

# ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA NA TERENIE STACJI BAZOWYCH ZMŚP W 2007 ROKU NA PODSTAWIE KONCENTRACJI METALI CIĘŻKICH I SIARKI W PLECHACH POROSTU *HYPOGYMNIA PHYSODES*

Katarzyna Sawicka-Kapusta, Marta Zakrzewska,  
Gabriela Bydłoń, Anna Pizło, Agnieszka Marek

**Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Bydłoń G., Pizło A., Marek A., 2008:** Zanieczyszczenie powietrza na terenie Stacji Bazowych ZMŚP w 2007 roku na podstawie koncentracji metali ciężkich i siarki w plechach porostu *Hypogymnia physodes* (*Air pollution in the Base Stations of the Integrated Nature Monitoring System on the base of heavy metals and sulphur concentrations in lichen Hypogymnia physodes in 2007*), Monitoring Środowiska Przyrodniczego nr 9, s. 71-77, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce

**Zarys treści:** W 2007 roku kolejny raz oceniono zanieczyszczenie powietrza na terenie Stacji Bazowych ZMŚP metalami ciężkimi (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr i Ni) i SO<sub>2</sub> stosując porost *Hypogymnia physodes* jako bioindykator. W lipcu 2007 roku zebrano próby porostu z naturalnego środowiska, z punktów zlokalizowanych na stałych powierzchniach monitoringowych sześciu Stacji Bazowych ZMŚP (Puszcza Borecka, Wigry, Storkowo, Pożary, Św. Krzyż, Szymbark). Na terenie trzech Stacji: Koniczynka, Święty Krzyż i Szymbark przeprowadzono dwie 6-miesięczne transplantacje: zimową (2006/2007) i letnią (2007). Wykazano zróżnicowane zanieczyszczenie powietrza Stacji Bazowych. Najniższe koncentracje większości analizowanych metali ciężkich wykazano w Stacji Bazowej Storkowo i Wigry. Wysokie koncentracje kadmu i ołowiu, wyższe niż w 2005 roku stwierdzono w porostach zebranych w Puszczy Boreckiej. Stacje Bazowe położone w centralnej i południowej Polsce charakteryzowały się wyższą koncentracją metali, zwłaszcza kadmu, ołowiu i żelaza w porównaniu ze stacjami położonymi na północy kraju. Na terenie wszystkich Stacji Bazowych stwierdzono wysokie koncentracje siarki świadczące o zanieczyszczeniu powietrza dwutlenkiem siarki. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy akumulacją metali ciężkich i siarki w transplantowanych porostach w sezonie zimowym 2006/2007 a letnim 2007, co wskazuje na niewielki wpływ tego sezonu grzewczego na zanieczyszczenie powietrza.

**Słowa kluczowe:** Stacje Bazowe, zanieczyszczenie powietrza, metale ciężkie, SO<sub>2</sub>, *Hypogymnia physodes*

**Key words:** Base Stations, air pollution, heavy metals, SO<sub>2</sub>, *Hypogymnia physodes*.

Katarzyna Sawicka-Kapusta, Marta Zakrzewska, Gabriela Bydłoń, Anna Pizło, Agnieszka Marek, Instytut Nauk o Środowisku UJ, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków, e-mail: katarzyna.sawicka-kapusta@uj.edu.pl, marta.zakrzewska@uj.edu.pl

## 1. Wprowadzenie

Na terenie Stacji Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, od 2001 roku, realizowany jest program: Metale ciężkie i siarka w porostach. Badania te stanowią uzupełnienie systemu po-

miarowego dotyczącego chemizmu powietrza i opadów atmosferycznych.

Ocena zawartości wybranych metali ciężkich i siarki w plechach porostu *Hypogymnia physodes* zebranych z terenu Stacji, służy do porównania zmian zanieczyszczenia powietrza na tym obszarze w dłuższych okre-

sach czasu. Wyniki uzyskane na podstawie wykonanej transplantacji pozwalają natomiast analizować zmiany zanieczyszczenia powietrza w krótkich odcinkach czasowych – w sezonie zimowym (grzewczym) i letnim (wegetacyjnym).

