

# W teren!

Eksperymenty, doświadczenia  
i obserwacje przyrodnicze  
w szkole



Ministerstwo  
Edukacji Narodowej



CENTRUM EDUKACJI  
OBYWATELSKIEJ

# Spis treści

7 Wstęp 3

7 Zielone płuca Ziemi – odkrywamy życie w lesie 13

7 Rzeka pełna życia. Badamy bioróżnorodność i czystość wody z pomocą AI 24

7 Jak zatrzymać deszcz, czyli rzecz o mikroretencji 43

7 Zatrzymać kroplę – moc drzew 55

7 Odpowiednio, dużo, za dużo – ile nawozić, by nie zaszkodzić? 69

7 Tajemnice gleby 82

7 Powietrze – nasz niewidzialny skarb 95

7 Powietrze i światło – dlaczego coraz mniej gwiazd widać nocą? 107



# Dlaczego eksperymenty? *W żywej lesie*

## Rola badań w edukacji ekologicznej i klimatycznej

Pogłębiający się kryzys klimatyczny i degradacja środowiska naturalnego wymagają od edukacji nowego podejścia. Nie wystarczy, abyśmy w szkole przekazywali młodym ludziom wiedzę opartą na zestawieniu faktów, ostrzeżeń i wskazówek, jak należy postępować. Młodzi ludzie, posiadający nieograniczony dostęp do wiedzy, powinni przede wszystkim rozumieć mechanizmy rządzące przyrodą, analizować dane, wysuwać wnioski i zauważać zależności pomiędzy swoim postępowaniem a stanem Ziemi. To wszystko pozwoli im działać w sposób odpowiedzialny i kształtować los naszej planety na kolejne dekady.

Edukacja ekologiczna powinna być oparta na doświadczeniu, badaniu i odkrywaniu. Jej fundamentem mogą być eksperymenty i symulacje procesów rządzących zjawiskami przyrodniczymi. Umożliwienie samodzielnego odkrywania i bezpośredniego doświadczania, prowadzi do głębszego i trwalszego zrozumienia mechanizmów rządzących przyrodą.

Eksperymentowanie rozwija umiejętność krytycznego myślenia, wnioskowania i rozwiązywania problemów. Uczeń i uczennica doświadczają przy tym sprawstwa i motywacji wewnętrznej. Przeprowadzenie samodzielnie eksperymentów pozwala dostrzec realne skutki działań człowieka na przyrodę, angażuje emocjonalnie, ułatwia rozpoznanie dezinformacji, a jednocześnie kształtuje postawy proekologiczne i odpowiedzialność za los planety.

Albert Einstein powiedział: „Jedynym źródłem wiedzy jest doświadczenie”. Oznacza to, że zrozumienie świata nie opiera się wyłącznie na teorii, przekazanych na lekcji czy poprzez podręcznik informacji, lecz na bezpośrednim i praktycznym przeżyciu. Taka wiedza jest głębsza i trwalsza, ponieważ wynika z obserwacji, działania, analizowania i wyciągania wniosków.

Wiedza płynąca z doświadczenia jest żywa i użyteczna, a sam proces uczenia staje się aktywny. Daje to przestrzeń na popełnianie błędów, które stają się elementem procesu poznawczego. Natomiast wiedza teoretyczna, oparta wyłącznie na faktach, w mniejszym stopniu rozwija kreatywność i ciekawość. Prawdziwą drogą do mądrości jest więc nauka oparta o eksperymentowanie, dociekanie, popełnianie błędów i wyciąganie z nich wniosków. Wiedza oparta jedynie na książkowych definicjach bardzo często bywa ulotna, mało interesująca, po prostu nudna.

### Eksperyment jako doświadczenie uczenia się

Szkola w dużej mierze opiera się na teorii, która nie może równać się z doświadczeniem przeżytym osobiście. Eksperymenty pozwalają uczniom i uczennicom namacalnie zetknąć się ze zjawiskami i procesami, które w teorii mogą być dla nich zbyt abstrakcyjne lub niezrozumiałe. Dzięki doświadczeniom młodzi ludzie mogą odkrywać prawa przyrody i zauważać związki między tym, czego się uczą, a otaczających ich światem. Każde doświadczenie angażuje emocje i zmysły, a połączenie tych

dwóch komponentów wpływa pozytywnie na zapamiętywanie wiedzy i znacząco zwiększa motywację do nauki. Pozwalając na samodzielne formułowanie problemów badawczych, stawianie hipotez, przeprowadzenie doświadczeń, wyciąganie wniosków oraz akceptację błędów, rozwijamy ich samodzielność i pokazujemy, że są dla nas ważni.

Doświadczenia pozwalają nie tylko lepiej rozumieć zjawiska, ale także zobaczyć ich praktyczny wymiar i konsekwencje. Dobrym przykładem może być jeden z najpoważniejszych problemów środowiskowych, czyli susza. Możemy o niej uczyć poprzez analizę danych statystycznych i map, tłumaczyć różnice między suszą hydrogeologiczną a hydrologiczną. W tym samym czasie możemy jednak pozwolić uczniom i uczennicom na zaplanowanie i przeprowadzenie prostego doświadczenia, które pozwoli im zrozumieć, dlaczego zjawisko to obejmuje coraz większe obszary. Wystarczą trzy próbki gleby – piaszczystej, gliniastej i bogatej w próchnicę – oraz trochę wody, by przekonać się jak różne rodzaje gleby zatrzymują wodę. Wiedza, że tereny pozbawione próchnicy wysychają szybciej, przestaje być tylko teorią, a staje się bezpośrednim doświadczeniem ucznia i uczennicy. Każda obserwacja i każde doświadczenie, które wykonują, może rozwijać ich zaniepokojenie naukami ścisłymi. Aby to zjawisko dodatkowo wzmocnić, warto odwołać się do przykładów ścieżek edukacyjnych wybranych naukowców i naukowczyń. Dzięki temu edukacja w zakresie nauk ścisłych połączy się z doradztwem zawodowym, co poszerzy horyzonty młodych ludzi. A kto wie, być może ktoś z naszych podopiecznych zdecyduje się na pójście tą drogą i otrzyma za swój dorobek naukowy nagrodę Nobla?

### Krytyczne myślenie poprzez badania

Nadmiar informacji może przytłaczać, a media społecznościowe i szybkość przekazywania informacji nie zawsze sprzyjają uczeniu się. Świat jest pełen sprzecznych informacji, ale też opinii polityków, celebrytów czy aktywistów. To wszystko rodzi poczucie zagubienia: nie wiadomo komu wierzyć i gdzie szukać prawdy. Często brakuje też czasu na pogłębioną refleksję.

Wiemy już, że doświadczenia pełnią kluczową rolę w przyswajaniu wiedzy. Warto dodać, że wspomagają także rozwój umiejętności krytycznego myślenia. Uczniowie i uczennice, mając możliwość samodzielnego przeprowadzenia badań, potrafią lepiej odróżniać fakty od opinii i wykrywać manipulacje. Niestety, pomimo wielu lat propagowania w szkołach potrzeby krytycznego myślenia, nie zawsze jest ono rozwijane w praktyce. Eksperymenty uczniowskie dają szansę na obiektywną i logiczną analizę informacji. Uczniowie i uczennice są w stanie identyfikować błędy, wyciągać trafniejsze wnioski lub ponownie stawiać hipotezy. Takie podejście pomaga unikać powierzchownych ocen, i powielania stereotypowego myślenia. Dodatkowo wzmacnia odporność na manipulacje i pozwala na sprawniejszą selekcję i interpretację informacji. Krytyczne myślenie pobudza też kreatywność – wiele nowych doświadczeń rodzi się z niezgody na przyjmowanie cudzych opinii bez sprawdzenia ich w praktyce. Można więc stwierdzić, że krytyczne myślenie jest fundamentem innowacji i postępu naukowego.

Uczniom i uczennicom może być trudno zrozumieć, jak w praktyce działa efekt cieplarniany. Jednocześnie w Internecie łatwo natrafić na wypowiedzi znanych osób, które negują to zjawisko, wskazując na przykład, że “pogoda tego lata była chłodna”. Tymczasem wystarczy prosty eksperyment, aby dzięki doświadczeniu zobaczyć, jak naprawdę działa efekt cieplarniany. Potrzebujemy dwóch szklanek, jedną przykrywamy przezroczystą folią, a drugą pozostawiamy otwartą. Po kilku minutach mierzymy temperaturę w obu naczyniach, a omawiając wyniki, rozpoczynamy dyskusję na temat ocieplania się atmosfery.



## Eksperymenty a emocje i motywacja

W procesie uczenia się, oprócz samej wiedzy ważną rolę odgrywają emocje. Przeprowadzanie doświadczeń angażuje ciekawość i wzbudza zainteresowanie. Dla uczniów i uczennic niezwykle ważne jest to, że pozwalamy im odczuwać radość z odkrywania i satysfakcję z samodzielnego dochodzenia do wiedzy. Badania naukowe przedstawione przez Katarzynę Szorc i Ewelinę Rzońcę<sup>1</sup>, wykazały bardzo ścisły związek między emocjami a procesami poznawczymi. Emocje wpływają na poczucie sprawczości oraz wiarę we własne możliwości, co dla uczniów i uczennic staje się podstawą do wzmacniania wewnętrznej motywacji. Dzięki temu młodzi ludzie chętniej podejmują nowe wyzwania, są zdeterminowani by przeprowadzić doświadczenie do końca, nawet jeśli napotykają trudności. Warto przy tym pamiętać, że emocje nie zawsze są pozytywne. Czasem w procesie eksperymentowania pojawiają się tzw. emocje negatywne, ale nie należy ich unikać ani bagatelizować ich znaczenia. One również są ważne w procesie samoregulacji emocjonalnej oraz uczenia się radzenia sobie z trudnościami.

Przytoczone badania pokazują, że doświadczenia edukacyjne zyskują pełną moc dopiero wtedy, gdy angażują nie tylko intelekt, lecz także emocje i zmysły. Tę wiedzę możemy wykorzystać w praktyce chociażby na lekcji biologii, by przedstawić rolę organizmów rozkładających szczątki organiczne. Zamiast suchego przekazu, znacznie bardziej angażujące będzie doświadczenie, w którym uczniowie i uczennice przygotowują zestawy do badania rozkładu odpadków. Do kilku słoików wkładają różne materiały: resztki z obiadu, plastik wymieszany z ziemią, metalowy kapsel zanurzony w glebie. Obserwują zmiany zachodzące w słoikach przez kilka tygodni, badają co stało się z resztą jabłka, plastikiem i metalowym kapslem. Emocje związane z dotykiem i zapachem zestawów doświadczalnych robią większe wrażenie niż przyswojenie suchych faktów o tym, jak długo rozkłada się materia organiczna.

## Eksperyment a poczucie sprawstwa

W raporcie z badania przeprowadzonego w maju 2021 roku przez Centrum Edukacji Obywatelskiej<sup>2</sup> znalazły się tezy wskazujące na konieczne zmiany, które pozwolą szkole lepiej odpowiadać na potrzeby młodych ludzi w przyszłości. Wśród nich podkreślono m.in.:

- ✦ budowanie podmiotowości uczniów i uczennic, uwzględnianie ich głosu, wzmacnianie społecznego zaangażowania i obywatelskiej odpowiedzialności,
- ✦ stawianie na naturalną ciekawość, rozwijanie zainteresowań i uczenie się przez pytanie i działanie.

Nie da się budować skutecznej edukacji ekologicznej **bez zbudowania w uczniach i uczennicach poczucia realnego wpływu na rzeczywistość**. Młodzi ludzie często czują się bezradni wobec kryzysu klimatycznego, są osamotnieni w swoich działaniach, nie mają wsparcia ani wśród dorosłych ani wśród rówieśników czy rówieśniczek. W tej sytuacji planowanie i przeprowadzanie eksperymentów pokazuje młodym ludziom, że ich działania mają sens. W Centrum Edukacji Obywatelskiej zauważamy, że projekty uczniowskie wpływają pozytywnie na motywację młodych ludzi, dają im przestrzeń do działania, sprzyjają współpracy i budowaniu więzi. W ramach takich projektów uczniowie i uczennice



Szkoła ponownie  
czy szkoła od nowa?

1. „Emocje w procesie uczenia się – koncepcje teoretyczne i przegląd badań”, *Kultura i Edukacja*, nr 3 (2024), s. 81–93

2. Centrum Edukacji Obywatelskiej, *Szkoła ponownie czy szkoła od nowa? Jak wygląda powrót do stacjonarnej edukacji?*, Warszawa 2021, [online] [https://ceo.org.pl/wp-content/uploads/2022/07/szkola\\_ponownie\\_czy\\_szkola\\_od\\_nowa\\_publicacja\\_centrum\\_educacji\\_obywatelskiej\\_czerwiec2021.pdf](https://ceo.org.pl/wp-content/uploads/2022/07/szkola_ponownie_czy_szkola_od_nowa_publicacja_centrum_educacji_obywatelskiej_czerwiec2021.pdf) [dostęp: 11.09.2025].

przeprowadzają eksperymenty pozwalające ocenić stan środowiska w najbliższym otoczeniu, np. jakość gleby, wody czy powietrza. Zebrane wyniki analizują wspólnie, aby określić główne problemy i ich możliwe przyczyny. Na podstawie diagnozy planują kolejne działania, które mogą przyczynić się do poprawy jakości środowiska. Taka diagnoza staje się dla nich kierunkiem do dalszych prac. Zamiast analizować wszystkie elementy środowiska, mogą skupić się na tym, który wymaga największej uwagi np. jakość wody.

Wiele takich działań projektowych ma pozytywny wpływ na społeczność lokalną, nie tylko wspiera jej edukację, ale także przyczynia się do zmiany postaw. Przykładem może być projekt, w którym uczniowie i uczennice sadzą rośliny w różnym podłożu. Tego typu doświadczenie nie tylko uczy biologii i ekologii roślin, lecz także pokazuje, że wiedza i umiejętności zdobyte w szkole mogą zostać wykorzystane przez innych mieszkańców i mieszkanki miejscowości. Dodatkowo młodzi ludzie mogą ocenić, które gatunki roślin sprawdzają się na piaszczystych glebach, mniej zasobnych w wodę, niż urodzajne gleby brunatne. Mogą planować sposoby nawożenia roślin i określać, jaki wpływ na przeciwdziałanie erozji mają konkretne gatunki. Poczucie sprawstwa u młodych ludzi pojawia się, gdy wiedzą, że ich doświadczenia i wnioski z nich płynące przyczyniają się do edukacji społeczności lokalnej.

### Most między nauką a praktyką

Szkola w dużej mierze nastawiona jest na przekazywanie wiedzy teoretycznej. Wystarczy otworzyć podręcznik do biologii czy geografii, by stwierdzić, że opisów doświadczeń jest tam bardzo mało. Nie zawsze jednak chodzi o to, by dawać uczniom i uczennicom gotowe scenariusze doświadczeń, czasem wystarczy sama zachęta do tego, by zacząć myśleć bardziej „eksperymentalnie”. W edukacji ekologicznej niezbędne jest to, by młodzi ludzie dostrzegali powiązania pomiędzy globalnymi procesami a lokalnym środowiskiem. Zmiany klimatu mają wiele przyczyn i różnorodne skutki. Dla nas może być to wysychanie Wisły, ale także pojawiające się powodzie, na które nie jesteśmy gotowi. Nie oznacza to, że powinniśmy obarczać młodych ludzi tworzeniem mokradeł, renaturyzacją rzek, czy wymagali od nich całkowitego ograniczenia używania wody. Możemy natomiast zachęcić ich do poszukiwania rozwiązań technologicznych, które mogą przeciwdziałać efektom zmian klimatu.

