53,0	145,0	99,0	1,06	1,16	1,11	6,3	9,7	8,0	85,9	120,5	103,2	9,1	11,8	10,5
brzeżna marginal	10	48,1	113,1	80,6	1,39	2,21	1,80	10,1	15,9	12,9	134,9	187,9	161,4	9,4	13,5	11,4
	11	84,8	202,3	143,6	1,33	1,63	1,48	6,7	9,6	8,2	96,7	137,5	117,1	11,3	15,5	13,4
	12	41,5	86,0	63,8	1,80	2,63	2,21	6,7	10,3	8,5	94,0	147,9	120,9	6,7	7,9	7,3
	13	45,7	108,8	77,2	0,88	1,06	0,97	6,1	8,3	7,2	76,0	97,5	86,8	8,8	9,0	8,9
	14	40,8	60,4	50,6	0,92	1,06	0,99	4,5	6,3	5,4	76,0	92,1	84,0	6,8	6,6	6,7
	15	58,0	131,0	94,8	1,34	1,55	1,44	7,2	11,8	9,5	97,4	117,6	106,1	10,6	12,8	11,7
	16	24,0	41,1	32,6	1,37	1,83	1,60	10,0	17,7	13,8	85,7	122,2	103,9	6,7	7,1	6,9
	17	93,3	177,7	135,5	1,97	2,38	2,17	6,1	11,0	8,6	118,3	170,0	144,2	6,8	10,0	8,4
	18	34,8	56,0	45,4	0,63	0,67	0,64	6,3	6,7	6,5	60,1	89,4	74,7	5,8	6,9	6,4
	19	63,2	194,7	128,9	1,24	1,36	1,30	7,1	11,2	9,2	96,4	128,2	112,3	9,6	13,8	11,7
	20	58,9	142,0	100,5	1,26	1,70	1,48	7,6	9,9	8,8	112,6	153,0	132,8	5,4	9,9	7,7
		53,9	119,4	86,9	1,28	1,64	1,46	7,1	10,8	9,0	95,0	131,2	113,1	8,0	10,3	9,1

TABELA II

Stężenie metali ciężkich (ppm s.m.) w zielonych (z) i brązowych (b) częściach *Hylocomium splendens* z Gorczańskiego Parku Narodowego

Heavy metal levels (in ppm dry weight) in green (z) and brown (b) parts of *Hylocomium splendens* from the Gorce National Park

Nr próby Sample number	Pb			Cd			Ni			Zn			Cu		
	z	b	x	z	b	x	z	b	x	z	b	x	z	b	x
16	21,3	60,4	40,9	0,60	0,96	0,78	7,2	9,6	8,4	56,3	96,7	97,5	5,3	9,2	7,2
21	21,3	54,0	37,7	0,95	1,55	1,25	10,3	17,4	13,8	63,6	126,7	95,1	7,3	13,2	10,3
22	28,0	66,9	47,5	1,11	1,43	1,27	11,3	19,6	15,4	92,6	152,9	122,8	8,8	14,3	11,6
	23,6	60,4	42,0	0,89	1,31	1,10	9,6	15,6	12,6	70,8	125,4	98,1	7,1	12,2	9,7

ciążenie metalami ciężkimi części zielonych, dla których wartości indeksu były zawsze ujemne, w porównaniu z częściami brązowymi mchu.

Porównano poziom pięciu metali ciężkich w obu gatunkach mchów z Gorczańskiego Parku Narodowego (GPN) z koncentracjami tych metali w tych

samych gatunkach mchów pochodzących z parków zanieczyszczonych silnie (Ojcowski, Babiogórski) średnio (Tatrzański) i słabo (Białowiecki, Roztoczański) (Grodzińska 1978, 1980, Berbek, Godzik 1982) oraz z czystego regionu północnej Finlandii (Kilpisjärvi — 68° szer. geogr. — lg.

