

Anna Matwiejuk*, Kamila Korobkiewicz*

STAN BADAŃ BIOTY POROSTÓW W MIASTACH POLSKI

STATE RESEARCH LICHEN BIOTA IN POLISH CITIES

Słowa kluczowe: porosty, miasta, rozmieszczenie, monitoring zanieczyszczenia powietrza, porosty jako wskaźniki zanieczyszczenia.

Key words: lichens, cities, distribution, monitoring air pollution, lichens as indicators of air pollution.

Streszczenie

W pracy przedstawiono przegląd badań dotyczących porostów w polskich miastach. Materiałem były prace publikowane w latach 1766–2011. We wszystkich miastach stwierdzono występowanie ogółem 481 gatunków porostów. W biocie porostów miast dominują porosty epifityczne. Inne grupy ekologiczne są reprezentowane przez mniejszą liczbę gatunków – porosty epilityczne, epigeiczne, epiksyliczne i epibryofityczne. W wielu miastach Polski porosty były stosowane jako biologiczne wskaźniki zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Porosty pochłaniają wodę i związki mineralne z wody opadowej i bezpośrednio z pary wodnej całą powierzchnią plechy. To powoduje, że są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia atmosfery. Porosty są wrażliwe na dwutlenek siarki i tlenki azotu. Strefy porostowe możemy obserwować w dużych miastach i wokół zakładów przemysłowych, co odpowiada średnim stężeniom dwutlenku siarki w powietrzu atmosferycznym. Porosty mogą być również stosowane do pomiaru zanieczyszczeń toksycznych związków radioaktywnych oraz metali ciężkich.

Summary

A paper presents a review of research on the lichens in Polish cities. The materials were based on published from the years 1766 to 2011. In the cities are founded 481 species of lichens. Predominate epiphytic lichens. Other ecological groups are represented by smaller number of species – epilithic, epiksylic, epigeic and epibryophytes. In many Polish cities li-

* *Dr Anna Matwiejuk, Kamila Korobkiewicz – Zakład Botaniki, Instytut Biologii, Uniwersytet w Białymstoku, ul. Świerkowa 20B, 15-950 Białystok; tel.: 85 745 73 56; e-mail: matwiej@uwb.edu.pl*

chens are used as biological indicators of air pollution. Lichens absorb water and minerals from rainwater and directly from the atmosphere, over their entire surface area. This makes them extremely sensitive to atmospheric pollution. Lichens are sensitive to sulphur dioxide and oxides of nitrogen pollutions in the air. A lichen zone pattern may be observed in large towns and cities or around industrial complexes which corresponds to the mean levels of sulphur dioxide experienced. Lichens can also be used to measure toxic elemental pollutants and radioactive metals because they bind these substances in their fungal threads where they concentrate them over time.

1. WPROWADZENIE

Porosty (Lichenes) są wyjątkową grupą organizmów żywych, które powstały w wyniku symbiotycznego połączenia dwóch organizmów – cudzożywnego (heterotroficznego) grzyba i samożywnego (autotroficznego) glonu [Fałtynowicz 1995]. Obecnie porosty są zaliczane do królestwa grzybów (Mycota), a synonimem słowa porost jest grzyb lichenizujący lub porostokształtny, czyli taki, który ma zdolność tworzenia symbiozy z glonami, a proces powstania symbiozy określa się terminem lichenizacja. Partnera grzybowego nazywa się mikobiontem. Aż u 98% porostów występuje grzyb należący do workowców (Ascomycota), a u pozostałych – do grzybów niedoskonałych (Deuteromycota) i podstawczaków (Basidiomycota). Komponentem glonowym, czyli fotobiontem, są zielenice (ok. 90% gatunków) lub sinice, czyli cyanobakterie, które są organizmami pozbawionymi jądra komórkowego [Wójciak 2003]. Związek glonu z grzybem w plechach porostów jest różnie interpretowany: od teorii symbiozy mutualistycznej do teorii symbiozy antagonistycznej. Powszechnie uważa się, że glon i grzyb tworzą układ partnerski, w którym grzyb pobiera od glonu wytworzone w procesie fotosyntezy węglowodany, a w zamian dostarcza wody i składników mineralnych oraz chroni glon przed wyschnięciem. Porosty są organizmami szeroko rozpowszechnionymi na całej kuli ziemskiej. Znanych jest ok. 13 500 gatunków, z czego w Polsce żyje 1554 [Fałtynowicz 2003].

Dzięki symbiozie i właściwościom higroskopijnym plech, porosty uzyskały możliwość wykorzystania zasobów wodnych i odżywczych atmosfery. Podstawowym źródłem wody dla porostów jest woda zawarta w atmosferze, pobierana bez jej uprzedniego przejścia w stan płynny dzięki higroskopijności plech porostowych.

Zdolności plech porostowych do pobierania wody z atmosfery, a także do jej dużej kumulacji są niezwykle cenne. Dzięki możliwości korzystania z wody zawartej w powietrzu porosty rosną w miejscach niedostępnych dla innych roślin. Są pionierami życia, zwłaszcza na pionowych skałach, opanowują także wtórne siedliska pionierskie, powstałe wskutek działalności człowieka.

Dzięki dużej wrażliwości na zanieczyszczenia porosty mogą być stosowane jako wskaźnikowe organizmy skażenia atmosfery.

Na cele lichenomonitoringu (metody bioindykacji wykorzystującej porosty jako bioindykatory) przetestowano liczne gatunki porostów oraz wyznaczono granice ich wytrzymałości na skażenie powietrza, zwłaszcza tlenkami siarki. Było to możliwe dzięki eksperymentalnym badaniom aktywności procesów metabolicznych, zwłaszcza fotosyntezy i oddychania oraz porównaniu ich wyników z danymi dotyczącymi zawartości SO_2 w powietrzu. Wyliczono roczne wartości SO_2 w atmosferze, powodujące zahamowanie fotosyntezy [Bystrek 1997]. Na podstawie takich badań opracowano, dla Wysp Brytyjskich, skalę wrażliwości porostów [Hawksworth, Rose 1970] i podano procentowe zawartości SO_2 w powietrzu, odpowiadające występowaniu określonych grup gatunków. Na podstawie występowania poszczególnych gatunków porostów epifitycznych na drzewach o dwóch odmiennych rodzajach kory – zeutrofizowanej i niezeutrofizowanej – Hawksworth i Rose [1970] wyróżnili 10 stref, którym przyporządkowali odpowiednie średnie wartości stężeń SO_2 w miesiącach zimowych. Dzięki tej skali stało się możliwe porównywanie rozmieszczenia poszczególnych stref na różnych obszarach i analizowanie ich zmian w czasie. W Polsce skalę biologiczną Hawkswortha i Rose'a [1970] zmodyfikowano i przystosowano do warunków południowej Polski dla województwa krakowskiego i Przemyśla [Kiszka 1990, 1999].

Współcześnie zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego SO_2 znacznie się zmniejszyło z powodu mniejszej emisji tego gazu. Oprócz dwutlenku siarki bardzo szkodliwy dla porostów jest fluorowodór, jednak jego emisja jest niezbyt duża, z wyjątkiem okolic zakładów wytwarzających nawozy sztuczne oraz hut [Biega i in. 2009]. Trwałe uszkodzenia w komórkach glonów porostowych powoduje także ozon w stężeniu 500–800 ppb. W wielu miejscach na świecie uznaje się, że głównym zagrożeniem dla porostów jest właśnie zanieczyszczenie powietrza ozonem i tlenkami azotu [Nali i in. 2007, Larsen i in. 2007].

Przedmiotem opracowania jest przegląd i ocena stanu badań nad biotą porostów w miastach Polski. Materiałem były publikacje z lat 1766–2011. Przegląd ten obejmuje zagadnienia dotyczące: inwentaryzacji porostów w miastach, uwarunkowań siedliskowych, rozmieszczenia, udziału gatunków zagrożonych oraz wykorzystania porostów jako biowskaźników do oceny stanu środowiska, głównie zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego dwutlenkiem siarki.

2. RYS HISTORYCZNY BADAŃ BIOTY POROSTÓW W MIASTACH POLSKI

Badania bioty porostów miast Polski rozpoczęto już w XIX w., np. w Gdańsku [Ohlert 1863, 1870]. Kontynuowano je również na początku XX w. do wybuchu II wojny światowej [np. Mattick 1934, 1937, Erichsen 1936, Krawiec 1933a, 1935, 1938]. Zainteresowanie naukowców porostami miast było spowodowane m.in. wpływem zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na ich plechy. Szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń na porosty

po raz pierwszy zauważył w latach 1866–1896 francuski botanik William Nylander. Stwierdził, że w Paryżu, w Ogrodzie Luksemburskim, wyginęło dużo porostów [Nylander 1866]. Wynioskował, że było to spowodowane zanieczyszczeniami powietrza. Od czasów Nylandera przeprowadzono tysiące badań terenowych i laboratoryjnych nad porostami jako wskaźnikami zanieczyszczenia powietrza. W XIX w. dokonano pierwszej transplantacji porostów, polegającej na przeniesieniu porostów epifitycznych z ich naturalnych siedlisk do miasta i obserwowaniu zmian zachodzących w ich plechach. Lichenologiem, który zastosował metodę transplantacji plech porostowych był Arnold [1891–1901].

