

ROLA POROSTÓW JAKO BIOWSKAŻNIKÓW W WALORYZACJI ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Małgorzata Anna Józwiak, Marek Józwiak

Józwiak M.A, Józwiak M., 2013: Rola porostów jako biowskaźników w waloryzacji środowiska przyrodniczego (*The role of lichens as bioindicators in valorisation of environment*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Vol. 14, s. 37–42.

Zarys treści: Inwentaryzację i waloryzację środowiska przyrodniczego przygotowuje się dla potrzeb zagospodarowania przestrzennego oraz ochrony przyrody. Badania i analizy w tym zakresie mają za zadanie ocenę walorów przyrodniczych środowiska nieożywionego. Bioindykacja jest bardzo często stosowaną i skuteczną metodą oceny stanu środowiska, pozwalającą ocenić wpływ warunków abiotycznych na funkcjonowanie organizmów, jest również jedną z podstawowych metod w monitoringu. Jednym z najbardziej czułych biomonitorów z grupy organizmów kryptogamicznych są porosty. Ich wykorzystanie pozwala na tworzenie map zagrożeń toksykantami, co może być wykorzystywane przez władze gminy przy sporządzaniu planów przestrzennego zagospodarowania podległego terenu.

Słowa klucze: waloryzacja środowiska, bioindykacja, porosty.

Key words: *valorisation of environment, bioindication, lichens.*

Małgorzata Anna Józwiak, Marek Józwiak, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Świętokrzyska 15 bud. G, 25-406 Kielce, małgorzata.jozwiak@vp.pl

1. Wprowadzenie

Waloryzacji przyrodniczej obszaru dokonuje się po uprzedniej inwentaryzacji fauny i flory oraz charakterystyce abiotycznych czynników środowiska, uwzględniając antropopresję w badanym obszarze. Ma ona istotny wpływ na funkcjonowanie ekosystemów, ponieważ kształtuje czynniki biotyczne i abiotyczne zarówno w obszarach naturalnych, jak i zurbanizowanych. Inwentaryzacja i waloryzacja środowiska przyrodniczego przygotowywana jest dla potrzeb ochrony przyrody i zagospodarowania przestrzennego. Badania i analizy w tym zakresie mają za zadanie ocenę walorów przy-

rodniczych środowiska nieożywionego, biocenozy, flory, fauny oraz ocenę przestrzeni i jej ekologicznych wartości (Ferson, Burgman 2002, Szyszko i in. 2010). Badania takie zapewniają możliwość kontroli równowagi ekologicznej, a dzięki temu – harmonijne funkcjonowanie ekosystemu (Banaszak i in. 2004). Ocenie podlegają również tereny, które należy chronić przed degradacją, mające charakter prewencyjny, co ma szczególne znaczenie w odniesieniu do obszarów o walorach unikatowych (Symonides 2008). W większości obszarów Polski wykonuje się inwentaryzację przyrodniczą, natomiast brak jest oceny wpływu antropopresji na walory przyrodnicze wytypowanych obszarów.

Antropopresja najczęściej przejawia się zubożeniem list roślin lub zwierząt, wypieraniem jednych, a pojawianiem się innych, bardziej odpornych gatunków (Herbich 2004), przeobrażeniami w strukturze krajobrazu (Ilnicki 1998). Zachodzące w ten sposób zmiany są najczęściej niekorzystne. Wyprzedzające je działania spełniają rolę systemów wczesnego ostrzegania i pozwalają na stałą kontrolę stanu przyrodniczego monitorowanego obszaru. Kontrola ta powinna być sprawowana nie tylko poprzez wdrażanie rozwiązań prawnych w ochronie przyrody, ale również z zastosowaniem metod bioindykacji. Bioindykacja jest bardzo często stosowaną i najskuteczniejszą metodą oceny stanu środowiska, pozwalającą ocenić wpływ warunków abiotycznych na funkcjonowanie organizmów, jest również jedną z podstawowych metod w monitoringu. Należy do metod biologicznych, badających reakcje organizmów żywych na zanieczyszczenia w warunkach siedliskowych. Wykorzystywane są w niej specyficzne reakcje organizmów lub całych układów biologicznych na działanie czynników ograniczających. Pierwsze wzmianki o wykorzystaniu organizmów do oceny jakości środowiska pochodzą z 1866 roku. Opiszano wówczas zmiany w biocie porostów, wiążąc je ze zmianami jakości powietrza atmosferycznego. Współcześnie dzięki zaawansowanym technikom analitycznym można w organizmach oznaczać koncentrację metali ciężkich, radionuklidów, zanieczyszczeń gazowych i związków organicznych, co daje możliwość trafnej oceny stanu środowiska przyrodniczego i zastosowania do waloryzacji środowiska opracowywanego terenu.

