



Monitoring środowiskowy z wykorzystaniem porostów

dr Anna Matwiejuk

Instytut Biologii

Wydział Biologiczno-Chemiczny

Uniwersytet w Białymstoku



Porosty = grzyby zlichenizowane

FOTOBIONT



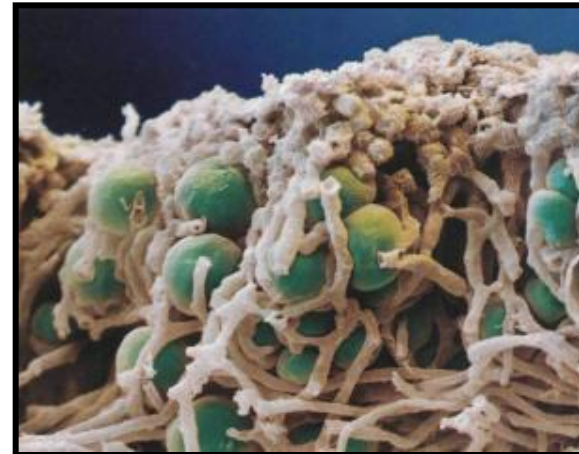
zielenica (Chlorophyta) lub sinica (Cyanophyta)

MIKOBIONT



workowiec (Ascomycota)

POROST (Lichens)

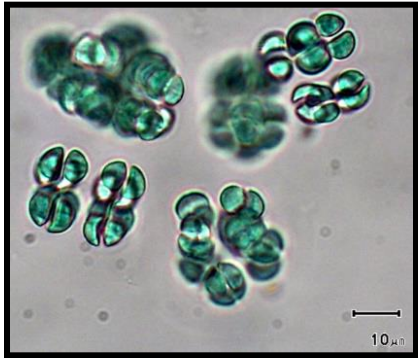


Porosty = grzyby zlichenizowane

FOTOBIONT



Zielenica

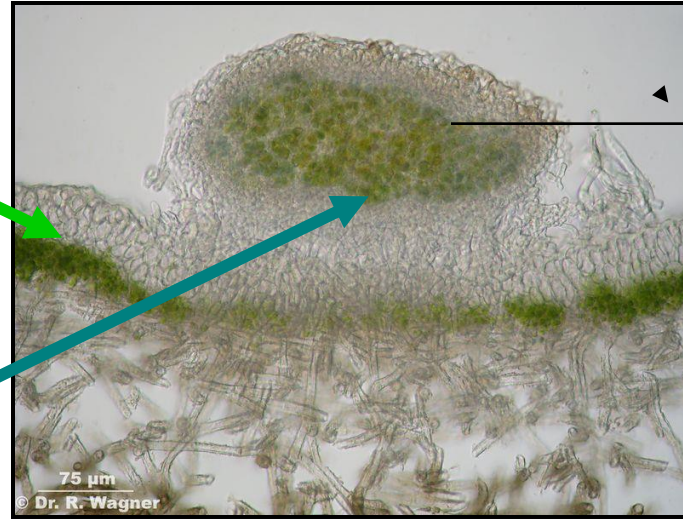


Sinica

MIKOBIONT



Workowiec



cefalodium

POROST



Porosty = grzyby zlichenizowane

FOTOBIONT



zielenica (Chlorophyta)

MIKOBIONT



podstawczak (Basidiomycota)



POROST –
Omphalina hudsoniana

Porosty = grzyby zlichenizowane

- ▶ Na świecie - 13 500 gatunków (Purvis 2007)
- ▶ W Polsce - 1 600 gatunków (Fałtynowicz 2003)
- ▶ W Polsce - 240 gatunków chronionych (Rozporządzenie ... 2004)



Usnea filipendula



Lobaria pulmonaria



Bryoria fuscescens

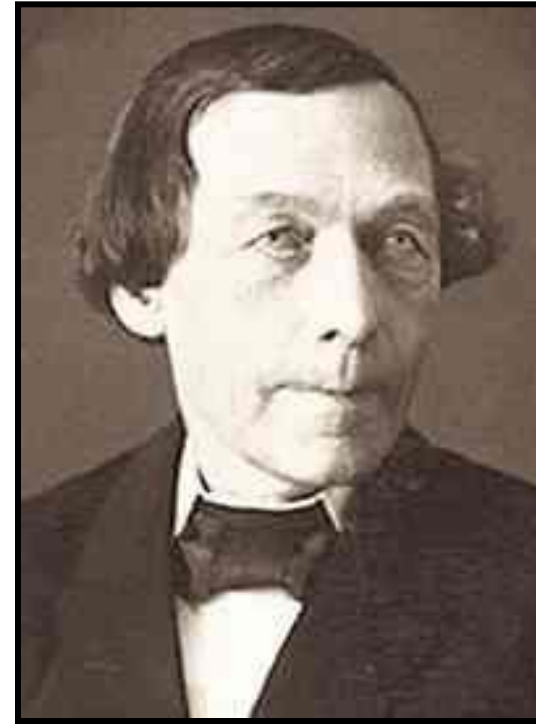
Celem prezentacji jest ocena:

1. ocena roli porostów w monitoringu biologicznym zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego
2. ocena właściwości porostów jako wskaźników zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego
2. ocena i przegląd metod lichenindykacyjnych wykorzystujących porosty jako czułe biowskaźniki zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego
3. ocena roli porostów jako wskaźników naturalności lasów
4. ocena roli porostów jako wskaźników zmian klimatu

Lichenoindykacja

Historia - XIX/XX w. William Nylander

- porosty jako bioindykatory



William Nylander
(1822-1899)

Lichenoindykacja – metoda bioindykacji wykorzystująca porosty jako czułe wskaźniki zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego

Podstawowe zalety porostów jako biowskaźników

- są zaliczane do stenobiontów, czyli organizmów, które mają wąski zakres tolerancji, czyli ich zdolność do adaptacji przy zmieniającym się czynniku jest niewielka
- są obecne w środowisku w dużej liczbie populacji
- pobierają substancje odżywcze i wodę z atmosfery, dzięki czemu ograniczona jest wielowymiarowość oddziaływań, np. w porównaniu do roślin korzeniowych.
- są odporne na wiele rodzajów zanieczyszczeń kumulowanych w ich plechach, przy czym wyraźny jest próg tolerancji porostów na zanieczyszczenia
- zaburzenia homeostazy, wywołane zanieczyszczeniem powietrza, powodują w porostach wiele mierzalnych zmian: fizjologicznych, morfologicznych i anatomicznych
- dzięki ich właściwościom sorpcyjnym kumulują w swoich plechach śladowe ilości pierwiastków, niejednokrotnie świadczące o ich pochodzeniu, np. radionuklidy

Dlaczego porosty nadrzewne są najczęstsze w monitoringu powietrza?

- Porosty nadrzewne są czułym wskaźnikiem zakwaszenia środowiska (zanieczyszczenia powietrza SO_2) i występują w ekosystemie przez wiele lat.
- Plechy porostów nadrzewnych (listkowatych i krzaczkowatych) łatwo oddzielić od podłoża.
- Porosty z innych grup, np. porosty epilityczne rosną na podłożu betonowym, które neutralizuje kwaśne zanieczyszczenia powietrza