Od tego czasu porosty stały się przedmiotem wielu badań. Pierwszym miastem, w którym poddano je szczegółowej analizie był Sztokholm [Sernander 1912]. Sernander wyznaczył w nim trzy strefy vegetacji porostów: pustynię porostową – charakteryzującą się całkowitym zanikiem porostów nadrzewnych, strefę walki – gdzie nieliczne gatunki nitrofilne mogą pokrywać do 50% pni drzew i strefę normalnej vegetacji. Za przyczynę wymierania porostów i ich ograniczonego występowania w miastach Sernander uznał zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki („hipoteza trucizny”). Zwolennikiem tej hipotezy był m.in. Zurzycki [1950], który opracował pierwszą w Polsce mapę lichenoindykacyjną dla Krakowa.

W Polsce badania bioty porostów miast rozwinęły się na szeroką skalę dopiero po wojnie. Pojawiło się wtedy wiele prac florystycznych, w których jedynym przedmiotem obserwacji były tereny zurbanizowane. Dużą rolę w ukształtowaniu się tego kierunku badań odegrał profesor Jan Rydzak z Lublina.

Badania nad porostami w miastach Polski zintensyfikowano w latach 50. XX w., kiedy to zbadano następujące miasta: Lublin, Cieszyn, Iwonicz Zdrój, Kluczbork, Lesko, Muszynę, Opole, Rymanów, Ustroń, Wisłę, Wołczyn, Zakopane, Białowieżę, Busko Zdrój, Duszniki Zdrój, Kłodzko, Kudowę Zdrój, Łądek Zdrój, Łebę, Międzyzdroje, Polanicę Zdrój, Puławy, Siedlce, Stronie Śląskie, Ustkę, Zamość. Badania te przeprowadził Rydzak [1953, 1956a, b, 1957a, b, 1959a, b, c].

W latach 60. XX w. przeprowadzono badania nad porostami Torunia [Wilkoń-Michalska i in. 1968], w latach 70. – Radomia [Cieśliński 1974], Kielc [Toborowicz 1976], Krakowa [Kiszka 1977], Szczecina [Marska 1979] i Łodzi [Kuziel, Halicz 1979], w latach 80. – Słupska [Śpiewakowski, Izydorek 1981], Limanowej [Jagiełło 1983] i Drezdenka [Lipnicki 1984], w latach 90. – Rzeszowa [Pustelniak 1991a, b], Trójmiasta (Gdańsk, Gdynia, Sopot) [Fałtynowicz i in. 1991], Malborka [Guzow 1997], Poznania [Kepel 1999] i Przemysła [Kiszka 1999]. W pierwszym dziesięcioleciu XXI wieku zbadano Władysławowo, Hel, Kołobrzeg, Świnoujście [Izydorek 2005], Olsztyn [Kubiak 2005], Wrocław [Dimos 2005, Biega i in. 2009], Białystok [Matwiejuk 2007a, b], Ciechanowiec [Matwiejuk, Kolanko 2007], Słupsk [Izydorek, Zduńczyk 2007], Mielnik [Matwiejuk 2008], Świdnik [Wójciak, Korona 2008], Boćki [Matwiejuk 2009a], Drohiczyn [Matwiejuk 2009b] i Białowieżę [Matwiejuk 2011].

3. BADANIA BIOTY POROSTÓW W MIASTACH POLSKI

Do tej pory opublikowano dane z 54 miast Polski. Badane miejscowości są położone w różnych rejonach Polski, np. w rejonie nadbałtyckim, na Warmii, na Podlasiu, na Lubelszczyźnie, Kielecczyźnie, Opolszczyźnie, w Kotlinie Kłodzkiej oraz na południu Polski (rys. 1). Badaniami objęto miasta o różnej wielkości i liczbie mieszkańców.



Rys. 1. Obszary geograficzne i miasta Polski, w których prowadzono badania nad biotą porostów w miastach [zaznaczone na kolor szary]; 1 – Malbork, 2 – Olsztyn, 3 – Toruń, 4 – Drezdenko, 5 – Poznań, 6 – Warszawa, 7 – Siedlce, 8 – Wrocław, 9 – Łódź, 10 – Radom. I – rejon Morza Bałtyckiego, II – Podlasie, III – Lubelszczyzna, IV – Kielecczyzna, V – Opolszczyzna, VI – Kotlina Kłodzka, VII – rejon górski

Fig. 1. The geographical areas and cities Poland, in which were research in lichen biota in cities [indicated on the colour grey]; 1 – Malbork, 2 – Olsztyn, 3 – Toruń, 4 – Drezdenko, 5 – Poznań, 6 – Warszawa, 7 – Siedlce, 8 – Wrocław, 9 – Łódź, 10 – Radom. I – division of the Baltic Sea, II – Podlasie, III – Lubelszczyzna, IV – Kielecczyzna, V – Opolszczyzna, VI – Kotlina Kłodzka, VII – division mountain

W ogólnej liczbie miast, których biota porostów została poznana znajdują się miasta należące do wszystkich grup wielkościowych i funkcjonalnych – stare i nowe, duże i małe, przemysłowe, rolnicze i uzdrowiskowe. Badane były miasta duże (powyżej 200 tys. ludności), średnie (25–100 tys. ludności) oraz małe, jak również duże wsie o charakterze małomiasteczkowym (poniżej 25 tys. ludności). Niektóre z nich mają status miejscowości uzdrowiskowych, jak Duszniki Zdrój, Kudowa Zdrój, Łądek Zdrój, Polanica Zdrój, Iwonicz Zdrój i inne. Mimo to, nie można uważać, że etap inwentaryzacji porostów w miastach został za-

mknięty. Potrzebne są dalsze badania na obszarach zurbanizowanych – zarówno jeszcze niebadanych, jak i tych, w których wcześniej robiono opracowania lichenologiczne. Wynika to z następujących przesłanek:

- 1) biota porostów miast stanowi pokaźny odsetek ogólnego składu bioty polskiej; porosty obszarów zurbanizowanych stanowią 27% lichenobioty polskiej [Fałtynowicz 2003]; bez aktualnej znajomości porostów miast znajomość bioty porostów Polski byłaby niepełna;
- 2) bioty porostów miast cechuje wyraźna specyfika i szybka zmienność w czasie – badania prowadzone w miastach powtórnie pokazują kierunki antropogenicznych przemian: pojawiania się i rozprzestrzeniania nowych gatunków oraz wymierania innych, w tym najbardziej wrażliwych;
- 3) często miasta są źródłem rozprzestrzeniania się porostów synantropijnych na tereny rolnicze, leśne itp.

4. GŁÓWNE PROBLEMY BADAWCZE

Głównym celem badań porostów miast było ustalenie składu gatunkowego porostów i analiza ekologiczna, uwzględniająca uwarunkowania siedliskowe. Opisywano poszczególne grupy siedliskowe: porosty nadrzewne (epifity), naskalne (epility), porosty martwego drewna (epiksylity), naziemne (epigeity), rosnące na mszakach (epibriefity) i porosty nietypowych podłoży (jak rosnące na metalu, papie, asfalcie itp.). W nielicznych miastach opracowano jedynie skład gatunkowy porostów nadrzewnych (Rymanów, Wisła, Kudowa Zdrój, Polanica Zdrój, Łódź, Limanowa, Rzeszów) lub naskalnych (np. w Malborku). Niektórzy badacze mogli przedstawić antropogeniczne przemiany bioty porostów, ponieważ w niektórych miastach powtórzone badania po kilkudziesięciu latach (Trójmiasto [Reyger 1766, Klinsmann 1863, Ohlert 1863, 1870, Krawiec 1933b, 1938, Mattick 1934, 1937, Erichsen 1936, Fałtynowicz i in. 1991], Ustka i Łeba [Rydzak 1959b, Izydorek 2005], Kraków [Zurzycki 1950, Kiszka 1977], Poznań [Dziabaszeński 1962, Kepel 1999], Przemyśl [Piórecski, Rydzak 1970, Kiszka 1999] i Słupsk [Śpiewakowski, Izydorek 1981, Izydorek, Zduńczyk 2007]).

