



## Porosty jako organizmy wskaźnikowe

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Porosty jako organizmy wskaźnikowe

Granicznik płucnik (*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.) – gatunek grzybów z rodziny granicznikowatych (*Lobariaceae*). Ze względu na współżycie z glonami zaliczany jest do porostów. W Polsce gatunek rzadki. Podlega ścisłej ochronie gatunkowej.

Źródło: Bernd Haynold, Wikipedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Porosty to stosunkowo proste organizmy zbudowane z komórek glonów – zielenic lub sinic – współżyjących ze strzępkami grzybów, zazwyczaj workowców. Ich współpraca ma charakter mutualizmu obligatoryjnego, czyli symbiozy. Komórki glonów mogą być równomiernie rozmieszczone w zbitych strzępkach grzyba (plecha niewarstwowana) lub tworzyć jednolitą warstwę pomiędzy warstwami strzępek (plecha warstwowana).

### Twoje cele

- Omówisz budowę porostu i podasz różnice między rodzajami plechy.
- Wyjaśnisz, jak funkcjonuje organizm pionierski i organizm wskaźnikowy.
- Określisz, do jakiej strefy należy dany fragment terenu, na podstawie informacji o zasiedlających go porostach.

# Przeczytaj

---

**Plecha** porostów może przyjmować formę skorupiastą, listkowatą lub krzaczkową. Plecha skorupiasta jest charakterystyczna dla porostów żyjących w nieprzyjnym środowisku, np. na twardym podłożu pozbawionym żyznej gleby. Przypomina skorupę, w całości przylega do podłoża. Niektóre porosty o tej plesze wyglądają jakby były wysuszone i pokryte proszkiem – mówimy wtedy o plesze proszkowatej.

Plechę listkowatą mają porosty żyjących w nieco lepszych warunkach. Przylega do podłoża jedynie w kilku miejscach i z wyglądu przypomina liście. Krzaczkowata zaś może być luźno związana z podłożem lub nawet nie być z nim związana w ogóle. Wytwarzają ją wrażliwe porosty, które do życia potrzebują dobrych warunków i środowiska bez zanieczyszczeń.

Porosty są organizmami pionierskimi. Rosną w miejscach, w których nie przetrwają rośliny wyższe. Często żyją na kamieniach, skałach i ruinach budowli. Stopniowo drążą podłoże i ułatwiają wodzie wypłukiwanie minerałów. Powoduje to powolny rozpad skały i zmianę jej najpierw w kamienie, a z czasem w piasek.

Z uwagi na różną zdolność poszczególnych gatunków porostów do radzenia sobie w niekorzystnym, np. silnie zanieczyszczonym siedlisku, badacze wykorzystują porosty jako organizmy wskaźnikowe (bioindykatory). Badając na danym terenie skład gatunkowy oraz cechy morfologiczne porostów, można ocenić stopień zanieczyszczenia powietrza tlenkiem siarki.

Polscy badacze opracowali tzw. **skale porostową**. Rozpoznali i opisali gatunki charakterystyczne dla danych przedziałów stężenia  $\text{SO}_2$  w powietrzu. Cechami brany pod uwagę są przeżywalność porostów oraz wielkość i kształt ich plech. Na tej podstawie, bez używania skomplikowanych urządzeń pomiarowych, można precyzyjnie określić, jak bardzo powietrze jest zanieczyszczone tlenkiem siarki (IV).