2. Zastosowanie porostów w waloryzacji terenów zurbanizowanych

Jednym z najbardziej czułych biomonitorów z grupy organizmów kryptogamicznych są porosty. Ich duża wrażliwość na zanieczyszczenia zarówno w formie gazowej, pyłowej występującej w postaci suchej depozycji, mokrej rozpuszczonej w opadach lub też w postaci mgieł, chmur czy areozoli wynika ze sposobu poboru i gospodarowania wodą. Porosty są ektohydryczne i nie posiadają wodoodpornych osłon plechy. Brak warstwy ochronnej plechy, niekorzystny ilościowy stosunek autotroficznych gonidiów do komponenta grzybowego (zbyt mała ilość chlorofilu w stosunku do masy plechy) są przyczyną ich wrażliwości. Imisja zanieczyszczeń w głąb plechy ułatwiona jest dzięki specyfice morfologicznej. Pseudocyfele, stanowiące miejsca rozluźnienia warstwy korowej, jak również soralia wargowe plechy *Hypogymnia physodes* to wrota dla zanieczyszczeń. Cechy te były podstawą

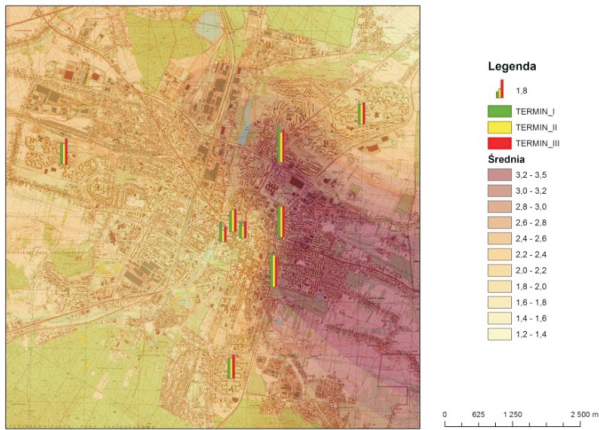
doboru porostów jako biowskaźnika do badań prowadzonych przez Fałtynowicza (1995), Cuny'ego i in. (2000), Sawicką-Kapustę i in. (2002, 2005), Calvelo, Liberatore (2004), Józwiak (2013), Józwiak, Józwiak (2009). Skuteczność porostów jako biowskaźników stanu sanitarnego powietrza pozwala na bardzo wczesne diagnozowanie obecności zanieczyszczeń w powietrzu. Kondycja plech porostowych wynikająca z kumulacji toksyn środowiskowych pozwala na ocenę walorów zdrowotnych badanego obszaru, wskazanie lub nie jego wartości wypoczynkowych, sportowych, leczniczych, sanatoryjnych. Koncentracja toksyn w plechach w zależności od odległości od źródła emisji pozwala na tworzenie map koncentracji zanieczyszczeń w badanym obszarze. Z punktu widzenia zdrowia populacji ludzkiej stwarza to możliwość wykazania zależności między pojawiającymi się schorzeniami (alergie, infekcje górnych dróg oddechowych) a koncentracją zanieczyszczeń w środowisku. W Kielcach – 200-tysięcznym mieście położonym w południowo-wschodniej Polsce – od 2004 roku prowadzona jest ocena stanu środowiska przy wykorzystaniu porostu pustułki pęcherzykowej (*Hypogymnia physodes*).

