

DOMINIKA BIELEC

Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska  
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

## LICHENOINDYKACJA BIELSKA-BIAŁEJ – SYNTETYCZNE STREFY POROSTOWE\*

**Streszczenie.** Na obszarze Bielska-Białej prowadzono bimonitoring oraz badania wpływu antropopresji na porosty epifityczne. Analizowano obecność i kondycję porostów epifitycznych, zastosowano także transplantację plech porostu *Hypogymnia physodes*, które poddano analizom chemicznym, fitochemicznym oraz mikroskopowym. Badania florystyczne nadrzewnej lichenobioty wykazały różnice w rozmieszczeniu porostów, kompozycji gatunków oraz ich żywotności. Wykreślono strefy lichenoindykacyjne, które miały charakter wyspowy i nie stwierdzono „pustyni porostowej”. Również wyniki chemicznych, fitochemicznych i biologicznych analiz transplantantów potwierdziły zróżnicowanie warunków życia porostów w czasie i przestrzeni. Koncentracja badanych pierwiastków w plechach po ekspozycji wzrosła od kilku do kilkuset procent. Stwierdzono także znacznie bardziej negatywne zmiany w zdrowotności plech oraz w stosunkach barwników fotosyntetycznych. Podobieństwa w wynikach badań zastosowanych metod potwierdziły analizy statystyczne. Układ stref wegetacji porostów odzwierciedlał sposób użytkowania miasta i stopień antropopresji: najmniej korzystne warunki życia porostów odnotowano w centrum miasta i w części przemysłowej, natomiast południowe, lesiste rejony podgórskie wykazały najbardziej korzystne oddziaływanie na lichenobiotę miasta. Zestawienie wszystkich metod pozwoliło stworzyć syntetyczne strefy lichenoindykacyjne.

**Słowa kluczowe:** lichenoindykacja, bimonitoring, strefy lichenoindykacyjne, porosty epifityczne, *Hypogymnia physodes*, Bielsko-Biała

### Wstęp

W latach 2000-2006 na obszarze Bielska-Białej prowadzono badania, których celem było określenie wpływu zróżnicowanego środowiska miejskiego na porosty epifityczne oraz wyznaczenia na tej podstawie stref skażenia powietrza atmosferycznego. Badania

---

\*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2007 jako projekt badawczy Nr 2 P04G 008 30.

prowadzono wielowątkowo, wykorzystując lichenobiotę obecną na obszarze miasta oraz porosty transplątowane i dokonując analizy różnorodnych parametrów badawczych. Ostatecznym celem badań było uzyskanie syntetycznego obrazu stanu środowiska atmosferycznego miasta na podstawie zestawienia wyników różnych metod badawczych oraz określenie stopnia podobieństwa między wynikami zastosowanych metod.

## Material i metody

W ramach części florystycznej sporządzono listę obecnych gatunków porostów epifitycznych, występujących w granicach administracyjnych miasta na terenach zurbanizowanych i uprzemysłowionych, objętych gospodarką rolną, a także na obszarach zalesionych. Zbadano lichenobiotę występującą na pniach drzew na ponad stu stanowiskach, także na terenie wkraczającym na zalesiony obszar sąsiadujących z miastem Beskidów – Małego i Śląskiego. Notowano szczegółowe informacje dotyczące rozmieszczenia plech na pniu oraz ich kondycji. Zebrane dane wykorzystano do wykreślenia stref lichenoidyacyjnych (KISZKA 1973, BYLIŃSKA i „ENVIRONMENT AID” 1993, BIELEC 1997, 2006, BIELCZYK 2001, FAŁTYNOWICZ 2001, LIPNICKI 2004).

Zastosowano punktową metodę zbierania danych, co umożliwiło porównanie z wynikami badań transplantacyjnych. Równocześnie przeprowadzono eksperyment badawczy z użyciem transplantowanych plech porostu *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. wraz z ich analizą chemiczną, biochemiczną i biologiczną. W zakresie tej części badań na 100 stanowiskach monitoringowych rozmieszczono gałązki świerka porośnięte plechami *Hypogymnia physodes*, zebrane w Borach Tucholskich (PILEGAARD 1979, SLOOF 1995, BUDKA i IN. 1999, BIAŁOŃSKA i DAYAN 2005). Próby eksponowano przez sześć miesięcy w czterech seriach: I – sezon zimowy XI 2000-V 2001 roku, II – sezon letni V-XI 2002 roku, III – sezon zimowy XI 2002-V 2003 roku, IV – sezon letni V-XI 2003 roku.