Wiele miejscowości prowadzi błędną gospodarkę przestrzenną: usuwana jest roślinność, a w jej miejsce pojawia się kostka i beton. Skutkuje to powstawaniem wysp ciepła w upalne dni, a podczas intensywnych opadów – stagnacją wody i zwiększonym ryzykiem powodzi. Proste doświadczenie badania temperatury i możliwości retencji wody na różnych powierzchniach – asfalcie, trawniku, piasku czy betonie – uświadamia uczniom i uczennicom, jak ważna jest odpowiednia gospodarka przestrzenna i rola zieleni w kształtowaniu mikroklimatu. W naszej publikacji zwracamy uwagę na znaczenie drzew dla wsparcia retencji gleby oraz na potencjał błękitno-zielonej infrastruktury, która może wspierać zagospodarowanie wód opadowych, poprawiać mikroklimat i sprzyjać bioróżnorodności w każdej miejscowości. retencji przy wsparciu drzew. Błękitno-zielona infrastruktura zaprojektowana do zagospodarowania wód opadowych, poprawy mikroklimatu, wspierania bioróżnorodności sprawdzi się w każdej miejscowości.



## Eksperymenty dostępne i praktyczne

Niestety ciągle pokutuje przekonanie, że aby przeprowadzić ciekawe doświadczenia, trzeba dysponować dobrze wyposażoną pracownią i funduszami na pomoce naukowe. Tymczasem w **doświadczeń związanych z edukacją ekologiczną można przeprowadzić przy ograniczonych kosztach**. Czasem do badań wystarczą nam przedmioty codziennego użytku jak butelki, słoiki, gleba, woda czy termometr. Wykorzystanie łatwo dostępnych pomocy naukowych jest też istotne, kiedy uczennice i uczniowie będą chcieli powtórzyć doświadczenie lub zademonstrować je swoim bliskim w domowych warunkach. Możemy oczywiście zaplanować doświadczenie od podstaw, wykorzystując kosztowną aparaturę badawczą, jednocześnie martwiąc się, czy nasi podopieczni czegoś przypadkiem nie zepsują. Możemy jednak wybrać inną drogę i pozwolić, aby to sami uczniowie i uczennice stali się odkrywcami i samodzielnie zaplanowali doświadczenie według własnego pomysłu. To ich ciekawość i kreatywność zdecydują o tym, co będą badać, jak to zrobić i jakiego sprzętu użyć. Takie podejście rozwija umiejętność logicznego myślenia, planowania, obserwacji i wyciągania wniosków. Wzmacnia również poczucie sprawczości i motywację do nauki. Czasem to właśnie projektowanie doświadczeń w oparciu o przedmioty domowego użytku staje się fascynującym odkryciem i świetną zabawą. Pokazuje też młodym ludziom, że nauka jest dostępna dla każdego. Przykładem może być doświadczenie symulujące topnienie lodowców, do którego potrzebujemy kostek lodu, wody, dwóch słoików i plasteliny. W pierwszym słoiku umieszczamy w wodzie kostki lodu, w drugim kładziemy je na plastelinie, która pełni rolę hipotetycznego „lądu”. Po stopnieniu lodu w pierwszym słoiku poziom wody nie zmienia się, natomiast w drugim wyraźnie wzrasta. Doświadczenie to w prosty sposób pokazuje, jak topnienie lodowców lądowych podnosi poziom mórz i oceanów. Dzięki temu nie drogiemu i łatwemu do przeprowadzenia doświadczeniu uczniowie i uczennice mogą zobaczyć, jak zmiany klimatyczne wpływają na środowisko i uzmysłowić sobie jak ważna jest ochrona lodowców.



# Metodyka działań badawczych w lesie

## Wprowadzanie uczniów i uczennic w podejście badawcze

Podejście badawcze oparte na metodzie naukowej polega na uczeniu się poprzez odkrywanie i zadawanie pytań według określonej procedury. Zadaniem ucznia i uczennicy jest samodzielne docieranie do wiedzy, a nie jedynie zapoznawanie się z gotowymi odpowiedziami. W zachęcaniu do eksperymentowania niezwykle ważne jest uświadomienie, że błędy są naturalną częścią procesu uczenia się. Równie istotne jest tworzenie atmosfery otwartości na wszystkie pytania uczniowskie. Chociaż dorosłym ludziom niektóre z nich mogą wydawać się naiwne, nietypowe czy wręcz zbędne, dla młodych ludzi każde jest wyrazem potrzeby poznawczej. Ich ignorowanie może skutecznie osłabić ciekawość i zablokować chęć eksperymentowania.

Aby zachęcić uczniów i uczennice do działań badawczych nauczyciel lub nauczycielka może przygotować kilka krótkich doświadczeń. Młodzi ludzie przewidując się może wydarzyć, a następnie porównują swoje oczekiwania z wynikiem doświadczenia. Ważnym elementem takiego pokazu jest wyjaśnienie, na którym etapie metody naukowej się znajdujemy. Mini-pokazy doświadczeń mogą być także okazją do włączenia uczniów i uczennice w proste czynności oraz podkreślenia znaczenia pracy zespołowej, dyskusji i szacunku dla różnych interpretacji tego samego zjawiska. Na tym etapie należy podkreślić znaczenie błędu w prowadzeniu doświadczeń, zapewnić młodych ludzi, że nie może być on traktowany jako „katastrofa”, ale jako możliwość uczenia się. Błędy w procesie badawczym są czymś normalnym, z czego należy wyciągać wnioski na przyszłość.

## Przygotowanie do badań i eksperymentów

Zanim uczniowie i uczennice przystąpią do pracy badawczej należy przypomnieć im etapy metody naukowej, które są następujące:

1. **Obserwacja** – zauważenie jakiegoś zjawiska lub problemu, który budzi zainteresowanie lub wymaga wyjaśnienia.
2. **Sformułowanie problemu badawczego** – określenie pytania badawczego, które będzie przedmiotem badań.
3. **Postawienie hipotezy** – zaproponowanie prawdopodobnego, weryfikowalnego wytłumaczenia problemu badawczego. Na tym etapie, każda osoba tworząca zespół badawczy może wysnuć własną hipotezę.
4. **Testowanie hipotezy** – przeprowadzenie eksperymentu, doświadczenia lub obserwacji w celu sprawdzenia, czy zaproponowana hipoteza jest prawdziwa.
5. **Analiza wyników** – gromadzenie i przetwarzanie danych uzyskanych w wyniku przeprowadzonego badania.
6. **Wyciągnięcie wniosków** – sformułowanie odpowiedzi na pytanie badawcze, rozstrzygnięcie, czy hipoteza została potwierdzona czy odrzucona. Dalsze kroki – postawienie nowych hipotez i powtórzenie procesu badawczego lub sformułowanie teorii.

Zanim uczniowie i uczennice przystąpią do doświadczeń, należy jasno określić jego cel oraz możliwe efekty. Wyjaśniamy, jak ważne jest:

- ✦ zebranie wiedzy wstępnej (np. krótka analiza literatury, obejrzenie materiałów dydaktycznych),
- ✦ zaplanowanie potrzebnych materiałów i narzędzi,
- ✦ ustalenie, jakie warunki muszą być spełnione, aby eksperyment był bezpieczny i rzetelny.

Takie przygotowanie pozwoli na skuteczne planowanie doświadczenia i określenie ewentualnych trudności. W planowaniu nauczyciel lub nauczycielka pełni rolę przewodnika, pozostawiając jak najwięcej przestrzeni swoim podopiecznym.

### Formułowanie pytań i hipotez

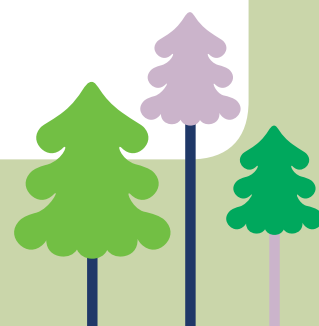
Ucząc w szkole metody naukowej informujemy, że każde działanie badawcze zaczyna się od pytania, czyli problemu badawczego. Powinno ono być jasne, konkretne i prowadzić do obserwowalnych rezultatów. Niewskazane są pytania w formie zamkniętej, np. „Czy warstwa próchnicy przyczynia się do większej retencji wody w glebie”. Tego typu pytanie prowadzi do prostej odpowiedzi „tak” lub „nie”, co nie zachęca młodych ludzi do eksperymentowania i szukania ciekawych hipotez. Rolą nauczyciela lub nauczycielki jest także wspieranie uczniów i uczennic w odróżnianiu pytań zbyt ogólnych od takich, które można sprawdzić w warunkach szkolnych. Chodzi o to, by nakierować młodych ludzi na formułowanie takich pytań, które można zbadać za pomocą dostępnych w szkole materiałów i narzędzi.

Hipoteza formułowana przez uczniów i uczennice powinna mieć formę zdania przypuszczającego, np. „Retencja wody w glebie zależy od tego, jaka jest warstwa próchnicy.” Dzięki temu rozwijamy krytyczne myślenie i rozumowanie przyczynowo-skutkowe. Istotne jest zapewnienie młodych ludzi, że każda hipoteza jest tylko przewidywaniem – jeśli zostanie odrzucona po przeprowadzonym doświadczeniu, mamy szansę ją ponownie sformułować. Jeśli w trakcie zajęć pojawi się wiele hipotez wymagających osobnych zestawów doświadczalnych, wspólnie z grupą możemy się zastanowić, którą wybieramy. Możemy także pokusić się o wykonanie kilku doświadczeń równolegle.

### Organizacja eksperymentu: plan, pomiar, dokumentacja, analiza

Dobrze zorganizowany eksperyment uwzględnia:

- ✦ **Plan** – ustalenie kroków działania, określenie zmiennych (co badamy, co zmieniamy, co kontrolujemy).
- ✦ **Pomiar** – systematyczne zbieranie danych w możliwie dokładny sposób.
- ✦ **Dokumentację** – zapisywanie wyników w zeszytach, tabelach czy dziennikach pracy.
- ✦ **Analizę** – porównywanie otrzymanych wyników, wyciąganie wniosków i skonfrontowanie ich z hipotezą.



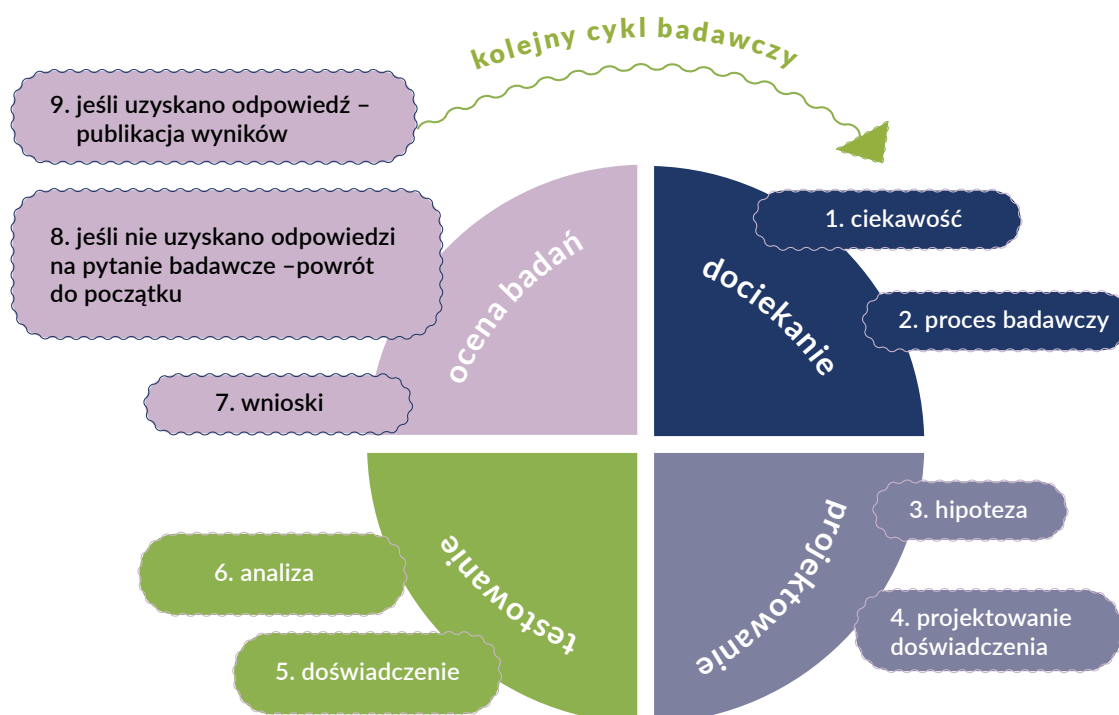
W metodzie naukowej wyróżnia się trzy zmienne<sup>3</sup>, które są kluczowe dla prowadzenia badań:

- ✦ **Zmienna niezależna** – to zmienna, którą badacz czy badaczka zamierza zmieniać lub kontrolować, aby sprawdzić jej wpływ na inne zmienne, np. natężenie światła w eksperymencie dotyczącym wzrostu roślin.
- ✦ **Zmienna zależna** – to zmienna, której wartość jest obserwowana i mierzona jako efekt działania zmiennej niezależnej, np. tempo wzrostu roślin przy różnym natężeniu światła.
- ✦ **Zmienne kontrolne** – to czynniki, które badacz stara się utrzymać na stałym poziomie, aby nie wpływały na wynik badania, np. temperatura, wilgotność i rodzaj podłoża.

Bez jasnego określenia i kontroli zmiennych doświadczenie byłoby chaotyczne i mało wiarygodne, a uzyskane wyniki trudne do interpretacji lub porównania. W praktyce szkolnej często zamiast trzech zmiennych stosuje się uproszczone określenia: próba kontrolna i badawcza.

### Refleksja nad procesem badawczym

Cykl badawczy to uporządkowany i powtarzalny proces, który prowadzi badacza lub badaczkę od pierwszej ciekawości przez uzyskanie i interpretację wyników, aż do wyciągnięcia wniosków. Odpowiada on przedstawionej wcześniej metodzie naukowej. Na każdym z etapów cyklu nauczyciel lub nauczycielka może zadawać pytania pogłębiające, które pomagają uczniom i uczennicom w refleksji nad tym, co robią. Refleksja jest ważnym elementem pracy badawczej i powinna towarzyszyć całemu procesowi, a nie tylko jego zakończeniu.



Rys. 1. Cykl badawczy. Źródło: „Edu-skrzynka. Woda”, Centrum Edukacji Obywatelskiej.



Przykładowe pytania refleksyjne:

- ✦ Jakie emocje towarzyszyły wam podczas projektowania i wykonania doświadczenia?
- ✦ Co się wydarzyło?
- ✦ Jak poradziliście i poradziłyście sobie z zaplanowaniem modelu doświadczalnego?
- ✦ Czy wystąpiły jakieś trudności?
- ✦ Jak sobie z nimi poradziliście i poradziłyście?
- ✦ Co Was zaskoczyło?
- ✦ W jakim celu wykonaliście i wykonałyście to doświadczenie?
- ✦ Jak inaczej moglibyście i mogłybyście sformułować problem badawczy?
- ✦ Dlaczego wykorzystaliście i wykorzystalyście w doświadczeniu ....?
- ✦ Czy wyniki Was zaskoczyły?

Refleksja jest kluczowa w prowadzeniu doświadczeń, ponieważ pozwala świadomie spojrzeć na przebieg i wyniki eksperymentów, co sprzyja głębszemu zrozumieniu i uczeniu się. Daje też możliwość na „zrobienie stopklatki” i przyjrzenie się swojej pracy z innej perspektywy.