Plechy porostów wykorzystywane są jako bioakumulatory metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Wyniki badań autorów niniejszego opracowania wskazują, że stężenie metali ciężkich zakumulowanych w plechach porostu *Hypogymnia physodes* jest zróżnicowane w zależności od metalu, jego naturalnej obecności w środowisku i warunków meteorologicznych oraz aktywności antropogenicznej (Józwiak, Józwiak 2009, Józwiak, 2010, 2012, Józwiak, Józwiak, Kozłowski 2010, Józwiak M.A., Jachymczyk, Bętkowska, Cieplicka 2012).

Stworzone zostały mapy przestrzennego zagrożenia metalami ciężkimi i WWA w mieście, które mogą być wykorzystane przez władze gminy przy sporządzaniu planów przestrzennego zagospodarowania miasta (ryc. 1–6).

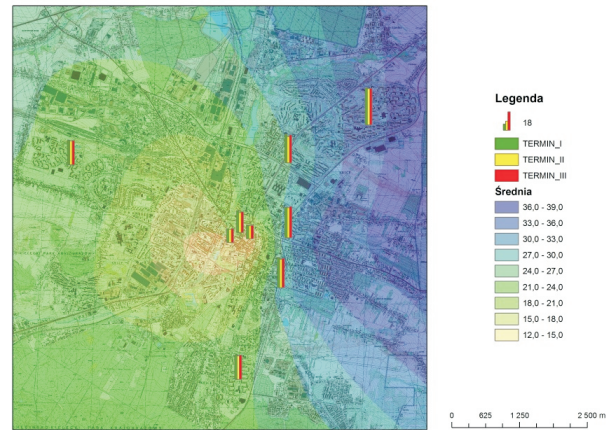
Przedstawione mapy wskazują tereny w mieście o najwyższych stężeniach badanych toksykanów. Największe zagrożenie stwierdzono w sektorze wschodnim, północnym i południowo-wschodnim. Jest to związane z dominującym kierunkiem wiatrów.

Badaniami ułatwiającym ocenę stanu środowiska są analizy zmian morfologicznych plech porostów. Wykonuje się je przy użyciu mikroskopu stereoskopowego (fot. 1, 2, 3) lub elektronowego (fot. 4, 5, 6). Badania takie prowadzone są w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Wykorzystywany jest tam mikroskop elektronowy skaningowy Quanta 250 z na-



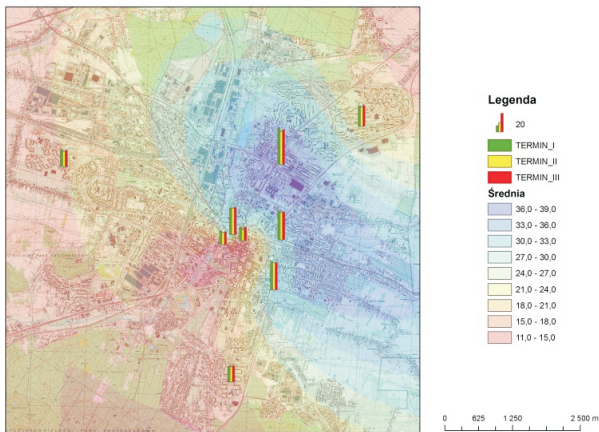
Ryc. 1. Przestrzenny rozkład zanieczyszczeń powietrza kadmem w Kielcach w roku 2011

Fig. 1. Spatial layout of air pollution with cadmium in Kielce in 2011 year



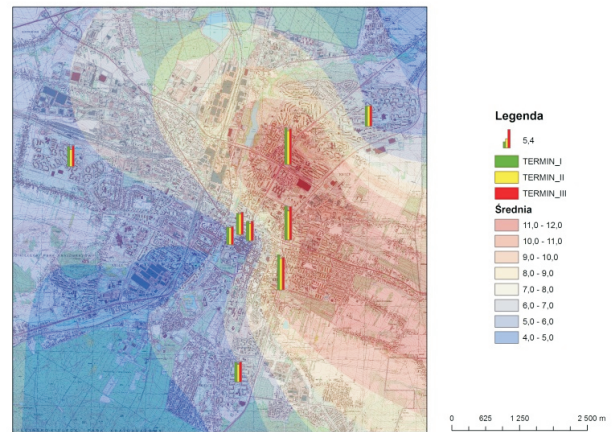
Ryc. 2. Przestrzenny rozkład zanieczyszczeń powietrza ołowiem w Kielcach w roku 2011