Wiele prac dotyczy zagadnień wpływu zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na porosty w miastach oraz bioindykacji stanu atmosfery miast z użyciem porostów. Badania te umożliwiły ustalenie grup gatunków o różnej wrażliwości na warunki środowiska miejskiego oraz wyjaśnienie przyczyny wymierania porostów w miastach („hipoteza trucizn” i „hipoteza suszy”).

Rydzak [1953] zanegował „hipotezę trucizn”, według której głównym czynnikiem odpowiedzialnym za wymieranie porostów są zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego i przyczyny wymierania porostów upatrywał w specyficznych warunkach mikroklimatycznych miast, zwłaszcza wilgotnościowych i termicznych. Według niego strefy wegetacji po-

rostów w mieście pokrywają się z rozkładem temperatury i wilgotności względnej powietrza i nie są wynikiem walki porostów ze szkodliwymi gazami, ale walki z suszą powietrza w mieście i walki o światło („hipoteza suszy”). Hipotezę suszy dokumentował badaniami w kilkunastu małych miastach [Rydzak 1956a, b, 1957a, b, 1959a, b, c], także o charakterze uzdrowiskowym [Rydzak 1956b, 1959a, b]. Problem suszy lansowany przez Rydzaka negowano, ale również uznano za jeden z czynników przyspieszających powstawanie pustyń bezporostowych.

W badaniach bioindykacyjnych wykorzystano różne metody lichenoidykacyjne. Najczęściej stosowano metodę skali porostowej (Kraków [Kiszka 1977], Łódź [Kuziel, Halicz 1979], Szczecin [Marska 1979], Limanowa [Jagiełło 1983], Poznań [Kepel 1999], Słupsk [Śpiewakowski, Izydorek 1981], Przemysł [Kiszka 1999] i Białystok [Matwiejuk 2007b]) oraz metodę udziału form morfologicznych: plech krzaczkowatych, listkowatych, łuseczkowatych i skorupiastych (Trójmiasto [Fałtynowicz i in. 1991] i Wrocław [Biega i in. 2009]), które umożliwiają wykreślenie stref wegetacji porostów – pustynię porostową (beziporostową), obszar osłabionej wegetacji (tzw. strefy walki) i obszar normalnej wegetacji.

W Lublinie [Bystrek, Wójciak 1994], Poznaniu [Kepel 1999], Kielcach [Jóźwiak 2007] i Białymstoku [Matwiejuk 2007b] zastosowano metodę transplantacji plech pustułki pęcherzykowatej *Hypogymnia physodes*, do:

- 1) oceny stopnia zamierania transplantów, jako wskaźnika zanieczyszczenia atmosfery z użyciem „testu płytkowego” (ocena makroskopowa) [Kepel 1999];
- 2) oceny kondycji plech *Hypogymnia physodes*, na podstawie analizy żywotności komórek fotobionta (ocena mikroskopowa) [Bystrek i Wójciak 1994, Matwiejuk 2007b];
- 3) oceny zanieczyszczenia powietrza metalami na podstawie stopnia ich pochłaniania przez porosty (analiza chemiczna) [Kepel 1999, Jóźwiak 2007, Matwiejuk 2007b].

5. WYNIKI BADAŃ FLORYSTYCZNYCH

Według danych literaturowych biota porostów liczy 481 gatunków [Mattick 1937, Rydzak 1953, 1956a, b, 1957a, b, 1959a, b, c, Dziabaszeński 1962, Wilkoń-Michalska i in. 1968, Toborowicz 1976, Kiszka 1977, 1999, Cieśliński 1974, Kuzieli, Halicz 1979, Marska 1979, Śpiewakowski, Izydorek 1981, Jagiełło 1983, Lipnicki 1984, Pustelniak 1991a, Fałtynowicz i in. 1991, Guzow 1997, Kepel 1999, Izydorek 2005, Kubiak 2005, Dimos 2005, Izydorek, Zduńczyk 2007, Matwiejuk, Kolanko 2007, Matwiejuk 2007a, 2008, 2009a, b, Wójciak, Korona 2008]. Liczba gatunków porostów w miastach różnej wielkości wynosi od kilku (1–10 gatunków), przez kilkadziesiąt (21–91 gatunków) i kilkaset (114–188 gatunków) do ponad 250 gatunków (tab. 1).

Nazwy gatunków porostów zweryfikowano pod względem współczesnej nomenklatury i wszystkie przyjęto za Fałtynowiczem [2003], z wyjątkiem rodzaju *Bryoria* (za Bystrkiem [1986, 1994]) i *Melanelia* (za Blanco i in. [2004]).

Tabela 1. Zestawienie liczby gatunków porostów w poszczególnych miastach

Table 1. Statement of species of lichens in different cities

Miasta	Źródło danych	Liczba gatunków
Cieszyn, Wolczyn	Rydzak [1956a]	1–10
Opole	Rydzak [1956a]	12–13
Polanica Zdrój	Rydzak [1959a]	
Zamość	Rydzak [1959c]	
Lublin	Rydzak [1953]	
Iwonicz, Lesko, Muszyna, Rymanów, Wisła, Ustroń	Rydzak [1956b]	21–91
Kluczbork	Rydzak [1956a]	
Zakopane	Rydzak [1957a]	
Białowieża, Busko, Puławy,	Rydzak [1957b]	
Duszniki Zdrój, Kłodzko, Kudowa Zdrój, Łądek Zdrój, Stronie Śląskie	Rydzak [1959a]	
Łeba, Międzyzdroje, Ustka	Rydzak [1959b]	
Toruń	Wilkoń-Michalska i in. [1968]	
Radom	Cieśliński [1974]	
Szczecin	Marska [1979]	
Łódź	Kuziel i Halicz [1979]	
Słupsk	Śpiewakowski i Izydorek [1981]	
Limanowa	Jagiello [1983]	
Rzeszów	Pustelniak [1991a]	
Malbork	Guzow [1997]	
Władysławowo, Hel, Kołobrzeg, Świnoujście	Izydorek [2005]	
Wrocław	Dimos [2005]	
Mielnik	Matwiejuk [2008]	
Świdnik	Wójciak i Korona [2008]	
Drohiczyn	Matwiejuk [2009b]	
Kielce	Toborowicz [1976]	
Drezdenko	Lipnicki [1984]	
Kraków	Kiszka [1999]	
Trójmiasto	Fałtynowicz i in. [1991]	
Poznań	Kepel [1999]	
Przemyśl	Kiszka [1999]	
Ciechanowiec	Matwiejuk i Kolanko [2007]	
Słupsk	Izydorek i Zduńczyk [2007]	
Białystok	Matwiejuk [2007a]	
Boćki	Matwiejuk [2009a]	
Olsztyn	Kubiak [2005]	251

W większości miast Polski były badane wszystkie grupy siedliskowe porostów (m.in. w Kielcach [Toborowicz 1976], Słupsku [Śpiewakowski, Izydorek 1981, Izydorek, Zduńczyk 2007], Poznaniu [Kepel 1999], Kołobrzegu [Izydorek 2005], Świnoujściu [Izydorek 2005], Świdniku [Wójciak, Korona 2008], Drohiczynie [Matwiejuk 2009b]), w innych zaś tylko epi-

fity (Rymanów, Wisła [Rydzak 1956b], Kudowa Zdrój i Polanica Zdrój [Rydzak 1959a], Radom [Cieśliński 1974], Łódź [Kuziel, Halicz 1979], Limanowa [Jagiełło 1983], Rzeszów [Pustelniak 1991a]) lub epifity (Malbork [Guzow 1997]).

We wszystkich miastach najliczniejszą grupą siedliskową były porosty epifityczne (tab. 2). W dalszej kolejności występowały porosty epilityczne, epiksyliczne i epigeiczne. Najrzadziej, bo zaledwie w kilkunastu miejscowościach, były spotykane porosty epibryofityczne oraz porosty epilichenofityczne, które odnaleziono tylko w Kluczborku i Olsztynie.