### Działania terenowe i w szkole

Badania nie muszą odbywać się tylko w szkole – ogromną wartość mają także działania terenowe, które rozwijają w uczniach i uczennicach poczucie związku z otoczeniem. Warto też łączyć ze sobą obserwacje terenowe z badaniami laboratoryjnymi w szkole, ponieważ takie podejście pozwala, uczniom i uczennicom lepiej zrozumieć proces naukowy i dostrzec zależności między teorią a praktyką.

**Zanim wyjdziemy z grupą w teren, upewnijmy się, że:**

- ✦ miejsce, w którym będziemy pracować, jest bezpieczne. Dla pewności przypominamy podstawowe zasady, np. nie zbliżamy się do wody;
- ✦ mamy zgodę na przebywanie i prowadzenie badań w wybranym miejscu;
- ✦ zebraliśmy od rodziców zgody na wyjście terenowe i przekazaliśmy im pełną informację o zakresie badań;
- ✦ uczniowie i uczennice przestrzegają zasad BHP, szczególnie w przypadku używania substancji niebezpiecznych;
- ✦ mamy możliwość nadzorowania uczniów i uczennice podczas całych zajęć;
- ✦ przygotowaliśmy zestawy badawcze – jeden pakiet na każdą grupę uczniów;
- ✦ wszystkie elementy (przrządy pomiarowe, testy, pojemniki, rękawiczki) są kompletne i sprawne.



## Etyka i bezpieczeństwo badań

Prowadzenie badań wiąże się z odpowiedzialnością nie tylko o własne zdrowie i bezpieczeństwo, ale także z poszanowaniem środowiska przyrodniczego. Wprowadzenie zasad etycznych i bezpieczeństwa powinno być kluczowym elementem zajęć. Możemy je wypracować wspólnie z uczniami i uczennicami lub zaproponować im gotowy zestaw, a następnie przedyskutować, jak je rozumiemy.

Proponowane zasady to:

- ✦ nie niszczymy środowiska w trakcie badań – nie wrywamy roślin bez wyraźnej potrzeby, nie płoszymy zwierząt, nie łapiemy okazów (jeśli nie jest to konieczne);
- ✦ szanujemy życie organizmów – nie wszystkie zwierzęta można dotykać, łapać czy przenosić;
- ✦ podczas pracy z substancjami chemicznymi stosujemy odpowiednie środki ochrony osobistej;
- ✦ wszystkie działania prowadzone są w ramach granic bezpieczeństwa wyznaczonych przez nauczyciela lub nauczycielkę.

Przy okazji należy wytłumaczyć młodym ludziom, jak ważna jest etyka badań, czyli uczciwe podejście do wyników. Nie wolno manipulować danymi ani pomijać niewygodnych obserwacji. Prowadząc rzetelnie badania, budujemy zaufanie do nauki, wspieramy rozwój wiedzy i zapobiegamy marnowaniu zasobów. W ten sposób chronimy nie tylko reputację badaczy i badaczek, ale także społeczeństwo przed wyciągnięciem błędnych wniosków na podstawie zmanipulowanych wyników badań.

**Zapraszamy do realizacji przygotowanych scenariuszy, które pozwalają badać różne elementy środowiska: przyrodężywioną, wodę, glebę, powietrze.**

Każdy z nich został opracowany tak, aby zachęcać do samodzielnego eksperymentowania, obserwacji i analizowania zjawisk w najbliższym otoczeniu. Proponowane działania mają na celu nie tylko poznawanie mechanizmów rządzących przyrodą, lecz także rozwijanie świadomości środowiskowej i klimatycznej. Mamy nadzieję, że scenariusze staną się przestrzenią do pogłębiania ciekawości, krytycznego myślenia i umiejętności badawczych, a jednocześnie pozwolą lepiej poznać lokalne środowisko i zbliżyć się do przyrody.



przyroda  
ożywiona



woda

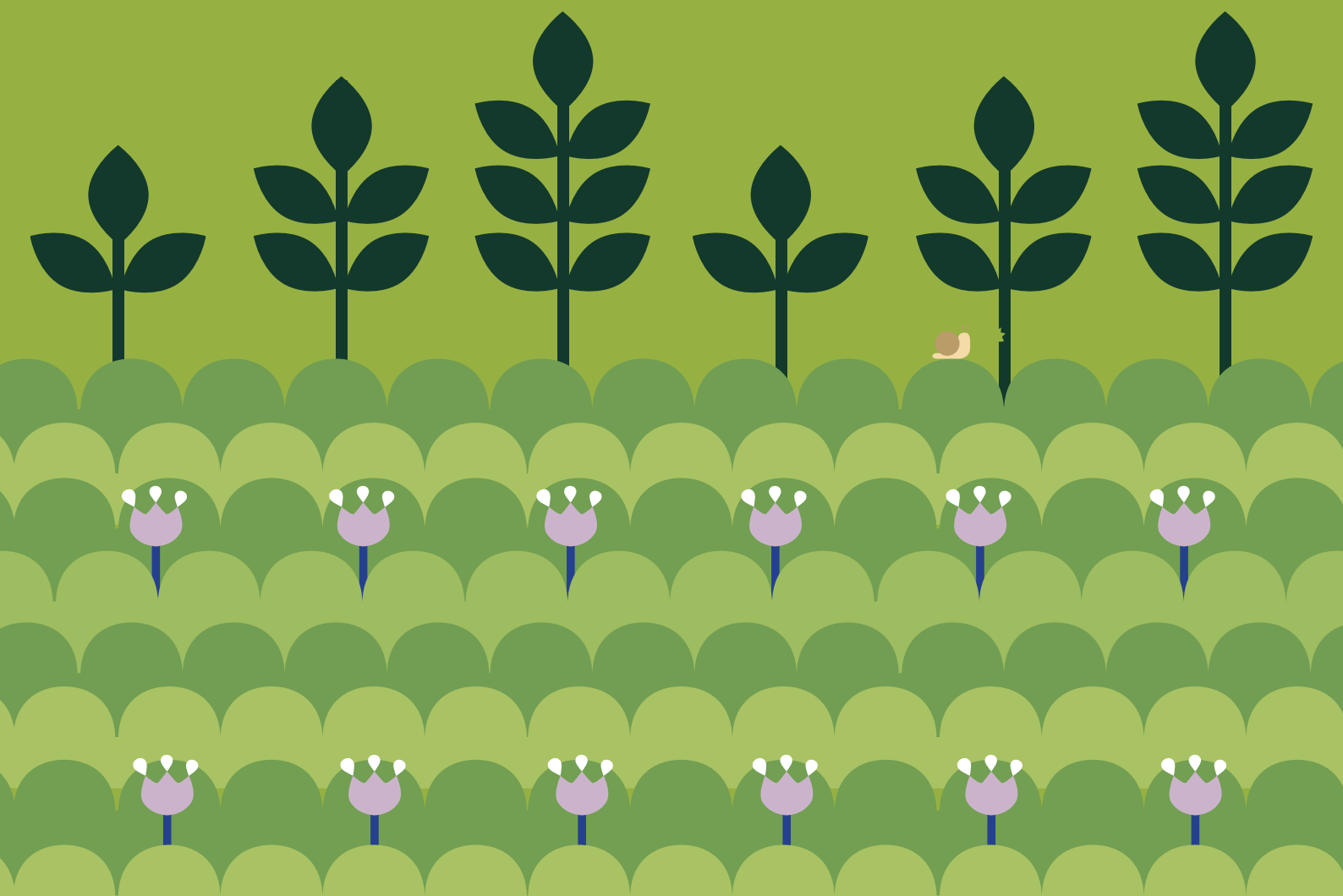


gleba



powietrze

**„Zielone płuca  
Ziemi – odkrywamy  
życie w lesie”**



# „Zielone płuca Ziemi – *namy żyć w lesie*” odkrywamy życie w lesie”

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Lasy zajmują około 30% powierzchni lądów i należą do najważniejszych ekosystemów na Ziemi. Nazywamy je „zielonymi płucami”, ponieważ w procesie fotosyntezy pochłaniają dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) i produkują tlen – gaz niezbędny do życia większości organizmów. Jedno dorosłe drzewo w ciągu roku może wytworzyć tyle tlenu, ile wystarcza dla kilku osób, a cały las działa jak ogromna fabryka czystego powietrza. Rola lasów nie ogranicza się jednak tylko do produkcji tlenu. Są one naturalnymi „magazynami węgla”, ponieważ gromadzą go w drewnie, liściach, korzeniach i glebie. Dzięki temu spowalniają zmiany klimatu i ograniczają efekt cieplarniany. Drzewa regulują także temperaturę i wilgotność powietrza, zatrzymują wodę opadową, chronią glebę przed erozją oraz oczyszczają atmosferę z pyłów i zanieczyszczeń. Nieprzypadkowo mówi się, że las „oddycha” – w dzień intensywnie produkuje tlen, a nocą, podobnie jak my, pobierają go z powietrza. W skali globalnej lasy Amazonii, Syberii czy Afryki równikowej wywierają ogromny wpływ na klimat całej planety. W skali lokalnej – las w naszej okolicy reguluje mikroklimat, łagodzi upały, zwiększa wilgotność powietrza i sprawia, że życie w mieście staje się zdrowsze. Dlatego ochrona lasów i mądre korzystanie z ich zasobów to jedno z najważniejszych wyzwań współczesności. Utrata drzew oznacza nie tylko utratę siedlisk dla tysięcy gatunków, lecz także osłabienie naturalnej tarczy chroniącej nas przed skutkami zmian klimatu. Więcej informacji o lasach do wykorzystania w trakcie zajęć znajdziesz w załączniku nr 4.

➤ Załącznik nr 4

## TEMAT:

przyroda ożywiona

## OPRACOWANIE:

prof. dr hab. Piotr Skubała

## CZAS TRWANIA:

55 min

## CELE:

- ✦ Uczniowie i uczennice rozumieją znaczenie lasu jako kluczowego ekosystemu podtrzymującego życie na Ziemi.
- ✦ Uczniowie i uczennice rozwijają umiejętności prowadzenia mini-badań naukowych w terenie.
- ✦ Uczniowie i uczennice przechodzą przez pełen proces badawczy: od obserwacji i postawienia hipotezy, przez pomiary i analizę, aż po wyciąganie wniosków i wskazanie działań.
- ✦ Uczniowie i uczennice poznają i potrafią wymienić usługi ekosystemowe lasu, dostrzegając ich znaczenie dla ludzi i przyrody.
- ✦ Uczniowie i uczennice zastanawiają się, jak chronić bioróżnorodność i usługi ekosystemowe w praktyce – od działań indywidualnych po propozycje dla społeczności lokalnej.

## KRYTERIA SUKCESU:

- ✦ Uczeń lub uczennica potrafi rozpoznać i nazwać co najmniej pięć gatunków leśnych, korzystając z aplikacji mobilnych (Pl@ntNet, iNaturalist).
- ✦ Uczeń lub uczennica wykonuje proste pomiary środowiskowe (np. natężenie światła, wilgotność gleby, temperatura).
- ✦ Uczeń lub uczennica wskazuje przykłady usług ekosystemowych i proponuje sposoby ich ochrony.
- ✦ Uczeń lub uczennica przygotowuje krótką notatkę badawczą i/lub prosty wykres.
- ✦ Uczeń lub uczennica formułuje własne propozycje działań ochronnych i potrafi je zaprezentować grupie.

## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ✦ Szkoła podstawowa (klasy IV–VIII): biologia: II.4; VII.9, VIII.2-3.
- ✦ Szkoła ponadpodstawowa (liceum/technikum): biologia: X.10, XI.3.

## SZKOŁA PONADPODSTAWOWA (LICEUM/TECHNIKUM):

- ✦ analiza i ocena znaczenia bioróżnorodności w funkcjonowaniu biosfery,
- ✦ badanie czynników wpływających na zróżnicowanie ekosystemów,
- ✦ rozumienie usług ekosystemowych i ich wpływu na gospodarkę oraz życie człowieka,
- ✦ rozwijanie umiejętności planowania i przeprowadzania badań terenowych,
- ✦ kształtowanie postawy odpowiedzialności za środowisko i zrównoważony rozwój.

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ✦ Różnorodność biologiczna w ekosystemie leśnym.
- ✦ Zależności między organizmami a warunkami środowiska (światło, temperatura, wilgotność).
- ✦ Rola lasu w regulacji klimatu i jakości powietrza.
- ✦ Usługi ekosystemowe świadczone przez las (produkcyjne, regulacyjne, kulturowe, wspierające).
- ✦ Znaczenie ochrony bioróżnorodności i działań proekologicznych.
- ✦ Metody badań terenowych w ekologii.

## FORMY PRACY:



- ✦ praca indywidualna (notatki, obserwacje),
- ✦ praca w parach (pomiary, identyfikacja gatunków),
- ✦ praca w grupach (analiza wyników, przygotowanie propozycji działań),
- ✦ praca na forum klasy (prezentacja, dyskusja, tworzenie manifestu).



## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ✦ Karty pracy.
- ✦ Lupy, taśmy miernicze, termometry, proste higrometry/wskaźniki wilgotności gleby, mierniki światła w telefonach.
- ✦ Telefony z aplikacjami do identyfikacji gatunków (PI@ntNet, iNaturalist).
- ✦ Notatniki lub arkusze papieru do zapisywania wyników.



## ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:

➤ Załącznik nr 1

➤ Załącznik nr 2

➤ Załącznik nr 3

➤ Załącznik nr 4

- ✦ Załącznik nr 1 – Karta pracy: *Badamy bioróżnorodność lasu*
- ✦ Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: *Usługi ekosystemowe lasów*
- ✦ Załącznik nr 3 – Materiał pomocniczy:  
*Propozycje działań ochronnych dotyczących lasów*
- ✦ Załącznik nr 4 – Materiał pomocniczy: *Ciekawostki o lasach*

## PRZEBIEG ZAJĘĆ



### Rozpoczęcie zajęć

Zaproś klasę do rozmowy. Zaczynij od pytań:

- ✦ dlaczego mówi się, że las to „zielone płuca Ziemi”?
- ✦ Jaką rolę odgrywa w regulacji klimatu?

Następnie przedstaw cel zajęć – wspólnie będziecie badać bioróżnorodność i zastanawiać się, jakie usługi ekosystemowe świadczy las w najbliższym otoczeniu.



10  
MIN

## Krok 1 – Formułowanie pytań badawczych i hipotez

Podziel klasę na 4-5 osobowe grupy. Poproś, aby każda wybrała pytanie badawcze, np.:

- ✦ Różnorodność gatunkowa roślin na otwartej polanie jest większa niż pod koronami drzew.
- ✦ W pobliżu martwego drewna występuje więcej owadów niż na obszarach z czystą ściółką.
- ✦ Wyższa wilgotność gleby sprzyja większej liczbie roślin zielnych.

Zachęć uczennice i uczniów, by sformułowali hipotezę i zapisali plan badania w przygotowanym załączniku nr 1.

20  
MIN

## Krok 2 – Obserwacje i pomiary

Wyślij grupy w teren i poprowadź je krok po kroku. Każda grupa:

- ✦ wyznacza powierzchnię badawczą  $1 \times 1$  m,
- ✦ notuje i fotografuje gatunki (rośliny, owady, ślady zwierząt),
- ✦ korzysta z aplikacji mobilnych do identyfikacji gatunków,
- ✦ wykonuje pomiary: natężenie światła, temperatura, wilgotność gleby,
- ✦ uzupełnia dane w Załączniku nr 1,
- ✦ zastanawia się, jakie usługi ekosystemowe są widoczne w badanym miejscu, wnioski zapisuje w Załączniku nr 2.