Po ekspozycji plechy porostów badano pod względem zawartości wybranych pierwiastków (NIEBOER i IN. 1972, SAWICKA-KAPUSTA i RAKOWSKA 1993, RICHARSON 1995), głównie metali ciężkich (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, V, Zn) oraz glinu i siarki. Analizę wykonano na spektrometrze ICP według procedury opracowanej uprzednio metodą prób i błędów (BIELEC 2010).

W celu określenia stopnia degeneracji plech część prób serii III i IV poddano analizie biologicznej, stosując metodę oceny makroskopowej i obserwacji mikroskopowej (KISZKA 1977, MARSKA 1982, BETLEJA 1991). Wybór obejmował stanowiska, na których poszczególne pierwiastki osiągały najmniejsze lub największe wartości. Plechy podzielono na klasy degeneracji:

- I – zdrowe, bez widocznych uszkodzeń chorobowych, o jednolitej barwie;
- II – uszkodzenia i odbarwienia (nekrozy, chlorozy, pokurczenia, wypadanie plechy) o 50-procentowej powierzchni plechy;
- III – uszkodzenia i odbarwienia powyżej 50-procentowej powierzchni plechy.

W badaniach mikroskopowych wyróżniono trzy grupy komórek glonowych:

- A – zdrowe, kuliste, o chloroplastach w pełni zabarwionych na zielono;

- B – częściowo zdegenerowane, o protoplaście wklęsłym, skurczonym, częściowo splazmolizowanym lub z odbarwieniami chloroplastów;
- C – martwe, o bezbarwnym protoplaście, splazmolizowane lub pozbawione chloroplastów.

Dla III i IV serii transplantantów wykonano również analizy na zawartości chlorofilu *a* i feofityny *a* metodą ekstrakcji barwników z użyciem acetonu i pomiaru natężenia pasm ich absorpcji na spektrofotometrze UV-Vis. Wyniki ujęto w formie stosunku piku absorpcji chlorofilu do feofityny (zmodyfikowana metoda RONEN i GALUN 1984).

## Wyniki

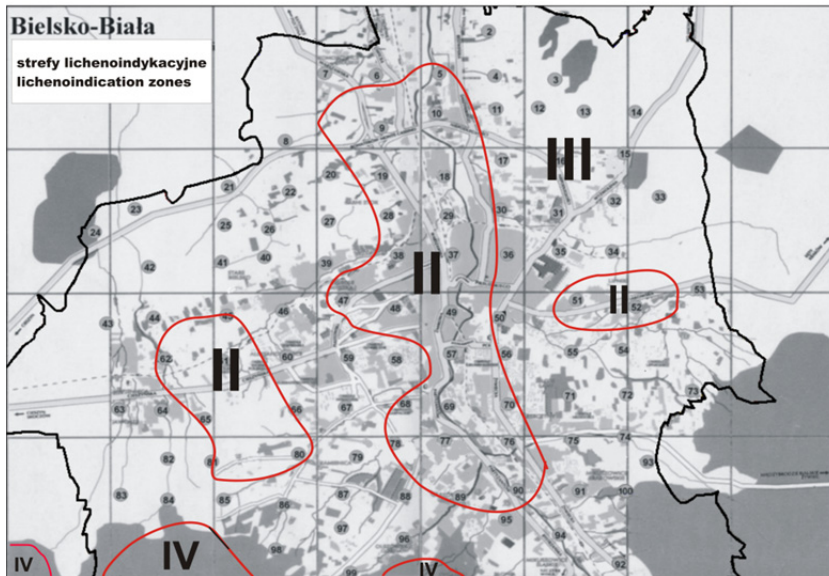
Badania lichenobioty epifitycznej w Bielsku-Białej wykazały występowanie 44 taksonów porostów o niewielkim zróżnicowaniu morfologicznym. Gatunki skorupiaste w wielu punktach porastały drzewa dość obficie, jednak były słabo zróżnicowane taksonomicznie, natomiast obfitość porostów listkowatych często była mniejsza, a kondycja plech znacznie obniżona. Stwierdzono występowanie tylko jednego gatunku krzaczkowatego i to w obrębie terenu leśnego. Rozmieszczenie porostów na obszarze miasta wskazało na bardzo zróżnicowany układ warunków siedliskowych i pozwoliło na zastosowanie *skali porostowej*. Na podstawie oceny bioróżnorodności oraz kondycji badanych organizmów wyznaczono *strefy lichenoidykacyjne*, obejmujące 2., 3., 4. i 5. stopień skali (strefy II-IV), czyli pełny zakres *strefy osłabionej wegetacji porostów*. Najniższy stopień charakteryzuje obszar centrum miasta i dzielnic przemysłowe, najwyższy – południową część miasta w rejonie podgórskim (rys. 1).