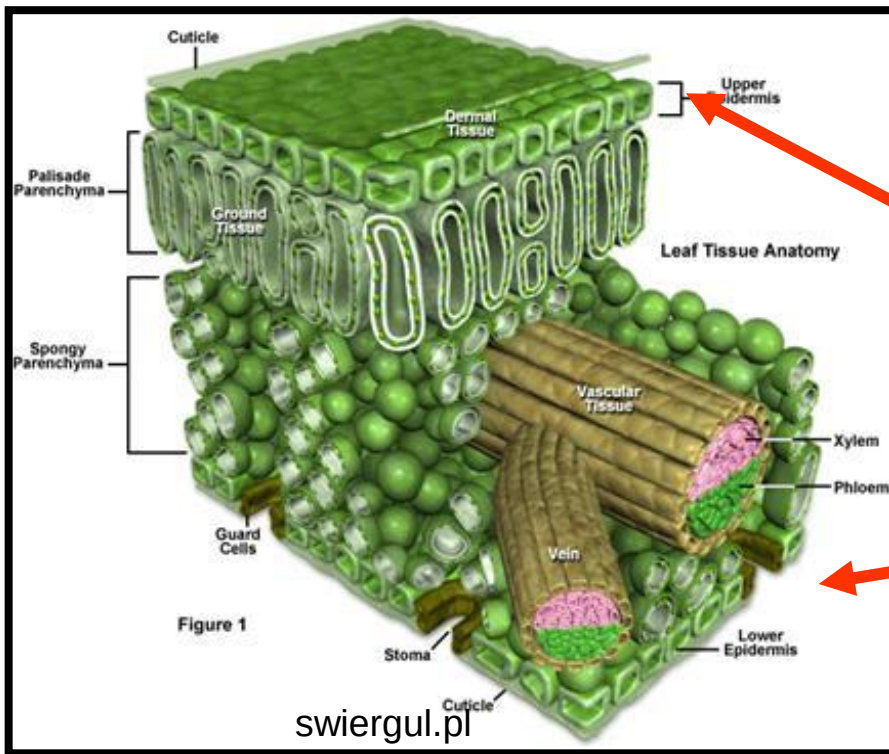
Usnea filipendula



Lecanora carpinea

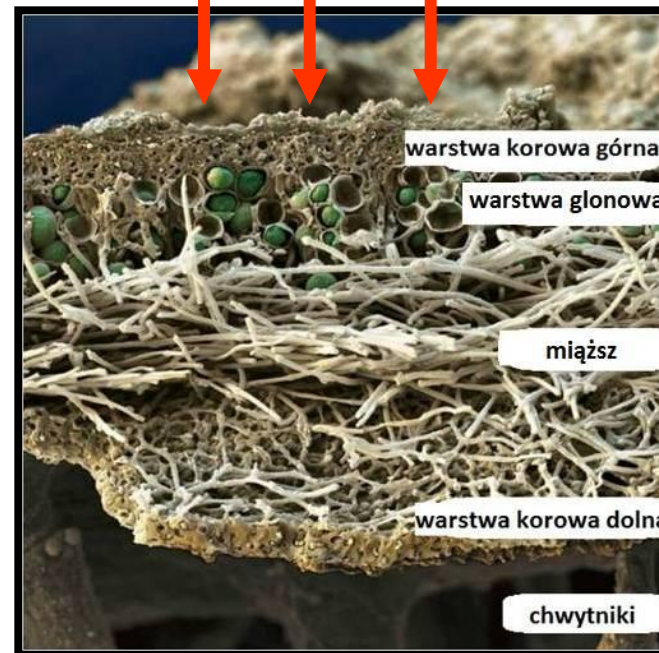


Platismatia glauca



Dlaczego porosty są mało odporne na zanieczyszczenia?

Polutanty

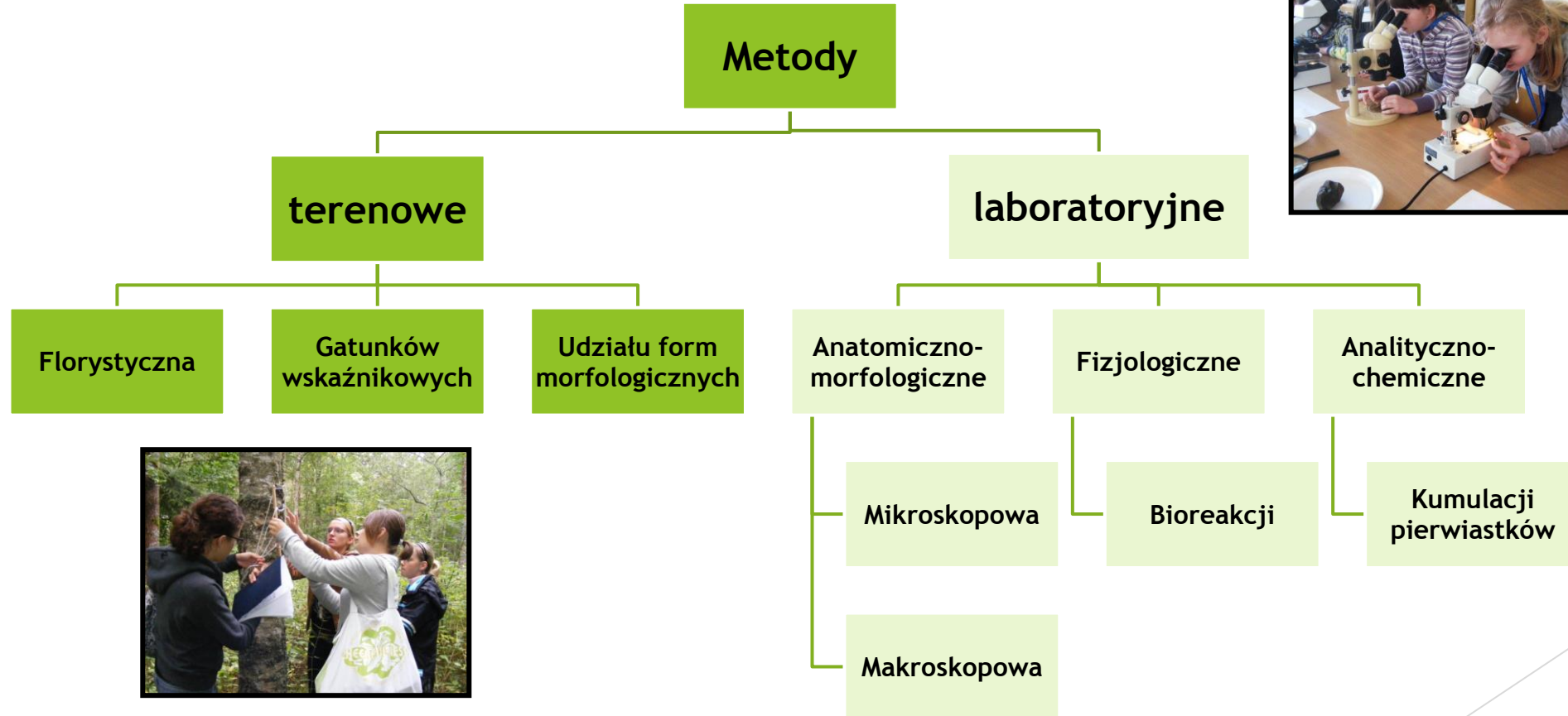


Roślina - liść

- ✓ brak tkanki okrywającej;
- ✓ mała zdolność przystosowywania do zmieniających się warunków środowiska;
- ✓ niska tolerancja glonu na zanieczyszczenia;
- ✓ bardzo mała zawartość chlorofilu na jednostkę suchej masy;
- ✓ pobieranie wody bezpośrednio z opadów atmosferycznych.

Porost - plecha

Metody monitoringu powietrza atmosferycznego wykorzystujące porosty jako bioindykatory



METODY TERENOWE - metody polegające na badaniu różnorodności i liczebności porostów

- **Metoda florystyczna** - ocena różnorodności gatunkowej i analiza rozmieszczenia stwierdzonych gatunków porostów nadrzewnych.
- **Metoda analizy udziału form morfologicznych**

bardzo wrażliwe

krzaczkowate >



listkowate >



łuseczkowate >



mało wrażliwe

skorupiaste



➤Metoda gatunków wskaźnikowych

SKALA

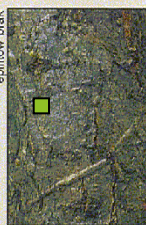
SKALA POROSTOWA

Na drzewach badanego terenu należy odszukać porosty przedstawione na fotografiach, zwracając uwagę na ich kształt i barwę. Po dokonaniu identyfikacji wystarczy odczytać przy odpowiedniej parze zdjęć podane wartości stężeń SO_2 , wyrażone w $\mu g/m^3$ powietrza.

Opracowanie:
dr URSZULA
BIEŁCZYK

Strefy porostowe są to obszary, w których występują porosty nadrzewne (epifity) przy określonym stężeniu dwutlenku siarki w powietrzu atmosferycznym.

epifitów brak



Główny



Skażenie powietrza przekracza $170 \mu g SO_2/m^3$
Brak porostów na

Misecznica proszkowata



Obrost wzniesiony



Skażenie powietrza: $170-100 \mu g SO_2/m^3$
Na korze drzew występują porosty

Pustułka pęcherzykowata



Złotorost ścienny



Skażenie powietrza: $100-70 \mu g SO_2/m^3$
Na pniach drzew mogą występować porosty

Majka tamiowa



Obrost gwiazdkowaty



Skażenie powietrza: $70-50 \mu g SO_2/m^3$
Porosty listkowe.

Majlik otrębiasty



Żółtlica chropowata



Skażenie powietrza: $50-40 \mu g SO_2/m^3$
Porosty listkowe

Brodaczka nadobna



Odnóżycia jesionowa



Skażenie powietrza: $40-30 \mu g SO_2/m^3$
Pnie i gałęzie drzew

Granicznik płucnik



Pawężniczka



Skażenie powietrza poniżej $30 \mu g SO_2/m^3$
Nieleżące w Polsce ob.

Pustynia bezporostowa

Strefa walki

Strefa normalnej wegetacji



POROSTOWA

➤ Metoda polegająca na wyznaczaniu indeksu czystości atmosfery IAP (*Index of Atmospheric Purity*)

- ▶ IAP umożliwia ocenę poziomu zanieczyszczenia powietrza, opartą na liczbie gatunków porostów (n), częstotliwości ich występowania (f) i tolerancji porostów na badanym terenie.

$$\text{Index of Air Purity (IAP)} = \sum_{i=1}^n f_i$$

- ▶ Wartości IAP są zgrupowane w pięć poziomów jakości (Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN 1995).
- ▶ Tabela. Poziomy jakości indeksu czystości atmosfery (IAP)

Poziom A	$0 \leq \text{IAP} \leq 12.5$	Bardzo wysoki poziom zanieczyszczenia
Poziom B	$12,5 < \text{IAP} \leq 25$	Wysoki poziom zanieczyszczenia
Poziom C	$25 < \text{IAP} \leq 37.5$	Umiarkowany poziom zanieczyszczenia
Poziom D	$37,5 < \text{IAP} \leq 50$	Niski poziom zanieczyszczenia
Poziom E	$\text{IAP} > 50$	Bardzo niski poziom zanieczyszczeń

METODA TRANSPLANTACJI (testu płytkowego)



Hypogymnia physodes – najlepszy gatunek biotestowy

METODY LABORATORYJNE

Metody anatomiczno-morfologiczne

- ▶ **Metoda makroskopowa** - ocena zmiany barwy plech, występowania nekroz i uszkodzeń.
- ▶ **Metoda kondycji plech (analiza mikroskopowa)** - określenie kondycji plech pustułki pęcherzykowatej *Hypogymnia physodes* mierzonej aktywnością życiową fotobionta *Trebouxia*.