Fig. 2. Spatial layout of air pollution with lead in Kielce in 2011 year



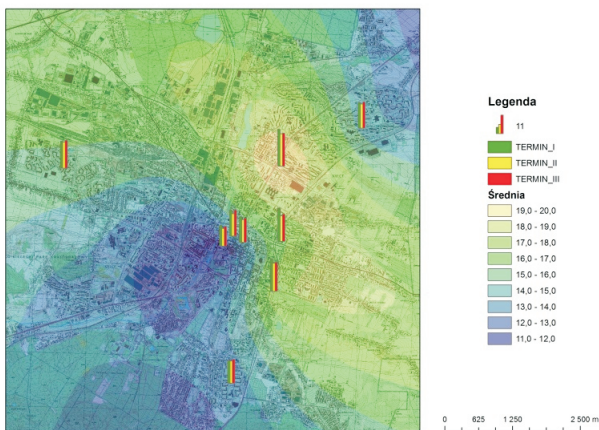
Ryc. 3. Przestrzenny rozkład zanieczyszczeń powietrza cynkiem w Kielcach w roku 2011

Fig. 3. Spatial layout of air pollution with zinc in Kielce in 2011 year



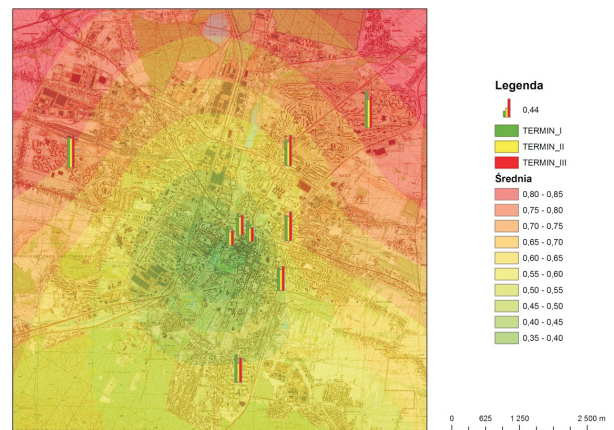
Ryc. 4. Przestrzenny rozkład zanieczyszczeń powietrza chromem w Kielcach w roku 2011

Fig. 4. Spatial layout of air pollution with chrome in Kielce in 2011 year



Ryc. 5. Przestrzenny rozkład zanieczyszczeń powietrza miedzią w Kielcach w roku 2011

Fig. 5. Spatial layout of air pollution with copper in Kielce in 2011 year



Ryc. 6. Przestrzenny rozkład zanieczyszczeń powietrza WWA w Kielcach w roku 2011

Fig. 6. Spatial layout of air pollution with PAHs in Kielce in 2011 year

pylarką Leica EM SC050 i przystawką EDAX, dającą możliwość analizy chemicznej w punkcie, obszarze lub liniowo w badanym preparacie, oraz mikroskop stereoskopowy SMZ 1500 DIA/EPI. Plechy porostu wykazują zmiany makroskopowe o typie przebarwień (fot. 1), wykruszeń, utraty organów rozmnażania wegetatywnego – soraliów wargowych (fot. 2) w stosunku do plech rozwijających się w warunkach środowisk czystych (fot. 3).