Badania dotyczące oceny zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowych ZMŚP, przy użyciu naturalnie występującego porostu *H. physodes*, prowadzono w 2001, 2003 i 2005 roku (Sawicka-Kapusta i Zakrzewska, 2003; Sawicka-Kapusta i wsp., 2005a; Sawicka-Kapusta i wsp., 2005b; Sawicka-Kapusta i wsp., 2007). Porosty transplantowane wykorzystano podczas transplantacji zimowych i letnich w latach 2002-2003 i 2004-2005 (Sawicka-Kapusta i wsp., 2004; Sawicka-Kapusta i wsp., 2005a; Sawicka-Kapusta i wsp., 2005b; Sawicka-Kapusta i wsp., 2006; Sawicka-Kapusta i wsp., 2007). Celem niniejszej pracy jest ocena zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowych metalami ciężkimi i siarką w 2007 roku z zastosowaniem porostów zarówno zebranych z terenów Stacji, jak i użytych do transplantacji.

## 2. Metody

W lipcu 2007 roku zebrano próby porostu *Hypogymnia physodes* z punktów zlokalizowanych na stałych powierzchniach monitoringowych sześciu Stacji Bazowych ZMŚP. Ich ilość wahała się od 6 prób – zebranych na terenie Stacji Puszcza Borecka do 11 – zebranych na terenie Stacji Storkowo. Na terenie trzech Stacji: Koniczynka, Święty Krzyż i Szymbark przeprowadzono dwie transplantacje: zimową 2006/2007 (od połowy października 2006 do połowy kwietnia 2007) i letnią 2007 (od połowy kwietnia do połowy października 2007). Porosty do transplantacji pochodziły z Borów Tucholskich. Metale ciężkie (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr i Ni) oznaczono przy użyciu AAS, po

uprzedniej mineralizacji prób w mieszaninie stężonych kwasów  $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$  w stosunku 4:1. Siarkę ogólną oznaczono metodą turbidymetryczną Buttersa-Chenry'ego (Sawicka-Kapusta i wsp., 2003). Wyniki podano w  $\mu\text{g g}^{-1}$  suchej masy. Analizowano materiał referencyjny CRM 482. Odzysk wyniósł 90-107%.

## 3. Wyniki

### 3.1. Stężenie pierwiastków w plechach porostów zebranych ze stanowisk naturalnych

W 2007 roku maksymalne średnie stężenia kadmu stwierdzono w porostach zebranych na terenie Stacji Puszcza Borecka i Szymbark (odpowiednio 1,21 i 1,12  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). Wartości te były istotnie wyższe od stężenia stwierdzonego w próbach ze Stacji Storkowo (0,39  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). W próbach zebranych z pozostałych Stacji koncentracja tego pierwiastka mieściła się w zakresie od 0,52  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Wigry) do 0,73  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Św. Krzyż). Najwyższe stężenie ołowiu stwierdzono w plechach *Hypogymnia physodes* zebranych w Szymbarku – 19,7  $\mu\text{g g}^{-1}$  i wartość ta była istotnie wyższa od stwierdzonych w próbach zebranych na terenie Stacji Wigry i Storkowo (około 5,5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). Koncentracje ołowiu w porostach z pozostałych Stacji wahały się od 11,3  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Pożary) do 14,5  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Puszcza Borecka) (tab.1).

Najwyższe koncentracje miedzi i żelaza stwierdzono w porostach ze Stacji Szymbark (odpowiednio 7,4  $\mu\text{g g}^{-1}$  Cu i 968  $\mu\text{g g}^{-1}$  Fe), cynku natomiast w próbach ze Stacji Pożary (117  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). W większości przypadków podane wartości były istotnie wyższe od oznaczonych w plechach porostów z pozostałych Stacji, w których stwierdzone stężenia mieściły się w następujących zakresach: 3,5-5,3  $\mu\text{g g}^{-1}$  Cu, 343-680 Fe  $\mu\text{g g}^{-1}$  i 47-107  $\mu\text{g g}^{-1}$  Zn (tab. 2).

Tabela 1. Średnie koncentracje ( $\pm$  SE) i zakres ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) kadmu, ołowiu i siarki w plechach porostu *H. physodes* zebranych na terenach Stacji Bazowych ZMŚP w 2007 roku

Table 1. Average concentrations ( $\pm$  SE) and ranges ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d.w.) of cadmium, lead and sulphur in *H. physodes* from Base Stations of the Integrated Nature Monitoring System in 2007

Stacja Bazowa Base Station		Stężenie / Concentration ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )		
		Cd	Pb	S
Puszcza Borecka	N = 6	1,21 <sup>a</sup> $\pm$ 0,15	14,5 <sup>a,b</sup> $\pm$ 4,38	1294 <sup>a</sup> $\pm$ 175
Wigry	N = 8	0,52 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,10	5,4 <sup>a</sup> $\pm$ 1,89	1461 <sup>a</sup> $\pm$ 78
Storkowo	N = 11	0,39 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07	5,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,91	1632 <sup>a</sup> $\pm$ 95
Pożary	N = 9	0,63 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,12	11,3 <sup>a,b</sup> $\pm$ 1,64	1654 <sup>a</sup> $\pm$ 179
Święty Krzyż	N = 8	0,73 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,22	13,4 <sup>a,b</sup> $\pm$ 3,66	1343 <sup>a</sup> $\pm$ 92