Tabela 2. Wykaz miast Polski, dla których opublikowano dane dotyczące liczby gatunków porostów z różnych grup siedliskowych

Table 2. List of Polish cities, for which published data on the number of species of lichens from different habitat groups

Miasto	Źródło danych	Liczba gatunków						
		ogólna	epifity	epiksylicy	epigeity	epility	epibryofity	epilichenofity
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lublin	Rydzak [1953]	73	54	•	•	33	•	•
Cieszyn	Rydzak [1956a]	10	7	•	•	5	•	•
Iwonicz Zdrój	Rydzak [1956b]	40	39	•	1	•	1	•
Kluczbork	Rydzak [1956a]	53	40	•	6	14	•	1
Lesko	Rydzak [1956b]	48	35	•	•	6	•	•
Muszyna	Rydzak [1956b]	63	52	•	•	10	1	•
Opole	Rydzak [1956a]	13	9	•	•	5	•	•
Rymanów	Rydzak [1956b]	23	23	•	•	•	•	•
Ustroń	Rydzak [1956b]	27	23	•	•	4	•	•
Wisła	Rydzak [1956b]	31	31	•	•	•	•	•
Wolczyn	Rydzak [1956a]	9	8	•	•	1	•	•
Zakopane	Rydzak [1957a]	55	46	•	•	14	•	•
Białowieża	Rydzak [1957b]	69	65	17	•	3		•
	Matwiejuk [2011]	109	94	24	1	24	1	
Busko Zdrój	Rydzak [1957b]	37	32	•	•	6	•	•
Duszniki Zdrój	Rydzak [1959a]	24	22	•	•	1	•	•
Kłodzko	Rydzak [1959a]	26	13	•	•	12	1	•
Kudowa Zdrój	Rydzak [1959a]	22	22	•	•	•	•	•
Lądek Zdrój	Rydzak [1959a]	37	32	•	•	6	•	•
Łeba	Rydzak [1959b]	42	37	•	5	•	•	•
	Łyzdorek [2005]	88	66	•	16	18		
Międzyzdroje	Rydzak [1959a]	38	35	•	1	8	•	•
	Łyzdorek [2005]	68	51	•	11	16	•	
Polanica Zdrój	Rydzak [1959a]	13	13	•	•	•	•	•
Puławy	Rydzak [1957b]	63	46	12	•	24	•	•
Siedlce	Rydzak [1957b]	21	13	•	•	8	•	•
Stronie Śląskie	Rydzak [1959a]	39	18	•	•	3	•	•
Ustka	Rydzak [1959b]	25	20	•	•	8	•	•
	Łyzdorek [2005]	104	67	•	15	30	•	

c.d. tab. 2 na str. 94

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zamość	Rydzak [1957b]	12	4	•	•	9	•	•
Toruń	Wilkoń- Michalska i in. [1968]	82	58	1	4	27	•	•
Radom	Cieśliński [1974]	42	42	•	•	•	•	•
Kielce	Toborowicz [1976]	188	91	44	47	60	5	•
Kraków	Kiszka [1977]	120	56	•	16	54	•	•
Szczecin	Marska [1979]	21	16	6	4	•	3	•
Łódź	Kuziel i Halicz [1979]	66	66	•	•	•	•	•
Słupsk	Śpiewakowski i Izydorek [1981]	90	69	12	17	16	•	
	Izydorek i Zduńczyk [2007]	115	83	3	14	22	•	
Limanowa	Jagiełło [1983]	57	57	•	•	•	•	
Drezdenko	Lipnicki [1984]	133	68	30	34	39	•	•
Trójmiasto	Mattick [1937]	92	47	12	41	11	•	
	Fałtynowicz i in. [1991]	177	107	20	46	45	2	
Rzeszów	Pustelniak [1991a]	42	42	•	•	•	•	
Malbork	Guzow [1997]	32	-	•	•	32	•	•
Poznań	Dziabaszewski [1962]	90	64	30	18	24	•	
	Kepel [1999]	174	82	55	49	104	25	
Przemysł	Kiszka [1999]	173	81	50	28	81	7	
Władysławowo	Izydorek [2005]	59	37	37	12	17	•	
Hel	Izydorek [2005]	46	31	31	9	11	•	
Kołobrzeg	Izydorek [2005]	66	49	49	8	16	•	
Świnoujście	Izydorek [2005]	74	47	47	21	14	•	
Olsztyn	Kubiak [2005]	251	169	96	43	72	3	1
Wrocław	Dimos [2005]	35	6	9	•	16	•	•
Białystok	Matwiejuk [2007]	151	90	38	22	54	8	
Ciechanowiec	Matwiejuk i Kolanko [2007]	114	57	54	25	42	•	
Mielnik	Matwiejuk [2008]	91	47	26	13	38	2	
Świdnik	Wójciak i Korona [2008]	47	33	14	•	17	1	
Boćki	Matwiejuk [2009a]	118	57	41	31	38	2	
Drohiczyn	Matwiejuk [2009b]	86	44	6	15	32	1	

Najczęściej w polskich miastach stwierdzono porosty z następujących rodzajów: chrobotek (*Cladonia*), misecznica (*Lecanora*), jaskrawiec (*Caloplaca*) (tab. 3).

Tabela 3. Udział porostów z poszczególnych rodzajów w miastach Polski

Table 3. The share of individual genus of lichens in Polish cities

Rodzaj	Liczba gatunków	Źródło danych
<i>Cladonia</i>	46	Mattick [1937], Rydzak [1953, 1956a, 1956b, 1957a, 1957b, 1959a, 1959b], Wilkoń-Michalska i in. [1968], Cieśliński [1974], Toborowicz [1976], Kiszka [1977, 1999], Kuziel i Halicz [1979], Marska [1979], Śpiewakowski i Lzydorek [1981], Jagiełło [1983], Lipnicki [1984], Fałtynowicz i in. [1991], Pustelniak [1991a], Guzew [1997], Kepel [1999], Kubiak [2005], Lzydorek [2005], Lzydorek i Zduńczyk [2007], Matwiejuk i Kolanko [2007], Matwiejuk [2007, 2008, 2009a, 2009b, 2011], Wójciak i Korona [2008]
<i>Lecanora</i>	35	
<i>Caloplaca</i>	23	
<i>Verrucaria</i>	16	
<i>Peltigera</i>	13	
<i>Micarea</i>	12	
<i>Pertusaria, Physcia, Usnea</i>	10	
<i>Bacidia, Lepraria</i>	9	
<i>Acarospora, Buellia, Lecania</i>	8	
<i>Aspicilia, Catillaria, Chaenotheca, Collema, Opegrapha, Phaeophyscia, Porpidia, Ramalina, Rinodina, Trapeliopsis, Xanthoria</i>	7	
<i>Arthonia, Bacidina, Lecidella, Rhizocarpon</i>	6	
<i>Bryoria Candeleriella, Cetraria, Physcia</i>	5	
<i>Melanohalea, Melanelixia, Parmelia, Placynthiella, Umbilicaria</i>	4	
<i>Hypocenomyce, Hypogymnia, Leptogium, Neofuscelia, Ochrolechia, Scoliosporum, Strangospora, Thelocarpon, Trapelia</i>	3	
<i>Agonimia, Amandinea, Biatora, Calicium, Catinaria, Chrysothrix, Diploschistes, Fellhaneropsis, Fuscidea, Gyalecta, Mycobilimbia, Parmelina, Parmeliopsis, Placidium, Placynthium, Polysporina, Protoparmelia, Pseudosagedia, Pyrenula, Staurothele, Stereocaulon, Thelidium,</i>	2	
<i>Absconditella, Acrocordia, Anaptychia, Anisomeridium, Arthopyrenia, Arthothelium, Baeomyces, Candalaria, Clauzadea, Cliostatmum, Dermatocarpon, Dibaeis, Dimerella, Diplotomma, Endocarpon, Evernia, Fellhanera, Farnoldia, Flavoparmelia, Graphis, Hafelia, Hypotrachyna, Imshaugia, Lobarina, Lobothele, Loxospora, Macentina, Maronea, Mycoblastus, Mycobilimbia, Pachyphiale, Phlyctis, Placocarpus, Platismatia, Pleurosticta, Polyblastia, Protoblastenia, Protoparmeliopsis, Pseudevernia, Psilolechia, Psorotichia, Punctelia, Pycnora, Pycnothelia, Ropalospora, Sarcogyne, Sarcopyrenia, Sarcosagium, Stenia, Thelomma, Thelotrema, Thrombium, Toninia, Tuckermanopsis, Vulpicida, Xanthoparmelia</i>	1	

Najczęściej notowanymi gatunkami w miastach były *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens* i *Xanthoria parietina* – w 48 miastach, *Hypogymnia physodes*, *Physconia grisea* i *Phaeophyscia orbicularis* – w 46, *Candelariella xanthostigma* i *Melanohalea exasperatula* – w 44 (tab. 4). Wśród tych gatunków były gatunki pospolite, nitrofilne i pyłolubne o szerokim zasięgu i dużej toksytolerancji, które stanowią główny trzon bioty porostów wielu miast.