Glony protokokoidalne
Trebouxia sp.



Metody fizjologiczne

- ▶ **Metoda bioreakcji** - badanie intensywności procesów fotosyntezy i oddychania, a także zawartości chlorofilu do feofityny w plechach porostów.

Metody analityczno-chemiczne

- ▶ **Metoda kumulacji pierwiastków** - analiza kumulacji metali ciężkich w plechach porostu eksponowanego. Stężenia metali w plesze porostu są skorelowane z ich stężeniami w atmosferze.

**Wyniki badań lichenindykacyjnych w
Polsce wykorzystujące porosty jako czułe
bioindykatory zanieczyszczenia powietrza
atmosferycznego**



Miasta Polski, w których prowadzono badania lichenindykacyjne, z wykorzystaniem porostów nadrzewnych

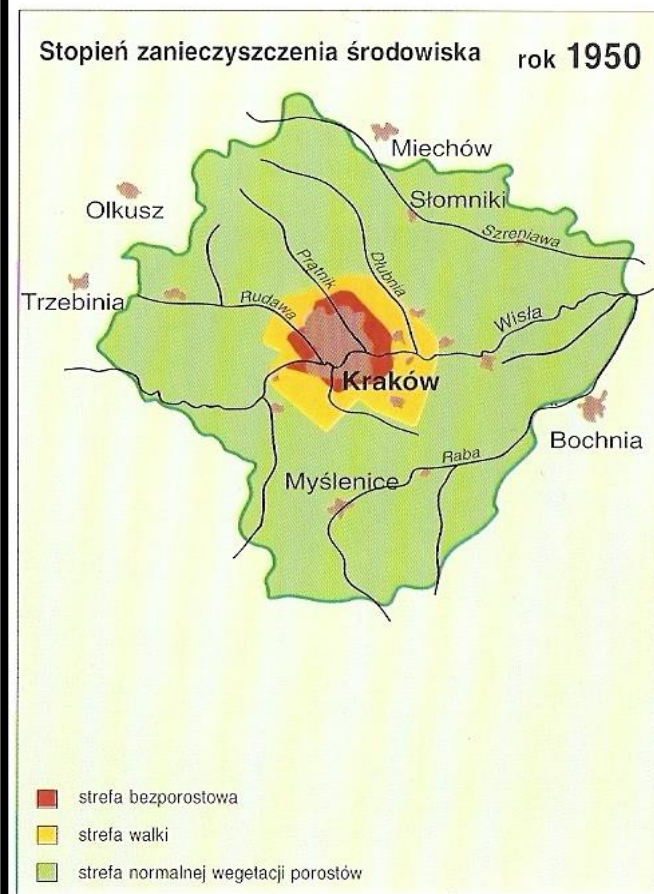
MIASTA POLSKI, W KTÓRYCH PROWADZONO BADANIA LICHNEOINDYKACYJNE

1. **Kraków** (Zurzycki 1950, Kiszka 1990)
2. **Warszawa** (Zimny 1974)
3. **Radom** (Cieśliński 1974)
4. **Szczecin** (Marska 1979)
5. **Legnica** (Fabiszewski i in. 1983)
6. **Trójmiasto** (Fałtynowicz i in. 1991)
7. **Lublin** (Bystrek, Wójciak 1994)
8. **Puławy** (Puszkarski 1997)
9. **Poznań** (Kepel 1999)
10. **Bielsko-Biała** (Bielec 2000-2006)
11. **Olsztyn** (Kubiak 2004)
12. **Kielce** (Jóźwiak 2006)
13. **Białystok** (Matwiejuk 2007)
14. **Wrocław** (Biega i inni 2009)

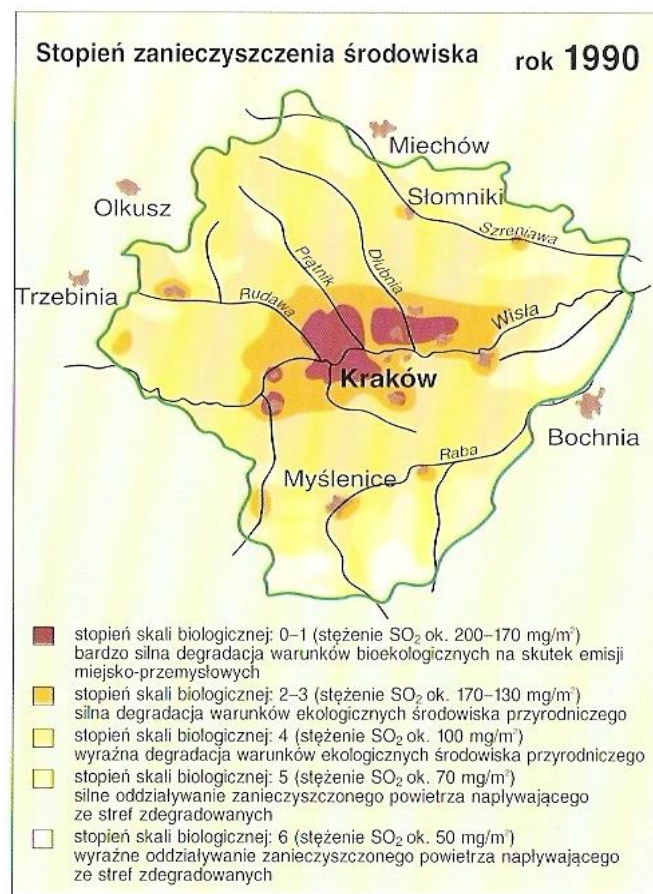
Kraków (Zurzycki 1950, Kiszka 1990)

Metoda skali porostowej

Mapa bioindykacyjna Krakowa z roku 1950
(na podstawie J. Zurzyckiego)



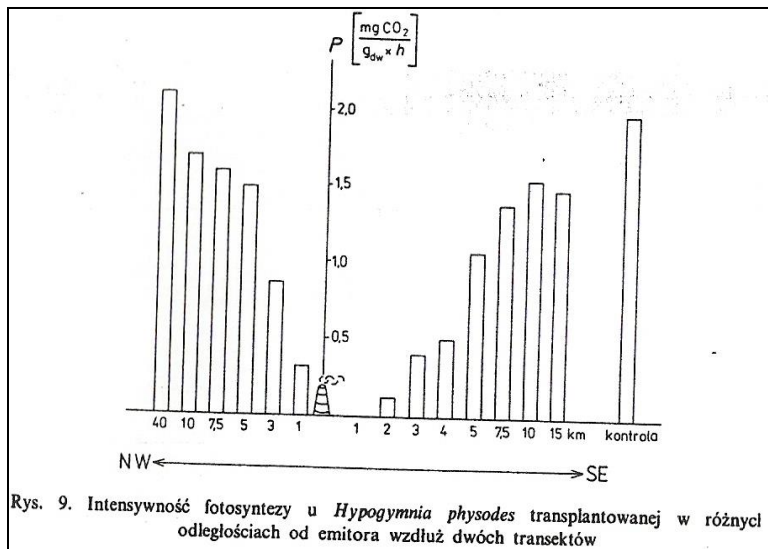
Mapa bioindykacyjna Krakowa z roku 1990
(na podstawie J. Kiszki)



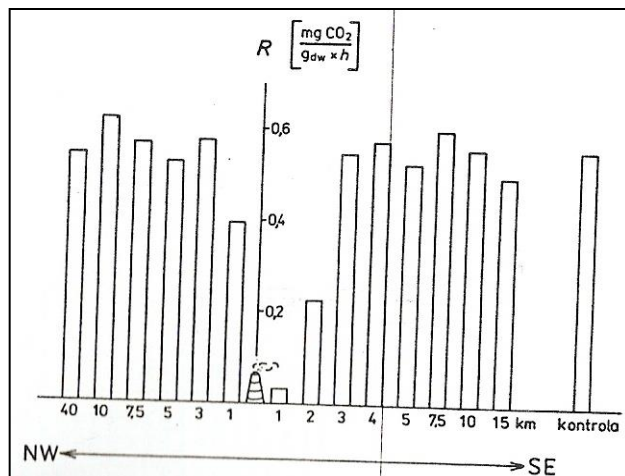
Kraków – mapy lichenindykacyjne

Legnica (Fabiszewski i inni 1983)