TABELA III

Istotność różnic w zawartościach metali ciężkich pomiędzy zielonymi i brązowymi częściami *Pleurozium schreberii* z Gorczańskiego Parku Narodowego

Significance of differences in heavy metal levels between green and brown parts of *Pleurozium schreberii* from the Gorce National Park

Część parku Park section	Nr próby Sample number	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu
centralna central	1	11,887 ⁺⁺	9,123 ⁺	8,301 ⁺	3,435 ⁺	10,662 ⁺⁺
	2	9,352 ⁺⁺	6,347 ⁺	4,495 ⁺	8,108 ⁺⁺	6,934 ⁺⁺
	3	12,265 ⁺⁺	1,697	12,132 ⁺⁺	4,446 ⁺	7,155 ⁺⁺
	4	11,240 ⁺⁺	1,508	1,513	4,982 ⁺	3,002
	5	23,988 ⁺⁺	3,434 ⁺	6,008 ⁺	22,267 ⁺⁺	16,523 ⁺⁺
	6	10,654 ⁺⁺	5,154 ⁺⁺	448,303 ⁺⁺	11,493 ⁺⁺	4,675 ⁺⁺
	7	16,830 ⁺⁺	2,226	1,389	43,790 ⁺⁺	6,085 ⁺
	8	27,368 ⁺⁺	138,404 ⁺⁺	6,008 ⁺	8,654 ⁺⁺	4,612 ⁺⁺
	9	18,336 ⁺⁺	3,910	4,011	5,540 ⁺⁺	0,532
brzeżna marginal	10	4,438 ⁺	3,184	3,493	5,216 ⁺⁺	15,428 ⁺⁺
	11	16,784 ⁺⁺	4,057 ⁺	4,355 ⁺	9,836 ⁺⁺	9,474 ⁺⁺
	12	9,311 ⁺⁺	5,199 ⁺⁺	6,988	5,859 ⁺⁺	1,508
	13	14,644 ⁺⁺	3,156 ⁺	5,405 ⁺⁺	19,518 ⁺⁺	6,008 ⁺⁺
	14	9,581 ⁺	0,987	3,140	3,980 ⁺⁺	0,387
	15	21,412 ⁺⁺	3,218	1,396	14,636 ⁺⁺	4,508 ⁺
	16	33,824 ⁺⁺	6,090 ⁺	1,882	7,662 ⁺⁺	2,160
	17	—	—	—	—	—
	18	4,675 ⁺⁺	1,364	0,314	7,206 ⁺⁺	5,635 ⁺⁺
	19	7,363 ⁺	3,701 ⁺	4,695 ⁺⁺	6,113 ⁺⁺	11,150 ⁺⁺
	20	10,043 ⁺⁺	8,847 ⁺	2,148	15,964 ⁺⁺	7,426 ⁺⁺

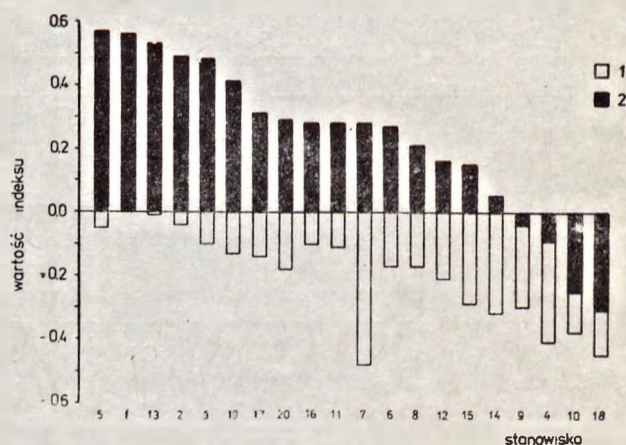
+ Różnica istotna przy poziomie ufności 0,05 (significance level 0.05)

++ Różnica istotna przy poziomie ufności 0,01 (significance level 0.01)

Grodzińska 1979) (ryc. 3 i 4). Stężenie ołowiu i cynku w *Pleurozium* w GPN było około trzykrotnie niższe w najbardziej zanieczyszczonym Ojcowskim Parku Narodowym, wyższe od ich koncentracji w mchach z Białowieskiego i Roztoczańskiego Parku Narodowego, kilkunastokrotnie wyższe niż w płu. Finlandii. Zawartość kadmu była znacznie niższa niż w rejonach silnie obciążonych metalami ciężkimi, wyższa jednak niż w obszarach „czystych”. Akumulacja niklu w *Pleurozium* z GPN była wyższa nawet w porównaniu z najbardziej zanieczyszczonymi parkami — Ojcowskim i Babiogórskim.

Z porównania tego wynika, że Gorczański Park Narodowy należy do parków średnio zanieczyszczonych metalami ciężkimi (ryc. 3 i 4). Wśród karpaccich parków narodowych reprezentuje on zatem tę samą kategorię skażeń co parki Tatrzański i Bieszczadzki, znajduje się natomiast pod silniejszym wpływem emisji przemysłowych aniżeli park Pieniński, a słabszym niż park Babiogórski (Grodzińska 1981).