Fot. 1. Zmiany barwne plech *Hypogymnia physodes* w warunkach antropopresji (fot. M. Józwiak)

Photo 1. Colour changes of Hypogymnia physodes thallus in conditions of anthropic pressure (photo M. Józwiak)



Fot. 2. Wykruszenia soraliów wargowych w plechach poddanych antropopresji (fot. M. Józwiak)

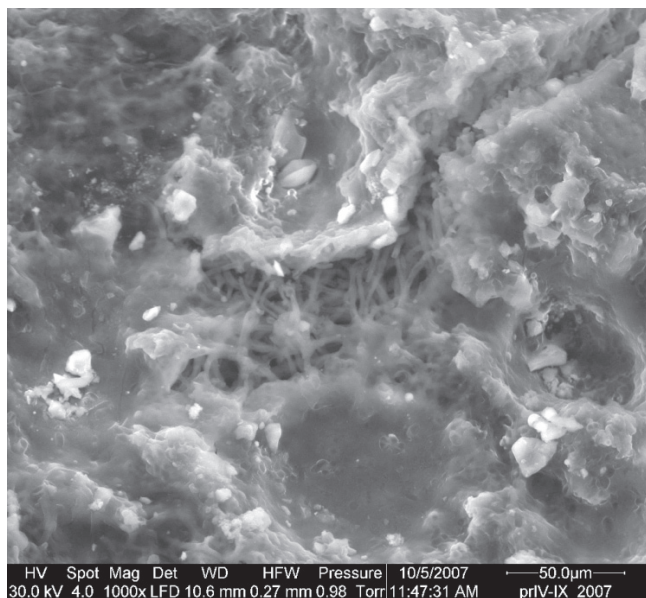
Photo 2. Shelling of labial soralia in thallus exposed to anthropic pressure (photo M. Józwiak)

Analiza mikroskopowa prowadzona w mikroskopie elektronowym uwidacznia rodzaje i lokalizację zanieczyszczeń na powierzchni plechy. Stwierdzone zanieczyszczenia mają zarówno pochodzenie przemysłowe (fot. 5), o czym świadczy regularny, kulisty kształt cząstek, jak również pochodzenie mineralne – cząsteczki o nieregularnych, sferycznych kształtach. Deponowane, mineralne cząsteczki tworzą także wielościennie bryły (fot. 6) zalegające najczęściej wzdłuż szczelin pseudocyfeli oddechowych plech (fot. 4).



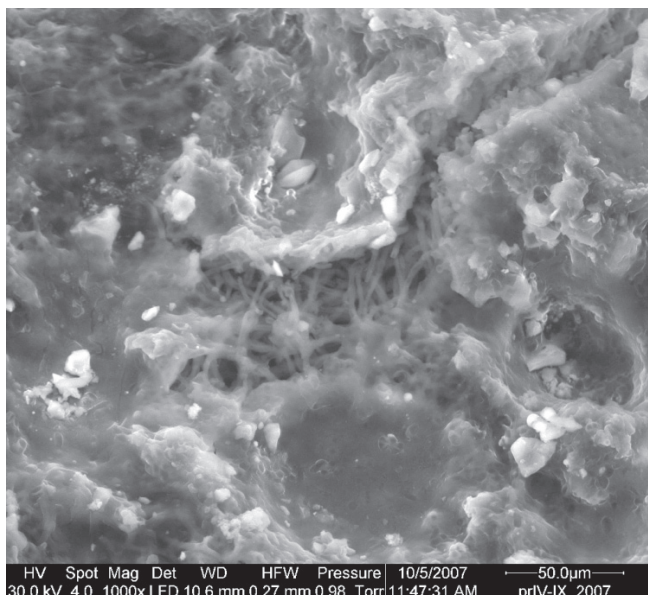
Fot. 3. Plecha *Hypogymnia physodes* rozwijająca się w warunkach środowiska czystego (fot. M. Józwiak)

Photo 3. Hypogymnia physodes thallus growing in clean environment (photo M. Józwiak)



Fot. 4. Zanieczyszczenia atmosferyczne zdeponowane wokół szczelin pseudocyfeli na powierzchni plechy *Hypogymnia physodes* (fot. M. Józwiak)

Photo 4. Air pollution deposited around pseudocyphela cracks on the surface of Hypogymnia physodes thallus (photo M. Józwiak)