<sup>a,b</sup> - różnymi literami oznaczono statystycznie istotne różnice w stężeniach pierwiastków między Stacjami,  $p < 0,05$

<sup>a,b</sup> - different letters indicate statistical differences in levels of elements between Stations,  $p < 0,05$

Stężenie chromu wahało się od 1,0  $\mu\text{g g}^{-1}$  w próbach zebranych z terenu Stacji Storkowo do 3,2  $\mu\text{g g}^{-1}$  – ze Stacji Pożary. Różnice statystycznie istotne wykazano tylko pomiędzy tymi wartościami. W przypadku niklu, stwierdzone stężenia mieściły się w zakresie od 2,0  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Wigry) do 3,3  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Św. Krzyż). Również te wartości różniły się istotnie (tab. 3).

Koncentracja siarki wahała się od 1294  $\mu\text{g g}^{-1}$  w Puszczy Boreckiej do 1654  $\mu\text{g g}^{-1}$  w Pożarach. Wprawdzie różnice w zawartość siarki w porostach pomiędzy Stacjami Bazowymi nie są istotne statystycznie, jednak nieco niższym zanieczyszczeniem dwutlenkiem siarki charakteryzują się Stacje Puszcza Borecka i Św. Krzyż (tab. 1).

### 3.2. Stężenie pierwiastków w plechach porostów transplantowanych

W przypadku porostów transplantowanych obliczono akumulację poszczególnych pierwiastków w próbach. Wartość ta mówi o ile wyższe stężenie danego pierwiastka stwierdzono w porostach zebranych po transplantacji na Stacji Bazowej w porównaniu do stężenia w porostach zebranych z terenu kontrolnego (Bory Tucholskie) przed każdą transplantacją.

W porostach transplantowanych w sezonie zimowym 2006/2007, maksymalną akumulację kadmu (0,43  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) i ołowiu (4,09  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) stwierdzono w porostach ze Stacji Szymbark (ryc. 1, 2).

Tabela 2. Średnie koncentracje ( $\pm$  SE) i zakres ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) miedzi, cynku i żelaza w plechach porostu *H. physodes* zebranych na terenach Stacji Bazowych ZMŚP w 2007 roku

Table 2. Average concentrations ( $\pm$  SE) and ranges ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d.w.) of copper, zinc and iron in *H. physodes* from Base Stations of the Integrated Nature Monitoring System in 2007

Stacja Bazowa <i>Base Station</i>		Stężenie/ Concentration ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )		
		Cu	Zn	Fe
Puszcza Borecka	N = 6	4,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	47 <sup>a</sup> $\pm$ 6	343 <sup>a</sup> $\pm$ 44
Wigry	N = 8	3,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	67 <sup>a</sup> $\pm$ 7	417 <sup>a</sup> $\pm$ 57
Storkowo	N = 11	3,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3	71 <sup>a,c</sup> $\pm$ 6	363 <sup>a</sup> $\pm$ 31
Pożary	N = 9	5,3 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,5	117 <sup>b</sup> $\pm$ 13	680 <sup>b</sup> $\pm$ 67
Święty Krzyż	N = 8	4,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	107 <sup>b,c</sup> $\pm$ 12	611 <sup>a,b</sup> $\pm$ 73
Szymbark	N = 7	7,4 <sup>b</sup> $\pm$ 1,2	75 <sup>a,c</sup> $\pm$ 8	968 <sup>b</sup> $\pm$ 167

<sup>a,b</sup> - różnymi literami oznaczono statystycznie istotne różnice w stężeniach pierwiastków między Stacjami,  $p < 0,05$

<sup>a,b</sup> - different letters indicate statistical differences in levels of elements between Stations,  $p < 0,05$