Metoda bioreakcji



Intensywność fotosyntezy u *Hypogymnia physodes*



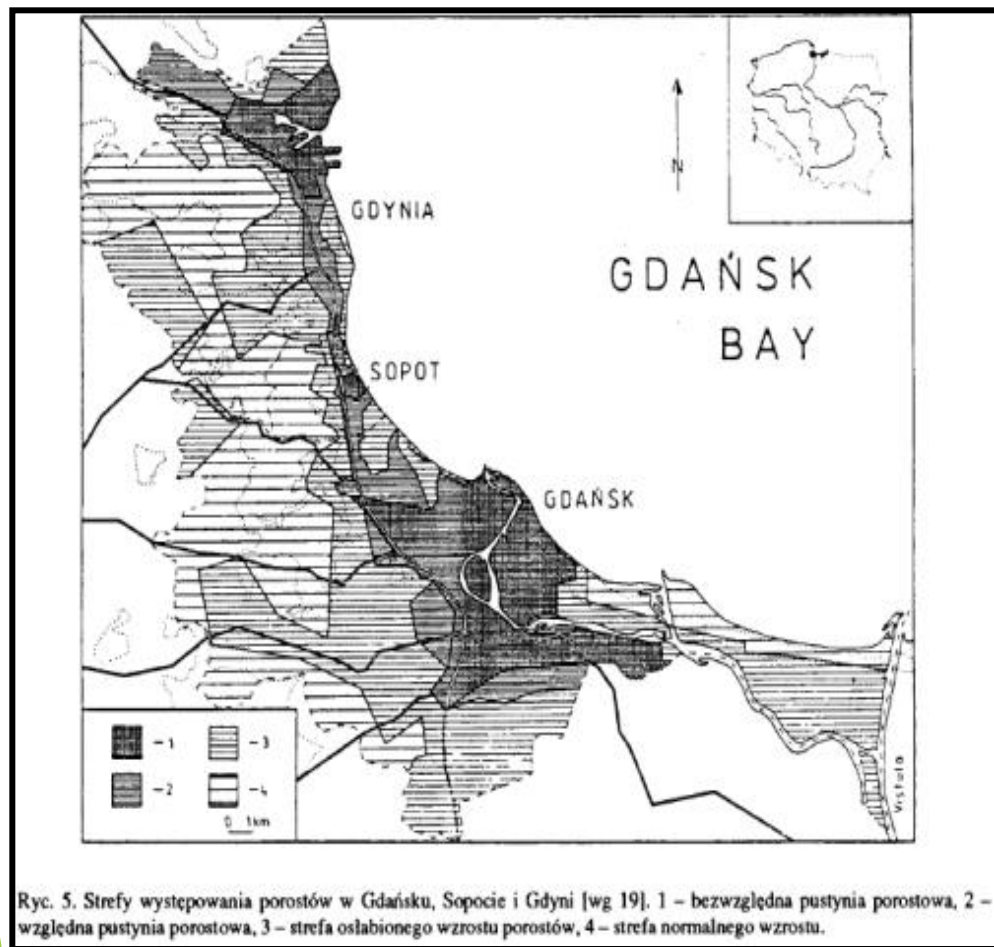
Huta miedzi w Legnicy



Położenie Legnicy

Trójmiasto (Fałtynowicz i inni 1991)

Metoda udziału form morfologicznych



Strefa 1 - względnej pustyni porostowej:
Głównie porosty skorupiaste

Strefa 2 - granica między pustynią porostową a strefą osłabionej wegetacji:
Porosty skorupiaste i łusieczkowate
Strefa 3 - strefa osłabionej wegetacji:
Porosty listkowe

Strefa 4 - granica między strefami walki i normalnej wegetacji:
Wszystkie grupy morfologiczne porostów

Trójmiasto – mapa lichenoindykacyjna

Puławy (Puszkarski 1997)

- ▶ Metoda skali porostowej
- ▶ Metoda makroskopowa
- ▶ Metoda mikroskopowa
(wskaźnika żywotności)
- ▶ Metoda kumulacji N, S

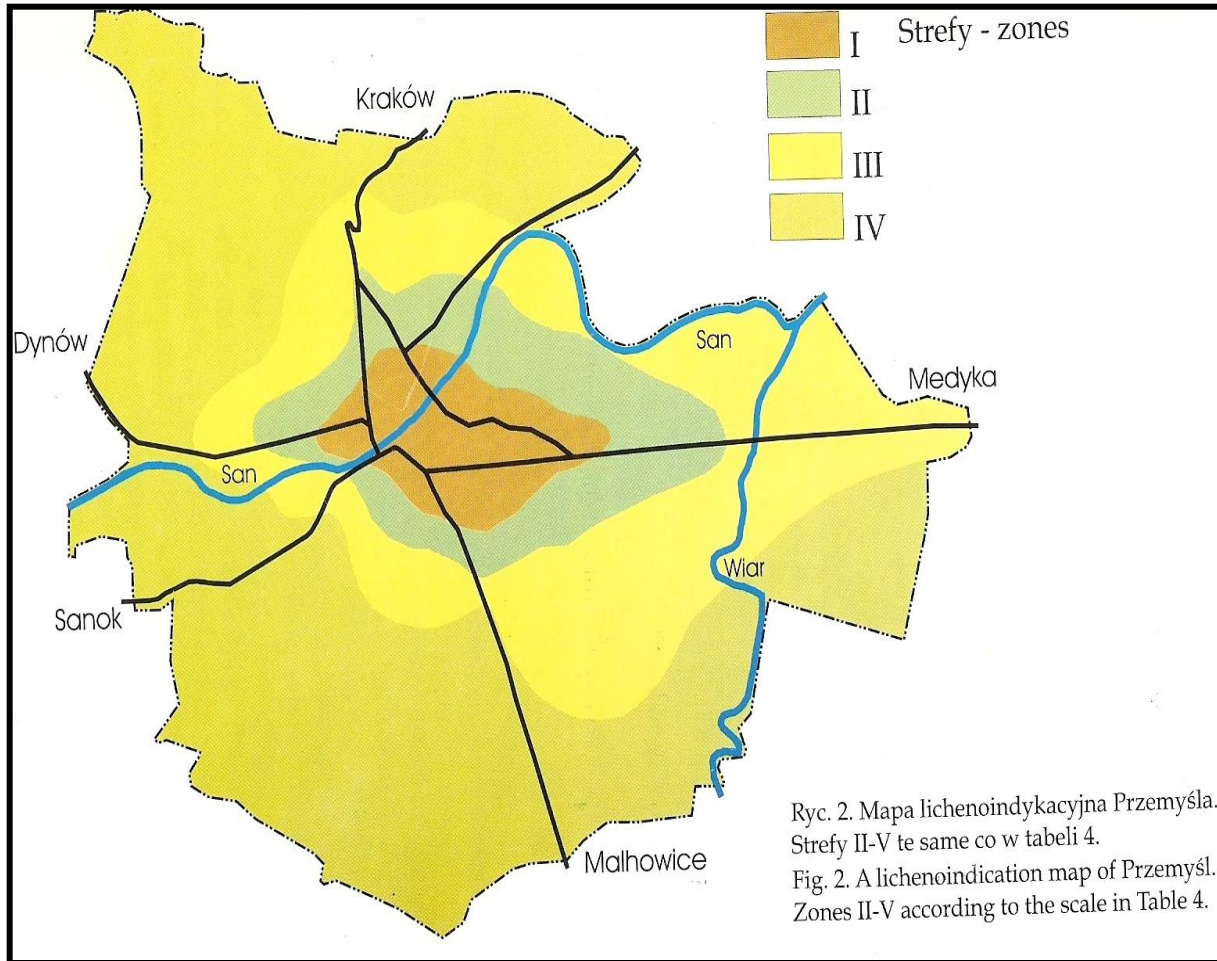


Zakłady Azotowe w Puławach

Po wybudowaniu Zakładów Azotowych w Puławach zaobserwowano zmniejszenie o połowę liczby gatunków porostów

Przemyśl (Kiszka 1999)

Metoda skali porostowej



Kiszka (1999) podał skalę porostową dla Przemyśla, opartą o dwie grupy gatunków wskaźnikowych:

1. dla drzew o korze kwaśnej i słabo kwaśnej oraz
2. o korze neutralnej i zasadowej.