10  
MIN

## Krok 3 – Analiza i prezentacja wyników

Omów wyniki z grupami, poproś aby:

- ✦ obliczyły średnie wartości pomiarów, procentowy udział gatunków i przygotowały prosty wykres,
- ✦ porównały wyniki z hipotezami i sformułowaly wnioski,
- ✦ podały przykłady usług ekosystemowych i zastanowiły się nad sposobami ich ochrony (Załączniku nr 2).

Na zakończenie uzupełnij wyniki komentarzem – możesz zwrócić uwagę na znaczenie takich badań w ekologii, np. na rolę martwego drewna w podtrzymywaniu bioróżnorodności.



10  
MIN

## Podsumowanie i działania ochronne

Zaproś klasę do wspólnej dyskusji, przykładowe pytania: „Jakie czynniki sprzyjają bioróżnorodności w lesie? Jakie usługi ekosystemowe udało nam się odkryć?”.

Następnie poproś grupy, aby pracowały z Załącznikiem nr 3 i opracowały propozycje działań ochronnych, odpowiadając na pytania:

- ✦ Co możemy zrobić indywidualnie?
- ✦ Co możemy zrobić jako uczniowie i uczennice w szkole?
- ✦ Co możemy zrobić jako mieszkańcy i mieszkanki?
- ✦ Co możemy zaproponować władzom lokalnym?

Po przygotowaniu propozycji każda grupa przedstawia je na forum klasy. Następnie wspólnie stwórzcie Manifest klasowy: „Nasze działania dla lasu”, który będzie podsumowaniem wspólnych ustaleń i zobowiązań.



## Zadanie dodatkowe



10  
MIN

Możesz zaproponować grupie zadania dodatkowe, które pomogą im pogłębić temat i spojrzeć na las z różnych perspektyw, np.:

- ✦ **Wspólna baza danych:** porównajcie swoje wyniki badań z innymi klasami lub szkołami. Zastanówcie się, jakie wnioski płyną z podobieństw i różnic. Stwórzcie prostą tabelę lub mapę z danymi.
- ✦ **Las w czterech porach roku:** wybierzcie fragment lasu (lub parku) i obserwujcie go w kolejnych miesiącach. Notujcie, co się zmienia, róbcie zdjęcia, rysunki, krótkie opisy. Na koniec możecie przygotować „album lasu”.
- ✦ **Plakat lub raport klasowy:** stwórzcie wspólnie materiał pt. „*Jak las wspiera życie na Ziemi i jak możemy go chronić?*”. Może to być plakat na korytarz szkolny, prezentacja multimedialna albo krótki raport badawczy.

## Polecane materiały:

- ✦ **Interaktywne aplikacje mobilne do identyfikacji gatunków:**  
Pl@ntNet, iNaturalist – pozwalają uczniom i uczennicom samodzielnie rozpoznawać rośliny i owady.
- ✦ **Filmy edukacyjne o lasach na serwisie YouTube, np.:**  
Ogrodowczyk, M., *Życie lasu. Bogactwo przyrodnicze*, 2017, Lasy Państwowe.  
Dostępne: <https://www.youtube.com/watch?v=awlwB3-r9eU>
- ✦ **Infografiki, plakaty i raporty o usługach ekosystemowych lasów:**  
Materiały [Lasów Państwowych](#) i [WWF Polska](#).
- ✦ **Mapa lasów świata (Global Forest Resources Assessments):**  
Pokazuje globalne znaczenie i rozmieszczenie lasów. [FAO](#)
- ✦ **Wirtualne spacerunki po lasach i parkach narodowych:**  
np. Google Earth, strony parków narodowych, w tym Białowieskiego Parku Narodowego.

## Źródła:

- ✦ **WWF Polska** – materiały edukacyjne o znaczeniu lasów i ochronie bioróżnorodności. <https://www.wwf.pl/lasy>
- ✦ **Nauka o klimacie** – informacje o najnowszych badaniach dotyczących zmian klimatu. <https://naukaoklimacie.pl/>
- ✦ **FAO (Food and Agriculture Organization of the UN)** – raporty Global Forest Resources Assessment. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/en>
- ✦ **IPCC** – raport o roli ekosystemów w regulacji klimatu (2022). [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/Raport\\_IPCC\\_cz2\\_29\\_11\\_22\\_OST.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/Raport_IPCC_cz2_29_11_22_OST.pdf)
- ✦ **UNEP (United Nations Environment Programme)** – informacje o bioróżnorodności. [https://www.unep.org/unep-and-biodiversity?\\_ga=2.33063865.648843518.1756576746-1381389914.1756576745](https://www.unep.org/unep-and-biodiversity?_ga=2.33063865.648843518.1756576746-1381389914.1756576745)
- ✦ **Lasy Państwowe** – oficjalne dane o lasach w Polsce. <https://www.lasy.gov.pl>

## Książki (w języku polskim)

- ✦ **Wohlleben, P. (2016). *Sekretne życie drzew*. Warszawa: Wydawnictwo Otwarte.**  
Bestseller, który w przystępny i obrazowy sposób pokazuje, że drzewa tworzą społeczność, komunikują się między sobą i opiekują się młodymi oraz chorymi osobnikami. Wohlleben – leśnik i popularyzator wiedzy – wciąga czytelników w niezwykły świat leśnych zależności.
- ✦ **Simard, S. (2022). *Matka drzew. Odkrywanie mądrości lasu*. Warszawa: Wydawnictwo Znak.**  
Opowieść o pionierskich badaniach kanadyjskiej ekolożki, która odkryła, że drzewa w lesie są połączone siecią grzybni – tzw. „Wood Wide Web”. To książka o nauce, ale też osobista historia odkryć, które zmieniły nasze rozumienie lasu.



Życie lasu



Lasy Państwowe



WWF Polska



FAO



WWW Lasy



Nauka o klimacie



FAO



IPCC



UNEP



LASY

- ✦ **Dziektarz, D. (2025). Chodźmy w las! Co się kryje między drzewami. Warszawa: Wydawnictwo Powergraph** Napisana z wielką miłością jest nie tylko bogato ilustrowaną kontynuacją świetnie przyjętego przez czytelników *Rozejrzyj się!* To także hołd złożony przez wyjątkowego leśnika, Dariusza Dziektarza, naszym borom i lasom. Kopalnia obłądnych ciekawostek z życia roślin i zwierząt oraz poruszający apel o ochronę polskiej przyrody.



## Załącznik nr 1 – Karta pracy: Badamy bioróżnorodność lasu

Grupa nr:

Miejsce badań (opis/nazwa lasu):

Data:

### 1. PYTANIE BADAWCZE I HIPOTEZA

Nasze pytanie badawcze: .....

Hipoteza: .....

### 2. DANE Z OBSERWACJI I POMIARÓW

Powierzchnia badawcza: 1 m × 1 m

| Nr próby | Opis miejsca | Liczba gatunków roślin | Liczba gatunków owadów/śladów zwierząt | Natężenie światła (lux) | Temperatura (°C) | Wilgotność gleby (%) |
|----------|--------------|------------------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------|----------------------|
|          |              |                        |                                        |                         |                  |                      |
|          |              |                        |                                        |                         |                  |                      |
|          |              |                        |                                        |                         |                  |                      |
|          |              |                        |                                        |                         |                  |                      |
|          |              |                        |                                        |                         |                  |                      |
|          |              |                        |                                        |                         |                  |                      |



### 3. DOKUMENTACJA GATUNKÓW

Zdjęcia/rysunki wykonane w aplikacji lub przez grupę (np. Pl@ntNet, iNaturalist).

Wpisz min. 5 nazw gatunkowych (łacińska opcjonalna):

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....
- 4) .....
- 5) .....

### 4. ANALIZA WYNIKÓW

Średnia liczba gatunków roślin: .....

Średnia liczba owadów/śladów zwierząt: .....

Porównanie natężenia światła: .....

Porównanie wilgotności gleby: .....

Prosty wykres/diagram (np. słupkowy: liczba gatunków roślin w różnych miejscach):

### 5. WNIOSKI

1. Czy nasza hipoteza została potwierdzona? .....

.....

2. Jakie czynniki wpływały na różnorodność w badanych miejscach? .....

.....

.....

3. Co to oznacza dla ochrony lasów i klimatu? .....

.....

.....

.....

.....

.....



## Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: Usługi ekosystemowe lasów

Forma tabeli, do uzupełnienia przez uczniów i uczennice.

Zadanie dla nich: uzupełnić tabelę przykładami z obserwacji i wskazać sposoby ochrony.

Na szaro – przykładowe zapisy (dla nauczyciela/nauczycielki).

| Usługa ekosystemowa lasu | Opis                                                        | Przykład z naszego lasu              | Jak chronić tę funkcję lasu?                 |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| Regulacja klimatu        | Las pochłania CO <sub>2</sub> i magazynuje go w biomasie    | np. stare drzewa, duża ilość mchów   | sadzenie drzew, ochrona starych drzewostanów |
| Ochrona gleby i wód      | Korzenie zapobiegają erozji, zatrzymują wodę                | np. ściółka leśna zatrzymuje wilgoć  | nie wydeptywać runa, nie niszczyć mchów      |
| Produkcja tlenu          | Fotosynteza dostarcza tlen do atmosfery                     | drzewa w naszym lesie                | dbanie o lasy lokalne                        |
| Schronienie dla gatunków | Bioróżnorodność lasu = siedliska dla owadów, ptaków, ssaków | martwe drewno = siedlisko chrząszczy | zostawianie martwego drewna                  |
| Funkcja kulturowa        | Lasy dają miejsce do rekreacji i inspiracji                 | wycieczki, spacer                    | zachowanie ciszy, nieśmieszenie              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |
|                          |                                                             |                                      |                                              |



## Załącznik nr 3 – Materiał pomocniczy: Propozycje działań ochronnych dotyczących lasów

Przestrzeń dla refleksji i zaplanowania realnych działań – zarówno indywidualnych, jak i klasowych. Uczniowie i uczennice pracują w grupach i zapisują propozycje, które potem prezentują w formie mini-manifestu klasowego: „Nasze działania dla lasu”.

Na szaro – przykładowe zapisy (dla nauczyciela/nauczycielki).

**Przykładowy układ karty:**

### **1. Co już robimy?**

---

---

---

### **2. Co możemy zrobić jako uczniowie i uczennice w naszej szkole?**

✦ np. zbiórka makulatury, projekt edukacyjny, sadzenie drzew, szkolna gazetka o klimacie

---

---

---

---

### **3. Co możemy zrobić jako mieszkańcy i mieszkanki naszego miasta/regionu?**

✦ np. udział w akcjach społecznych, zgłaszanie wycinek, ochrona terenów zielonych

---

---

---

### **4. Co możemy zaproponować władzom lokalnym?**

✦ np. nowe nasadzenia drzew, zakładanie parków kieszonkowych, lepsza ochrona starych drzew

---

---

---

---



## Załącznik nr 4 – Materiał pomocniczy: Ciekawostki o lasach

Lasy należą do najbardziej cennych i zróżnicowanych biologicznie ekosystemów lądowych na Ziemi. Spełniają kluczową rolę w funkcjonowaniu ziemskiego ekosystemu. Są oazą różnorodności biologicznej, pozwalają chronić gleby przed erozją, są częścią cyklu wodnego.

Thomas Crowther z Uniwersytetu Yale w USA oraz międzynarodowy zespół naukowców z 15 krajów przeprowadzili obszerne badania dotyczące liczby drzew na naszej planecie. Wykorzystując dane z 430 tysięcy lokalizacji na całym świecie oraz precyzyjne zdjęcia satelitarne, oszacowali, że obecnie na Ziemi rośnie 3 biliony 40 miliardów drzew. Najwięcej drzew, około 1 bilion 390 miliardów (43% całkowitej liczby), znajduje się w regionach tropikalnych. W strefie umiarkowanej, w tym w naszych lasach, rośnie 610 miliardów drzew, co stanowi 22% całkowitej liczby drzew na świecie.

Crowther T. W., Glick H. B., Covey K. R., Bettigole C., Maynard D. S., et al. 2015. *Mapping tree density at a global scale*. *Nature* 525(7568): 201–205. DOI: 10.1038/nature14967

W 2022 roku międzynarodowy zespół badaczy, w tym również z Polski, oszacował, że na całym świecie żyje ponad 73 tysiące gatunków drzew. Do tej pory opisano 64 088 z nich. Najwięcej występuje w Ameryce Południowej (27 tysięcy), w Eurazji (14 tys.), Afryce (10 tys.), Ameryce Północnej (8,5 tys.), a najmniej w Australii i Oceanii (blisko 7 tys.). To oznacza, że ponad 9 tysięcy gatunków wciąż czeka na odkrycie – z czego ok. 40% nieodkrytych gatunków drzew znajduje się w Ameryce Południowej.

Cazzolla Gatti R., Reich P. B., Gamarra J. G. P., Crowther T., Hui C. et al. 2022. *The number of tree species on Earth*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; 119(6):e2115329119. DOI: 10.1073/pnas.2115329119

Wylesianie jest jednym z głównych czynników prowadzących do utraty bioróżnorodności na naszej planecie. Obecnie na Ziemi rośnie o 46% mniej drzew niż przed pojawieniem się ludzkiej cywilizacji. Co roku znika 15 miliardów drzew, przy czym najwięcej w rejonach tropikalnych. Powierzchnia lasów kurczy się o 190 tysięcy km<sup>2</sup> rocznie, co odpowiada około 61% powierzchni Polski.

Crowther T. W., Glick H. B., Covey K. R., Bettigole C., Maynard D. S., et al. 2015. *Mapping tree density at a global scale*. *Nature* 525(7568): 201–205. DOI: 10.1038/nature14967

Zalesianie jest jedną z najskuteczniejszych i najbardziej proekologicznych metod redukcji emisji dwutlenku węgla. Ochrona oraz odbudowa naturalnych lasów powinny stanowić priorytet w politykach klimatycznych, ponieważ umożliwiają one nie tylko łagodzenie skutków wylesiania, ale także wspierają bioróżnorodne ekosystemy, od których zależy przyszłość naszej planety.

Lasy należą do najbardziej cennych i zróżnicowanych biologicznie ekosystemów lądowych na Ziemi. Spełniają kluczową rolę w funkcjonowaniu ziemskiego ekosystemu. Są oazą różnorodności biologicznej, pozwalają chronić gleby przed erozją, są także częścią cyklu wodnego. Różnorodność biologiczna lasów stanowi podstawę dla wielu dóbr materialnych i niematerialnych, ważnych dla społeczeństwa. Są także niezwykle ważne dla naszego zdrowia. Potwierdzają to liczne badania z zakresu biologii, psychologii i medycyny.

Williams F. 2018. *Natura leczy, czyli co sprawia, że jesteśmy szczęśliwsi, zdrowsi i bardziej kreatywni*. Wyd. Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.



Lasy pełnią niezwykle ważną rolę w procesie łagodzenia zmian klimatu, ponieważ pochłaniają dwutlenek węgla (główny gaz cieplarniany) z atmosfery i wbudowują go w swoje tkanki. Pomagają tym samym utrzymać równowagę klimatu na globie.

Jedna 60-letnia sosna „produkuje” w ciągu doby tyle tlenu, ile potrzebują trzy osoby. Stuletni buk wytwarza w ciągu godziny 1200 litrów tlenu.

McPherson E. G., Simpson J. R., Peper P., Scott K.I., Xiao Q. 2000. Tree Guidelines for Coastal Southern California Communities. Local Government Commission, Sacramento, California.

Drzewo w czasie swojego 50-letniego życia produkuje tlen o wartości ponad 30 tys. dolarów. Szacuje się, że jedno duże drzewo (25 m wysokości) usuwa w ciągu dnia z otoczenia tyle samo dwutlenku węgla, ile emitują dwa domy jednorodzinne.