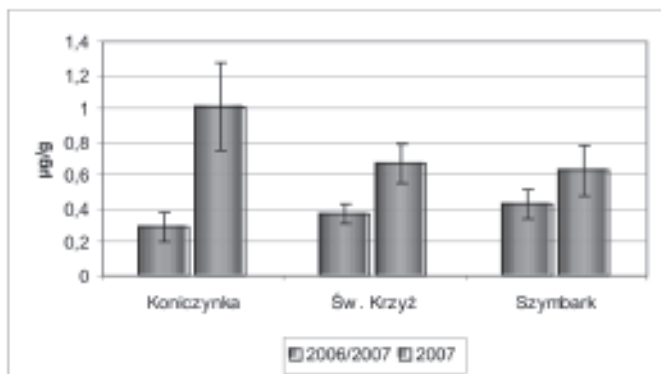
Tabela 3. Średnie koncentracje ( $\pm$  SE) i zakres ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s. m.) chromu i niklu w plechach porostu *H. physodes* zebranych na terenach Stacji Bazowych ZMŚP w 2007 roku

Table 3. Average concentrations ( $\pm$  SE) and ranges ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d.w.) of chromium and nickel in *H. physodes* from Base Stations of the Integrated Nature Monitoring System in 2007

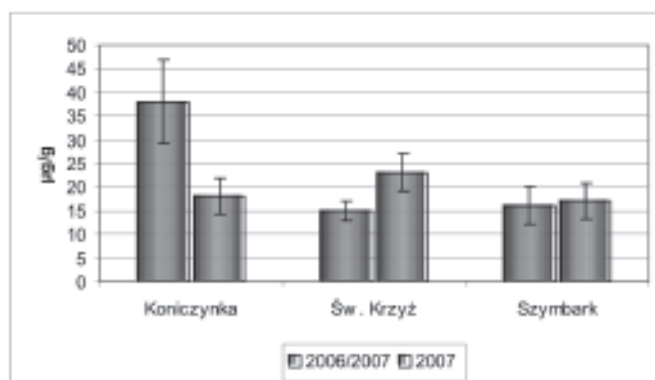
Stacja Bazowa <i>Base Station</i>		Stężenie / Concentration ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	
		Cr	Ni
Puszcza Borecka	N = 6	1,8 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,29	3,1 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,76
Wigry	N = 8	1,2 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,82	2,0 <sup>a</sup> $\pm$ 0,61
Storkowo	N = 11	1,0 <sup>a</sup> $\pm$ 0,28	2,8 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,74
Pożary	N = 9	3,2 <sup>b</sup> $\pm$ 0,68	2,1 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,32
Święty Krzyż	N = 8	2,4 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,83	3,3 <sup>b</sup> $\pm$ 1,77
Szymbark	N = 7	2,2 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0,62	2,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,55

<sup>a,b</sup> - różnymi literami oznaczono statystycznie istotne różnice w stężeniach pierwiastków między Stacjami,  $p < 0,05$

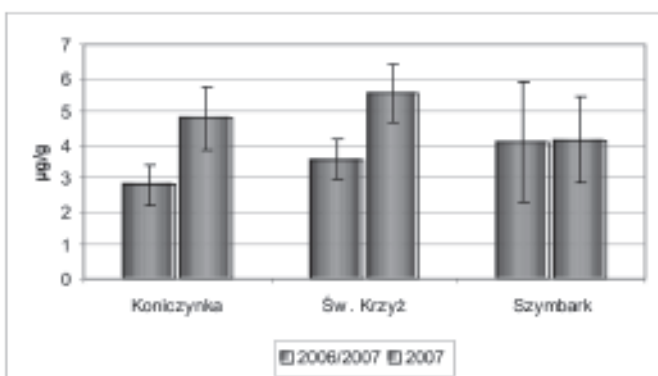
<sup>a,b</sup> - different letters indicate statistical differences in levels of elements between Stations,  $p < 0,05$



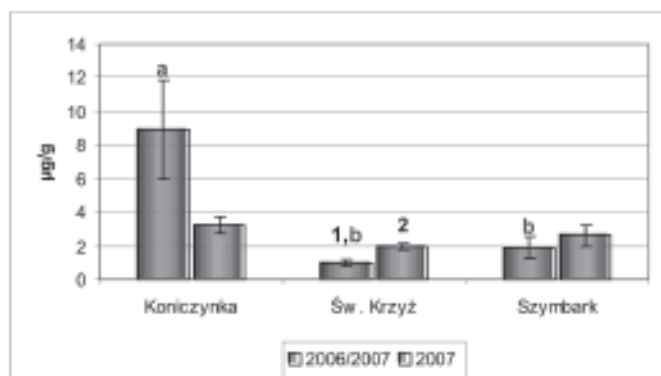
Ryc. 1. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **kadmu** w transplantowanych porostach *H. physodes*  
 Fig. 1. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **cadmium** in transplanted *Hypogymnia physodes*