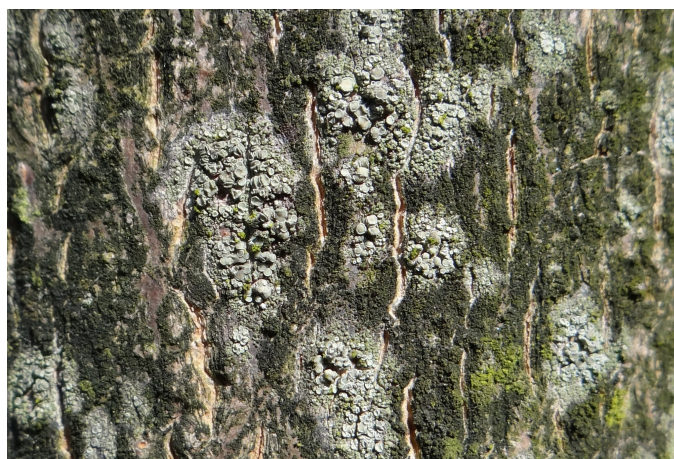
Skala porostowa zakłada istnienie siedmiu stref, które są w stanie zasiedlić porosty o różnej wrażliwości na  $\text{SO}_2$ .



Pierwotek zwyczajny (*Pleurococcus*) na pniu drzewa.

Jerzy Opióła; Wikimedia Commons; CC BY-SA 4.0

Strefa 1. obejmuje duże miasta oraz okolice dróg i zakładów przemysłowych. Są to miejsca o najbardziej zanieczyszczonym powietrzu. Stężenie  $\text{SO}_2$  wynosi w nim powyżej  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Wilgotność powietrza jest niska, tworzy się więc tzw. pustynia porostowa – nawet najbardziej odporne porosty nie są w stanie tu przeżyć. W strefie 1. występują jedynie niektóre glony, np. pierwotek zwyczajny.



Misecznica proszkowata (*Lecanora conizaeoides*).

Jerzy Opióła; Wikimedia Commons; CC BY-SA 4.0

Strefa 2. jest nieco czystsza. Występuje np. w mniejszych miastach. Stężenie  $\text{SO}_2$  w powietrzu wynosi od 100 do  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Zasiedlają ją najbardziej odporne porosty

o plesze skorupastej lub proszkowatej, np. misecznica proszkowata.



3

Złotorost ścienny (*Xanthoria parietina*).

Jerzy Opióła; Wikimedia Commons; CC BY-SA 4.0

Strefa 3. to zadrzewione obszary na obrzeżach miast. Zawartość tlenu siarki (IV) w powietrzu waha się tam od 70 do 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . To pierwsza strefa, w której są w stanie przeżyć porosty o plesze listkowatej, np. złotorost ścienny.

4



Pustułka pęcherzykowata (*Hypogymnia physodes*).

Jerzy Opióła; Wikimedia Commons; CC BY-SA 3.0

Lasy wokół miast i fabryk tworzą strefę 4. Stężenie  $\text{SO}_2$  w powietrzu wynosi tam 50–70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Te warunki pozwalają przeżyć wielu porostom o plesze listkowatej, np. pustułce

pęcherzykowatej. W strefie 4. pojawiają się nieliczne porosty o plesze krzaczkowatej.



5

Mąklik otrębiasty (*Pseudevernia furfuracea*).  
Jerzy Opióła; Wikimedia Commons; CC BY-SA 3.0

Duże lasy nieco dalej od obszarów zurbanizowanych leżą w strefie 5. Spotkać w niej można rozmaite gatunki porostów o plesze zarówno listkowej, jak i krzaczkowatej, np. mąklika otrębiastego. Zawartość  $\text{SO}_2$  w powietrzu wynosi tam 40–50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

6



Brodaczka zwyczajna (*Usnea filipendula*).  
Jerzy Opióła; Wikimedia Commons; CC BY-SA 3.0

Lasy i puszcze z dala od miast to strefa 6. Stężenie tlenku siarki (IV) w powietrzu wynosi tutaj 30–40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tę strefę zasiedla wiele

gatunków porostów o wszystkich rodzajach plechy. Począwszy od tej strefy występuje np. brodaczka zwyczajna.