Poznań (Kepel 1999)

Metoda makroskopowa

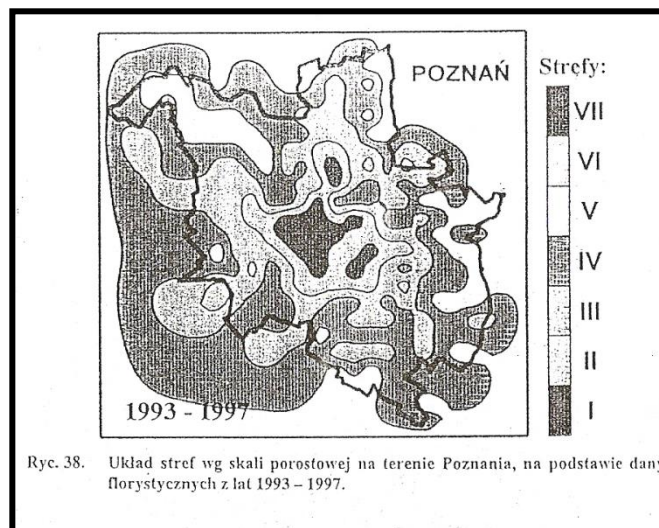


Plecha *Parmelia sulcata* przed ekspozycją



Plecha *Parmelia sulcata* po ekspozycji, z licznymi nekrozami

Metoda skali porostowej



Poznań - mapa lichenoindykacyjna

Zaobserwowano nekrozy dochodzące do 100% plechy
Wysokie zamieranie plech w okolicach południowej granicy miasta oraz w centrum Grunwaldu, gdzie w pobliżu znajduje się kilka zakładów przemysłowych

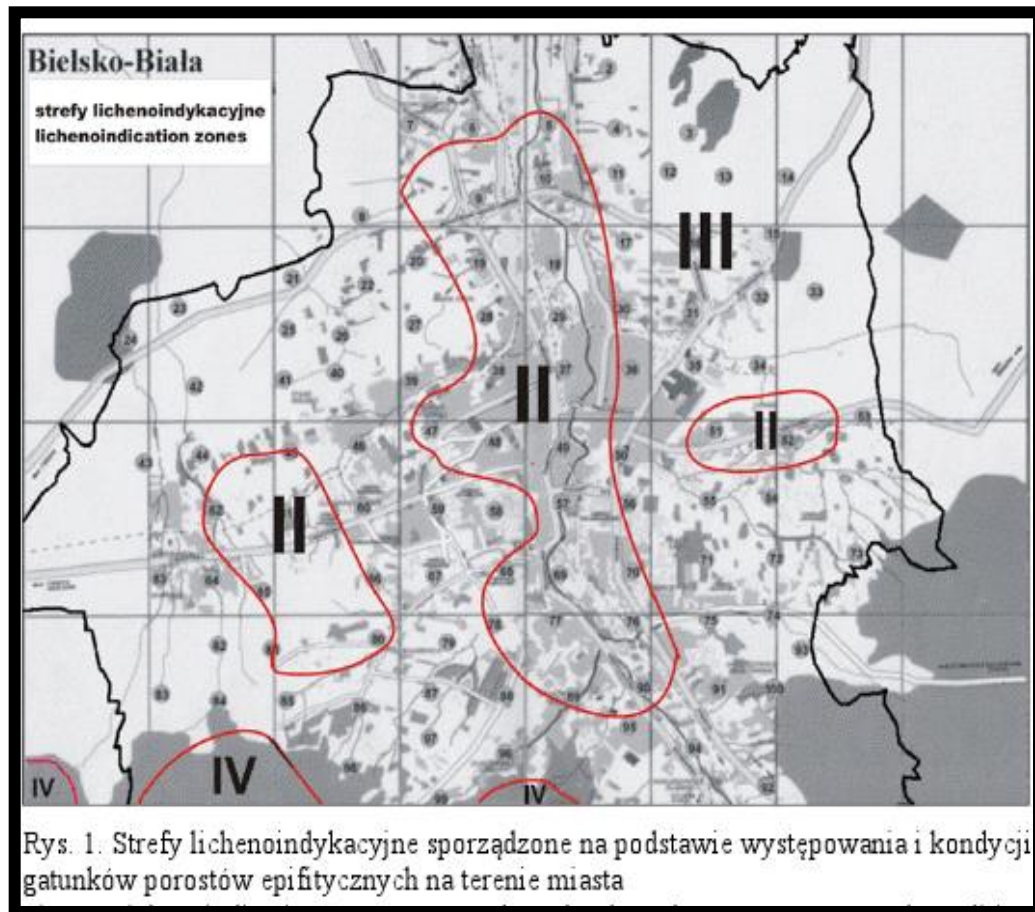
Metoda kumulacji pierwiastków

Tabela 11. Zakres stężeń poszczególnych metali w plechach po półrocznej ekspozycji na terenie Poznania oraz wartości graniczne dla poszczególnych stref.

Kategoria stężeń	OLÓW [ppm]	MIEDŹ [ppm]	CYNK [ppm]	Średnia ważona dla 3 metali
Średnie stężenie w próbie zerowej	9,98	6,98	50,2	54,71
Górna granica dla strefy 1	10,0	10,0	60,0	60,0
Górna granica dla strefy 2	15,0	15,0	70,0	70,0
Górna granica dla strefy 3	20,0	20,0	80,0	80,0
Górna granica dla strefy 4	25,0	25,0	90,0	90,0
Górna granica dla strefy 5	30,0	30,0	100,0	100,0
Górna granica dla strefy 6	35,0	35,0	110,0	110,0
Górna granica dla strefy 7	40,0	40,0	120,0	120,0
Maksymalne stwierdzone stężenie	47,6	63,2	232,0	147,53

Bielsko-Biała (Bielec 2000-2006)

Metoda skali porostowej



Strefa II - względna pustynia bezporostowa: *Amandinea punctata*, *Lecanora conizaeoides*, *L. expallens*, *L. sarcopis*, *Lepraria incana*, *Cladonia bacillaris*, *Phaeophyscia adscendens*

Strefa III - wewnętrzna strefa walki: *Chaenotheca ferruginea*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora chlorotera*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*

Strefa IV-środkowa strefa walki: gatunki ze stref II-III oraz *Evernia prunastri*, *Lecanora carpinea*, *Platismatia glauca*, *Ramalina farinacea*, *Candelaria concolor*

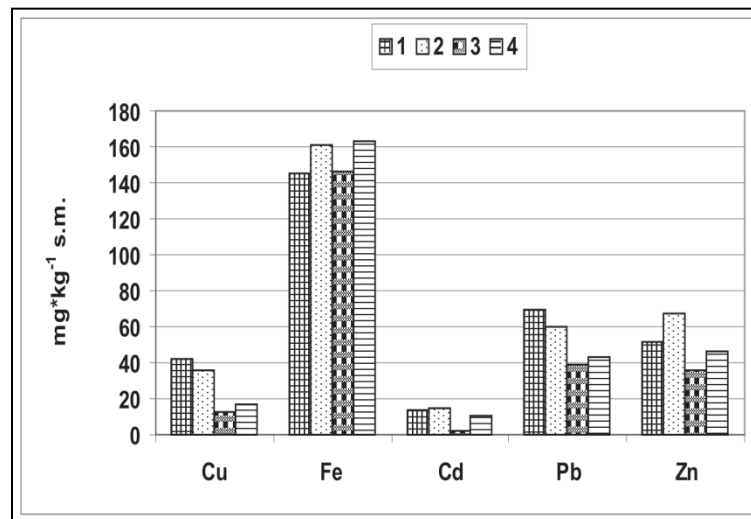
Bielsko-Biała - mapa lichenoidykacyjna

Kielce (Józwiak 2006)

Metoda kumulacji pierwiastków



Zbrązowienia plechy *Hypogymnia physodes* po ekspozycji na osiedlu w Kielcach w odległości 30 m od najbliższych zabudowań (Fot. M.A. Józwiak)



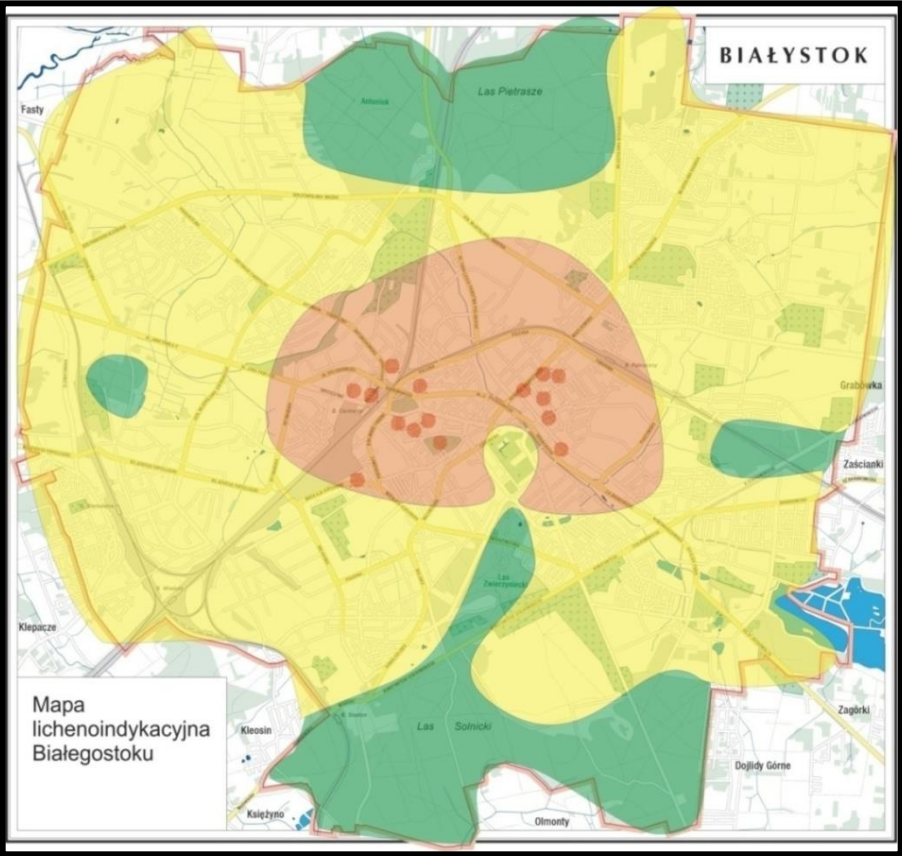
Średnie roczne stężenie metali ciężkich w plechach *Hypogymnia physodes* w miejscach ekspozycji