Ryc. 4. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **cynku** w transplantowanych porostach *H. physodes*  
 Fig. 4. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **zinc** in transplanted *Hypogymnia physodes*



Ryc. 2. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **ołowiu** w transplantowanych porostach *H. physodes*  
 Fig. 2. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **lead** in transplanted *Hypogymnia physodes*

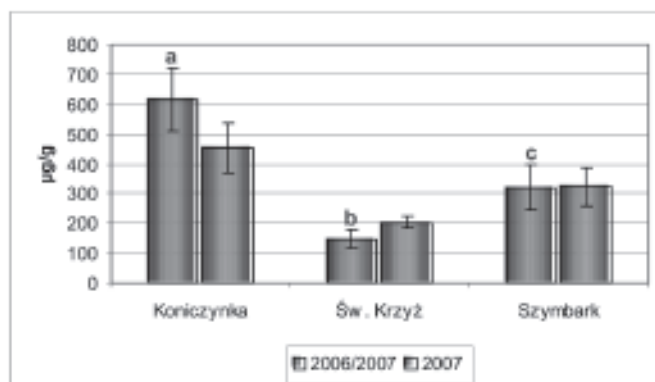


Ryc. 3. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **miedzi** w transplantowanych porostach *H. physodes*  
 Fig. 3. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **copper** in transplanted *Hypogymnia physodes*

1,2 – różne cyfry oznaczają różnice statystycznie istotne w stężeniu pierwiastka pomiędzy sezonem zimowym i letnim,  $p < 0,05$   
 a,b – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne w stężeniu pierwiastka pomiędzy Stacjami Bazowymi,  $p < 0,05$   
 1,2 – different numbers indicate statistical differences in levels of elements between seasons winter – summer,  $p < 0,05$   
 a,b – different letters indicate statistical differences in levels of elements between Base Stations,  $p < 0,05$

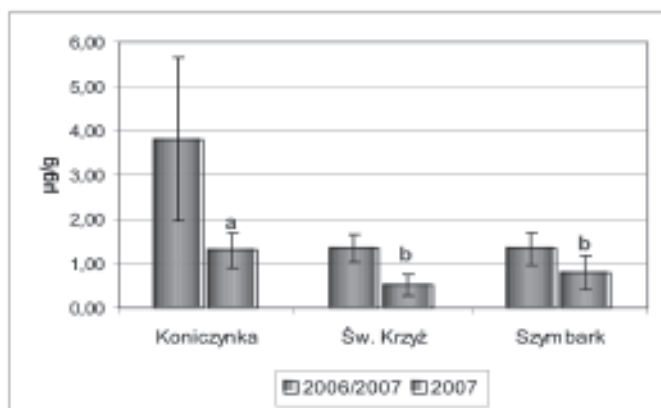
Akumulacja pozostałych analizowanych metali była najwyższa w porostach ze Stacji Bazowej Koniczynka (ryc. 3-7). W próbach z tej Stacji stwierdzono  $8,9 \mu\text{g g}^{-1}$  Cu,  $38 \mu\text{g g}^{-1}$  Zn,  $614 \mu\text{g g}^{-1}$  Fe,  $9,01 \mu\text{g g}^{-1}$  Cr i  $3,81 \mu\text{g g}^{-1}$  Ni. Akumulacja miedzi stwierdzona w porostach zebranych po transplantacji zimowej na Stacji Koniczynka była istotnie wyższa od wykazanej w próbach z Szymbarku i Stacji Św. Krzyż (ryc. 3). W przypadku żelaza stwierdzono różnice istotne statystycznie pomiędzy wszystkimi Stacjami (ryc. 5).

Po ekspozycji letniej, najwyższą akumulację kadmu ( $1,01 \mu\text{g g}^{-1}$ ), miedzi ( $3,2 \mu\text{g g}^{-1}$ ), żelaza ( $453 \mu\text{g g}^{-1}$ ) i chromu ( $1,3 \mu\text{g g}^{-1}$ ) stwierdzono w porostach ze Stacji Bazowej Koniczynka a ołowiu ( $5,6 \mu\text{g g}^{-1}$ ), cynku ( $23 \mu\text{g g}^{-1}$ ) i niklu ( $3,2 \mu\text{g g}^{-1}$ ) ze Stacji Św. Krzyż (ryc. 1-7). W przypadku chromu istotnie wyższą akumulację wykazano w porostach ze Stacji Koniczynka w porównaniu do prób ze Stacji Szymbark i Św. Krzyż (ryc. 6) natomiast w przypadku niklu istotnie więcej tego pierwiastka stwierdzono w porostach ze Stacji Św. Krzyż w stosunku do prób z Szymbarku (ryc. 7).