Fot. 5. Zanieczyszczenia przemysłowe i mineralne zdeponowane na powierzchni plechy *Hypogymnia physodes* (fot. M. Józwiak)

Photo 5. Industrial and mineral pollution deposited on the surface of Hypogymnia physodes (photo M. Józwiak)

3. Podsumowanie

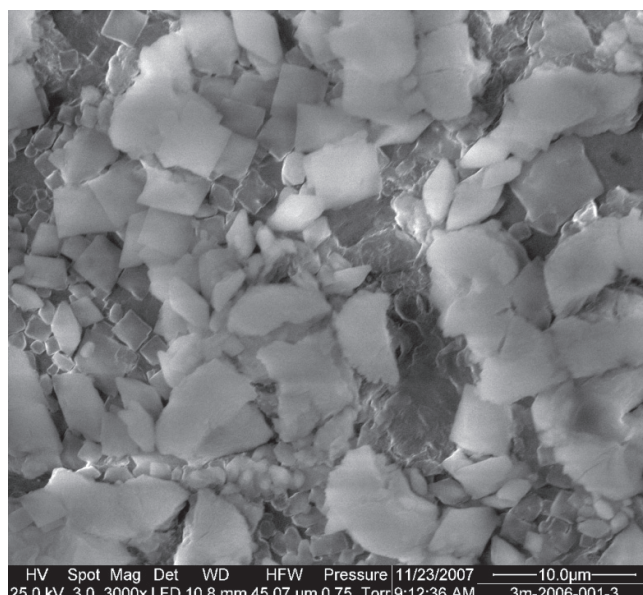
Inwentaryzacja i waloryzacja przyrodnicza są dzisiaj podstawowymi procedurami w zarządzaniu przestrzenią publiczną. Warunkiem sporządzenia planu zagospodarowania przestrzennego i uwidocznienia w nim różnych form ochrony przyrody jest posiadanie pełnego rozeznania walorów przyrodniczych danego terenu. Dysponując inwentaryzacją przyrodniczą, możemy waloryzować teren, dzieląc go na różne kategorie w zależności od wartości przyrodniczej oraz stopnia antropopresji. Ocena stopnia antropopresji na środowisko z wykorzystaniem biowskaźników pozwala na waloryzację przyrodniczą, która może służyć do wytypowania obszarów o różnym przeznaczeniu (sportowym, mieszkaniowym – zabudowa jedno- lub wielorodzinna, strefa zieleni itp.) oraz do opracowania wariantów lokalizacji inwestycji w gminie.

Podziękowanie

Praca została wykonana w ramach projektu NCN nr NN 305 061839, realizowanego w latach 2010–2013, i nr N3052980 40, realizowanego w latach 2011–2014.

Acknowledgments

Investigations were sponsored by National Science Centre No NN 305 061839 in the year 2010–2013 and No N3052980 40 in the year 2011–2014.



Fot. 6. Zanieczyszczenia mineralne zdeponowane na powierzchni plechy (fot. M. Józwiak)

Photo 6. Mineral pollution deposited on the surface of thallus (photo M. Józwiak)

4. Literatura

- Banaszak J., Buszko J., Czachorowski S., Czacnowska W., Hebda G., Liana A., 2004:** *Przegląd badań inwentaryzacyjnych nad owadami w parkach narodowych Polski. A review of inventory research on insects in the national parks of Poland.* Wiad. Entomol. 23 (supl. 2), 5–56.
- Calvelo S., Liberatore S., 2004:** *Applicability of In Situ or Transplanted Lichens for Assessment of Atmospheric Pollution in Patagonia, Argentina.* W: *Journal of Atmospheric Chemistry* 49: 199–210
- Cuny D., van Haluvin Ch., Pesch R., 2000:** *Biomonitoring od trace elements in air and soil compartments along the major motorway in France.* W: *Water, Air, and Soil Pollution* 125: 273–289.
- Fałtynowicz W., 1995:** *Wykorzystanie porostów do oceny zanieczyszczenia powietrza.* Centrum Edukacji Ekologicznej Wsi, Krosno, ss. 141.
- Ferson F., Burgman M. (eds.), 2002:** *Quantitative methods for conservation biology.* Springer-Verlag, New York.
- Herbich J., (red.), 2004:** *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny.* T. 1, 2, 3, 4, 5. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Ilnicki P., 1998:** *Krajobrazy rolnicze Wielkopolski jako efekt wielowiekowej antropopresji.* Acta Geogr. Lodz, 74: 62–74.