Wyniki analiz chemicznych, fitochemicznych i biologicznych porostów transplantowanych również wykazały zróżnicowanie warunków siedliskowych dla życia porostów w czasie i przestrzeni.

Koncentracja badanych pierwiastków (głównie metali ciężkich) w plechach po ekspozycji zmieniła się od kilku do kilkuset procent. Wyznaczono punkty ekstremalne, które wskazały miejsca o największej ich akumulacji. Tak jak w przypadku wykorzystania *skali gatunków*, naniesienie wyników chemicznych analiz transplantantów na plan miasta wskazało na podobny układ stref mniej i bardziej korzystnych dla życia porostów. Przeważnie najwyższą kumulacją toksycznych pierwiastków odznaczały się stanowiska w centrum miasta oraz w rejonie północnym i zachodnim, obejmujące obszary przemysłowe.

Analiza biologiczna wybranych prób wykazała znaczne zmiany w zdrowotności transplantowanych plech porostów oraz w stosunku barwników fotosyntetycznych w komórkach fotobionta. Parametry te były skorelowane z poziomem koncentracji badanych pierwiastków oraz ze strefami wyznaczonymi metodą *skali gatunków*.

Na stanowiskach określonych poprzednio wykorzystanymi metodami jako najmniej korzystne dla egzystencji porostów (w tym: najbardziej zanieczyszczone badanymi pierwiastkami), zaobserwowano silne zmiany degeneracyjne plech (tab. 1) oraz warstwy fotobionta (tab. 2). Na stanowiskach najbardziej zanieczyszczonych stwierdzono po ekspozycji całkowity brak plech zdrowych i przewagę plech silnie uszkodzonych. Pogorszenie kondycji warstwy fitobionta najsilniej było skorelowane ze wzrostem



Rys. 1. Strefy lichenoindykacyjne sporządzone na podstawie występowania i kondycji gatunków porostów epifitycznych na terenie miasta

Fig. 1. Lichenoidication zones prepared on the data about occurrence and condition of epiphytic lichens in Bielsko-Biala

Tabela 1. Zestawienie współczynników korelacji (seria III) między kondycją plech porostów transplantowanych a zawartością badanych pierwiastków

Table 1. Tabulation of correlation coefficients (series III) between transplanted lichen thallus condition and contents of examined chemical elements

Pierwiastek Chemical element	Klasa żywotności plech – Lichen thallus vitality class		
	I	II	III
Al	-1,00*	-0,19	0,42*
Ba	-1,00*	0,05	0,14
Cd	-1,00*	0,23	0,07
Co	-1,00*	-0,03	0,33*
Cr	-1,00*	-0,04	0,34*
Cu	-1,00*	-0,09	0,11
Fe	-1,00*	-0,12	0,39*
Pb	-1,00*	-0,11	0,41*
S	-1,00*	-0,21	0,14
V	-1,00*	-0,29*	0,61*
Zn	-1,00*	0,09	0,18

\*Wartości istotne statystycznie.

\*Statistically significant values.

Tabela 2. Zestawienie współczynników korelacji (seria IV) między żywotnością komórek glonowych porostów transplantowanych a zawartością badanych pierwiastków

Table 2. Tabulation of correlation coefficients (series IV) between transplanted lichens' algal layer vitality and contents of examined chemical elements

Pierwiastek Chemical element	Klasa żywotności glonów – Algal vitality class		
	I	II	III
Al	0,59*	-0,20	0,57*
Ba	-0,20	0,39*	0,39*
Cd	-0,25*	0,26*	0,35*
Co	-0,48*	-0,36*	0,58*
Cr	-0,52*	-0,31*	0,58*
Cu	-0,27*	-0,12	0,13
Fe	-0,48*	-0,17	0,46*
Pb	-0,60*	-0,09	0,51*
S	0,00	-0,10	0,06
V	-0,67*	-0,29*	0,68*
Zn	-0,33*	0,11	0,32*

\*Wartości istotne statystycznie.