Zaczernienia i odkształcenia plechy *Hypogymnia physodes* eksponowanej na skrzyżowaniu w Kielcach (Fot. M.A. Józwiak)

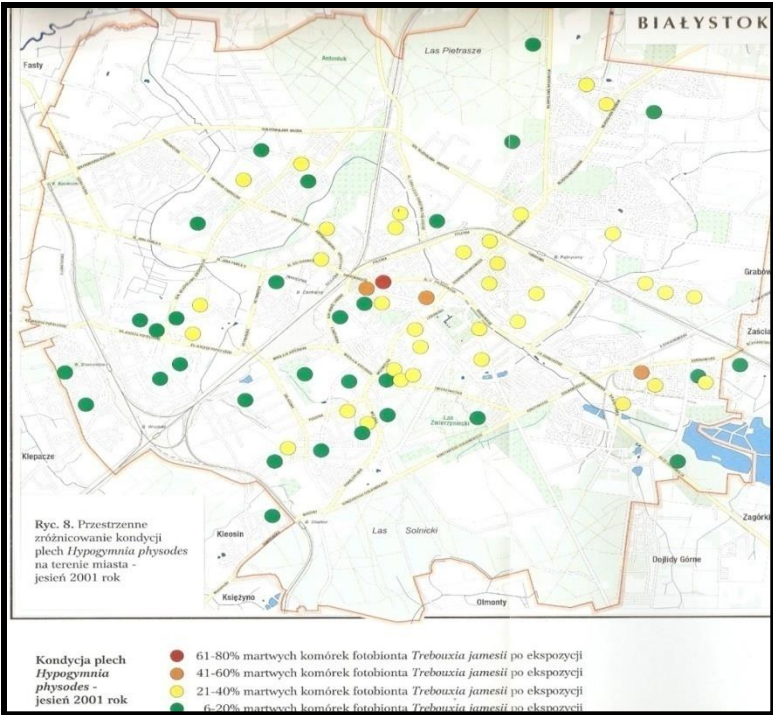
Białystok (Matwiejuk 2007)

Metoda skali porostowej



Mapa lichenoidynacyjna Białegostoku

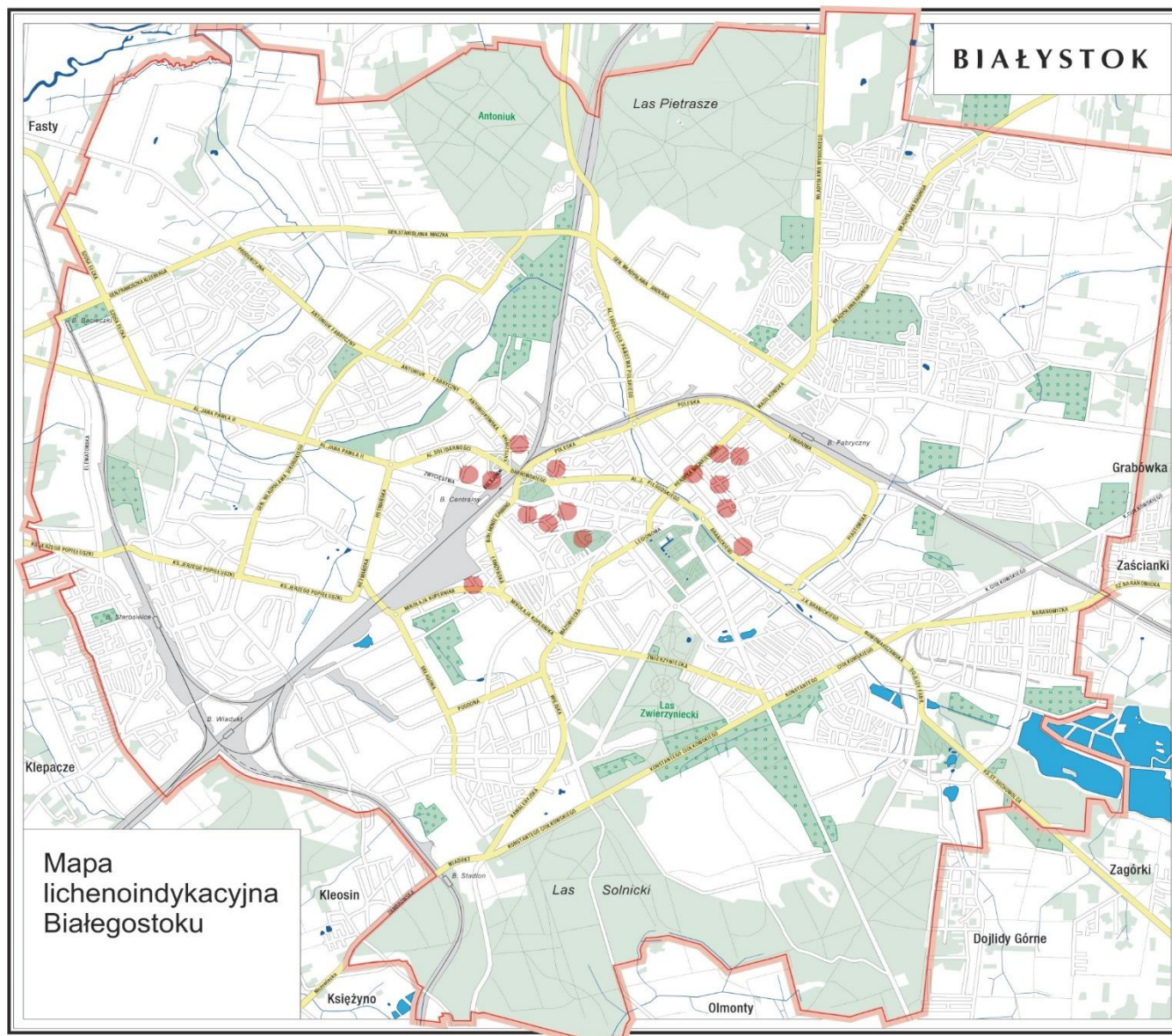
Metoda analizy kondycji plech *Hypogymnia physodes*



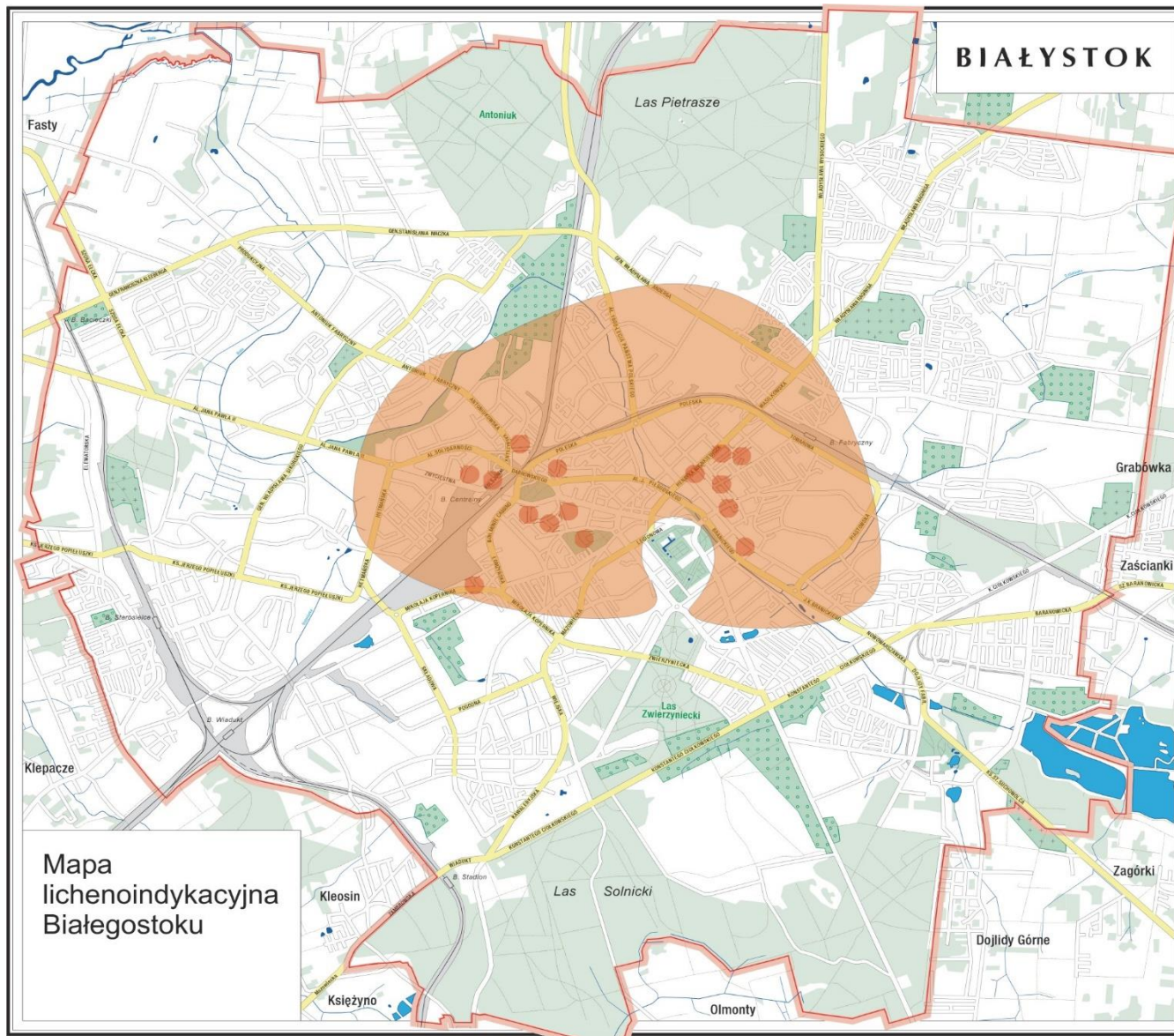
Metoda kumulacji pierwiastków

Tabela 27. Stężenie pierwiastków w plechach *Hypogymnia physodes* w Białymstoku w roku 2000 po 40-42-dniowej ekspozycji