7

Granicznik płucnik (*Lobaria pulmonaria*).  
Bernd Haynold; Wikimedia Commons; CC BY-SA 3.0

W Polsce mamy stosunkowo niewiele miejsc, w których w powietrzu jest mniej, niż  $30 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ . Takie obszary, zwykle o niewielkiej powierzchni, to strefa 7., najczystsza ze wszystkich. Żyją tu porosty o plesze listkowatej, np. granicznik płucnik.

Choć skala porostowa została stworzona do oceny zanieczyszczenia powietrza tlenkiem siarki (strefa 4), badanie porostów żyjących na danym terenie może dostarczyć informacji także o stężeniu w powietrzu innych szkodliwych substancji: ozonu, fluoru, tlenków azotu, związków metali ciężkich.

## Słownik

### mutualizm obligatoryjny (symbioza)

zależność między przedstawicielami dwóch gatunków, z której oba organizmy odnoszą tak duże korzyści, że nie byłyby w stanie przetrwać samodzielnie

### plecha

wielokomórkowe ciało niezróżnicowane w budowie zewnętrznej na organy: korzeń, łodygę i liście, a w budowie wewnętrznej – na tkanki. Występuje u bakterii, sinic

i grzybów o różnym, przeważnie niewielkim, stopniu organizacji morfologicznej i anatomicznej.

### **skala porostowa**

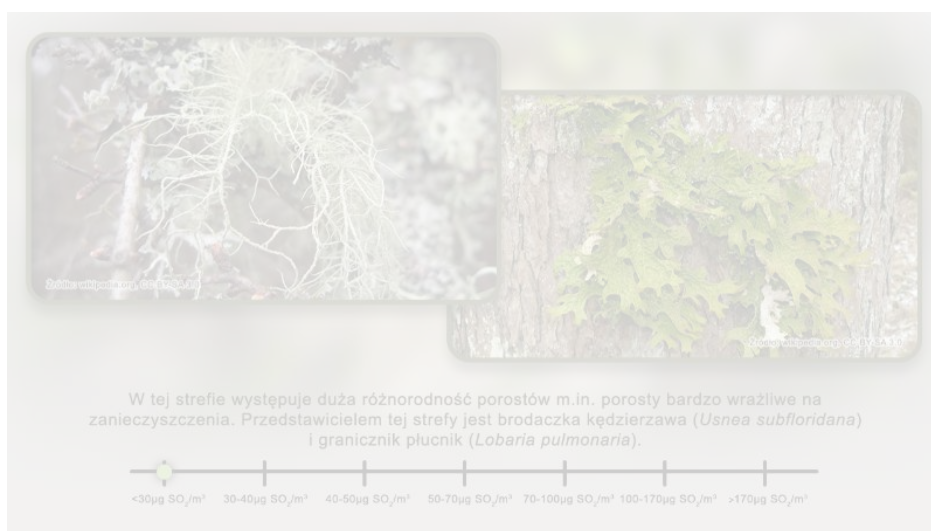
skala za pomocą której – poprzez obserwację typów i wielkości plech porostów występujących w danym miejscu – można ocenić stężenie  $\text{SO}_2$  w powietrzu; wyróżnia siedem stref zasiedlanych przez porosty o różnej wrażliwości na  $\text{SO}_2$

# Symulacja interaktywna

## Symulacja interaktywna

### Symulacja 1

Przesuń suwak i obserwuj jak zmienia się występowanie porostów w zależności od stężenia  $\text{SO}_2$  w powietrzu.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DBKOGrrz>

Źródło: licencja: CC BY-SA 3.0.

### **Polecenie 1**

Na podstawie symulacji interaktywnej i informacji zawartych w sekcji „Przeczytaj” wyjaśnij, dlaczego porosty i glony to dobry wskaźnik zanieczyszczenia powietrza. W odpowiedzi zwróć uwagę na związek, którego stężenie oszacowuje się za pomocą skali porostowej, wrażliwość porostów i możliwość obserwacji wpływu powietrza o różnym stopniu zanieczyszczenia.