\*Statistically significant values.

stężenia w plechach glinu, kobaltu, chromu, żelaza, ołowiu i wanadu (tab. 2). Także analizy biochemiczne zawartości barwników fotosyntetycznych w plechach wskazały stanowiska z próbkami najsilniej zfeofityzowanymi w podobnym układzie, jak w przypadku stopnia zdegenerowania plech. Stwierdzono istotne statystycznie korelacje między wskaźnikiem Ch/F (wyrażającym stosunek zawartości chlorofilu do feofityny) *a* (tab. 3):

- koncentracją badanych pierwiastków w serii zimowej oraz letniej;
- zdrowotnością plech i komórek glonowych w serii zimowej.

Uzyskane wyniki opracowano w formie map strefowości skażeń, a zestawienie wszystkich metod pozwoliło stworzyć syntetyczne strefy lichenindykacyjne (rys. 2). Podstawą do sporządzenia tych stref były wyniki lichenindykacji oparte na występowaniu i kondycji porostów epifitycznych. Modyfikacji ich granic dokonano na podstawie eksperymentu transplantacyjnego i różnorakich analiz plech po ekspozycji. Przebieg granic po uwzględnieniu wszystkich metod badawczych nie zmienił się zasadniczo (rys. 1 i 2), co również świadczy o wysokim stopniu skorelowania użytych metod.

Tabela 3. Zestawienie wartości średnich wskaźnika Ch/F (stosunek zawartości chlorofilu do feofityny) na obszarach o różnym poziomie zanieczyszczenia ogólnego oraz współczynniki korelacji między tym wskaźnikiem a kondycją transplantowanych porostów i stężeniem poszczególnych pierwiastków w zimowej (seria III) i letniej (seria IV) serii badań

Table 3. Tabulation of Ch/F index mean values (proportion of chlorophile to phaeophitine) on stands of different pollution level and correlation coefficients between Ch/F index and chosen factors: lichen condition category and examined chemical elements concentrations in winter (series III) and summer (series IV) research series

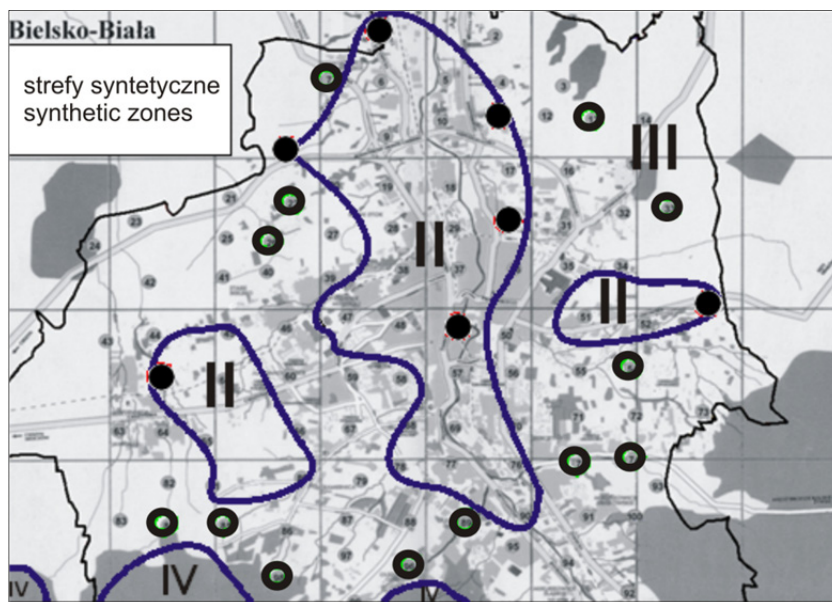
Kategoria skażenia Pollution category	Seria III – Series III	Seria IV – Series IV
	średnia Ch/F – Ch/F index mean value	
A	1,67	1,49
B	1,33	1,27
C	0,86	0,86
Czynnik Factor	Wartości współczynników korelacji ze wskaźnikiem Ch/F Correlation coefficients between Ch/F index and chosen factor	
kl. pl. I	0,31*	-0,03
kl. pl. II	0,22	0,21
kl. pl. III	-0,22	-0,21
kl. gl. A	0,54*	-0,09
kl. gl. B	0,29	-0,04
kl. gl. C	-0,59*	0,11
Al	-0,69*	-0,4*
Ba	-0,63*	-0,32*
Cd	-0,67*	-0,27
Co	-0,73*	-0,29*
Cr	-0,72*	-0,43*
Cu	-0,6*	-0,27
Fe	-0,62*	-0,46*
Ni	-0,72*	-0,42*
Pb	-0,61*	-0,26
S	-0,35*	-0,29*
V	-0,57*	-0,32*
Zn	-0,76*	-0,32*
IS	-0,77*	-0,41*

Kategoria skażenia stanowisk określona na podstawie analiz chemicznych transplamtantów: A – stanowiska słabo zanieczyszczone, B – stanowiska średnio zanieczyszczone, C – stanowiska silnie zanieczyszczone, kl. pl. – klasa żywotności plech porostowych, kl.gl. – klasa żywotności komórek glonowych.