Ryc. 5. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **żelaza** w transplantowanych porostach *H. physodes*  
 Fig. 5. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **iron** in transplanted *Hypogymnia physodes*

a,b, c – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne w stężeniu pierwiastka pomiędzy Stacjami Bazowymi,  $p < 0,05$   
 a,b, c – different letters indicate statistical differences in levels of elements between Base Stations,  $p < 0,05$

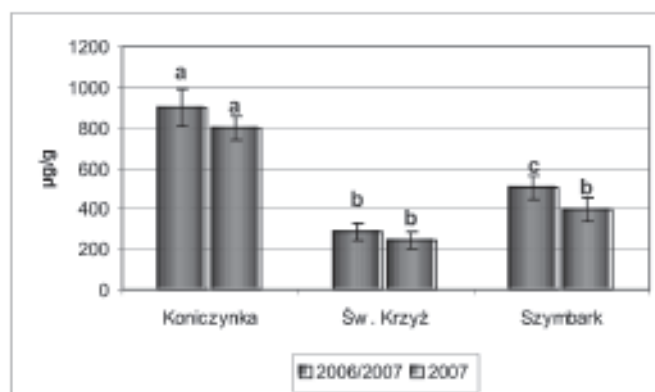


Ryc. 6. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **chromu** w transplantowanych porostach *H. physodes*

Fig. 6. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **chromium** in transplanted *Hypogymnia physodes*

a,b – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne w stężeniu pierwiastka pomiędzy Stacjami Bazowymi,  $p < 0,05$

a,b – different letters indicate statistical differences in levels of elements between Base Stations,  $p < 0,05$

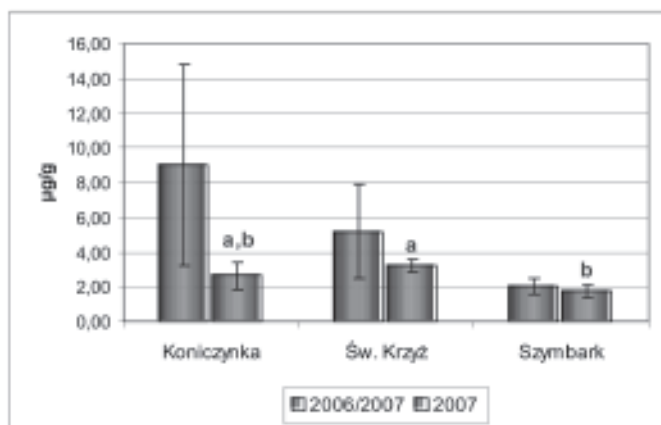


Ryc. 8. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **siarki** w transplantowanych porostach *H. physodes*

Fig. 8. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **sulphur** in transplanted *Hypogymnia physodes*

a,b,c – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne w stężeniu pierwiastka pomiędzy Stacjami Bazowymi,  $p < 0,05$

a,b,c – different letters indicate statistical differences in levels of elements between Base Stations,  $p < 0,05$



Ryc. 7. Akumulacja ( $\mu\text{g g}^{-1}$  s.m.) **niklu** w transplantowanych porostach *H. physodes*

Fig. 7. Accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d. w.) of **nickel** in transplanted *Hypogymnia physodes*

a,b – różne litery oznaczają różnice statystycznie istotne w stężeniu pierwiastka pomiędzy Stacjami Bazowymi,  $p < 0,05$

a,b – different letters indicate statistical differences in levels of elements between Base Stations,  $p < 0,05$

Porównując obydwie transplantacje, na Stacji Koniczynka i Święty Krzyż stwierdzono wyższą akumulację kadmu i ołowiu w porostach po transplantacji letniej 2007 w porównaniu z zimową 2006/2007. W przypadku porostów z Szymbarku sytuacja taka dotyczyła tylko kadmu (ryc. 1, 2). W próbach ze Stacji Koniczynka, w sezonie zimowym stwierdzono znacznie wyższą akumulację wszystkich pozostałych metali w stosunku do sezonu letniego. W Szymbarku i na Stacji Św. Krzyż różnice pomiędzy sezonami były znacznie mniejsze i nie wykazano jednoznacznego wpływu sezonu na akumulację analizowanych metali (ryc. 3-7).