### **Polecenie 2**

Wyjaśnij, dlaczego porosty są nazywane organizmami pionierskimi. W odpowiedzi uwzględnij miejsca ich występowania i wpływ na ekosystem.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Uporządkuj rodzaje plechy porostów w kolejności od tych najbardziej odpornych na stężenie tlenków siarki w powietrzu do tych najbardziej na nie wrażliwych.

listkowata



krzaczkowata



nitkowata



skorupiasta



## Ćwiczenie 2



Wybierz i zaznacz właściwe stwierdzenia.

Porosty mają niewielkie wymagania środowiskowe i często zajmują siedliska, w których brakuje roślinności, co czyni je ☐ organizmami pionierskimi ☐ bioindykatorami ☐ . Na podstawie obecności poszczególnych gatunków porostów można ocenić poziom zanieczyszczenia powietrza, dlatego porosty są ☐ organizmami pionierskimi ☐ bioindykatorami ☐ .

### Ćwiczenie 3



| Gatunek porostu             | Wymagania dotyczące zawartości związków azotowych w powietrzu | Wrażliwość na związki siarki w powietrzu |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Collema nigrescens          | oligotrof                                                     | średnio wrażliwy                         |
| Collema subflaccidum        | oligotrof                                                     | bardzo wrażliwy                          |
| Crespoa crozalisiana        | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |
| Evernia mesomorpha          | oligotrof                                                     | bardzo wrażliwy                          |
| Flavoparmelia baltimorensis | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |
| Flavoparmelia caperata      | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |
| Flavopunctelia flaventior   | mezotrof                                                      | bardzo wrażliwy                          |

| Gatunek porostu           | Wymagania dotyczące zawartości związków azotowych w powietrzu | Wrażliwość na związki siarki w powietrzu |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Flavopunctelia soledica   | mezotrof                                                      | bardzo wrażliwy                          |
| Heterodermia albicans     | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |
| Heterodermia casarettiana | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |
| Heterodermia granulifera  | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |
| Heterodermia hypoleuca    | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |
| Heterodermia obscurata    | eutotrof                                                      | mało wrażliwy                            |

| Gatunek porostu       | Wymagania dotyczące zawartości związków azotowych w powietrzu | Wrażliwość na związki siarki w powietrzu |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Heterodermia speciosa | mezotrof                                                      | bardzo wrażliwy                          |

Powyższa tabela przedstawia wymagania dotyczące zawartości związków azotowych w powietrzu oraz wrażliwość na związki siarki w powietrzu dla 14. gatunków porostów występujących na terenie wschodniej części Stanów Zjednoczonych.

Gatunek opisany jako oligotrof wymaga od 0,5 do 4,2 kg azotu (w formie przyswajalnej) na hektar w skali roku. Zarówno powyżej, jak i poniżej podanego przedziału, porosty oznaczone jako oligotrofy, nie występują. Dla mezotrofów i eutrofów przedziały te wynoszą odpowiednio: 4,3-8 i 8,1-17.

Tolerancja na związki siarki w powietrzu wyrażana jest w tych samych jednostkach i wynosi dla:

- bardzo wrażliwych – 0,5-4,2

- średnio wrażliwych – 4,3-8

- mało wrażliwych – 8,1-32

Źródło: [http://gis.nacse.org/lichenair/?page=e\\_sensitivity](http://gis.nacse.org/lichenair/?page=e_sensitivity)

Na podstawie powyższych informacji i własnej wiedzy, oceń poniższe zdania jako prawdziwe lub fałszywe.

|                                                                                                                      | Prawda                | Fałsz                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Każdy z opisanych gatunków porostów wykazuje identyczną wrażliwość na zawartość związków azotu i siarki w powietrzu. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

|                                                                                                                       | Prawda                | Fałsz                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Gatunki tolerujące dużą zawartość związków azotu w powietrzu, wykazują też sporą tolerancję na związki siarki.        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Tolerancja porostów na zawartość związków azotu i siarki w powietrzu jest cechą charakterystyczną dla danego rodzaju. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Oba opisane gatunki z rodzaju <i>Collema</i> , mogą występować w tym samym siedlisku.                                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