\*Wartość współczynnika korelacji istotna statystycznie.

Pollution category of stands based on chemical analyses of transplanted lichens: A – weakly polluted stands, B – medium polluted stands, C – hard polluted stands, kl. pl. – lichen thallus vitality, kl. gl. algal layer vitality class.

\*Statistically significant values.



Rys. 2. Strefy lichenoidykcyjne syntetyczne zmodyfikowane na podstawie wyników chemicznych, fitochemicznych i biologicznych analiz porostów transplantowanych; ○ – małe wartości sumarycznego zanieczyszczenia badanymi pierwiastkami w czterech seriach, ● – duże wartości sumarycznego zanieczyszczenia badanymi pierwiastkami w czterech seriach

Fig. 2. Synthetic lichenoidication zones modified based on results of chemical, phytochemical and biological transplanted lichens' analyses; ○ – low values of summary pollution in four series, ● – high values pollution in four series

## Dyskusja

Ostateczny obraz środowiska Bielska-Białej po przeprowadzeniu prac biomonitoringowych potwierdza tezę, iż centrum miasta, główne arterie komunikacyjne oraz tereny intensywnej aktywności przemysłowej – szczególnie od strony sąsiedniego Górnosląskiego Okręgu Przemysłowego – są terenami niesprzyjającymi rozwojowi lichenobioty. Natomiast sąsiedztwo podgórskich lasów beskidzkich wpływa korzystnie na warunki egzystencji badanych organizmów. Z kolei na podstawie licznych prac biomonitoringowych można sądzić, iż strefy wyznaczone jako strefy bytowania bioindykatorów (tu: porostów) dość dokładnie odzwierciedlają jakość warunków życia człowieka. Obecnie prace bioindykacyjne i biomonitoringowe są powszechnie prowadzone jako jedyny w danej lokalizacji lub uzupełniający instrument badawczy dla określenia stanu środowiska, przy czym porosty są uznawane za doskonałe biowskaźniki stanu aerosanitarnego miast i obszarów przemysłowych (FABISZEWSKI i IN. 1983, KISZKA 1990, LIPNICKI 1991, RICHARSON 1991, SEAWARD 1992, 1998, BYLIŃSKA i SEAWARD 1993, FAŁTYNOVICZ 1995, JERAN i IN. 2002, 2007, SAWICKA-KAPUSTA i IN. 2005).

Wyniki te są zgodne z efektami monitoringu instrumentalnego, prowadzonego na terenie Bielska-Białej przez instytucje państwowe, takie jak Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska lub Sanepid (PROGRAM REWITALIZACJI... 2007, STAN ŚRODOWISKA... 2002, 2003, 2005). Aspektem wpływającym na znaczenie badań biomonitoringowych jest fakt, iż swoim zasięgiem mogą one objąć szerszy teren oraz punkty badawcze o znacznym zagęszczeniu, podczas gdy badania standardowe z użyciem instrumentalnej aparatury badawczej ze względu na wysokie koszty ograniczają się najczęściej tylko do kilku wybranych punktów.

Niniejsza praca dowodzi również, iż różnorodne metody badawcze z użyciem porostów epifitycznych dają podobne wyniki, określając mniej więcej te same obszary miasta jako najbardziej lub najmniej korzystne do życia porostów, a tym samym także i człowieka. Należy jednak pamiętać, iż wykorzystanie porostów transplantowanych obejmuje okres oddziaływania antropopresji zawężony wyłącznie do ekspozycji prób. Natomiast zastosowanie skali porostowej z uwzględnieniem porostów występujących miejscowo pozwala na szacowanie stanu środowiska w skali kilkunastu lat, a nawet dłużej. Dlatego w zależności od celu badań i dostępności poszczególnych metod jest możliwe skuteczne wykorzystywanie wybranych metod lichenoindykacyjnych czy biomonitoringowych. Równoczesne ich stosowanie pozwoli na uzyskanie dokładniejszego, wieloaspektowego obrazu stanu środowiska.