McPherson E. G., Simpson J. R., Peper P., Xiao Q. 1999. Tree Guidelines for San Joaquin Valley Communities. Local Government Commission, Sacramento, California.

Drzewa żyją w symbiozie z grzybami mikoryzowymi oplatającymi ich system korzeniowy. W glebie obserwujemy złożone sieci mikoryzowe, znane jako „Wood Wide Web”. Są to podziemne sieci tworzone przez strzępki grzybów mikoryzowych, które łączą poszczególne rośliny i zapewniają transport wody, węgla, azotu i innych składników odżywczych.

Simard S. W. 2012. Mycorrhizal networks: Mechanisms, ecology and modeling. Fungal Biology Review 26: 39-60.

W 2019 roku naukowcy z Polskiej Akademii Nauk ocenili, że w ciągu kilkunastu, najdalej kilkudziesięciu lat, w wyniku zmian klimatu z terenu Polski mogą zniknąć takie gatunki drzew jak sosna zwyczajna, świerk pospolity, modrzew europejski czy brzoza brodawkowata. Tymczasem to właśnie one stanowią główny składnik drzewostanów na blisko 75% powierzchni lasów w Polsce. Ich zanik pociągnie za sobą zagładę dla setek gatunków roślin, grzybów i zwierząt.

PAN 2019. Ponury scenariusz dla polskich lasów: czeka nas drastyczna zmiana przyrody, 19 września 2019.

Na 1 hektarze naturalnego lasu może znajdować się średnio od 100 do 200 m<sup>3</sup> martwego drewna. W lasach gospodarczych ta ilość jest znacznie mniejsza – stanowi zaledwie około 5% tego, co występuje w lasach naturalnych. Naukowcy zwracają uwagę, że słusznym byłoby zwiększyć ilość martwego drewna w europejskich lasach gospodarczych do 20-30 m<sup>3</sup>/ha.

Gutowski J. M., Bobiec A., Pawlaczyk P., Zub K. 2004. Drugie życie drzewa. WWF Polska. Warszawa-Hajnówka.

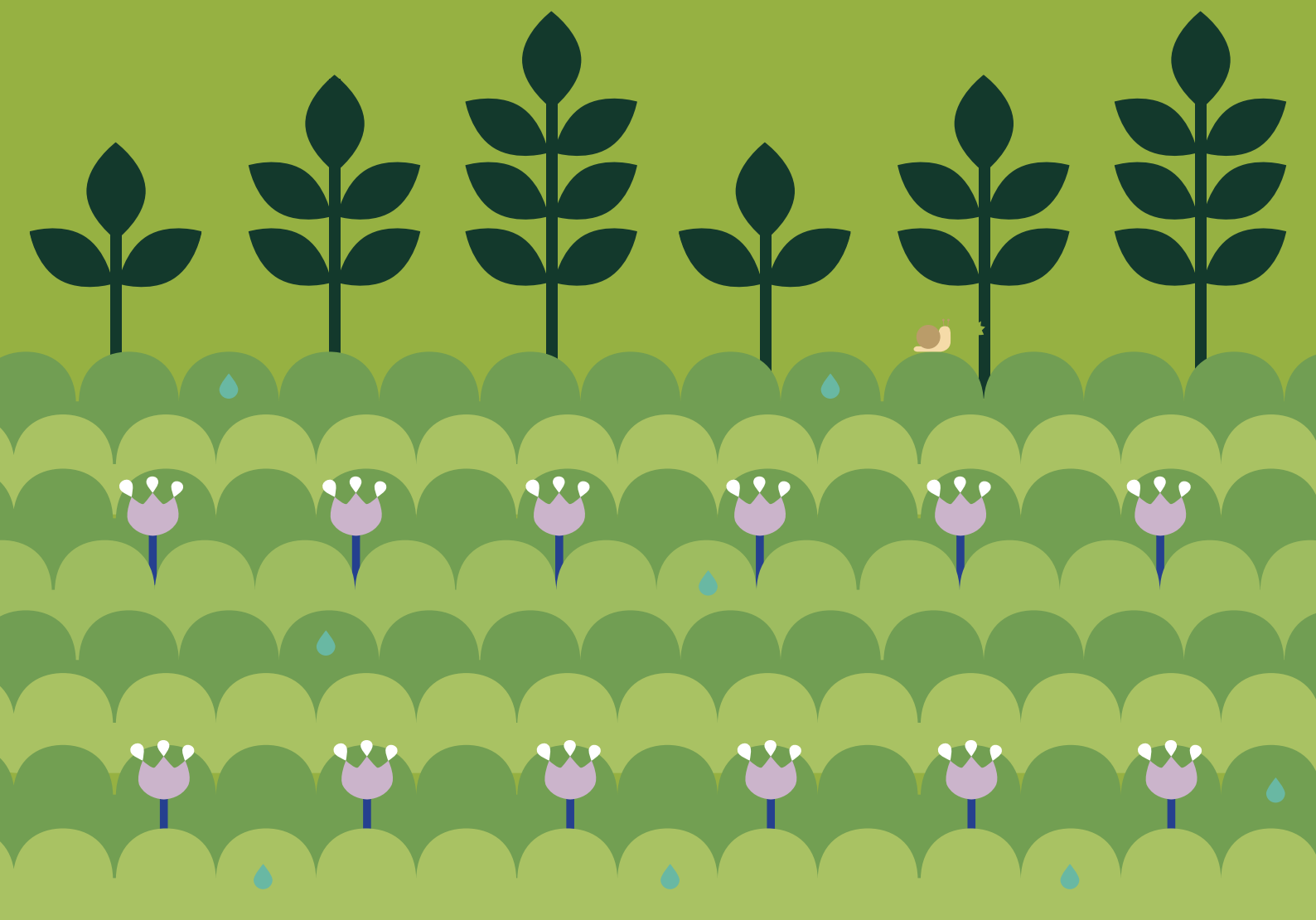
Drzewo spełnia wiele istotnych funkcji w naszym życiu, jest kluczowym elementem lasów i parków. Jego rola po śmierci jest równie ważna, gdyż wpływa na życie tysięcy gatunków mikroorganizmów, roślin i zwierząt, przez dziesiątki, a nawet setki lat. Można więc powiedzieć, że martwe drzewo nie jest martwe, lecz bardziej żyjące i dynamiczne, niż zdrowe drzewo. To ważny element ekosystemu, zwiększający jego naturalną, biologiczną odporność i warunkujący utrzymanie względnej równowagi w przyrodzie.

Gutowski J. M., Bobiec A., Pawlaczyk P., Zub K. 2004. Drugie życie drzewa. WWF Polska. Warszawa-Hajnówka.



**Rzeka pełna życia.**

**Badamy bioróżnorodność  
i czystość wody z pomocą AI**



# Rzeka pełna życia. Badamy bioróżnorodność i czystość wody z pomocą AI

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Tematem zajęć jest badanie lokalnej rzeki w kontekście globalnych problemów jakości wody i ochrony środowiska wodnego. Woda to jeden z kluczowych zasobów naturalnych, a jej czystość decyduje o zdrowiu ludzi i funkcjonowaniu ekosystemów. Uczniowie i uczennice samodzielnie przeprowadzą pomiary fizyczne, chemiczne i biologiczne, korzystając z przygotowanej karty pracy oraz wybranych narzędzi AI (np. aplikacji do analizy parametrów wody, rozpoznawania gatunków czy tworzenia wizualizacji wyników). Dzięki temu nauczą się interpretować dane, oceniać stan środowiska wodnego oraz dostrzegać znaczenie lokalnych badań w globalnym kontekście ochrony zasobów wodnych.

## TEMAT:

przyroda ożywiona  
woda

## OPRACOWANIE:

Katarzyna Socha

## CZAS TRWANIA:

45-60 min

## CELE:

- ✦ Uczniowie i uczennice potrafią wskazać na mapie punkt badawczy i zapisać współrzędne geograficzne.
- ✦ Uczniowie i uczennice wykonują pomiary szerokości, głębokości i prędkości rzeki.
- ✦ Uczniowie i uczennice badają podstawowe parametry fizyczne i chemiczne wody (pH, mętność, twardość).
- ✦ Uczniowie i uczennice identyfikują organizmy wodne i przyporządkowują je do grup wrażliwości na zanieczyszczenia.
- ✦ Uczniowie i uczennice potrafią ocenić jakość wody na podstawie zebranych danych i obserwacji biologicznych.
- ✦ Uczniowie i uczennice rozumieją znaczenie badań lokalnych wód w kontekście globalnych problemów środowiskowych.
- ✦ Uczniowie i uczennice wykorzystują aplikacje mobilne i narzędzia AI do analizy i prezentacji wyników.
- ✦ Uczniowie i uczennice rozwijają umiejętności pracy zespołowej i prowadzenia samodzielnych obserwacji.



## KRYTERIA SUKCESU:

- ✦ Uczeń lub uczennica prawidłowo wypełnia kartę pracy w terenie.
- ✦ Uczeń lub uczennica dokonuje pomiarów zgodnie z instrukcją.
- ✦ Uczeń lub uczennica rozpoznaje co najmniej trzy gatunki organizmów wodnych.
- ✦ Uczeń lub uczennica potrafi przedstawić dane w formie mapy, wykresu lub infografiki.
- ✦ Uczeń lub uczennica wyciąga wnioski dotyczące jakości wody i bioróżnorodności badanego odcinka rzeki.
- ✦ Uczeń lub uczennica aktywnie uczestniczy w zajęciach i współpracuje z innymi członkami i członkiniami grupy.

## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ✦ **Szkoła podstawowa (klasy IV–VIII):** Biologia: II.6, VII.1. | Geografia: I.4, II.1. | Informatyka: III.1.2-3.
- ✦ **Szkoła ponadpodstawowa:** Biologia: XI.4. | Geografia: I.4. | Chemia: XX.3. | Informatyka: II.3.

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ✦ Bioróżnorodność wód płynących.
- ✦ Wskaźniki biologiczne jakości wody.
- ✦ Pomiary terenowe i dokumentacja wyników
- ✦ Wykorzystanie AI w badaniach przyrodniczych.

## METODY PRACY:

- ✦ Obserwacja bezpośrednia.
- ✦ Pomiary terenowe.
- ✦ Praca z mapą i aplikacjami mobilnymi.
- ✦ Analiza wyników.
- ✦ Prezentacja danych w formie cyfrowej

## FORMY PRACY:



- ✦ Praca w grupach (3-4-osobowych).
- ✦ Praca indywidualna (analiza danych, wypełnianie kart pracy). Praca zbiorowa (omówienie wyników, wnioski).

## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ✦ Smartfony lub tablety z dostępem do Internetu.
- ✦ Aplikacje: Google Maps/Locus Map, EasyMeasure, MQuant® StripScan,





HydroColor, Litterati, Seek by iNaturalist, Google Lens, Canva/PowerPoint Designer AI, Datawrapper/Flourish.

- ✦ Zestaw do pomiaru parametrów wody (paski testowe, krążek Secchiego, kij pomiarowy), pomarańcze.
- ✦ Pojemniki i pęsety do poboru próbek, wodoodporne etui na telefony (opcjonalnie).



### ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:

- ✦ Załącznik nr 1 – Karta pracy: *Woda pod presją – lokalne badania w globalnym kontekście*
- ✦ Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: *Wskazówki przy prowadzeniu badań*
- ✦ Załącznik nr 3 – *Klucz do oznaczania*

➤ Załącznik nr 1

➤ Załącznik nr 2

➤ Załącznik nr 3

## PRZEBIEG ZAJĘĆ

Zanim uczniowie i uczennice zaczną samodzielnie badać rzekę, warto uświadomić im, dlaczego rzeki są tak ważne dla środowiska i człowieka. Dzięki temu nie potraktują zajęć wyłącznie jako ćwiczeń technicznych, ale zrozumieją ich szerszy kontekst, w tym m.in. to, że:

- ✦ stan wody odzwierciedla kondycję całej przyrody,
- ✦ rzeki są kluczowe dla bioróżnorodności i dla jakości życia ludzi,
- ✦ ich obserwacje mają wartość nie tylko naukową, ale i praktyczną (ochrona środowiska, decyzje lokalne).

**Opcja:** możesz wprowadzić młodzież w temat szerzej korzystając z własnych materiałów, odwołując się do wcześniejszych zajęć o roli rzek w ekosystemie lub wykorzystując inne materiały edukacyjne, np.:

- ✦ film ➤ Splątania, CEO, 2023 – krótki materiał edukacyjny o wodzie i jej roli w przyrodzie,
- ✦ artykuł ➤ Rzeki w Natura 2000 (lub jego fragmenty), CEO, 2015 – pigułka wiedzy o bogactwie przyrody w dolinach rzek i ich znaczeniu dla bioróżnorodności.

➤ Splątania

➤ Rzeki w ...





2,5  
MIN

## Rozpoczęcie zajęć

Powitaj klasę w terenie i przedstaw cel lekcji: **przyjrzyście się organizmom żyjącym w pobliskiej rzece i sprawdźcie, jakie warunki wodne (fizyczne, chemiczne i biologiczne) umożliwiają im życie.**

Podkreśl, że uczniowie i uczennice wcielą się w rolę „młodych badaczy i badaczek środowiska” i będą korzystać z profesjonalnych narzędzi, w tym tych bazujących na AI. Zadaj pytania wprowadzające:

***Czy myślicie, że nasza rzeka jest czysta? Po czym to można poznać?***

Po krótkiej rozmowie możecie postawić wspólnie hipotezę, np.: „Woda w naszej rzece jest wystarczająco czysta, aby mogły w niej żyć różne organizmy.”

Następnie zaprosz grupę do pracy w terenie, aby zebrać dane i sprawdzić hipotezę.

### WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – przygotowanie do wyjścia w teren

Wybór odpowiedniego miejsca ma kluczowe znaczenie dla prawidłowego przeprowadzenia badań. Zanim uczniowie rozpoczną pomiary i obserwacje, sprawdź:

- ❖ **Rodzaj wody:** wybierz płytki, płynący ciek wodny (strumień, potok, rzeka).
- ❖ **Dostępność terenu:** upewnij się, że brzegi są łatwo dostępne i bezpieczne, bez ryzyka poślizgnięcia lub upadku.
- ❖ **Prawo dostępu:** czy masz zgodę na przebywanie i prowadzenie badań w tym miejscu.
- ❖ **Dokładna lokalizacja:** zanotuj współrzędne GPS lub szczegółowy opis miejsca badań.
- ❖ **Pora roku:** najlepiej prowadzić badania wiosną lub jesienią – wówczas łatwiej znaleźć w wodzie różne gatunki bezkręgowców wskaźnikowych.
- ❖ **Bezpieczeństwo:** przestrzegaj zasad BHP i nadzoruj uczniów podczas całych zajęć.
- ❖ **Organizacja sprzętu:** przygotuj kompletne zestawy badawcze (jeden pakiet na każdą grupę). Sprawdź, czy wszystkie elementy (przyrządy pomiarowe, testy, pojemniki, rękawiczki) są sprawne i gotowe do użycia.



7,5  
MIN

## Krok 1 – Charakterystyka terenu badawczego

Podziel uczniów i uczennice na 3–4 grupy, po maksymalnie pięć osób, każdej z nich rozdaj Załącznik nr 1 – Kartę Pracy i Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: *Wskazówki przy prowadzeniu badań*. Poproś, aby każda grupa wybrała fragment rzeki do zbadania. Powiedz, że pierwszym zadaniem każdej z nich będzie uzupełnienie *Karty pracy* dla swojego fragmentu rzeki, rozpoczynając od charakterystyki terenu.



## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Podczas podziału klasy na grupy możesz zastosować prostą metodę losowania, np. wykorzystując kolory z talii kart lub kolorowe karteczki. Upewnij się, że w każdej grupie znajdą się osoby o zróżnicowanej wiedzy i umiejętnościach – to sprzyja współpracy i wzajemnemu uczeniu się.



Zachęć grupy do korzystania z GPS w telefonach, zapisania współrzędnych i wykonania rzutu ekranu z lokalizacją na mapie. Przypomnij, aby uczniowie i uczennice zrobili zdjęcia miejsca i krótko je opisali, np. „brzeg piaszczysty, płytki nurt, roślinność przy brzegu”. W trakcie zajęć w karcie pracy (załączniku nr 1) powinien się znaleźć krótki opis terenu badawczego, zaś zdjęcia i dodatkowe opisy mogą zostać dodane później.

**Dla szkół ponadpodstawowych: uczniowie i uczennice mogą od razu nanieść punkt na Google My Maps/ArcGIS Online i wygenerować opis lokalizacji za pomocą Google Workspace AI.**

10  
MIN

## Krok 2 – Charakterystyka hydrologiczna rzeki

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Zachęć uczniów i uczennice do zwracania uwagi na szczegóły oraz do zachowania dokładności podczas wszystkich pomiarów i obserwacji. Przypomnij im, że każdy mierzony parametr – niezależnie od tego, czy dotyczy cech fizycznych, chemicznych czy biologicznych – ma istotne znaczenie w ocenie jakości wody.

Pamiętaj, aby wszystkie badane organizmy trafiły z powrotem do rzeki.



Wy tłumacz młodzieży, że w tej części zajmiecie się prowadzeniem pomiarów i obserwacji terenowych. Wszystkie wyniki należy zapisać w Karcie pracy (Załącznik nr 1). Zaczynacie od pomiarów hydrologicznych. Niech w każdej grupie uczniowie i uczennice podzielą się zadaniami, przykładowo

- ✦ 1-2 osoby mierzą szerokość rzeki (aplikacja EasyMeasure),
- ✦ kolejne badają głębokość rzeki w kilku punktach,
- ✦ inne badają prędkość przepływu (wrzucając do wody pomarańczę i mierząc stoperem czas jej przepływu z punktu A do B).

Wyniki należy zapisać w Karcie pracy.



**Wskazówka: dla uczniów i uczennic bardziej zaawansowanych dodaj zadanie obliczenia średniej prędkości przepływu.**



**Dla szkół ponadpodstawowych: uczniowie i uczennice mogą wprowadzić wyniki do GeoGebra AR i stworzyć wykres profilu rzeki.**



### Krok 3 – Badania chemiczne i fizyczne wody

Teraz zaproś grupy do badań chemicznych i fizycznych wody.

Każda grupa pobiera próbki i przeprowadza pomiary:

- ✦ badanie pH i azotanów przy użyciu pasków testowych,
- ✦ przezroczystość wody za pomocą krążka Secchiego,
- ✦ mętność wody w aplikacji HydroColor.

Wszystkie wyniki młodzież zapisuje w Karcie pracy (Załącznik nr 1), a także porównuje z kartą barw.

#### **Dla starszych klas / przy wykorzystaniu AI:**

Wprowadźcie dane do aplikacji WikiWatershed – program przygotuje raport PDF i oceni jakość wody.

**Uwaga:** przypomnij młodzieży, by zawsze stosowała rękawiczki i nie dotykała końcówek pasków testowych. Pamiętaj też, by odpady z testów trafiły do przygotowanego wcześniej i zabezpieczonego pojemnika.

#### **WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI– interpretacja wyników pomiarów**

pH – większość organizmów wodnych najlepiej funkcjonuje w lekko zasadowym lub obojętnym odczynie (6,5–8). Zbyt niskie pH może wskazywać na kwaśne deszcze lub zanieczyszczenia przemysłowe i prowadzić do spadku liczby gatunków żywych organizmów w wodzie.

Azotany – naturalnie występują w wodach, ale ich podwyższony poziom najczęściej oznacza spływ nawozów rolniczych. To sygnał eutrofizacji, czyli przeżyźnienia wody, które skutkuje zakwitami glonów i deficytem tlenu.

Mętność – im wyższa, tym mniej światła dociera do dna, co ogranicza rozwój roślin wodnych. Podwyższona mętność jest często skutkiem erozji gleby, obecności zawiesin lub dopływu zanieczyszczeń.



Zachęć uczniów i uczennice, by nie tylko odczytywali i zapisywali wyniki pomiarów, ale także zastanawiali się, co mogą one oznaczać dla życia w rzece i jakie zmiany w ekosystemie mogą zapowiadać.



15  
MIN

## Krok 4 – Łowcy gatunków

Każda grupa pobiera próbkę wody i osadu. Powiedz młodzieży, że ich zadaniem jest przy pomocy lupy i pęsety poszukać organizmy żywe. Niech wykonają zdjęcia i zidentyfikują organizmy w aplikacji *Seek by iNaturalist* lub *Google Lens*. Następnie każda grupa zaznacza w Karcie pracy znalezione gatunki na liście bioindykatorów.

### WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – interpretacja obserwacji makrofauny wodnej

Makrobezkręgowce wodne są wyjątkowo cennymi bioindykatorami, ponieważ ich obecność lub brak odzwierciedla długofalowy stan rzeki, a nie tylko chwilowy wynik pomiaru chemicznego.

- ❖ Gatunki bardzo wrażliwe – larwy jętek (*Ephemeroptera*), widelnic (*Plecoptera*), chruścików (*Trichoptera*) – występują wyłącznie w czystych, dobrze natlenionych i wolnych od silnych zanieczyszczeń wodach. Ich obecność to wyraźny sygnał, że rzeka ma wysoką jakość ekologiczną.
- ❖ Gatunki średnio wrażliwe – np. larwy ważek (*Odonata*) czy nartniki (*Gerridae*) – mogą żyć w wodach o umiarkowanej jakości. Ich obecność wskazuje, że rzeka nie jest w pełni czysta, ale jeszcze zachowuje równowagę ekologiczną.
- ❖ Gatunki tolerancyjne – rureczniki (*Naididae*), larwy ochotek (*Chironomidae*), ośliczki (*Asellus aquaticus*) – świetnie radzą sobie w środowiskach zanieczyszczonych, ubogich w tlen. Jeśli dominują, oznacza to, że woda jest obciążona zanieczyszczeniami i traci bioróżnorodność.



Przekaż uczniom i uczennicom, że „kto mieszka w rzece” jest jak biologiczny barometr – bogactwo gatunków wrażliwych oznacza zdrową rzekę, a przewaga gatunków tolerancyjnych to sygnał alarmowy dla środowiska.

Dla szkół ponadpodstawowych: uczniowie i uczennice opracowują dane w aplikacji *Datawrapper* i tworzą interaktywny wykres „Indeks czystości rzeki”.

10  
MIN

## Krok 5 – Analiza i omówienie wyników

Pozostańcie w terenie, poproś, by grupy zaprezentowały swoje wyniki. Każda grupa ma maksymalnie 2 minuty. Moderuj dyskusję, zadając m.in. pytania:

- ❖ Jakie organizmy udało wam się znaleźć?
- ❖ Jakie parametry chemiczne wskazują na stan wody?
- ❖ Czy wasze oczekiwania z początku lekcji się potwierdziły?



Dla szkół podstawowych: zakończ zajęcia prostą ankietą – uczniowie i uczennice podnoszą rękę, wybierając ocenę jakości wody (zła/słaba/dobra/świetna).

Dla szkół ponadpodstawowych: zaproponuj porównanie wyników z innymi grupami i wspólne opracowanie krótkiego raportu o stanie rzeki.

Innowacja AI: każda grupa może stworzyć w aplikacji *Canva* lub *PowerPoint Designer* jedną stronę raportu lub infografiki, a następnie połączyć wszystko w klasową prezentację pt. „Czy nasza rzeka oddycha?”.

#### WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – interpretacja obserwacji makrofauny wodnej

- ✦ Zabierz koc lub matę dla każdej grupy, aby ułatwić zebranie uczniów i uczennic w jednym miejscu.
- ✦ Zachęcaj młodzież do formułowania własnych wniosków oraz porównywania z wcześniejszymi badaniami lub danymi z innych źródeł.



#### Podsumowanie

Podsumuj wspólnie z uczniami i uczennicami wszystkie etapy badań, podkreślając znaczenie samodzielnej pracy w terenie i praktycznego podejścia do ochrony środowiska. Zwróć uwagę, że zdobyte umiejętności mogą wykorzystać również w codziennym życiu, obserwując i dbając o jakość wody w swojej okolicy.

Poproś uczniów i uczennice, aby podzielili się refleksją, zadając przykładowe pytania:

- ✦ Czego nowego się nauczyliście i nauczyłyście?
- ✦ Co było dla was największym odkryciem?
- ✦ Jakie działania możecie podjąć, aby poprawić stan lokalnych wód?

#### WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – odniesienie do zmian klimatu

Przypomnij uczniom i uczennicom, że zmiany klimatu wpływają również na rzeki i ich ekosystemy. Coraz częściej obserwujemy dłuższe okresy suszy, niższy poziom wód, gwałtowne powodzie czy podwyższoną temperaturę wody. Wszystkie te czynniki ograniczają bioróżnorodność i pogarszają jakość siedlisk. Zwróć uwagę, aby młodzież, przygotowując scenariusze przyszłości rzeki, uwzględniła zarówno lokalne zagrożenia (np. zanieczyszczenia, regulację koryta), jak i globalne wyzwania klimatyczne. Dzięki temu łatwiej dostrzeże, że ich obserwacje wpisują się w szerszy, światowy kontekst ochrony zasobów wodnych



Efekt końcowy: uczniowie i uczennice nie tylko zdobyli dane, ale też nauczyli się je analizować, wizualizować i interpretować. Zobaczyli, jak AI wspiera badania terenowe i jak bioróżnorodność odzwierciedla stan środowiska.





### Zadanie dodatkowe

Na kolejnych zajęciach wróćcie do wyników lub stworzonych raportów. Poproś uczniów i uczennice, aby wyobrazili sobie, że wracają do tego samego miejsca nad rzeką za 20 lat. Na podstawie wcześniejszych badań oraz wiedzy o wpływie człowieka na środowisko mogą spróbować przewidzieć:

- ✦ jak może zmienić się stan wody (czystość, obecność gatunków, parametry chemiczne),
- ✦ jakie problemy mogą się pojawić (np. zanieczyszczenia, susze, brak roślinności),
- ✦ jakie działania ochronne i dobre nawyki mogłyby zapobiec negatywnym zmianom lub poprawić stan rzeki.

Jeśli wcześniejsze badania wykazały złe wyniki, niech uwzględnią możliwe pozytywne zmiany – tak, by wizja przyszłości była realistycznie optymistyczna.

Poproś, aby uczniowie i uczennice stworzyli krótką notatkę, mapę myśli lub komiks cyfrowy (np. w aplikacji *Storyboard That* lub *Canva*) pt. „Nasza rzeka w roku 2045”. Uwzględnijcie w nim także dobre praktyki i działania ochronne. Następnie mogą podzielić się swoimi pomysłami z całą klasą – np. w formie „galerii przyszłości” na tablicy lub w Padlecie.

### **WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – odniesienie do zmian klimatu**

Dla szkoły podstawowej: wystarczy opis lub prosty rysunek.

Dla szkoły ponadpodstawowej: zadanie rozszerzone – uczniowie i uczennice muszą odwołać się do danych z badań i opracować scenariusz optymistyczny i scenariusz pesymistyczny.

### **ŹRÓDŁA I INSPIRACJE:**

#### Polecane materiały:

Narzędzia cyfrowe i AI (do wyboru):

- ✦ Google Maps / My Maps – lokalizacja punktu badań.
- ✦ ArcGIS Online – mapy interaktywne (bardziej zaawansowane, szkoły ponadpodstawowe).
- ✦ EasyMeasure / Distance Measure – pomiary szerokości rzeki.
- ✦ GeoGebra AR – wizualizacja pomiarów i wykresy.
- ✦ MQuant® StripScan – odczyt pasków testowych (pH, azotany).
- ✦ HydroColor – analiza mętności wody ze zdjęcia.



- ✦ Seek by iNaturalist lub Google Lens – rozpoznawanie gatunków.
- ✦ WikiWatershed – Water Quality App – analiza parametrów jakości wody.
- ✦ Datawrapper / Flourish – interaktywne wykresy.
- ✦ Canva / PowerPoint Designer AI – tworzenie prezentacji z wynikami.

### Źródła:

- ✦ Bis, B., Mikulec, A. (red), 2013, *Przewodnik do oceny stanu ekologicznego rzek na podstawie makrobezkęrowców bentosowych*. Warszawa: Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- ✦ Błachuta, J., Kraśniewski, W., Mazurek, M., Miszuk, B., Picińska- Fałtynowicz, J., Wiktorowicz, E. & Zdralewicz, I., 2017. *Dostosowanie istniejących metodyk oceny stanu ekologicznego do wykorzystania w przyujściowych odcinkach rzek*. Wrocław: IMGW- PIB
- ✦ Szoszkiewicz, K., et al., 2010. *Klucz do oznaczania makrofitów dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych*. [on line] Dostępne z: [https://www.researchgate.net/publication/266138411\\_Klucz\\_do\\_oznaczania\\_makrofitow\\_dla\\_potrzeb\\_oceny\\_stanu\\_ekologicznego\\_wod\\_powierzchniowych](https://www.researchgate.net/publication/266138411_Klucz_do_oznaczania_makrofitow_dla_potrzeb_oceny_stanu_ekologicznego_wod_powierzchniowych) [Dostęp: 14 sierpnia 2025].
- ✦ Pieterse A., Areana G., Martin H., Taleb L., Holt S., *Dichotomous identification key for freshwater invertebrates*. [online] Dostępne z: <https://www.nhm.ac.uk/take-part/identify-nature/guide-identifying-common-freshwater-invertebrate-groups.html> [Dostęp: 14 sierpnia 2025].

➤ Klucz do ...

➤ Dichotomus identification



## Załącznik nr 1 – Karta pracy: Nasza rzeka

### Krok 1 – Charakterystyka terenu badawczego

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Krok 2 – Charakterystyka hydrologiczna rzeki

Szerokość rzeki: .....

Średnia głębokość: .....

Prędkość przepływu: .....

### Krok 3 – Badania chemiczne i fizyczne wody

pH, azotany, twardość wody: .....

Przezroczystość wody: .....

Mętność i barwa: .....



## Krok 4 – Łowcy gatunków

### Gatunki bardzo wrażliwe – występują tylko w czystej wodzie

- ☐ Larwy widelnic (*Plecoptera*)
- ☐ Larwy jętek (*Ephemeroptera*)
- ☐ Larwy chrzączek z domkami (*Trichoptera*)
- ☐ Kietże (*Gammarus*)
- ☐ Ślimaki prawoskrętne

### Gatunki średnio wrażliwe – w wodach umiarkowanej jakości

- ☐ Larwy ważek (*Odonata*)
- ☐ Nartniki (*Gerridae*)
- ☐ Małże (*Unionidae*)
- ☐ Wypławki (*Planariidae*)

### Gatunki tolerancyjne – często w wodach zanieczyszczonych

- ☐ Larwy ochotek (*Chironomidae*)
- ☐ Rureczniki (*Tubificidae*)
- ☐ Ośliczki (*Asellus aquaticus*)
- ☐ Pijawki (*Hirudinea*)

### Ocena jakości wody:

- ☐ Zła
- ☐ Słaba
- ☐ W normie
- ☐ Dobra
- ☐ Świetna



## Załącznik nr 2 – Karta pracy: Wskazówki przy prowadzeniu badań

### Krok 1 – Charakterystyka terenu badawczego

**Cel:** zlokalizowanie punktu badania i udokumentowanie go w formie mapy lub zdjęcia.

**Lokalizacja punktu pomiarowego:** włącz w telefonie GPS, użyj aplikacji Google Maps lub Locus Map, a następnie:

- ☐ Stań w punkcie pomiarowym.
- ☐ Zapisz współrzędne geograficzne (N i E).
- ☐ Zrób zrzut ekranu mapy.