Najwyższą akumulację siarki zarówno w sezonie zimowym jak i w letnim stwierdzono w porostach transplantowanych na terenie Stacji Bazowej Koniczynka (ryc. 8). W próbach zebranych po transplantacji zimowej akumulacja wynosiła  $897 \mu\text{g g}^{-1}$  S, natomiast

po transplantacji letniej –  $796 \mu\text{g g}^{-1}$  S i były to wartości istotnie wyższe od stwierdzonych w porostach z pozostałych Stacji. Na wszystkich trzech Stacjach Bazowych stwierdzono nieco wyższą akumulację siarki w sezonie zimowym, w porównaniu do letniego (ryc. 8).

#### 4. Podsumowanie

Celem ZMŚP jest, między innymi, cykliczne zbieranie danych służących do określenia aktualnego stanu środowiska a także w oparciu o wieloletnie obserwacje przedstawianie przemian zachodzących w środowisku pod wpływem antropopresji (Kostrzewski i wsp., 1995; Kruszyk 2006). Badania dotyczące stanu zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowych ZMŚP na podstawie stężenia metali ciężkich i siarki w plechach porostu *Hypogymnia physodes* prowadzone są co dwa lata. Wyniki otrzymane w 2007 roku świadczą o nadal utrzymującym się zróżnicowaniu zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowych. Stacjami, z terenu których zebrano porosty o najniższych stężeniach, prawie wszystkich z analizowanych metali ciężkich, były Wigry i Storkowo (tab. 1-3). W porostach ze Stacji Puszcza Borecka stwierdzono wysokie koncentracje kadmu i ołowiu, wyższe aniżeli w 2005 roku (Sawicka-Kapusta i wsp., 2007). Świadczy to o wzroście zanieczyszczenia powietrza omawianego terenu tymi toksycznymi metalami i dyskwalifikuje tę stację jako teren czysty, pomimo niskich stężeń pozostałych metali (tab. 1-3). W porostach ze Stacji leżących w środkowej i południowej Polsce stwierdzono wyższe koncentracje metali, szczególnie kadmu, ołowiu i żelaza w porównaniu z próbami pochodzącymi ze Stacji położonych w Polsce północnej (tab. 1-3). W przypadku siarki zróżnicowanie takie nie

wystąpiło – w porostach ze wszystkich Stacji stężenie tego pierwiastka było na stosunkowo wysokim poziomie (tab. 1), co świadczy o nadal utrzymującym się zanieczyszczeniu powietrza wszystkich Stacji Bazowych dwutlenkiem siarki. Szczególnie niepokojący jest wzrost zanieczyszczenia SO<sub>2</sub>, leżących na północy Polski: Stacji Bazowych Storkowo i Puszcza Borecka w stosunku do 2005 roku (Sawicka-Kapusta i wsp., 2007).

Porosty transplantowane na terenach wszystkich trzech Stacji, zarówno w sezonie grzewczym, jak i wegetacyjnym (letnim), zakumulowały znaczne ilości kadmu i ołowiu. W sezonie zimowym, w zależności od Stacji, akumulacja wynosiła około 75-110% Cd i 48-70% Pb w stosunku do stężenia stwierdzonego w porostach z Borów Tucholskich. Wartości te, dla akumulacji w sezonie letnim, wynosiły odpowiednio około 88-140% Cd i 60-76% Pb. Koncentracje kadmu i ołowiu w porostach z Borów Tucholskich (kontrolnych), oznaczone przed transplantacją zimową wynosiły 0,39 µg g<sup>-1</sup> Cd i 5,88 µg g<sup>-1</sup> Pb. Wartości te, stwierdzone w porostach kontrolnych przed transplantacją letnią, wynosiły 0,72 µg g<sup>-1</sup> Cd i 7,27 µg g<sup>-1</sup> Pb. Akumulacja siarki, w porównaniu z metalami, była znacznie niższa i wynosiła 28-86% S w sezonie zimowym i 22-71% S w sezonie letnim. W obydwu sezonach najniższą akumulację stwierdzono w porostach ze Stacji Św. Krzyż, a najwyższą w Konieczynce. Koncentracje siarki w porostach kontrolnych dla transplantacji zimowej wynosiły 1040 µg g<sup>-1</sup> a dla letniej 1120 µg g<sup>-1</sup> i należy podkreślić, że są to poziomy bardzo wysokie jak na teren kontrolny i znacznie przewyższające fizjologiczne zapotrzebowanie porostów na ten pierwiastek (Sawicka-Kapusta i wsp., 2005a). Brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy akumulacją metali ciężkich i siarki w transplantowanych porostach w sezonie zimowym 2006/2007 i letnim 2007 wskazuje na niewielki wpływ sezonu grzewczego na zanieczyszczenie powietrza. Zima 2006/2007 charakteryzowała się stosunkowo wysokimi temperaturami co spowodowało ograniczenie zużycia różnego rodzaju paliw do produkcji ciepła i tym samym zmniejszyło zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi i dwutlenkiem siarki. Podobna akumulacja badanych metali w obu okresach transplantacyjnych, sezonie letnim i zimowym wskazuje na zwiększony udział komunikacji w zanieczyszczeniu powietrza w sezonie letnim 2007.