## Wnioski

1. Biota porostów Bielska-Białej jest uboga pod względem liczebności gatunków i ich obfitości, jednakże wykazuje zróżnicowanie na terenie miasta, co pozwoliło na zastosowanie metody *skali gatunków* dla wyznaczenia stref życiowych porostów.

2. Najważniejszym czynnikiem wpływającym na różnorodność biologiczną i kondycję miejscowej lichenobioty jest układ przestrzenny miasta, wyrażający się głównie lokalizacją zabudowy zwartej i przemysłowej oraz głównych szlaków komunikacyjnych, a z drugiej strony – terenów zielonych, zwłaszcza zalesionych obszarów podgórskich Beskidu Śląskiego i Małego.

3. W kolejnych sezonach eksperymentu transplantacyjnego uwidocznił się ogólny układ stref zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, od terenów najbardziej skażonych badanymi pierwiastkami w północnej i centralnej części miasta, do najmniej skażonych obszarów na południu.

4. Najwyższy stopień obniżenia kondycji transplantowanych plech zaobserwowano w miejscach najsilniej przekształconych antropogenicznie, tj. w centrum miasta, na obszarach przemysłowych i w sąsiedztwie tras komunikacyjnych. Wskazuje to na negatywny wpływ tych elementów miasta na kondycję zastosowanego gatunku porostu i pozwala sądzić, że podobnie oddziałują na inne porosty, ograniczając ich występowanie na obszarze miasta. Wysoka korelacja wyników badań mikroskopowych z wynikami badań chemicznych i biochemicznych przemawia na korzyść zastosowania tego łatwego i dostępnego sposobu szacowania jakości środowiska, szczególnie w przypadku braku aparatury analitycznej.

5. Stosunek zawartości chlorofilu *a* do feofityny *a* w warstwie glonowej odzwierciedla zmiany, jakie zaobserwowano w badanych próbach metodą mikroskopową w sezo-



nie zimowym. Wykazuje również silne powiązania z poziomem koncentracji badanych pierwiastków w plechach w obu sezonach, co świadczy o zależnościach między stanem barwników fotosyntetycznych i kondycją komórek fitobionta a stopniem skażenia powietrza atmosferycznego.

6. Wszystkie zastosowane metody wykazały podobieństwa – potwierdziły to istotne współczynniki korelacji między nimi. Wskazuje to zatem na możliwość wyboru metody najbardziej dostępnej ze względów technicznych lub finansowych oraz najbardziej dogodnej ze względu na cel monitoringu (np. badania krótko- lub długoterminowe, monitoring skażenia wybranymi pierwiastkami lub ogólne szacowanie jakości powietrza atmosferycznego).

7. Duże wartości korelacji analiz chemicznych, fitochemicznych i biologicznych w ocenie jakości środowiska miejskiego, przy równoczesnej zbieżności z wynikami badań lichenoindykacyjnych, dowodzą zasadności równoczesnego stosowania tych metod dla uzyskania pełniejszego obrazu stanu środowiska – lichenoindykacyjnych stref syntetycznych.

8. Ostateczny układ stref wegetacji porostów odzwierciedlał sposób zagospodarowania przestrzeni miasta i siły antropopresji. Nałożenie na plan miasta wyników kilku metod badawczych potwierdziło, iż warunki najmniej korzystne dla życia porostów pokrywały się z obszarem centrum i terenami przemysłowymi oraz najintensywniejszym ruchem transportowym. Strefowość ta odzwierciedla także silnie negatywny wpływ na środowisko miasta Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego od strony północnej, natomiast zdecydowanie korzystny wpływ ościennych obszarów lesistych Beskidów od strony południowej.

9. Ponieważ porosty wykazują negatywną reakcję na obecność w środowisku atmosferycznym substancji toksycznych także dla ludzi, m.in. związków metali ciężkich i siarki, na podstawie kondycji lichenobioty można wnioskować o stopniu zagrożenia zdrowia mieszkańców poszczególnych obszarów w miastach.

## Podziękowanie

Składam serdeczne podziękowania Pani prof. dr hab. E. Bylińskiej za cenne uwagi pomocne w napisaniu tej publikacji.

## Literatura

- BETLEJA L., 1991. Badania morfologii plech *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. w płatach pni sosny (*Pinus silvestris*) w borach woj. katowickiego. W: V Zjazd Lichenologów Polskich, Porosty (*Lichenes*) Pszczewskiego PK. Red. L. Lipnicki. Instytut Badań i Ekspertyz Naukowych, Górnów Wielkopolski: 95-104.
- BIAŁOŃSKA D., DAYAN F.E., 2005. Chemistry of the lichen *Hypogymnia physodes* transplanted to an industrial region. J. Chem. Ecol. 31, 12: 2975-2991.
- BIELCZYK U., 2001. Porosty. Skala porostowa. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.
- BIELEC D., 1997. Mszaki i porosty jako biowskaźniki zanieczyszczeń powietrza. W: Materiały z IV Konferencji „Zapobieganie Zanieczyszczeniu Środowiska”. Zesz. Nauk. P. Łódź. Biel.-Biał. 41: 198-214.