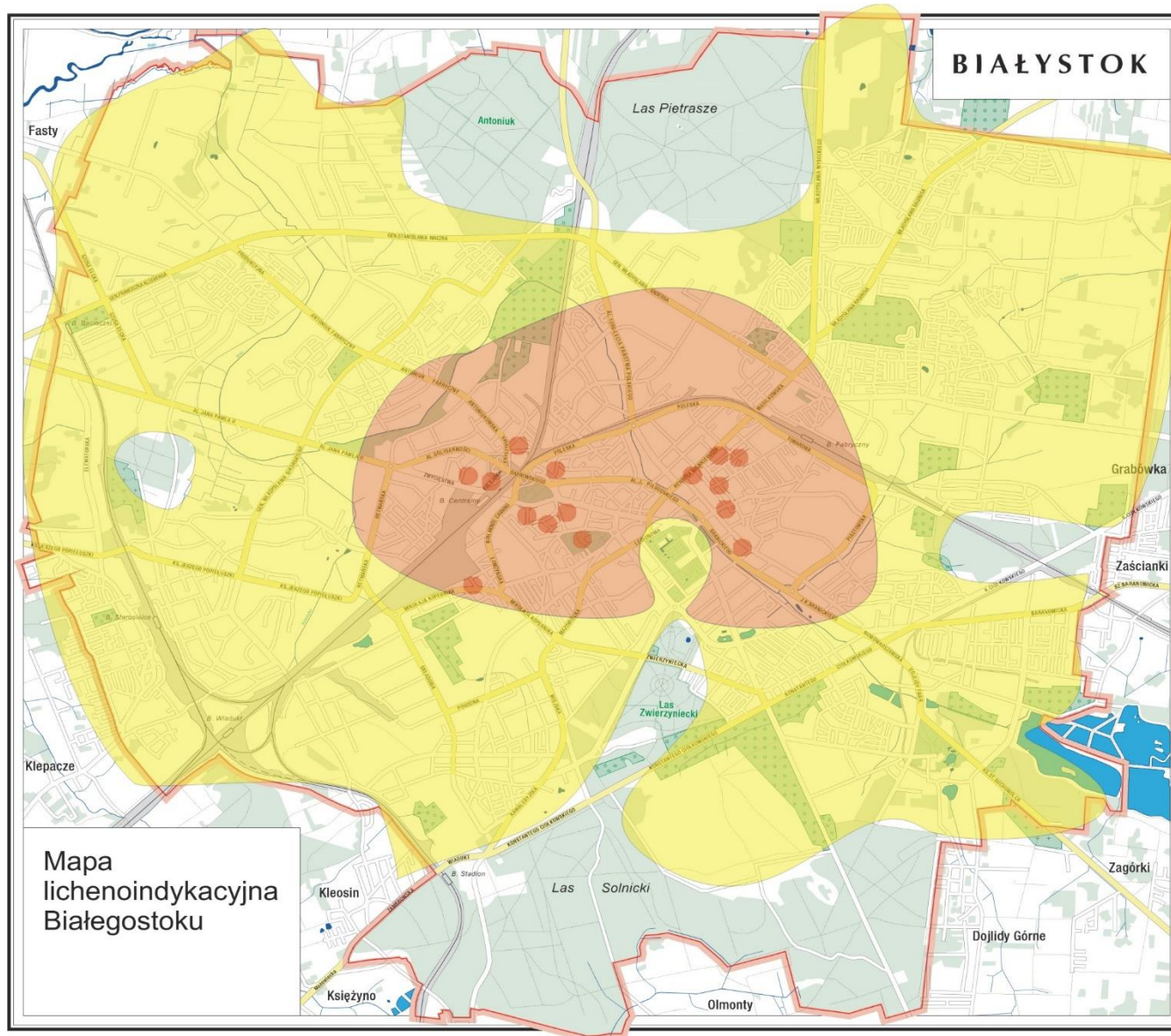
Pierwiastek	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
	[µg/g]					
Minimum	2,08	4,21	463,4	2,18	13,18	63,8
Maksimum	7,45	11,73	1102,0	8,45	42,65	149,
Średnia	3,37	6,38	615,27	3,49	23,24	83,4
SD (odchylenie standardowe)	1,38	1,02	90,51	0,83	4,48	10,0
Kontrola (Puszcza Knyszyńska)	2,07	4,13	428,1	2,14	11,70	63,3



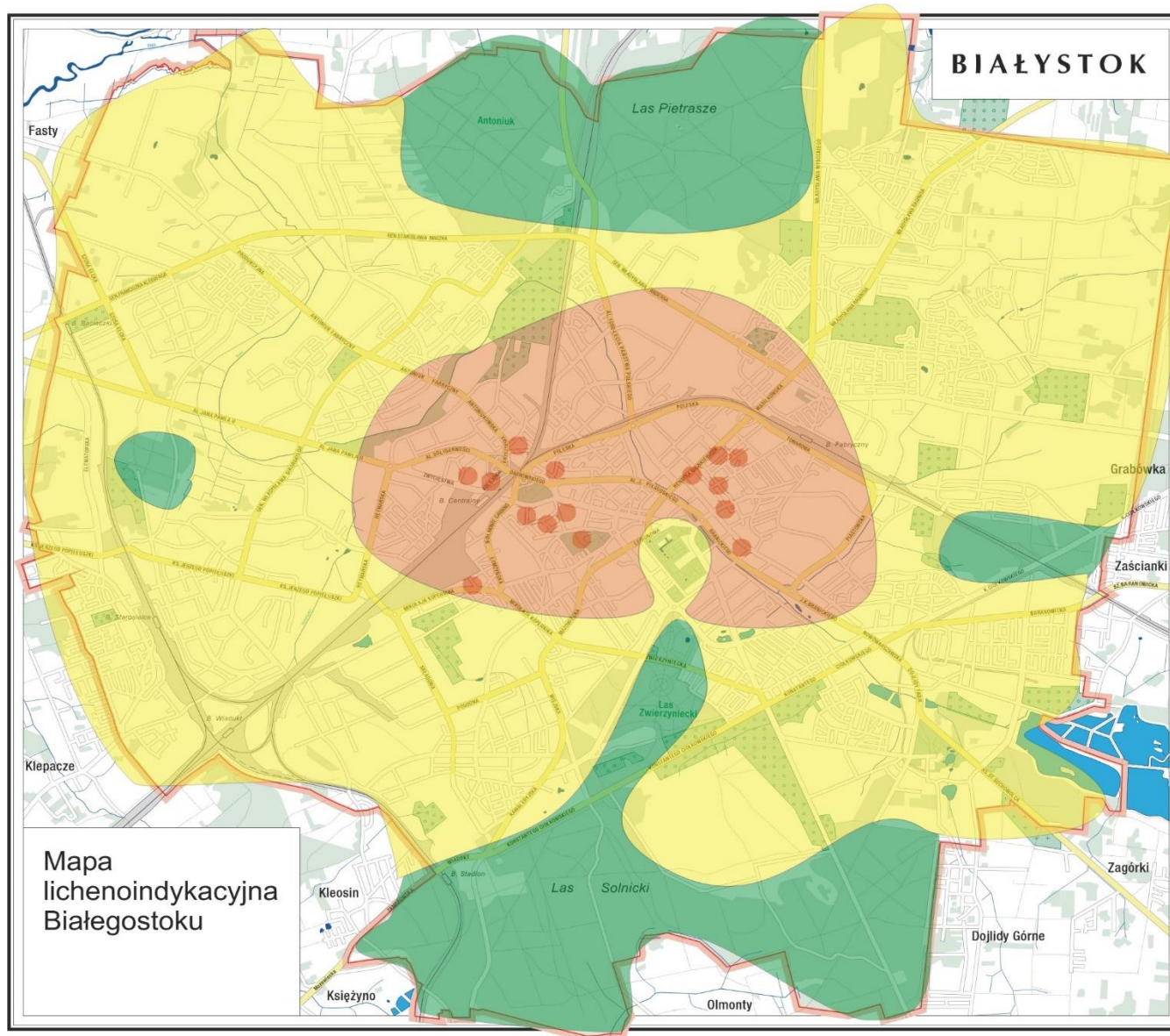
- pustynie bezporostowe - strefa I i II



- pustynie bezporostowe
- wewnętrzna strefa walki - strefa III



- pustynie bezporostowe
- wewnętrzna strefa walki
- środkowa strefa walki - strefa IV