Do parku Gorczańskiego docierają emisje z Górnośląskiego i Krakowskiego Okręgu Przemysłowego niesione z wiatrami północno-zachodnimi

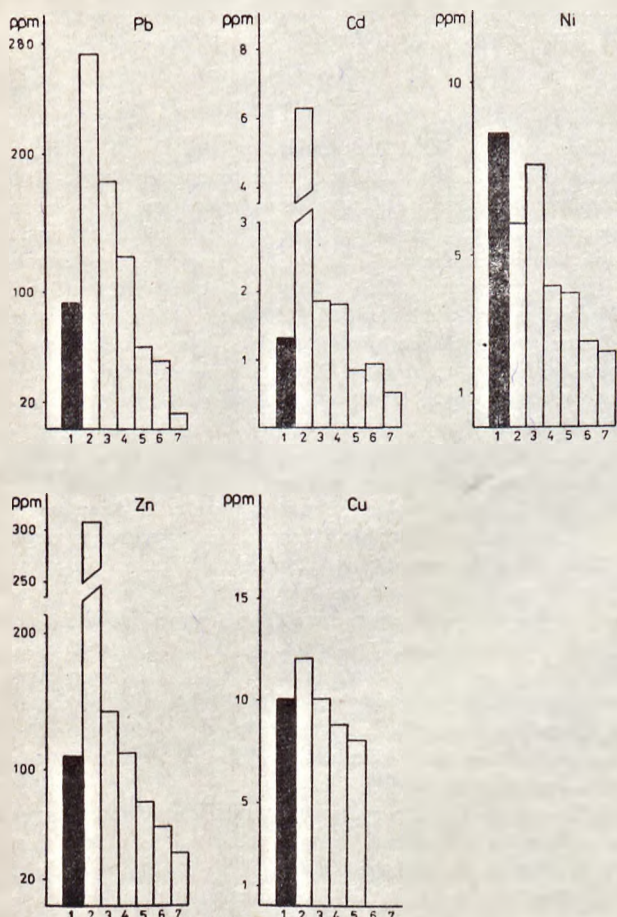


Ryc. 2. Wartości sumarycznego indeksu zanieczyszczenia metalami ciężkimi *Pleurozium schreberii* obliczonego dla poszczególnych stanowisk zbioru: 1 — wartość indeksu dla części zielonej mchu, 2 — wartość indeksu dla części brązowej mchu

Fig. 2. Values of summary index of heavy metal pollution in *Pleurozium schreberii*, calculated for particular sampling sites: 1 — index value for moss green part, 2 — index value for moss brown part

i północnymi, a także z południa, z terenu Czeskosłowacji.

Ze względu na swe położenie, głównie na stokach



Ryc. 3. Zawartość metali ciężkich w *Pleurozium schreberii* pochodzącym z: 1 — Gorceńskiego Parku Narodowego, 2 — Ojcowskiego Parku Narodowego, 3 — Babogórskiego Parku Narodowego, 4 — Tatrzańskiego Parku Narodowego, 5 — Białowieckiego Parku Narodowego (Grodzińska 1980), 6 — Roztoczańskiego Parku Narodowego (Berbeka, Godzik 1982), 7 — z Finlandii (Berbeka-Godzik 1982)

Fig. 3. Heavy metal levels in *Pleurozium schreberii* from: 1 — Gorce National Park, 2 — Ojców National Park, 3 — Babia Góra National Park, 4 — Tatra National Park, 5 — Białowieża National Park (Grodzińska 1980), 6 — Roztocze National Park (Berbeka, Godzik 1982), 7 — Finland (Berbeka, Godzik 1982)

północnych Gorców, słabiej wystawionych na działanie emisji, sąsiedztwo z wyższymi masywami górskimi, które „wyłapują” zanieczyszczenia, a także na stosunkowo niewysokie opady atmosferyczne (ok. 1000 mm), które wpływają na wielkość skażenia, Park Gorceński, mimo podobnej odległości od źródeł skażeń jak park Babogórski, jest słabiej od niego zanieczyszczony metalami ciężkimi. Na różnice w wielkości skażenia mchów w parkach Gorceńskim i Babogórskim może również wpływać inny termin zbioru prób (odpowiednio 1983 i 1975 rok), a zatem inny poziom emisji.