- BIELEC D., 2006. Charakterystyka porostów i ich wykorzystanie w waloryzacji środowiska. W: Materiały z XIII Konferencji „Zapobieganie zanieczyszczeniu, przekształceniu i degradacji środowiska”. *Zesz. Nauk. ATH* 7/24: 7-24.
- BIELEC D., 2009. Wpływ warunków miejskich na stan bioty porostów epifitycznych Bielska-Białej. Maszynopis. Wydział Nauk Biologicznych UWr.
- BUDKA D., GDULA-ARGASIŃSKA J., SAWICKA-KAPUSTA K., 1999. Estimation of air quality in the town of Jasło using transplanted *Hypogymnia physodes*. W: Materiały Konferencji SECO-TOX 99. Fifth European Conference on Ecotoxicology and Environmental Safety GSF. National Research Center, Neuherberg, Germany.
- BYLIŃSKA E., „ENVIRONMENT AID”, 1993. Skala porostowa. *Aura* 3: 22.
- BYLIŃSKA E., SEAWARD M.R.D., 1993. Zmiany w zbiorowiskach porostów epifitycznych w Karpaczu pod wpływem skażeń chemicznych powietrza atmosferycznego. W: *Geoekologiczne Problemy Karkonoszy II. Ekologia Roślin i Zwierząt*. Red. J. Sarosiek. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 159-165.
- FABISZEWSKI J., BIELECKI K., BREJ T., 1983. Intensywność fotosyntezy i oddychania oraz zawartość barwników chlorofilowych jako wskaźniki skażenia środowiska wokół huty miedzi. W: *Bioindykacja skażeń przemysłowych i rolniczych*. Red. J. Fabiszewski. PAN, Wrocław: 131-139.
- FALTYNOWICZ W., 1995. Wykorzystanie porostów do oceny zanieczyszczenia powietrza. Centrum Edukacji Ekologicznej Wsi, Krosno.
- FALTYNOWICZ W., 2001. Ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza w Starogardzie Gdańskim przy wykorzystaniu porostów jako wskaźników biologicznych. *Pr. Geobot.* 179: 187-195.
- JERAN Z., JAĆIMOWIĆ R., BATIĆ F., MAVSAR R., 2002. Lichens as integrating air pollution monitors. *Environ. Pollut.* 120, 1: 107-113.
- JERAN Z., MRAK T., JAĆIMOWIĆ R., BATIĆ F., KASTELEC D., MAVSAR R., SIMONČIČ P., 2007. Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests. *Environ. Pollut.* 146, 2: 324-331.
- KISZKA J., 1973. Porosty jako wskaźnik zanieczyszczenia powietrza na przykładzie miasta Krakowa i okolicy. *Spraw. Posiedz. Komis. Nauk. Oddz. PAN Krak.* 17, 1: 345-347.
- KISZKA J., 1977. Wpływ emisji miejskich i przemysłowych na florę porostów (Lichenes) Krakowa i Puszczy Niepołomickiej. *Pr. Monogr. WSP Krak.* 19: 1-133.
- KISZKA J., 1990. Lichenoindykacja obszaru województwa krakowskiego. *Stud. Ośr. Dok. Fizjogr.* 18: 201-212.
- LIPNICKI L., 1991. Zmiany stref wegetacji porostów na terenie Drezdenka w latach 1975-1990 oraz uwagi o stanie zdrowotnym wybranej grupy mieszkańców miasta. *Międzynarodowe Seminarium Ekologiczne Przyroda nie obroni się sama, Pokrzywna 1991*. *Biul. Inf. WSP, Opole*: 1-8.
- LIPNICKI L., 2004. Tabela lichenoindykacyjna. Park Narodowy Bory Tucholskie, Charzykowy.
- MARSKA B., 1982. Wpływ emisji przemysłowych na porost *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. eksponowany w tablicach wokół Zakładów Chemicznych „Police”. *Zesz. Nauk. AR Szczec., Roln.* 29, Ser. Przyr. 95: 79-87.
- NIEBOER E., AHMED H.M., PUCKETT K.J., RICHARDSON D.H.S., 1972. Heavy metal content of lichens in relation to distance from a nickel smelter in Sudbury, Ontario. *Lichenologist* (Cambridge) 5: 292-304.
- PILEGAARD K., 1979. Heavy metals in bulk precipitation and transplanted *Hypogymnia physodes* and *Dicranoweisia cirrata* in the vicinity of a Danish steelworks. *Water Air Soil Pollut.* 11: 77-91.
- PROGRAM REWITALIZACJI OBSZARÓW MIEJSKICH W BIELSKU-BIAŁEJ. 2007. Załącznik do uchwały Rady miasta. Urząd Miasta w Bielsku-Białej.
- RICHARSON D.H.S., 1991. Lichens as biological indicators – recent developments. W: *Bioindicators and environmental management*. Red. D.W. Jeffrey, B. Madden. Academic Press, London: 263-272.