Otwórz Google My Maps lub ArcGIS Online + AI Tools:

- ☐ Wstaw punkt pomiarowy na mapie.
- ☐ Dodaj krótki opis (np. „Most nad rzeką X, spokojny nurt, brzeg porośnięty trzcina”).
- ☐ Wydrukuj mini-mapę lub wklej do karty pracy.

**Innowacja AI:** poproś Google Workspace AI o wygenerowanie opisu lokalizacji na podstawie wprowadzonych danych GPS i zdjęcia.

### Krok 2 – Charakterystyka hydrologiczna rzeki

**Cel:** Zmierzenie szerokości, głębokości i prędkości przepływu.

**Szerokość rzeki:**

- ✦ Użyj EasyMeasure lub Distance Measure – skieruj aparat telefonu w poprzek rzeki, aby uzyskać przybliżony pomiar.

**Średnia głębokość:**

- ✦ W kilku punktach zmierz kijem pomiarowym lub taśmą zanurzoną w wodzie.
- ✦ Zapisz wyniki.

**Prędkość przepływu:**

- ✦ Rzuć na wodę lekki obiekt (np. pomarańczę, patyk).
- ✦ Użyj aplikacji Stopwatch w telefonie, aby zmierzyć czas przepłynięcia odcinka 5–10 m.

**Oblicz prędkość = odległość ÷ czas.**

**Alternatywnie:** GPS Speedometer / Speed Tracker (przy użyciu pływającego czujnika lub telefonu w wodoodpornej obudowie).

**Innowacja AI:** Wprowadź dane do aplikacji GeoGebra AR i stwórz prosty wykres zmian głębokości rzeki wzdłuż badanego odcinka.



### Krok 3 – Badania chemiczne i fizyczne wody

**Cel:** Określenie jakości wody na podstawie parametrów chemicznych i fizycznych.

**pH, azotany, twardość wody:**

- ✦ Użyj pasków testowych.
- ✦ Odczytaj wyniki telefonem w aplikacji MQuant® StripScan, aby uniknąć błędów.

**Przezroczystość wody:**

- ✦ Zanurz krążek Secchiego.
- ✦ Zmierz głębokość, na której znika z pola widzenia.

**Mętność i barwa:**

- ✦ Wykorzystaj aplikację HydroColor – wykonaj zdjęcie wody z użyciem karty szarości lub białej kartki, aplikacja poda wartość mętności.

**Innowacja AI:**

- ✦ Wprowadź dane do Water Quality Mobile App (WikiWatershed), aby uzyskać automatyczną ocenę jakości wody i raport PDF.
- ✦ Stwórz kolorowy wykres porównujący wartości pH w różnych punktach rzeki.

### Krok 4 – Łowcy gatunków

**Cel:** Identyfikacja organizmów wodnych i ocena jakości wody.

**Instrukcja postępowania:**

1. Pobierz próbkę wody z podłożem do pojemnika lub tacki laboratoryjnej.
2. Za pomocą pęsety i lupy wybierz widoczne organizmy.
3. Wykonaj zdjęcie każdego okazu smartfonem.
4. Otwórz aplikację Seek by iNaturalist lub Google Lens:
5. Importuj lub zrób zdjęcie i pozwól aplikacji zidentyfikować gatunek.
6. Zaznacz gatunki na liście w karcie pracy.



### Gatunki bardzo wrażliwe – występują tylko w czystej wodzie

- ☐ Larwy widelnic (*Plecoptera*)
- ☐ Larwy jętek (*Ephemeroptera*)
- ☐ Larwy chrzączek z domkami (*Trichoptera*)
- ☐ Kietże (*Gammarus*)
- ☐ Ślimaki prawoskrętne

### Gatunki średnio wrażliwe – w wodach umiarkowanej jakości

- ☐ Larwy ważek (*Odonata*)
- ☐ Nartniki (*Gerridae*)
- ☐ Małże (*Unionidae*)
- ☐ Wypławki (*Planariidae*)

### Gatunki tolerancyjne – często w wodach zanieczyszczonych

- ☐ Larwy ochotek (*Chironomidae*)
- ☐ Rureczniki (*Tubificidae*)
- ☐ Ośliczki (*Asellus aquaticus*)
- ☐ Pijawki (*Hirudinea*)

### Ocena jakości wody:

- ☐ Zła ☐ Słaba ☐ W normie ☐ Dobra ☐ Świetna



### Zadanie dodatkowe:

Zaimportuj dane do aplikacji Datawrapper lub Flourish, aby stworzyć interaktywny wykres „Indeks czystości rzeki”.

W PowerPoint Designer AI lub aplikacji Canva przygotuj prezentację „Co żyje w naszej rzece?” z opisem i zdjęciami gatunków.

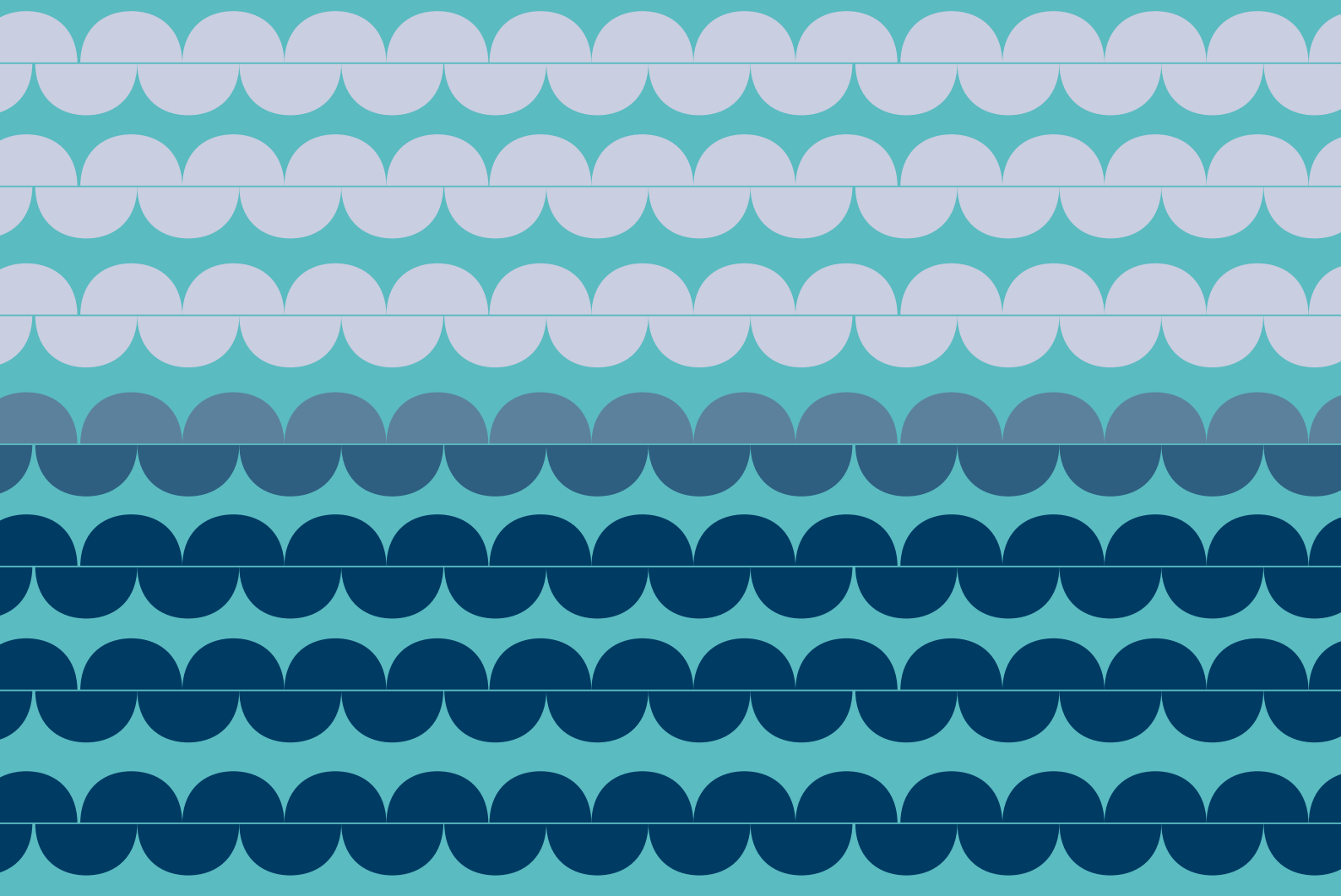
Porównaj wyniki z innymi grupami i stwórz „ranking rzeki” na tablicy klasowej.

Możesz:

- ✦ Utworzyć album online w Google Photos lub Padlet z wynikami wszystkich grup.
- ✦ Nagrać krótki film w formie reportażu z badań (CapCut + narracja AI).
- ✦ Zrobić quiz wiedzy o znalezionych gatunkach w Kahoot na podstawie zebranych danych.



# **Jak zatrzymać deszcz, czyli rzecz o mikroretencji**



# Jak zatrzymać deszcz, czyli rzecz o mikroretencji

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Zajęcia składają się z dwóch uzupełniających się części: terenowej i klasowej. W części terenowej uczniowie i uczennice samodzielnie prowadzą obserwacje oraz identyfikują różne rodzaje nawierzchni w najbliższym otoczeniu, analizując ich przepuszczalność i zdolność do retencji wody. Na podstawie zebranych danych formułują własne hipotezy. W części klasowej weryfikują swoje przypuszczenia w praktyce, wykonując proste doświadczenia.

Podczas zajęć uczniowie i uczennice poznają znaczenie mikroretencji wody w kontekście zmian klimatycznych i ochrony środowiska. Rozwijają umiejętności obserwacji, eksperymentowania oraz formułowania wniosków dotyczących wpływu rodzaju nawierzchni na zatrzymywanie wody w środowisku. Młodzież podczas zajęć dowiaduje się również, w jaki sposób mikroretencja pomaga łagodzić skutki suszy i podtopień oraz wspiera zachowanie bioróżnorodności.

## TEMAT:

woda,  
przyroda ożywiona

## OPRACOWANIE:

Dorota Wypychowska

## CZAS TRWANIA:

60 min

## CELE SZCZEGÓŁOWE:

- ❖ Uczniowie i uczennice rozumieją, jakie są obecnie główne wyzwania związane z opadami w najbliższej okolicy (susza lub lokalne powodzie).
- ❖ Uczniowie i uczennice rozumieją, w jaki sposób mikroretencja wspiera zachowanie bioróżnorodności i poprawia mikroklimat.
- ❖ Uczniowie i uczennice potrafią rozpoznać i opisać różne rodzaje nawierzchni w swojej okolicy oraz ocenić ich zdolność do gromadzenia wód opadowych.
- ❖ Uczniowie i uczennice potrafią zbadać właściwości mikroretencyjne różnych nawierzchni i znają przykłady dobrych praktyk zatrzymywania wody opadowej w skali lokalnej.

## KRYTERIA SUKCESU:

- ❖ Uczeń lub uczennica potrafi wyjaśnić, czym jest mikroretencja i dlaczego jest ważna.
- ❖ Uczeń lub uczennica rozróżnia i potrafi nazwać nawierzchnie o różnej zdolności do gromadzenia wody.
- ❖ Uczeń lub uczennica potrafi wykonać proste doświadczenie i sformułować wnioski.
- ❖ Uczeń lub uczennica wskazuje przykłady dobrych praktyk zatrzymywania wody w środowisku.



## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ♦ **Szkoła podstawowa (klasy IV-VIII):** Biologia II.6., VII.1., VIII.2. | Geografia VII.6., VIII.4.
- ♦ **Szkoła ponadpodstawowa:** Biologia X.1-2. | Geografia: XIII.8

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ♦ Główne skutki zmian klimatu.
- ♦ Obieg wody w przyrodzie.
- ♦ Rola wody w środowisku i w życiu człowieka.
- ♦ Rodzaje nawierzchni i ich zdolności retencyjne.
- ♦ Mikroretencja.
- ♦ Wpływ człowieka na obieg wody.
- ♦ Doświadczenia i obserwacje.
- ♦ Dobre praktyki gospodarowania wodą.

## METODY PRACY:

- ♦ Obserwacje terenowe.
- ♦ Doświadczenia.
- ♦ Pogadanka.
- ♦ Burza mózgów.

## FORMY PRACY:



- ♦ Praca w grupach.
- ♦ Praca zbiorowa.

## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ♦ Doniczki tej samej wielkości, z otworami odpływowymi (ewentualnie kubki po jogurtach z wyciętymi w dnie otworami). Liczba doniczek jest uzależniona od liczby nawierzchni, które uczniowie i uczennice będą badać. Proponowana liczba to 6 próbek.
- ♦ Pudełka po lodach lub inne pojemniki do zbierania wody spod doniczek. Liczba pudełek powinna być taka, jak liczba doniczek z pkt. 1.
- ♦ Materiały do wypełniania doniczek to np. piasek, żwir, ziemia ogrodowa, ziemia z roślinami lub warstwą mchu; glina, beton/fragment kostki betonowej; mech, plastik, folia, kawałek glazury; keramzyt, duża pokrywka od słoika.

*Możesz wybrać spośród wymienionych, lub zaproponować inne materiały. Ważne, aby miały różny stopień przepuszczalności dla wody i różną zdolność jej magazynowania.*



- ❖ Zlewki laboratoryjne lub inne miarki do odmierzania wody.  
Po jednej na każdą grupę.
- ❖ Woda.
- ❖ Stoper lub zegarek, po jednym na każdą grupę.
- ❖ Karta pracy dotycząca obserwacji terenowych wraz z tabelką do zapisywania wyników.
- ❖ Mapa badanego terenu, np. z Google Maps (opcjonalnie dla szkół średnich).
- ❖ Telefon lub aparat do robienia zdjęć.



### ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:

- ❖ Załącznik nr 1 – *Karta pracy: Gdyby teraz padał deszcz...*
- ❖ Załącznik nr 2 – *Instrukcja dla ucznia i uczennicy*
- ❖ Załącznik nr 3 – *Materiał pomocniczy dla nauczyciela i nauczycielki*

➤ Załącznik nr 1

➤ Załącznik nr 2

➤ Załącznik nr 3

## PRZEBIEG ZAJĘĆ

10  
MIN

### Krok 1 – Charakterystyka terenu badawczego

Rozpocznij zajęcia od przypomnienia młodzieży, na czym polega cykl hydrologiczny wody. Porozmawiajcie o tym, jak wyglądał kiedyś, na przykład, w czasach dinozaurów – kiedywody na Ziemi było tyle samo, ale jej rozmieszczenie było inne: więcej wody znajdowało się w oceanach, a mniej w postaci słodkiej wody powierzchniowej. Zastanówcie się, jak taki obieg wody różnił się od dzisiejszego.

Wyjaśnij, że zmiany klimatu wpływają na cykl wody w przyrodzie, zarówno w środowisku naturalnym, jak i w miastach. Podkreśl, że w ostatnich latach obserwujemy m.in.:

- ❖ dłuższe okresy suszy i coraz cieplejsze lata,
- ❖ coraz krótsze okresy zalegania pokrywy śnieżnej i topnienie lodowców,
- ❖ gwałtowne ulewy i burze,
- ❖ zaburzenia w dostępności wody słodkiej.