TABELA IV

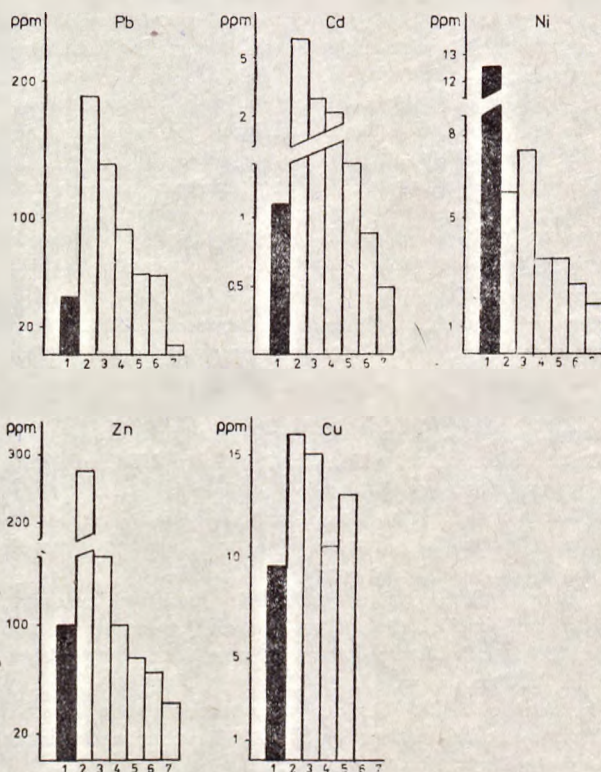
Istotność różnic w zawartościach metali ciężkich pomiędzy częściami zielonymi i brązowymi *Hylocomium splendens* z Gorceńskiego Parku Narodowego

Significance of differences in heavy metal levels between green and brown parts of *Hylocomium splendens* from the Gorce National Park

Nr próby Sample number	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu
16	12,698 ⁺⁺	3,290	2,881 ⁺	6,013 ⁺⁺	2,841
21	13,590 ⁺⁺	6,545 ⁺	5,446 ⁺⁺	32,075 ⁺⁺	10,656 ⁺⁺
22	25,656 ⁺⁺	5,356 ⁺⁺	7,384 ⁺⁺	13,869 ⁺⁺	74,630 ⁺⁺

+ Różnica istotna przy poziomie ufności 0,05 (significance level 0.05)

++ Różnica istotna przy poziomie ufności 0,01 (significance level 0.01)



Ryc. 4. Zawartość metali ciężkich w *Hylocomium splendens* pochodzącym z: 1 — Gorceńskiego Parku Narodowego, 2 — Ojcowskiego Parku Narodowego, 3 — Babogórskiego Parku Narodowego, 4 — Tatrzańskiego Parku Narodowego, 5 — Białowieckiego Parku Narodowego (Grodzińska 1980), 6 — Roztoczańskiego Parku Narodowego (Berbeka, Godzik 1982), 7 — z Finlandii (Berbeka, Godzik 1982)

Fig. 4. Heavy metal levels in *Hylocomium splendens* from: 1 — Gorce National Park, 2 — Ojców National Park, 3 — Babia Góra National Park, 4 — Tatra National Park, 5 — Białowieża National Park (Grodzińska 1980), 6 — Roztocze National Park (Berbeka, Godzik 1982), 7 — Finland (Berbeka, Godzik 1982)

Park Gorczański znajduje się pod wpływem zanieczyszczeń z dalekiego transportu. Świadczy o tym brak różnic w stężeniu metali ciężkich w mchach pomiędzy centralną i brzeżną częścią parku.

Projektuje się dalszy rozwój przemysłu w Polsce południowej. Można zatem spodziewać się wzrostu emisji — akumulacji pierwiastków toksycznych w materiałach biologicznych, między innymi w mchach. Można oczekiwać, że nastąpi dalsze narastanie się szkodliwych wpływów okręgów przemysłowych i tym samym dojdzie do poważnych odkształceń ekosystemów GPN.