Tabela 4. Frekwencja gatunków porostów w miastach Polski

Table 4. Turnout of lichen species in Polish cities

Gatunek porostu	Liczba miast	Źródło danych
<i>Parmelia sulcata</i>	48	Mattick [1937], Rydzak [1953, 1956a, b, 1957a, b, 1959a, b], Wilkoń-Michalska i in. [1968], Cieśliński [1974], Toborowicz [1976], Kiszka [1977, 1999], Kuziel i Halicz [1979], Marska [1979], Śpiewakowski i Izydorek [1981], Jagiełło [1983], Lipnicki [1984], Fałtynowicz i in. [1991], Pustelniak [1991a], Guzow [1997], Kepel [1999], Kiszka [1999], Dimos [2005], Izydorek [2005], Kubiak [2005], Izydorek i Zduńczyk [2007], Matwiejuk i Kolanko [2007], Matwiejuk [2007, 2008, 2009a, b, 2011], Wójciak i Korona [2008]
<i>Physcia adscendens</i>		
<i>Xanthoria parietina</i>		
<i>Hypogymnia physodes</i>	46	
<i>Physconia grisea</i>		
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>		
<i>Candelariella xanthostigma</i>	44	
<i>Melanohalea exasperatula</i>		
<i>Evernia prunastri</i>	41	
<i>Lecanora carpinea</i>	39	
<i>Lecidella elaeochroma</i>		
<i>Phlyctis argena</i>	38	
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	37	
<i>Physcia tenella</i>	36	
<i>Lecanora chlorotera</i>	35	
<i>Physcia stellaris</i>		
<i>Lecanora dispersa</i>		
<i>Xanthoria polycarpa</i>	34	
<i>Amandinea punctata</i>	32	

W przebadanych miastach występowały także gatunki „specjalnej troski”, zaklasyfikowane do siedmiu kategorii zagrożenia, uwzględnione na „Czerwonej liście porostów zagrożonych w Polsce” [Cieśliński i in. 2006] (tab. 5).

Tabela 5. Wykaz gatunków zagrożonych w polskich miastach [wg Cieślińskiego i in. 2006]

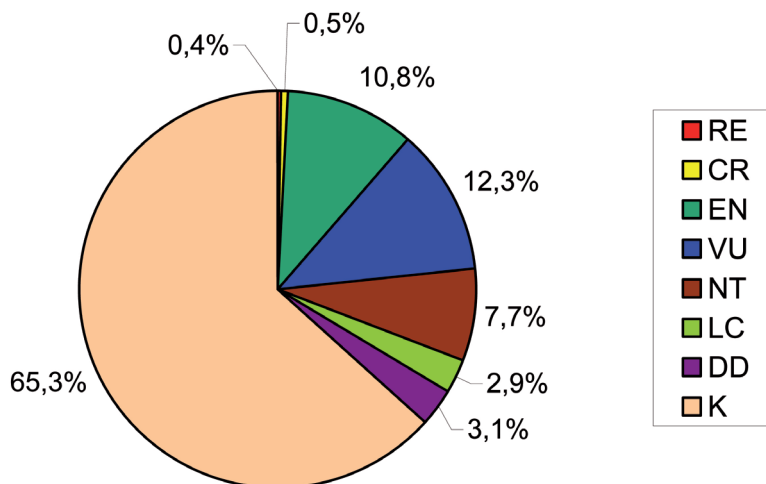
Table 5. The list of endangered species in the Polish cities [by Cieśliński et al. 2006]

Kategoria zagrożenia	Gatunki
RE	<i>Catinaria neuschildii</i> , <i>Maronea constans</i>
CR	<i>Bryoria vrangiana</i> , <i>B. subcana</i> , <i>Chrysothrix candelaris</i> , <i>Cladonia strepsilis</i> , <i>C. subcervicornis</i> , <i>Melanohalea exasperata</i> , <i>M. olivacea</i> , <i>Parmeliana quercina</i> , <i>Peltigera collina</i> , <i>Placocarpus schaeferi</i> , <i>Ramalina thrausta</i> , <i>Usnea faginea</i> , <i>U. florida</i> , <i>U. glabrata</i> , <i>U. glabrescens</i> , <i>U. rigida</i> , <i>U. scabrata</i> var. <i>regulosa</i>
EN	<i>Anaptychia ciliaris</i> , <i>Arthonia didyma</i> , <i>Aspicilia gibbosa</i> , <i>Bacidia rosella</i> , <i>Bacidia subincompta</i> , <i>Bacidina assulata</i> , <i>Bryoria crispa</i> , <i>Buellia schaeferi</i> , <i>Calicium trabinellum</i> , <i>Caloplaca cerinella</i> , <i>C. chlorina</i> , <i>C. flavorubescens</i> , <i>Catillaria erysiboides</i> , <i>Catinaria atropurpurea</i> , <i>Cetraria sepincola</i> , <i>Chaenotheca phaeocephala</i> , <i>C. stemonea</i> , <i>Cladonia bellidiflora</i> , <i>C. botrytes</i> , <i>C. stellaris</i> , <i>C. turgida</i> , <i>Collema cristatum</i> , <i>Flavoparmelia caperata</i> , <i>Gyalecta truncigena</i> , <i>Hypotrachyna revoluta</i> , <i>Lecanora albella</i> , <i>L. intumescens</i> , <i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>Loxospora elatina</i> , <i>Melanelixia glabra</i> , <i>Neofuscellia verruculifera</i> , <i>Opegrapha atra</i> , <i>Peltigera horizontalis</i> , <i>Peltigera lepidophora</i> , <i>Pertusaria flavida</i> , <i>P. multipunctata</i> , <i>Phaeophyscia ciliata</i> , <i>P. endophoenicea</i> , <i>P. hirtusa</i> , <i>Physconia distorta</i> , <i>P. perisidiosa</i> , <i>Pleurosticta acetabulum</i> , <i>Polyblastia sepulta</i> , <i>Pycnothelia papillaria</i> , <i>Pyrenula nitidiella</i> , <i>Ramalina fastigiata</i> , <i>R. fraxinea</i> , <i>Rinodina colobina</i> , <i>R. sophodes</i> , <i>Thelotrema lepadinum</i> , <i>Usnea subfloridana</i>
VU	<i>Acrocordia gemmata</i> , <i>Arthonia mediella</i> , <i>Bacidia beckhausii</i> , <i>B. rubella</i> , <i>Biatora vernalis</i> , <i>B. efflorescens</i> , <i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Buellia alboatra</i> , <i>B. venusta</i> , <i>Calicium viride</i> , <i>Caloplaca cerina</i> , <i>C. variabilis</i> , <i>Catillaria chalybeia</i> , <i>Cetraria chlorophylla</i> , <i>C. islandica</i> , <i>Chaenotheca xyloxena</i> , <i>Cladonia macroceras</i> , <i>Cliostatmum griffithii</i> , <i>Dermatocarpon miniatum</i> , <i>Hafelia disciformis</i> , <i>Hypogymnia farinacea</i> , <i>Lecidella anomaloides</i> , <i>Melanohalea elegantula</i> , <i>Melanelixia subargentifera</i> , <i>Ochrolechia androgyna</i> , <i>O. arborea</i> , <i>Opegrapha rufescens</i> , <i>O. viridis</i> , <i>O. vulgata</i> var. <i>subsiderella</i> , <i>O. vulgata</i> , <i>Pachyphiale fagicola</i> , <i>Parmelia submontana</i> , <i>Parmelina tiliacea</i> , <i>Parmeliopsis hyperata</i> , <i>Peltigera canina</i> , <i>P. praetextata</i> , <i>Pertusaria hemisphaerica</i> , <i>P. pertusa</i> , <i>Phaeophyscia chloantha</i> , <i>Physcia caesia</i> var. <i>caesiella</i> , <i>P. dimidiata</i> , <i>P. tribacia</i> , <i>Physconia detersa</i> , <i>Placidium lachneum</i> , <i>Porpidia glaucopheaea</i> , <i>Punctelia subrudecta</i> , <i>Pyrenula nitida</i> , <i>Ramalina farinacea</i> , <i>R. pollinaria</i> , <i>Rhizocarpon badioatrum</i> , <i>Rinodina exigua</i> , <i>Staurotheca ambrosiana</i> , <i>Strangospora ochrophora</i> , <i>Thelocarpon intermediellum</i> , <i>Umbilicaria hirsuta</i> , <i>Usnea filipendula</i> , <i>U. hirta</i> , <i>Xanthoria calcicola</i> , <i>X. fallax</i>
NT	<i>Acarospora makrospora</i> , <i>A. umbilicata</i> , <i>Arthonia lapidicicola</i> , <i>A. vinosa</i> , <i>Arthothelium ruatum</i> , <i>Bacidina arnoldina</i> , <i>Caloplaca cirrochroa</i> , <i>Catillaria lenticularis</i> , <i>Cetraria ericetorum</i> , <i>Chaenotheca furfuracea</i> , <i>C. trichialis</i> , <i>Cladonia sulphurina</i> , <i>Collema auriforme</i> , <i>Dibaeis baeomyces</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Gyalecta jenensis</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Lecania inundata</i> , <i>Leptogium tenuissimum</i> , <i>Micarea erratica</i> , <i>M. melaleuca</i> , <i>Neofuscellia pulla</i> , <i>Opegrapha varia</i> , <i>Peltigera neckeri</i> , <i>Pertusaria coccooes</i> , <i>P. leioplaca</i> , <i>Physcia aipolia</i> , <i>Placidium squamulosum</i> , <i>Placynthium nigrum</i> , <i>Polysporina lapponica</i> , <i>Protoparmelia badia</i> , <i>Psorotichia schaeferi</i> , <i>Toninia sedifolia</i> , <i>Trapeliopsis gelatinosa</i> , <i>T. viridescens</i> , <i>Vulpicida pinastri</i>
LC	<i>Acarospora glaucocarpa</i> , <i>A. smaragdula</i> , <i>Agonimia gelatinosa</i> , <i>Fellhaneropsis vezdae</i> , <i>Lecanora subrugosa</i> , <i>Leptogium lichenoides</i> , <i>Phaeophyscia sciastra</i> , <i>Porpidia cinereoatra</i> , <i>Porpidia macrocarpa</i> , <i>Psilolechia lucida</i> , <i>Strangospora pinicola</i> , <i>Thelocarpon epibolum</i> , <i>Umbilicaria deusta</i> , <i>U. polyphylla</i>
DD	<i>Bacidia herbarum</i> , <i>Caloplaca vitellinula</i> auct., <i>Lecania cyrtellina</i> , <i>L. turicensis</i> , <i>Lecanora persimilis</i> , <i>L. sambuci</i> , <i>Peltigera hymenina</i> , <i>P. membranacea</i> , <i>P. monticola</i> , <i>P. polydactylon</i> , <i>Ramalina motykana</i> , <i>Thelidium pyrenophorum</i> , <i>Thrombium epigaeum</i> , <i>Trapeliopsis aeneofusca</i> , <i>T. glaucolepidea</i>