#### Ćwiczenie 4



Na podstawie informacji do zadania 3. i własnej wiedzy, przyporządkuj odpowiednie gatunki do warunków środowiskowych, w jakich mogą funkcjonować.

zawartość związków siarki w powietrzu – **2,4 kg/ha/rok** i zawartość związków azotu – **5,6 kg/ha/rok**

*Heterodermia speciosa*

*Collema nigrescens*

*Flavopunctelia soledica*

*Flavopunctelia flaventior*

zawartość związków siarki w powietrzu – **7,1 kg/ha/rok** i zawartość związków azotu – **2 kg/ha/rok**



| Pierwiastek | Flavoparmelia caperata  |                                                          |                                                                                | Xanthoria parietina     |                                                          |                                                                                |
|-------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|             | Liczba zbadanych okazów | Średnia zawartość pierwiastka [ug/g suchej masy porostu] | Przedział zawartości pierwiastka w badanych okazach [ug/g suchej masy porostu] | Liczba zbadanych okazów | Średnia zawartość pierwiastka [ug/g suchej masy porostu] | Przedział zawartości pierwiastka w badanych okazach [ug/g suchej masy porostu] |
| Al          | 244                     | 348                                                      | 110-4224                                                                       | 58                      | 605                                                      | 150-1500                                                                       |
| Cu          | 321                     | 7,38                                                     | 2,5-78,29                                                                      | 98                      | 5,48                                                     | 3,2-15,0                                                                       |
| Zn          | 321                     | 47,3                                                     | 17,7-330,8                                                                     | 98                      | 25,6                                                     | 13,0-150,0                                                                     |
| Pb          | 184                     | 41,8                                                     | 0,3-309                                                                        | 42                      | 48,9                                                     | 15,0-150,0                                                                     |

Źródło: E. Cecconi i wsp., *New Interpretative Scales for Lichen Bioaccumulation Data: The Italian Proposal*; *Atmosphere*; 2019

Powyższa tabela przedstawia wyniki wieloletnich badań, przeprowadzonych przez grupę włoskich naukowców. Badali oni bioakumulację kilku pierwiastków u dwóch gatunków porostów, lokalnie występujących na ścianach, drzewach i kamieniach. We wstępie do artykułu, naukowcy podkreślają jak istotne mogą okazać się ich badania w kontekście planowania wykorzystania danych terenów do różnych celów.



Żółtlica chropowata (*Flavoparmelia caperata*).

Źródło: Jason Hollinger, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.



Złotorost ścienny (*Xanthoria parietina*).

Źródło: Björn S..., Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.0.

Na podstawie powyższych zdjęć, oceń jaki rodzaj plechy posiadają badane gatunki porostów.  
Właściwa odpowiedź wybierz z poniższych.

☐ krzaczkowata

☐ skorupiasta

☐ plecha listkowata

### Ćwiczenie 6



Zaznacz, jaki wniosek możemy wyciągnąć na podstawie wyników zaprezentowanych w tabeli do ćwiczenia 5.

- ☐ Środowisko życia badanych porostów jest w największym stopniu (spośród badanych pierwiastków) zanieczyszczone miedzią (Cu).
- ☐ O średnim zanieczyszczeniu danego terenu najlepiej świadczą minima i maksima przedziałów zawartości pierwiastków w suchej masie badanych gatunków porostów.
- ☐ Złotorost ścienny jest gatunkiem mniej odpornym na toksyczne metale niż żółtlica chropowata.
- ☐ Oba badane gatunki akumulują najwięcej glinu (Al), co świadczy o zanieczyszczeniu środowiska tym pierwiastkiem.