- RICHARSON D.H.S., 1995. Metal uptake in Lichens. *Symbiosis* 18: 119-127.
- RONEN R., GALUN M., 1984. Pigment extraction from lichens with dimethyl sulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. *Environ. Exp. Bot.* 24, 3: 239-245.
- SAWICKA-KAPUSTA K., RAKOWSKA A., 1993. Heavy metal contamination in Polish national parks. *Sci. Total Environ. Supplement*: 161-166.
- SAWICKA-KAPUSTA K., ZAKRZEWSKA M., GDULA-ARGASIŃSKA J., BYDŁOŃ G., 2005. Air pollution in the base stations of the environmental integrated monitoring system in Poland. *Transactions on ecology and the environment* 82, 13, *Air Pollut.* 13: 465-475.
- SEAWARD M.R.D., 1992. Large-scale Air Pollution Monitoring Using Lichens. *GeoJournal* 28, 4: 403-411.
- SEAWARD M.R.D., 1998. Time-space analyses of the British lichen flora, with particular reference to air quality surveys. *Folia Cryptog. Eston.* 32: 85-96.
- SLOOF E.J., 1995. Lichens as quantitative biomonitors for atmospheric trace-element deposition, using transplants. *Atmos. Environ.* 29, 1: 11-20.
- STAN ŚRODOWISKA W WOJEWÓDZTWIE ŚLĄSKIM W 2001 ROKU. 2002. *Bibl. Monit. Środ.*, Katowice.
- STAN ŚRODOWISKA W WOJEWÓDZTWIE ŚLĄSKIM W 2002 ROKU. 2003. *Bibl. Monit. Środ.*, Katowice.
- STAN ŚRODOWISKA W WOJEWÓDZTWIE ŚLĄSKIM W 2004 ROKU. 2005. *Bibl. Monit. Środ.*, Katowice.

## LICHENOINDICATION OF BIELSKO-BIAŁA – SYNTHETIC LICHENOINDICATION ZONES

**Summary.** The investigations of an influence of human activity on epiphytic lichens and biomonitoring research were conducted in Bielsko-Biała. Appearing of epiphytic lichen species was studied. Simultaneously transplantation experiment was carried out by exposition of *Hypogymnia physodes* thallus and its chemical, biochemical and microscopy analyses. Floristic research of epiphytic lichenobiota showed differences in taxa composition and their vitality in particular places. It enabled to draw lichenoidication zones. Zone pattern was of insular character and there was no “lichen desert”. Results of remaining methods also proved that life factors for lichens in the town vary in time and space. The level of elements concentrations in lichen thalli after the exposition grew up in particular stands even to several hundreds percent. Similarly the microscope analysis and study of chlorophyll/pheophytine ratio demonstrated huge negative changes in lichens health. The pattern of lichen species distribution, lichen vitality zones and pollutions zones corresponded to each other, what was confirmed by correlation indexes as well. All used methods determined the south woodland areas of the Beskidy Mts as a very advantageous factor for the town environment. Very unfavourable conditions for lichen biota dominate in the centre of the town and in the north highly industrialized, strongly polluted terrains. All the results shown on the zone pollution map formed synthetic lichenoidication zones.

**Key words:** lichenoidication, biomonitoring, lichenoidication zones, epiphytic lichens, *Hypogymnia physodes*, Bielsko-Biała

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Dominika Bielec, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland, e-mail: dbielec@ath.bielsko.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*6.07.2011*

*Do cytowania – For citation:*

*Bielec D., 2011. Lichenoidykcja Bielska-Białej – syntetyczne strefy porostowe. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #52.*