PIŚMIENNICTWO

- Berbeka J., Godzik B. 1982. Zanieczyszczenie Roztoczańskiego Parku Narodowego metalami ciężkimi [Heavy metals pollution of Roztocze National Park (Eastern Poland)]. *Ochr. Przyr.* 44: 435–443.
- Gawłowska J. 1981. Utworzenie Gorczańskiego Parku Narodowego (Creation of the Gorce National Park). *Chrońmy Przyr. ojcz.* 37, 2: 5–7.
- Grodzińska K. 1978. Mosses as bioindicators of heavy metal pollution in Polish National Parks. *Water, Air and Soil Pollution* 9: 83–97.
- Grodzińska K. 1980. Zanieczyszczenie polskich parków narodowych metalami ciężkimi (Heavy metals pollution of Polish National Parks). *Ochr. Przyr.* 43: 9–27.
- Grodzińska K. 1981. Zanieczyszczenie górskich parków narodowych. *Wierchy* 48: 10–19.
- Grodzińska K., Kaźmierczakowa R. 1977. Heavy metal content in the plants of Cracow parks. *Bull. Acad. Pol. Sci. Cl.* 25, 4: 227–234.
- Kornaś J., Medwecka-Kornaś A. 1981. Ochrona szaty roślinnej na obszarze Gorczańskiego Parku Narodowego (Conservation of vegetation in the Gorce National Park). *Chrońmy Przyr. ojcz.* 37, 2: 8–17.
- Medwecka-Kornaś A., Kornaś J. 1967. Zespoły roślinne Gorców. I. Naturalne i na wół naturalne zespoły nieleśne. *Fragm. flor. et geobot.*, 13, 2: 167–314.
- Michalik S. 1967. Mapa zbiorowisk roślinnych rezerwatu „Turbacz” im. W. Orkana w Gorcach [Vegetation map of the „Turbacz” Nature Reserve (Gorce Mts., West Carpathians)]. *Ochr. Przyr.* 32: 89–131.
- Michalik S. 1975. Projekt parku narodowego w Gorcach (The project for a national park in the Gorce mountain range). *Chrońmy Przyr. ojcz.* 31, 2: 23–30.
- Pakarinen P., Tolonen K. 1975. Regional survey of heavy metals in peat mosses (*Sphagnum*). *Ambio* 5, 1: 38–40.
- Rühling A., Tyler G. 1968. An ecological approach to the lead problem. *Bot. Notiser* 121; 321–342.
- Rühling A., Tyler G. 1971. Regional differences in the deposition of heavy metals over Scandinavia. *J. appl. Ecol.* 8: 497–507.

Rühling A., Tyler G. 1973. Heavy metal deposition in Scandinavia. *Water, Air and Soil Pollution* 2: 445–455.

SUMMARY

The Gorce National Park created in 1981 is the youngest national park in Poland. Its area is moderately large. Two common moss species, *Pleurozium schreberii* and *Hylocomium splendens*, were used to estimate the level of heavy metal pollution in the Gorce National Park. The mosses were collected in the autumn 1983 on 22 stations located in the Gorce Mountains at altitudes of 500–1250 m a.s.l. 17 stations were situated within the park, while the remaining 5 were located outside the protected zone. Samples were air-dried, divided into green (younger) and brown (older) parts, and after having been dried out to a constant weight digested with a mixture of nitric acid and perchloric acid in the proportion of four to one. Quantitative analyses of five metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu) in the collected mosses were carried out using a Varian-Techtron Atomic Absorption Spectrophotometer.

There was no statistically significant difference in moss metal levels between the two groups of localities. Metal levels in the analysed mosses were found to increase with age. The brown parts contained larger quantities of metals than the green ones. For lead and zinc, as well as in most cases for copper, the difference was highly significant in both species, while for cadmium and nickel it was significant in the case part of the *Pleurozium schreberii* samples and for all the *Hylocomium splendens* samples. A summary pollution index calculated for the *Pleurozium* proved a considerably lower metal level in the green (negative values of the index) than in the brown parts of the moss.

Lead and zinc levels in the *Pleurozium* from the Gorce Mountains were about one third of those in the same species from the most polluted Ojców National Park, but higher than in mosses from the relatively little polluted Białowieża National Park and Roztocze National Park, and several times higher than in those from North Finland. The level of cadmium was much lower than that observed in regions heavily polluted with metals, though higher than in "natural" ones. The level of nickel observed in the *Pleurozium* from the Gorce Mountains was much higher, even if compared with the most polluted Ojców National Park and Babia Góra National Park.

The above comparison indicates that the Gorce National Park is rather moderately polluted with heavy metals. The Gorce Mountains are surrounded with high mountain massifs which intercept most pollution and receive it with rainfall, so that the Gorce National Park is less affected with metals than the other mountainous national parks in Poland. However, the park is affected with long-distance pollutants. This is suggested by the lack of difference in metal levels between the marginal and the central part of the park.

Since further development of industry is planned in Southern Poland, it may be expected that harmful effects of industrial regions will pile up resulting in serious changes in the ecosystems of the park.