### Ćwiczenie 7



Na podstawie informacji do zadania 5. i własnej wiedzy, oceń czy korzystając z wyników przytoczonych badań, można wyciągać wnioski o jakości powietrza w danym rejonie Włoch tylko na podstawie występowania lub braku występowania badanych gatunków porostów. Odpowiedź uzasadnij.

### Ćwiczenie 8



Pewne przedsiębiorstwo rolnicze postanowiło wykorzystać wyniki badań przytoczonych w zadaniu 5. W okolicy pobliskich pól zbierali oni okazy badanych porostów i oceniali ilość Al, Zn, Ti oraz Cu. Uzyskane wyniki traktowali jako bezpośredni wskaźnik stopnia skażenia gleby mogącej w przyszłości być glebą uprawną.

Oceń, czy strategia przedsiębiorstwa rolniczego jest słuszna. Swoją odpowiedź uzasadnij.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** Biologia

**Temat:** Porosty jako organizmy wskaźnikowe

**Grupa docelowa:** uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

**Podstawa programowa:**

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VII. Grzyby. Uczeń:

4) przedstawia porosty jako organizmy symbiotyczne i wyjaśnia ich rolę jako organizmów wskaźnikowych;

**Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

**Cele operacyjne (językiem ucznia):**

- Omówisz budowę porostu i podasz różnice między rodzajami plechy.
- Wyjaśnisz, jak funkcjonuje organizm pionierski i organizm wskaźnikowy.
- Określisz, do jakiej strefy należy dany fragment terenu, na podstawie informacji o zasiedlających go porostach.

**Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

**Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- symulacja;

- praca z filmem;
- mapa myśli;
- analiza tekstu źródłowego.

### Formy pracy:

- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

### Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- arkusze papieru, flamastry.

### Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Porosty jako organizmy wskaźnikowe”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 1 (w którym mają za zadanie uporządkować rodzaje plechy porostów w kolejności od tych najbardziej odpornych na stężenie tlenków siarki w powietrzu do tych najbardziej na nie wrażliwych) z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

### Przebieg lekcji

#### Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu – praca z multimediami („Symulacja interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla symulację interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, sformułowali wyjaśnienie, dlaczego porosty i glony stanowią wskaźnik zanieczyszczenia powietrza. Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.

#### Faza realizacyjna:

1. **Film.** Nauczyciel wyświetla film zawarty w lekcji „Bioindykacja”. Następnie prosi uczniów, by wyjaśnili, czym jest skala porostowa, i podali dwa przykłady gatunków porostów występujących w strefie czystego powietrza.
2. **Mapa myśli.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy. Każda z nich opracowuje mapę myśli na temat stref wyróżnianych na podstawie informacji o zasiedlających go

porostach. Grupy prezentują wyniki swojej pracy. Nauczyciel uzupełnia brakujące informacje, koryguje ewentualne błędy.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie dobierają się w pary i wykonują ćwiczenia od 5 do 8 (odnoszące się do wyników badań dotyczących bioakumulacji kilku pierwiastków u dwóch gatunków porostów) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie konsultują swoje rozwiązania z inną parą uczniów i formułują wspólne uzasadnienia. Nauczyciel w razie potrzeby naprowadza ich na prawidłowy tok rozumowania. Chętni prezentują odpowiedzi na forum klasy. Nauczyciel udziela informacji zwrotnej.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel zadaje pytania w celu sprawdzenia stopnia opanowania wiedzy przez uczniów:
  - Jak jest zbudowany porost i jakie występują różnice pomiędzy rodzajami jego plechy?
  - Czym jest organizm pionierski, a czym organizm wskaźnikowy?

#### **Praca domowa:**

1. Wykonaj ćwiczenia od 2 do 4 z sekcji „Sprawdź się”.

#### **Materiały pomocnicze:**

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

#### **Dodatkowe wskazówki metodyczne:**

- Nauczyciel może wykorzystać medium zamieszczone w sekcji „Symulacja interaktywna” do podsumowania lekcji.