Summary

Environmental stocktaking and valorization are the basic procedures in management of public space. The thorough knowledge of a given area is the condition of making a plan of spatial development and exposing different forms of conservation in. Having environmental stocktaking, it is possible to valorize the area by dividing it into different categories depending on environmental value and the level of anthropic pressure. Bioindication is a common and effective method used in estimation of environment which allows the estimation of the influence of abiotic conditions on organism functioning and it is also one of the basic methods in monitoring. One of the most sensitive biomonitors, out of agamous organisms, are lichens. Its utilization allows to create the maps of toxic substance threats which may be used by municipal authorities during making plans of spatial development of the city. Analysis of lichen thallus morphological changes allow estimation of environmental conditions. They are carried out with the use of stereoscopic and electron microscope. Lichen thallus shows macroscopic colour changes, shellings and the loss of organs of vegetative reproduction – labial soralia in comparison to thallus growing in clean environment. The estimation of the level of anthropic pressure with the use of bioindicators allows spatial valorization which may be used in marking out areas with different purposes (sporting, housing – single-family housing, multi-family housing, green zone) and working out variants of investment location in the district.

- Józwiak M.A., 2010:** *Ekologiczne uwarunkowania występowania porostów i ich wykorzystanie w biomonitoringu środowiska*. Edukacja Biologiczna i Środowiskowa, 1(33): 5–15 (2 pkt, poz. 415).
- Józwiak M.A., 2012:** *Zmiany makroskopowe plech *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. w warunkach stresu antropogenicznego*. Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 13: 51–62.
- Józwiak M.A., 2013:** *Ectohydricity of fruticose lichens and role of cortex layer in accumulation of heavy metals in fungal and algal associations as demonstrated by tube lichen, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.* Ecological Chemistry and Engineering S, 4, Vol. 20.
- Józwiak M.A., Józwiak M., 2009:** *Influence of cement industry on accumulation of heavy metals in bioindicators*. Ecological Chemistry and Engineering S, Vol. 16 (3): 323–334 (13 pkt, poz. 320, IF – 0,615) (cyt. 1.06.2013 r.).
- Józwiak M.A., Jachymczyk B., 2011:** *Rola naturalnych zapór w rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń komunikacyjnych pochodzących z emisji liniowej*. Monitoring Środowiska Przyrodniczego, No 12: 51–58.
- Józwiak M.A., Józwiak M., Kozłowski R., 2010:** *Bioindicative assessment methods of urban transport impact on the natural environment*. Monografie Zespołu Systemów Eksploatacji PAN, T. II, 177–199.
- Józwiak M.A., Jachymczyk B., Bętkowska B., Cieplicka K., 2012:** *Ocena zanieczyszczenia powietrza wzdłuż tras szybkiego ruchu z wykorzystaniem bioindykatorów*. Rocznik Świętokrzyski, Seria B – Nauki przyrodnicze, Vol. 33: 47–65.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., 2002:** *Zanieczyszczenie powietrza w Świętokrzyskim Parku Narodowym w latach 1991–2001 na podstawie biowskaźnika *Hypogymnia physodes**. Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 3: 83–86.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Gdula-Argasińska J., 2005:** *Air pollution in the base stations of the Environmental Integrated Monitoring System in Poland*. Air Pollution XIII: 465–475.
- Symonides E., 2008:** *Ochrona przyrody*. PWN, Warszawa.
- Szysko J., Rylke J., Jeżowski P., Dymitryszyn I., 2010:** *Ocena i wycena zasobów przyrodniczych*. Wyd. SGGW, Warszawa.