Objaśnienia: RE – regionalnie wymarte, CR – na granicy wymarcia, EN – wymierające, VU – narażone, NT – bliskie zagrożenia, LC – słabo zagrożone, DD – niedostateczne dane.

Explanatory: RE – regionally extinct; CR – critically endangered; EN – endangered; VU – vulnerable, NT – near threatened; LC – least concern; DD – data deficient.

Największy udział w ogólnej liczbie gatunków porostów odnotowanych w Polsce mają gatunki z kategorii narażone (VU) – 12,3% i wymierające (EN) – 10,8% (rys. 2).



Rys. 2. Udział gatunków poszczególnych kategorii zagrożenia wśród porostów odnotowanych w miastach Polski; K – gatunki spoza „Czerwonej listy”, pozostałe oznaczenia jak pod tabelą 5

Fig. 2. The percentage of individual threatened category among lichens recorded in cities of Poland; K – species outside the Red list, for other explanations see table 5

Wyniki badań prowadzonych w miastach powtórnie wykazują ujemne skutki działalności człowieka. Zaobserwowano proces ubożenia bioty porostów. Dotyczy to głównie porostów epifitycznych, o plechach krzaczkowatych i listkowatych, najbardziej wrażliwych na czynniki antropogeniczne. Niektóre gatunki wyraźnie zmniejszyły częstość i obfitość występowania. Objawem pogarszających się warunków wegetacji jest zmniejszanie żywotności niektórych gatunków porostów. Wcześniejsi badacze akcentowali w swoich pracach zjawisko tworzenia owocników apotecjów przez wiele pospolitych gatunków, np. *Hypogymnia physodes*, *Ramalina farinacea*, *Parmelia sulcata*.

W Trójmieście [Fałtynowicz i in. 1991] w ciągu stu lat zginęło 85 gatunków porostów, a wiele dalszych jest zagrożonych wymarciem. W Krakowie liczba gatunków porostów zmniejszyła się o ponad 37% [Kiszka 1986], a w Białowieży o 24% [Matwiejuk 2011].

6. WYNIKI BADAŃ LICHENOINDYKACYJNYCH

Porosty są uznawane za jedno z najlepszych organizmów wskaźnikowych, ze względu na specyficzny sposób gospodarowania wodą. Podobnie jak mchy, są wskaźnikami zanie-

czyszczenia powietrza, a nie powietrza i gleby, jak rośliny wyższe. Brak im kutikuli i otworów szparkowych, wobec czego wymiana gazów i związków odżywczych odbywa się całą powierzchnią plechy. Ich wrażliwość jest spowodowana małą ilością niechronionego chlorofilu w glonie w stosunku do masy plechy. Ponadto są one, w przeciwieństwie do roślin wyższych, aktywne w ciągu zimy, a więc w czasie, gdy poziom zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym jest wyższy. Porosty są najlepszym biologicznym wskaźnikiem stanu sanitarnego powietrza, mimo że oprócz SO_2 na ich vegetację mają również wpływ: wilgotność siedliska, rodzaj podłoża, nasłonecznienie i inne czynniki. W związku z tym są często stosowane w badaniach bioindykacyjnych różnymi metodami lichenoidykacyjnymi.

W wielu miastach Polski zastosowano metodę lichenoidykacyjną, polegającą na zastosowaniu skali porostowej do oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego SO_2 . Metoda ta polega na określeniu rozmieszczenia na badanym terenie tylko wybranych gatunków wskaźnikowych, które wyróżniają strefy o odmiennym stopniu zanieczyszczenia. Skala porostowa umożliwia określenie strefy porostowej, tzn. obszaru charakteryzującego się występowaniem wskaźnikowych gatunków porostów nadrzewnych o znanej odporności na stężenie SO_2 .

W wielu miastach Polski stwierdzono wyraźne strefowe rozmieszczenie porostów. Pustynie bezporostowe wyodrębniono w Krakowie [Zurzycki 1950, Kiszka 1977, Kiszka, Kościelniak 1996], Toruniu [Wilkoń-Michalska i in. 1968], Radomiu [Cieśliński 1974], Warszawie [Zimny, Kucińska 1974], Łodzi [Kuziel, Halicz 1979], Szczecinie [Marska 1979], miastach aglomeracji Trójmiasta [Fałtynowicz i in. 1991] i Poznaniu [Kepel 1999]. Strefy bezporostowe pokrywały się z obszarami o dużym skażeniu powietrza atmosferycznego. Strefy bezporostowej nie stwierdzili Toborowicz [1976] w Kielcach, Lipnicki [1984] w Drezdenku i Kiszka [1999] w Przemyślu. W Białymstoku pustynia bezporostowa występuje tylko na pojedynczych stanowiskach [Matwiejuk 2007b].

Zurzycki [1950] opracował pierwszą w Polsce mapę lichenoidykacyjną dla miasta Krakowa i okolicy. Na badanym obszarze wydzielił trzy strefy: bezporostową, walki oraz normalnej vegetacji. W 1977 roku opublikowano nową mapę rozmieszczenia stref bioekologicznych na podstawie bioty porostów z obrębu Krakowa i Puszczy Niepołomickiej [Kiszka 1977]. Wydzielono tam od I do V stref, z kilkoma podstrefami: strefę I – bezporostową lub granic progowych najodporniejszych porostów, strefę II – dominacji porostów bardzo odpornych i odpornych, strefę III – granic progowych porostów wrażliwych, strefę IV – bardzo silnego oddziaływania zanieczyszczeń na porosty w lasach i strefę V – wyraźnego oddziaływania zanieczyszczeń na porosty w lasach. Stwierdzono rozszerzanie się stref bezporostowych i potwierdzono, że głównymi czynnikami eliminującymi porosty z Krakowa są emisje miejskie i przemysłowe.

W Toruniu [Wilkoń-Michalska i in. 1968] granice strefy walki przebiegały niesymetrycznie w stosunku do centrum miasta. Przestrzenny układ stref vegetacji porostów w mieście jest związany z korzystnym wpływem kompleksów zieleni oraz przemieszczaniem się py-

łów i gazów zgodnie z morfologią terenu, a zwłaszcza z przebiegiem dolin rzecznych i kierunkiem wiejących wiatrów.

Zimny i Kucińska [1974] wykazali, że na terenie Warszawy rozmieszczenie porostów nie jest równomierne. Wyróżnili trzy strefy: strefę porostową, strefę o zmniejszonym udziale porostów, czyli strefę walki, oraz strefę bezporostową. Teren strefy bezporostowej był najsilniej skażony zanieczyszczeniami powietrza atmosferycznego. Mapy rozmieszczenia porostów w stolicy korelowały z mapami zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego.

Fałtynowicz i in. [1991] w miastach aglomeracji Trójmiasta wyróżnili cztery strefy lichenoidykacyjne: bezwzględną pustynię bezporostową, względną pustynię porostową, strefę walki oraz strefę normalnej roślinności. Podkreślili, że jest to równoznaczne z określeniem obszarów o różnym stopniu skażenia powietrza atmosferycznego, przede wszystkim dwutlenkiem siarki. Trójmiasto wyróżnia specyficzny, pasmowy układ stref występowania porostów, równoległy do brzegu Zatoki Gdańskiej.