## 5. Literatura

- Kostrzewski A., Mazurek M., Stach A., 1995:** *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań*, PIOŚ, BMS, Warszawa.
- Kruszyk R. (red.), 2006:** *Stan, przemiany i funkcjonowanie geoekosystemów Polski w latach 1994-2004 na podstawie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego*, IOŚ, BMS, Warszawa.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., 2003:** *Ocena zanieczyszczenia powietrza na Stacjach Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w 2001 roku*. W: W. Bochenek, E. Gil (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geoekosystemów ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk ekstremalnych*, IOŚ, BMS, 20-29.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Bydłoń G., 2004:** *Koncentracje metali ciężkich i siarki w porostach transplantowanych w sezonie zimowym 2002/2003 na terenie wybranych Stacji Bazowych ZMŚP*. W: M. Kejna i J. Uscka (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geoekosystemów w warunkach narastającej antropopresji*. BMS, Toruń, 367-372.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Gdula-Argasińska J., Bydłoń G., 2005a:** *Ocena zanieczyszczenia powietrza w rejonie Stacji Bazowych ZMŚP na podstawie stężenia metali ciężkich i siarki w plechach porostu Hypogymnia physodes w 2003 roku*. W: A. Kostrzewski i R. Kolander (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie geoekosystemów Polski w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji*. PIOŚ, BMS, Poznań, 73-81.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Gdula-Argasińska J., Bydłoń G., 2005b:** *Air pollution in the base stations of the environmental integrated monitoring system in Poland*. W: C.A. Brebbia (red.), *Air Pollution XIII*. WIT Transaction on Ecology and the Environment, WIT Press, Southampton, Boston, 82: 465-475.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Gdula-Argasińska J., Stochmal M., 2006:** *Porównanie akumulacji metali ciężkich i siarki w plechach porostu Hypogymnia physodes transplantowanych na Stacjach Bazowych ZMŚP w sezonach zimowych*. W: L. Krzysztofiak (red.), *Funkcjonowanie i monitoring geoekosystemów Polski w warunkach narastającej antropopresji*. PIOŚ, BMS: 114-120.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Bydłoń G., 2007:** *Monitoring zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowych ZMŚP metalami ciężkimi i dwutlenkiem siarki w 2005 roku z zastosowaniem porostu Hypogymnia physodes*.

W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania ochrony obszarów Natura 2000. A. Kostrzewski, A. Andrzejewska (red.), IOŚ, BMŚ, Warszawa, 217-226.

## AIR POLLUTION IN THE BASE STATIONS OF THE INTEGRATED NATURE MONITORING SYSTEM ON THE BASE OF HEAVY METALS AND SULPHUR CONCENTRATIONS IN LICHEN *HYPOGYMNINGIA PHYSODES* IN 2007

### *Summary*

In 2007 air pollution by heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe Cr, Ni) and SO<sub>2</sub> in the Base Station of Integrated Nature Monitoring System was estimated using lichen *Hypogymnia physodes* as bioindicator. In July

2007 lichen samples from natural environment were collected in six Base Stations (Puszcza Borecka, Wigrzy, Storkowo, Pożary, Św. Krzyż, Szymbark). During winter season 2006/2007 and summer season 2007 lichens *Hypogymnia physodes* were transplanted for six months to three Base Stations (Koniczynka, Św. Krzyż, Szymbark). Different air pollution of the Base Stations were found. The lowest concentrations of the most of analysed heavy metals were found in Storkowo and Wigrzy Base Station. A high concentration of cadmium and lead, higher than in 2005, were found in lichen collected in Puszcza Borecka. Base Stations located in central and southern part of Poland had higher concentrations of heavy metals mainly cadmium lead and iron than those from the North of the country. In the all Base Stations high concentrations of sulphur were found which confirm air contamination by sulphur dioxide. No statistical differences in metals and sulphur accumulation in transplanted lichens between winter 2006/2007 and summer 2007 seasons were found. It shows no impact of heating season on air contamination in winter 2006/2007.