- pustynie bezporostowe
- wewnętrzna strefa walki
- środkowa strefa walki
- zewnętrzna strefa walki - strefa V

**Wyniki badań lichenindykacyjnych w
Europie i na świecie wykorzystujące porosty
jako czułe bioindykatory**

Metody lichenindykacyjne wykorzystywane w wybranych miastach Europy i świata

Miasto	Państwo	Metoda transplantacji	Metoda udziału form morfologicznych	Metoda kumulacji pierwiastków
Florencja	Włochy (Conti i in. 2004)	+	+	Sc, Al
Metz	Francja (Cloquet i in. 2006)	+		Pb
Bruksela	Belgia (Den Boom 1996)	+		Pb, Zn
Oak	Wielka Brytania (Larsen i in. 2007)	+	+	Pb, Zn
Czarnobyl	Ukraina (Biazrov 1994)	+		radionuklidy
Lizbona	Portugalia (Den Boom 1988)	+		Zn
Oulu	Finlandia (Garty i in. 1997)	+		Zn, Pb, Cu
Buenos Aires	Argentyna (Moreno, Adler 2000)	+		Sb, Br, Zn
Sao Paulo	Brazylia (Saiki i in. 2001)	+		Pb, Zn, Br
Tel Awiw	Izrael (Garty i in. 1988)	+		Ni, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn, Fe
Hajfa	Izrael (Garty i in. 1997)	+		Ni, Cr, Cu, Zn
Ashdod	Izrael (Garty i in. 1987)	+		Ni, Cr, Cu, Zn, Pb

Ocena zanieczyszczenia środowiska na podstawie chemicznej analizy pierwiastków skumulowanych w porostach

► Badania te mają na celu:

1. Ocenę zanieczyszczenia badanych obszarów (np. kompleksowe badania w Portugalii, Izraelu, Włochy, Sycylia, Turcja, Kanada)
2. Ocenę pochodzenia zanieczyszczeń na podstawie składu chemicznego porostów
Ważnym źródłem informacji dotyczącym pochodzenia zanieczyszczeń jest skład izotopowy ołowiu i siarki zawartych w areozolu atmosferycznym
3. Ocenę kierunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z jednostkowych emitorów

► Korelacja między zawartością pierwiastków w porostach i w środowisku są uzależnione od:

1. fizykochemicznych właściwości podłoża, na którym rosną porosty,
2. rodzaju związków chemicznych, w jakich występują w atmosferze badane pierwiastki śladowe,
3. warunków klimatycznych,
4. topografii terenu.

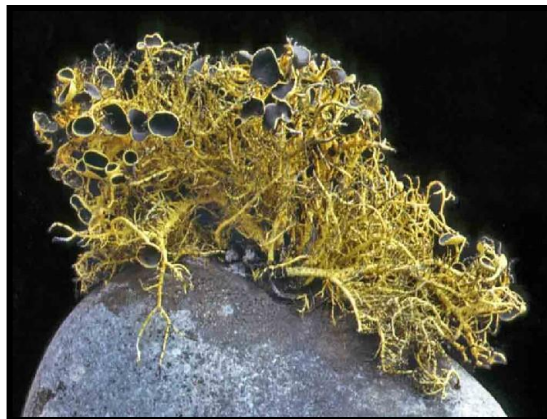
Porosty jako wskaźniki kumulacji pierwiastków w obszarach polarnych

- ▶ Badania oceniające globalny poziom zanieczyszczeń pochodzenia antropogennego.
- ▶ Badania, które wykazały wzrastający poziom zanieczyszczeń powietrza w obszarach polarnych.

Alaska	Ford i in. (1995)
Grenlandia	Hansen (1991), Pileegard (1994)
Szetlandy	Poblet i in. (1997)
Spitsbergen	Grodzińska i in. (1993)
Stacja Antarktyczna im. Arctowski	Olech (1991, 2000)



Usnea aurantiaco - atra



Usnea antarctica

Porosty jako wskaźniki kumulacji pierwiastków radioaktywnych, np. Cs-137



Mapa skażenia radioaktywnego z nad Czarnobyla na terytorium Norwegii i Szwecji

- Badania prowadzono przed awarią i po awarii w wielu krajach Europy, np. Austrii, Niemczech, Skandynawii, Wielkiej Brytanii;
- Badania poziomu Cs-137 w poszczególnych ogniwach łańcucha pokarmowego: porosty – renifery – człowiek



Renifer *Rangifer tarandus*



Czarnobyl – elektrownia jądrowa
Katastrofa: 26.04.1986

Porosty jako wskaźniki niżowych lasów pierwotnych

► Kryteria stawiane wskaźnikom niżowych lasów pierwotnych:

1. są gatunkami rodzimymi;
2. są stenotopowe;
3. są stałymi składnikami lasów naturalnych;
4. nie rosną w lasach gospodarczych;
5. są epifitami lub epiksylami (Czyżewska, Cieśliński 2003)



Puszcza Białowieńska -
ostoja występowania wielu
rzadkich i ginących gatunków porostów

Najnowsza lista porostów wskaźnikowych (reliktów) lasów pierwotnych (Czyżewska, Cieśliński 2003) zawiera 71 gatunków;
70 z nich jest na *Czerwonej liście porostów w Polsce* (Cieśliński i inni 2006) z kategorią:

- 52 - CR (na granicy wymarcia) i EN (wymierające),
- 8 - VU (narażone).

Porosty jako wskaźniki niżowych lasów pierwotnych

W **Wigierskim PN** stwierdzono **35** gatunków wskaźników niżowych lasów pierwotnych (50% znanych z Polski)
Fałtynowicz (2002)

W **Białowieskim PN** stwierdzono **43** gatunki wskaźników niżowych lasów pierwotnych (60% znanych z Polski)
Cieśliński (2003)

W **Polsce NE** stwierdzono **60** gatunków wskaźników niżowych lasów pierwotnych (85% znanych z Polski)
Cieśliński (2003)



Tak jak jedno drzewo nie czyni lasu, tak obecność jednego gatunku wskaźnikowego nie mówi jeszcze o stanie zniekształcenia fitocenozy leśnej. W analizie trzeba uwzględnić obecność i ilościowość całej grupy gatunków.

Przykłady porostów - **wskaźników naturalności zbiorowisk leśnych** (sensu Cieśliński 2003)

Chaenotheca stemonea
- wskaźnik lasów
pierwotnego pochodzenia



Loxospora elatina
- wskaźnik lasów
naturalnych



Pyrenula nitida
- wskaźnik regenerujących
się lasów gospodarczych



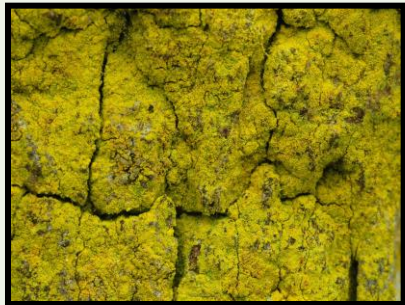
Usnea subfloridana
- wskaźnik regenerujących
się lasów gospodarczych



Graphis scripta
- wskaźnik regenerujących
się lasów gospodarczych



Chrysotrix candelaris
- wskaźnik regenerujących
się lasów gospodarczych



Porosty jako wskaźniki zmian klimatu

- ▶ wskutek globalnego ocieplenia klimatu zwiększa się udział gatunków epifitycznych, natomiast zmniejsza się udział gatunków naziemnych.
- ▶ zmiany te są znacznie szybsze w miejscach o dużym stopniu zanieczyszczenia, na terenach zabudowanych oraz na otwartych terenach wiejskich niż na obszarach leśnych.
- ▶ zwiększa się wyraźnie udział gatunków porostów z fotobiontem *Trentepohlia* (np. *Arthonia radiata*, *Dimerella pineti*, *Enterographa crassa*, *Graphis scripta*, *Opegrapha species*, *Porina aenea*, *Schismatomma decolorans*).
- ▶ Stosuje się wskaźnik tendencji wykrywania (TDI), który jest liniową zależnością liczby gatunków, pokrycia gatunków z wybranym współczynnikiem w celu zapewnienia maksymalnej zdolności do wykrywania globalnych zmian klimatycznych (zmian w czasie).

$$TDI = w1 \cdot a1 + w2 \cdot a2 + + wK \cdot aK$$

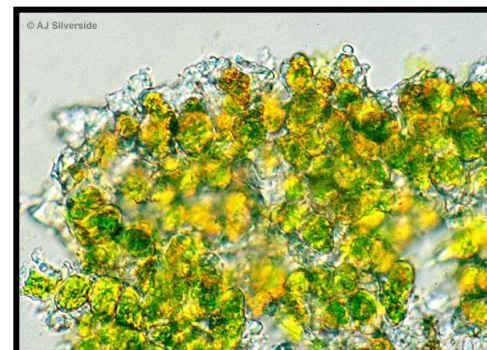
- ▶ K - liczba gatunków porostów
- ▶ a1 - pokrycie poszczególnych gatunków (1, 2 ...K)
- ▶ w2 - wybrane współczynniki (1, 2K)



Epifity



Epigeity



***Trentepohlia* sp.**



***Trebouxia* sp.**

Dziękuję za uwagę