Kepel [1999] opracował skalę lichenoidykacyjną dla Poznania, z uwzględnieniem gatunków zasiedlających podłoże nieorganiczne (betonowe słupy) i umieścił je jako gatunki wskaźnikowe w poszczególnych strefach lichenoidykacyjnych.

Jak widać, w wielu dużych miastach Polski oraz w sąsiedztwie źródeł emisji przemysłowych wykształciły się różnej wielkości strefy bezporostowe (pustynie bezporostowe) i strefy walki o bardzo zubożałym składzie gatunkowym. Strefy normalnej roślinności często są oddalone od centrum miast.

Wymieranie porostów w miastach, negatywne zmiany procesów metabolicznych w eksponowanych plechach i kondycja plech *Hypogymnia physodes* mierzona aktywnością życiową fotobionta są powszechnie uważane za mierniki stężenia dwutlenku siarki w powietrzu [Bystrek 1997]. Pustelniak [1991b] w Rzeszowie wykazała, że tempo obumierania plech pustułki pęcherzykowej było większe zimą niż latem. Bystrek i Wójciak [1994], eksponując plechy *Hypogymnia physodes* w wielu punktach Lublina, stwierdzili całkowite obumarzenie i rozpad komórek nie tylko zielonego komponenta, ale i strzępek tworzącego plechę porostu grzyba. Matwiejuk [2007b] na terenie Białegostoku zaobserwowała najgorszą kondycję plech *Hypogymnia physodes* na stanowiskach eksponowanych na obszarze od centrum miasta ku południowemu wschodowi i północnemu zachodowi, co jest związane z kierunkiem najczęściej wiejących wiatrów (z kierunków zachodnich).

Badania akumulacji metali w plechach transplantowanej pustułki pęcherzykowej potwierdzają, że otrzymane wyniki dotyczą dokładnie tego czynnika, o którym w eksperymencie chodziło. W miastach, w których prowadzono te badania wykazano, że największe stężenia akumulowanych metali są notowane w plechach eksponowanych na stanowiskach, których rozmieszczenie pokrywa się z lokalizacją obszarów o największej emisji.

7. PODSUMOWANIE

Badania bioty porostów terenów zurbanizowanych miały istotny wpływ na poznanie porostów Polski. Przyczyniły się one przede wszystkim do zrozumienia istotnych przyczyn, źródeł, mechanizmów i tempa współczesnych przemian bioty porostów, zachodzących pod wpływem antropopresji.

Położenie geograficzne i klimat danego regionu w dość dużym stopniu wpływają na bogactwo bioty porostowej w miastach, obecnie jednak głównym czynnikiem ograniczającym występowanie porostów na terenach zurbanizowanych i uprzemysłowionych jest zanieczyszczenie atmosfery (hipoteza trucizn). Przeciwna jej teoria suszy argumentowana przez Rydzaka i innych straciła obecnie na znaczeniu, ponieważ może się odnosić jedynie do miejscowości pozbawionych wpływów przemysłu [Rydzak 1953].

Centra lub dzielnice przemysłowe wielu miast Polski są objęte obszarami pustyń bezporostowych. Powtórne badania monitoringowe w wielu miastach mogą wykazać, czy mimo zmniejszającej się obecnie emisji szkodliwych związków, takich jak dwutlenek siarki i tlenki azotu, obszary te będą się powiększać czy też nie.

Wpływ człowieka na porosty, w tym również rosnące w miastach, znajduje odzwierciedlenie w postaci dwóch równolegle zachodzących procesów – ustępowania lub wymierania jednych gatunków oraz rozprzestrzeniania się innych. W ciągu wieloletnich badań prowadzonych w miastach największy ubytek populacyjny i gatunkowy zaobserwowano wśród porostów najmniej odpornych na skażenia, tzn. porostów o plechach krzaczkowatych i listkowatych. Odnotowano coraz częstsze zanikanie różnych gatunków porostów i zwiększający się udział gatunków z różnych grup zagrożenia wpisanych na „Czerwoną listę porostów zagrożonych w Polsce” [Cieśliński 2006]. Pozytywnym skutkiem antropopresji w miastach jest zwiększanie się liczby gatunków o synantropy nitrofilne, koprofilne (ornitokoprofilne) i pyłolubne, które skolonizowały korę drzew oraz konstrukcje drewniane, beton i pokrycia z tworzyw sztucznych.

PIŚMIENNICTWO

- ARNOLD F. 1891–1901. Zur Lichenoflora von München. Ber. Bayer. Bot. Ges. 1891: 1–147; 1892: 1–45; 1898: 1–82; 1900: 1–100; 1901: 1–24.
- BIEGA B., NOWAK K., POLECHOŃSKA L., POLECHOŃSKA M. 2009. Porosty, jako wskaźniki stanu zanieczyszczenia powietrza na terenie miasta Wrocławia. Konferencja Naukowa Środowisko miejskie Wrocławia oczami przyrodników, Wrocław 23–24 kwietnia 2009 r. 45–42. kos.ing.uni.wroc.pl/Zbior_abstraktow.pdf
- BLANCO O., CRESPO A., DIVAKAR P.K., ESSLINGER T.L., HAWKSWORTH D.L., LUMBSCH H.T. 2004. *Melanelixia* and *Melanohalea*, two new genera segregated from *Melanelia* (*Parmeliaceae*) based on molecular and morphological data. Mycol. Res. 108(8): 873–84.

- BYSTREK J. 1986. Species of the genus *Bryoria* Brodo et Hawksw. (Lichenes, Usneaceae) in Europe. Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Biol. Ser. 34, 10–12: 293–300.
- BYSTREK J. 1994. Studien über die Flechtengattungen *Usnea* in Europa. Wyd. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin: 69.
- BYSTREK J. 1997. Podstawy lichenologii. Wyd. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin: 312.
- BYSTREK J., WÓJCIAK H. 1994. Mapa bioindykacyjna miasta Lublina oparta o porosty [raport – cz. I], maszynopis, Lublin: 1–18.
- CIEŚLIŃSKI S. 1974. Flora epifityczna porostów miasta Radom. Biuletyn Kwartalny Radomskiego Towarzystwa Naukowego 11 (3/4): 169–189.
- CIEŚLIŃSKI S., CZYŻEWSKA K., FABISZEWSKI J. 2006. Red list of the lichens in Poland. In: Red list of plants and fungi in Poland. Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W., Szelaż Z. (eds.). W. Szafer Institute of Botany PAN, Kraków: 73–89.
- DIMOS M. 2005. Porosty Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. Acta Botanica Silesiaca 2: 173–179.
- DZIABASZEWSKI B. 1962. Porosty Poznania na tle Wielkopolski. Prace Komisji Biologicznej PTPN, Poznań.
- ERICHSEN C.F.E. 1936. Pertusariaceae. In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland. Österreich und der Schweiz 9.5.1: 321–728.
- FAŁTYNOWICZ W. 1995. Wykorzystanie porostów do oceny zanieczyszczenia powietrza. Zasady, metody, klucze do oznaczania wybranych gatunków. Centrum Edukacji Ekologicznej Wsi, Krosno: 141.
- FAŁTYNOWICZ W. 2003. The lichens lichenicolous and allied fungi of Poland. An annotated checklist. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 435.
- FAŁTYNOWICZ W., IZYDOREK I., BUDZBON E. 1991. The lichen flora as bioindicator of air pollution of Gdańsk, Sopot and Gdynia. Monogr. Bot. 73: 1–53.
- GUZOW B. 1997. The lichen flora of the Malbork Castle (N Poland). Acta Mycologica 32(1): 23–30.
- HAWKSWORTH D.L., ROSE F. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227: 145–148.
- IZYDOREK I. 2005. Porosty wybranych miast na polskim wybrzeżu Bałtyku. Acta Botanica Cassubica 5: 173–178.
- IZYDOREK I., ZDUŃCZYK A. 2007. Skład gatunkowy porostów miasta Słupska na Pomorzu Zachodnim. Słupskie Prace Biologiczne 4: 21–26.
- JAGIEŁŁO M. 1983. Porosty epifityczne Limanowej. Zesz. Nauk. Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace Botaniczne 11: 192–218.
- JÓŹWIAK M. 2007. Kumulacja metali ciężkich i zmiany morfologiczne w plechach porostu *Hypogymnia physodes* [L.] Nyl. lichen. Monitoring Środowiska Przyrodniczego 8: 51–56.

- KEPEL A. 1999. Porosty Poznania jako wskaźniki zanieczyszczenia atmosfery. Praca doktorska (manuskrypt). Zakład Taksonomii Roślin Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań: 237.
- KISZKA J. 1977. Wpływ emisji miejskich i przemysłowych na florę porostów (*Lichenes*) Krakowa i Puszczy Niepołomickiej. Wyd. Naukowe WSP w Krakowie, Prace Monogr. 19: 1–137.
- KISZKA J. 1986. Współzależność pomiędzy stopniem skażenia atmosfery SO₂ a degradacją i obumieraniem flory porostów i poszczególnych, wrażliwych gatunków w obrębie wybranych obszarów w południowej Polsce. W: Biometeorologia a organizm ludzi i zwierząt. R. J. Wojtusiak (red.). PWN, Warszawa–Kraków: 123–133.
- KISZKA J. 1990. Lichenoidykacja obszaru województwa krakowskiego. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr. 18: 201–212.
- KISZKA J. 1999. Porosty (*Lichenes*) oraz warunki bioekologiczne Przemysła. Arboretum Bolestraszyce Z. 6: 1–86.
- KISZKA J., KOŚCIELNIAK R. 1996. Porosty miasta Krakowa oraz waloryzacja ich warunków bioekologicznych. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr. 24: 21–72.
- KLINSMANN E.F. 1861. Beiträge zu einer Cryptogamen-Flora Danzigs. Verhandl. Phys.–ökon. Ges. Königsberg 3: 36–62.
- KRAWIEC F. 1933a. Porosty Ludwikowa. Prace monogr. nad przyr. WPN pod Poznaniem. PTPN, Poznań.
- KRAWIEC F. 1933b. Materiały do flory porostów Pomorza. Acta Soc. Bot. Pol. 10.1: 25–47.
- KRAWIEC F. 1935. Lichenotheca Polonica. Fasc. II. Lichenes Posnanienses (51–100). Inst. Bot. UP, Poznań.
- KRAWIEC F. 1938. Materiały do flory porostów północno-wschodniej Polski. Spraw. Komis. Fizjogr. PAU 71: 65–82.
- KUBIAK D. 2005. Lichens and lichenicolous fungi of Olsztyn Town (NE Poland). Acta Mycol. 40 (2): 293–332.
- KUZIEL S., HALICZ B. 1979. Występowanie porostów epifitycznych na obszarze Łodzi. Sprawozdanie z czynności i posiedzeń naukowych 33.3. Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź: 8.
- LARSEN R.S., BELL J.N.B., JAMES P.W., CHIMONIDES P.J., RUMSEY F.J., TREMPER A., PURVIS O.W. 2007. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. Environmental Pollution 146(2): 332–340.
- LIPNICKI L. 1984. Porosty miasta Drezdenka i najbliższej okolicy. Fragm. Flor. et Geobot. 28.2: 221–239.
- MATTICK F. 1934. Die Flechten des Gebietes der Freien Stadt Danzing. Ber. Westpr. Bot.-Zool. Ver. 56: 46–57.
- MATTICK F. 1937. Flechtenvegetation und Flechtenflora des Gebietes der Freien Stadt Danzig. Ber. Westpreuss. Bot.-Zool. Ver. 59: 1–54.

- MATWIEJUK A. 2007a. Porosty Białegostoku. Analiza florystyczno-ekologiczna. Tom.1. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok: 137.
- MATWIEJUK A. 2007b. Porosty Białegostoku, jako wskaźniki zanieczyszczenia atmosfery. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok: 102.
- MATWIEJUK A. 2008. Lichens of Mielnik on river Bug (Podlasie, Eastern Poland). *Nature Journal* 41: 5–18.
- MATWIEJUK A. 2009a. Lichens of the Boćki and its surroundings in Podlasie (NE Poland). *Nature Journal* 42: 49–61.
- MATWIEJUK A. 2009b. Lichens of Drohiczyn on the Bug river (Podlasie, Eastern Poland). *Rocz. AR Pozn. 390, Botanica Steciana* 12: 57–62.
- MATWIEJUK A. 2011. Anthropogenic changes of lichen biota of the Białowieża (Podlasie, Eastern Poland). *Rocz. AR Pozn. 390, Botanica Steciana* 15: 51–60.
- MATWIEJUK A., KOLANKO K. 2007. Lichens of Ciechanowiec and its environs (Eastern Poland). *Rocz. AR Pozn. 390, Botanica Steciana* 11: 85–93.
- MARSKA B. 1979. Z badań nad porostami miasta Szczecina. *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej w Szczecinie. Rolnictwo XXII – Seria Przyrodnicza* 77: 205–215.
- NALI C., BALDUCCI E., FRATI L., PAOLI L., LOPPI S., LORENZINI G. 2007. Integrated biomonitoring of air quality with plants and lichens. A case study on ambient ozone from central Italy. *Chemosphere* 67(11): 2169–2176.
- NYLANDER W. 1866. Les lichens du Jordin du Luxembourg. *Bull. Soc. Bot. France* 13: 364–372.
- OHLERT A. 1863. Verzeichniss Preussischer Flechten. *Schrift. Kgl. Phys.-ökon. Ges. Königsberg* 4: 153–157.
- OHLERT A. 1870. Zusammenstellung der Lichenes der Provinz Preussen. *Schrift. Kgl. Phys.-ökon. Ges. Königsberg* 11: 1–51.
- PIÓRECKI J., RYDZAK J. 1970. Flora i ekologia porostów miasta Przemyśla. *Rocz. Tow. Przyj. Nauk w Przemyślu* 13–14: 321–338.
- PUSTELNIAK L. 1991a. Porosty epifityczne miasta Rzeszowa. *Zesz. Nauk. Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace Botaniczne* 22: 171–191.
- PUSTELNIAK L. 1991b. Application of the transplantation method in studies on the influence of the urban environment upon the vitality of *Hypogymnia physodes* [L.] Nyl. thalli. *Zesz. Nauk. Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prace Botaniczne* 22: 193–201.
- REYGER G. 1766. *Florae Gedanensis Tentamen*, Gedan.
- RYDZAK J. 1953. Rozmieszczenie i ekologia porostów miasta Lublina. *Annales UMCS, Sect. C* 8(9): 233–356.
- RYDZAK J. 1956a. Wpływ małych miast na florę porostów. Część I. Dolny Śląsk–Kluczbork, Wołczyn, Opole, Cieszyn. *Annales UMCS, Sect. C* 10(1): 1–32.
- RYDZAK J. 1956b. Wpływ małych miast na florę porostów. Część II. Beskidy Zachodnie – Wiśla, Ustroń, Muszyna, Iwonicz, Rymanów, Lesko. *Annales UMCS, Sect. C* 10(2): 1–66.

- RYDZAK J. 1957a. Wpływ małych miast na florę porostów. Część III. Tatry. Zakopane. Annales UMCS, Sect. C 10(7): 157–176.
- RYDZAK J. 1957b. Wpływ małych miast na florę porostów. Część IV. Lubelszczyzna, Kieleckie, Podlasie, Puławy, Zamość, Busko, Siedlce, Białowieża. Annales UMCS, Sect. C 10(14): 322–398.
- RYDZAK J. 1959a. Wpływ małych miast na florę porostów. Część V. Kotlina Kłodzka- Kłodzko, Kudowa Zdrój, Duszniki Zdrój, Polanica Zdrój, Łądek Zdrój, Stronie Śląskie. Annales UMCS, Sect. C 11(2): 25–50.
- RYDZAK J. 1959b. Wpływ małych miast na florę porostów. Część VI. Region bałtycki – Międzyzdroje, Ustka, Łeba. Annales UMCS, Sect. C 11(3): 51–72.
- RYDZAK J. 1959c. Influence of Small Towns on the Lichen Vegetation. Part VII. Discussion and General Conclusions. Annales UMCS, Sect. C 13(16): 275–323.
- SERNANDER R. 1912. Studier öfver lavarans biologi I. Nitroflora lafvar. Sv. Bot. Tidskr. 6: 803–883.
- ŚPIEWAKOWSKI E. R., IZYDOREK I. 1981. Porosty Słupska na tle warunków ekologicznych miasta. WSP w Słupsku, Słupsk: 118.
- TOBOROWICZ K. 1976. Porosty miasta Kielc i najbliższej okolicy. Fragm. Flor. Geobot. 22.4: 575–603.
- WILKOŃ-MICHALSKA J., GLAZIK N., KALIŃSKA A. 1968. Porosty miasta Torunia. Acta Univ. Nic. Copern., Biologia 29: 209–253.
- WÓJCIAK H. 2003. Porosty, mszaki i paprotniki. Flora Polski. Multico, Warszawa, ss. 197.
- WÓJCIAK H., KORONA K. 2008. The condition of the biota of Lichen in Świdnik. Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. 5: 199–207.
- ZIMNY H., KUCIŃSKA K. 1974. Porosty Warszawy jako biowskaźniki zaburzeń środowiska miejskiego. Przegląd Informacyjny – Zielen Miejska. 10/1: 13–22.
- ZURZYCKI J. 1950. Badania nad nadrzewnymi porostami Krakowa i okolicy. Mat. do Fizjogr. Kraju. 24: 1–30.