Dodaj też, że efektem tych zjawisk jest m.in.

- ❖ wymieranie gatunków nieprzystosowanych do nowych warunków, pojawianie się gatunków ciepłolubnych,
- ❖ problem z dostępem do wody pitnej,
- ❖ zaburzenia w gospodarce rolnej i zagrożenie dla bezpieczeństwa żywnościowego.



Zapytaj uczniów i uczennice:

- ♦ Jakie problemy z wodą obserwujecie w swojej okolicy – jej brak, nadmiar, a może zanieczyszczenie?
- ♦ Jak myślicie, co się dzieje z deszczem po opadzie w miejscu waszego zamieszkania?

Wprowadź definicję mikroretencji – zatrzymywanie wody deszczowej w miejscu, w którym spadła, zamiast pozwolenie na jej spływ do kanalizacji lub rzek. **Podkreśl, że mikroretencja nie odwróci zmian klimatu, ale może łagodzić ich skutki lokalnie, wspiera zachowanie bioróżnorodności i poprawia jakość środowiska w mieście lub okolicy.**

Powiedz uczniom i uczennicom, że podczas zajęć będą dokładnie przyglądać się temu, jak różne nawierzchnie w ich okolicy zatrzymują wodę. Dzięki temu zobaczą, które miejsca sprzyjają gromadzeniu się wody opadowej, a które powodują jej szybki odpływ.



## Krok 2 – Podsumowanie obserwacji terenowych

Poproś uczniów i uczennice, aby przedstawili przeprowadzone przez siebie obserwacje terenowe zgodnie z wytycznymi w Karcie pracy (Załącznik nr 1). Zbierz odpowiedzi od wszystkich grup i wspólnie zapiszcie je na tablicy, dzieląc rodzaje zaobserwowanych nawierzchni na trzy grupy – w zależności od przewidywanej zdolności zatrzymywania wody:

|                                                |  |
|------------------------------------------------|--|
| Nawierzchnie z niską zdolnością do retencji    |  |
| Nawierzchnie z dużą zdolnością do retencji     |  |
| Nawierzchnie ze średnią zdolnością do retencji |  |

Podkreśl, że jest to podział hipotetyczny, oparty na wcześniejszych doświadczeniach i obserwacjach uczniów i uczennic. Na tym etapie utworzycie wspólną klasową tabelę, w której uczniowie i uczennice wpiszą przykłady z wypełnionej przez siebie Karty pracy (Załącznik nr 1). W trakcie zajęć doświadczalnie sprawdzą, czy słusznie dokonali właśnie takiego podziału. W razie wątpliwości z nazwaniem danej nawierzchni, poproś młodzież o skorzystanie z wykonanej dokumentacji fotograficznej.





### Krok 3 – Badamy właściwości retencyjne różnych nawierzchni – doświadczenie

Podziel klasę na małe, czteroosobowe grupy. W zależności od liczebności klasy, każda grupa bada jedną lub dwie nawierzchnie. Poproś, aby grupy przeprowadziły doświadczenie sprawdzające przepuszczalność i zdolności retencyjne nawierzchni. Każda grupa odpowiada za rzetelne wykonanie pomiarów i wpisanie wyników do wspólnej tabeli. Wyświetl Załącznik 2 – Instrukcję dla uczniów i uczennic na tablicy lub rozdaj ją w formie papierowej, aby ułatwić młodzieży dokładne przestrzeganie kolejnych kroków.

Uczniowie i uczennice wpisują wyniki do wspólnej tabeli (np. na tablicy).

| lp. | Badana nawierzchnia | Ilość wlanej wody (w ml) | Ilość wody, która wypłynęła (w ml) | Ile % wody zostało zmagazynowane w badanej próbce po upływie pięciu minut? | Wnioski |
|-----|---------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.  | Piasek              | 200 ml                   | 80 ml                              | 60%                                                                        |         |
| 2.  |                     |                          |                                    |                                                                            |         |
| 3.  |                     |                          |                                    |                                                                            |         |
| 4.  |                     |                          |                                    |                                                                            |         |
| 5.  |                     |                          |                                    |                                                                            |         |
| 6.  |                     |                          |                                    |                                                                            |         |

Przeanalizujcie wyniki doświadczenia i porównajcie je z hipotezami, które sformułowaliście podczas obserwacji terenowych. Zastanówcie się:

- ❖ Które nawierzchnie nie zatrzymują wody opadowej?
- ❖ Które nawierzchnie przyczyniają się do magazynowania deszczu, zgodnie z zasadą „z chmury do gleby”, a nie „z chmury do rury”?
- ❖ Czy wszystkie wyniki potwierdziły Wasze wcześniejsze przypuszczenia?
- ❖ Które obserwacje były dla Was szczególnie zaskakujące?



### Krok 4 – Przykłady dobrych praktyk

Poproś młodzież, aby zastanowiła się przez chwilę – wykorzystując także dotychczasowe obserwacje – co można zrobić, by część wody opadowej została w miejscu, w którym spadła, zamiast szybko spływać do kanalizacji. Zapytaj:

- ❖ Jakie rozwiązania, które można zastosować w parkach, na ulicach, na dachach, w ogrodach, przychodzą Wam do głowy?

Zachęć uczniów i uczennice do zgłaszania swoich pomysłów i zapisuj je na tablicy.



Następnie omów z klasą wybrane przykłady rozwiązań związanych z mikroretencją:

- ♦ zielone dachy,
- ♦ ogrody deszczowe,
- ♦ zbieranie deszczówki,
- ♦ przepuszczalne nawierzchnie uliczne, np. ażurowa kostka brukowa,
- ♦ łąki kwietne.

Możesz wykorzystać przykłady z materiałów na końcu scenariusza lub z Załącznika nr 3.



### Podsumowanie – Jakie korzyści daje mikroretencja?

Na tablicy stwórz „Mapę Korzyści”: centralne koło – mikroretencja, gałęzie – główne obszary korzyści:

- ♦ **Środowisko** – większa wilgotność gleby, bioróżnorodność, ograniczenie erozji, oczyszczanie wody.
- ♦ **Ochrona przed suszą** – lokalna dostępność wody, stabilizacja poziomu wód gruntowych, łagodzenie skutków upałów.
- ♦ **Ochrona przed powodzią** – spowolnienie spływu wody, zmniejszenie ryzyka podtopień, obciążenie kanalizacji.
- ♦ **Korzyści ekonomiczne** – niższe rachunki za wodę, ograniczenie kosztów infrastruktury, możliwość dotacji.
- ♦ **Komfort życia w mieście** – obniżenie temperatury miejskiej wyspy ciepła, przyjemniejsze do życia przestrzenie publiczne, wyższa jakość powietrza.

Porozmawiaj z uczniami i uczennicami o prowadzonych w terenie obserwacjach. Co ich wyniki mówią o ich miejscowości? Czy można coś zmienić? Co może zrobić dla poprawy mikroretencji, a tym samym dla łagodzenia zmian klimatu, każdy i każda z nas?



### Zadanie dodatkowe

1. Każda grupa wymyśla i realizuje krótką akcję informacyjną dotyczącą mikroretencji i jej korzyści dla pozostałych uczniów i uczennic w szkole. Przykłady działań i form:
  - ♦ plakat informacyjny,
  - ♦ post z grafikami opublikowany na profilu szkoły w mediach społecznościowych,
  - ♦ prezentacja doświadczenia z badaniem retencji różnych nawierzchni podczas przerwy.
2. Przedyskutuj z uczniami i uczennicami pomysły na zwiększenie mikroretencji wokół szkoły. Wybierzcie jedno rozwiązanie, którego realizacja jest możliwa w danym roku szkolnym i zaplanujcie to działania w czasie.



### Źródła:

- Materiały...
- Polska: gotowi..
- Materiały...
- Jak działa ogród...
- ♦ Ministerstwo Infrastruktury. (2022–2023). ↗ „Materiały edukacyjne o retencji wody”. Warszawa.
- ♦ European Commission. ↗ „Polska: gotowi spojrzeć na wodę inaczej?”. *Water Wise EU – European Commission*.
- ♦ Gmina Stawiguda. (2021). ↗ „Ogrody deszczowe w gruncie”. Opracowanie: Fundacja Sendzimira. Warszawa: Fundacja Sendzimira.
- ♦ Fundacja Sendzimira. ↗ „Jak działa ogród deszczowy?” [Film edukacyjny, projekt INTERLACE]. YouTube.

### Polecane materiały:

- Spounge garden...
- Watersquare...
- Katalog dobrych...
- ♦ De Urbanisten. ↗ „Sponge Garden, Kopenhaga: podziemne zbiorniki, ogrody deszczowe, zielone dachy, przepuszczalne nawierzchnie”. Urbanisten.dk.
- ♦ De Urbanisten. ↗ „WaterSquare Benthemplein, Rotterdam: plac retencyjny i rekreacyjny”. Urbanisten.dk.
- ♦ Klimada2. (2024). ↗ „Katalog dobrych praktyk adaptacyjnych”. Warszawa: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy.

## Załącznik nr 1 – Karta pracy: Gdyby teraz padał deszcz...

Data

Teren badań:

Nazwa grupy badawczej:

### 1. OBSERWACJA NAWIERZCHNI PO DRODZE DO SZKOŁY

Podczas drogi do szkoły zwróćcie uwagę na różnorodne nawierzchnie. Zastanówcie się nad ich właściwościami w kontekście przepuszczalności wody i zdolności do jej zatrzymywania.

#### Dodatkowe zadanie dla uczniów i uczennic szkół średnich

Podczas spaceru po wybranym odcinku trasy (ok. 200 m) zaobserwujcie różnorodne nawierzchnie, które mijacie. Weźcie pod uwagę ich właściwości przepuszczalności wody i zdolność jej zatrzymywania.

Wydrukujcie lub otwórzcie w Google Maps mapę wybranego odcinka. Zaznaczcie na niej różne nawierzchnie w pasie ok. 10 m po obu stronach trasy. Możecie użyć kolorów lub różnych rodzajów szrafu:

powierzchnie przepuszczalne – niebieski,

powierzchnie częściowo przepuszczalne – żółty,

powierzchnie nieprzepuszczalne – czerwony.

### 2. TABELA NAWIERZCHNI

Zapisać w tabeli sześć różnorodnych rodzajów nawierzchni. Przykłady: asfalt, kostka brukowa pełna lub ażurowa, żwirowa ścieżka, droga gruntowa (ubita ziemia), trawnik, piaskownica, dachy domów, kwietnik, łąka, drzewa.

### 3. DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA

Wykonajcie zdjęcia wybranych nawierzchni, aby utrwalić obserwacje.

### 4. OCENA PRZEPUSZCZALNOŚCI

Zastanówcie się, co by się stało z deszczem padającym na daną nawierzchnię. Czy Waszym zdaniem jest ona przepuszczalna i czy zatrzymałaby wodę podczas opadów?



### Uwagi i dodatkowe obserwacje

- ✦ Jeśli spacer odbywa się po deszczu, zaobserwujcie, gdzie powstały kałuże, a gdzie woda szybko wsiąka. Zanotujcie rodzaj roślinności, np.: trawa, rośliny kwiatowe, roślinność naturalna zielna, drzewa.
- ✦ Jeżeli nie ma opadów, możecie wziąć butelkę z wodą i sprawdzić przepuszczalność nawierzchni, wylewając na nią niewielką ilość wody.

### KARTA OBSERWACJI

| Lp. | Rodzaj nawierzchni | Czy ta nawierzchnia może przepuszczać wodę?<br>Tak/Nie/Częściowo | Czy ta nawierzchnia zatrzymuje wodę?<br>Tak/Nie/Częściowo | Uwagi |
|-----|--------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|
| 1.  |                    |                                                                  |                                                           |       |
| 2.  |                    |                                                                  |                                                           |       |
| 3.  |                    |                                                                  |                                                           |       |
| 4.  |                    |                                                                  |                                                           |       |
| 5.  |                    |                                                                  |                                                           |       |
| 6.  |                    |                                                                  |                                                           |       |

### Dodatkowe zadanie dla uczniów i uczennic szkół średnich

Na podstawie zaznaczonych na mapie obszarów o różnym stopniu przepuszczalności, spróbujcie oszacować %, jaki zajmują na badanym obszarze:\*

Powierzchnie przepuszczalne ..... %

Powierzchnie częściowo przepuszczalne .....%

Powierzchnie nieprzepuszczalne .....%

\*Bierzemy pod uwagę obszar: 200 m × 20 m



## Załącznik nr 2 – Instrukcja dla uczniów i uczennic

**1. Przygotujcie stanowisko:** ustawicie doniczkę w pojemniku tak, aby woda mogła swobodnie wypływać i zbierać się poniżej.

**2. Wypełnijcie doniczkę materiałem:**

- ✦ Każdy materiał powinien wypełniać doniczkę do tej samej wysokości.
- ✦ Przykładowe materiały symbolizujące różne nawierzchnie:  
okrywka od słoika odpowiadająca średnicy doniczki – asfalt.
- ✦ Plastik lub folia – dach.
- ✦ Gлина – ubita droga gruntowa.
- ✦ Podłoże do roślin doniczkowych – ziemia ogrodowa.
- ✦ Ziemia ogrodowa z roślinami lub mchem – łąka kwietna / naturalna.
- ✦ Piasek – piaszczyste podłoże.
- ✦ Inna powierzchnia – wybrana przez grupę.

**3. Dodajcie wodę:**

- ✦ Wlejcie równomiernie odmierzoną ilość wody do każdej doniczki (np. 200 ml).
- ✦ Uwaga: każda grupa wlewa dokładnie taką samą ilość wody.

**4. Obserwacja:**

- ✦ Włączcie stoper np. na 5 minut.
- ✦ Obserwujcie, co dzieje się z wodą w doniczce.

**5. Pomiar i obliczenia:**

- ✦ Zmierzcie ilość wody, która wypłynęła do pojemnika pod doniczką.
- ✦ Obliczcie, ile procent wlanej wody zostało zatrzymane w badanej powierzchni – to nasz odsetek retencji wody.



## Załącznik nr 3 – Materiał pomocniczy dla nauczyciela i nauczycielki

**Przykład I. Ogród deszczowy** – specjalnie przygotowane, lekko zagłębione miejsce w gruncie, w którym sadi się rośliny lub krzewy.

### Jak działa:

- ❖ Woda z rynny, dachu lub parkingu spływa do ogrodu deszczowego.
- ❖ Warstwa roślin i gleby zatrzymuje wodę, a korzenie roślin powoli ją wchłaniają.
- ❖ Nadmiar wody stopniowo wsiąka w glebę, zamiast spływać do kanalizacji.

### Korzyści:

- ❖ Ogranicza podtopienia – woda nie spływa gwałtownie do kanalizacji.
- ❖ Filtruje zanieczyszczenia – woda jest oczyszczana przez rośliny i glebę, zanim trafi do wód gruntowych.
- ❖ Poprawia estetykę przestrzeni miejskiej.
- ❖ Zwiększa różnorodność biologiczną (zawiera siedliska dla owadów itp.).
- ❖ Obniża temperaturę powietrza.

Przykład: Ogrody deszczowe w Gdyni

---

**Przykład II. Zielony dach** – warstwa roślinności posadzona na dachu budynku.

### Jak działa:

Na dachu znajduje się kilka warstw:

- ❖ warstwa izolacyjna – chroni budynek,
- ❖ warstwa drenażowa – zatrzymuje wodę,
- ❖ warstwa gleby,
- ❖ rośliny odporne na suszę (np. rozchodniki).

Podczas deszczu dach zatrzymuje część wody, a reszta odparowuje. W upalne dni roślinność obniża temperaturę budynku i okolicy.

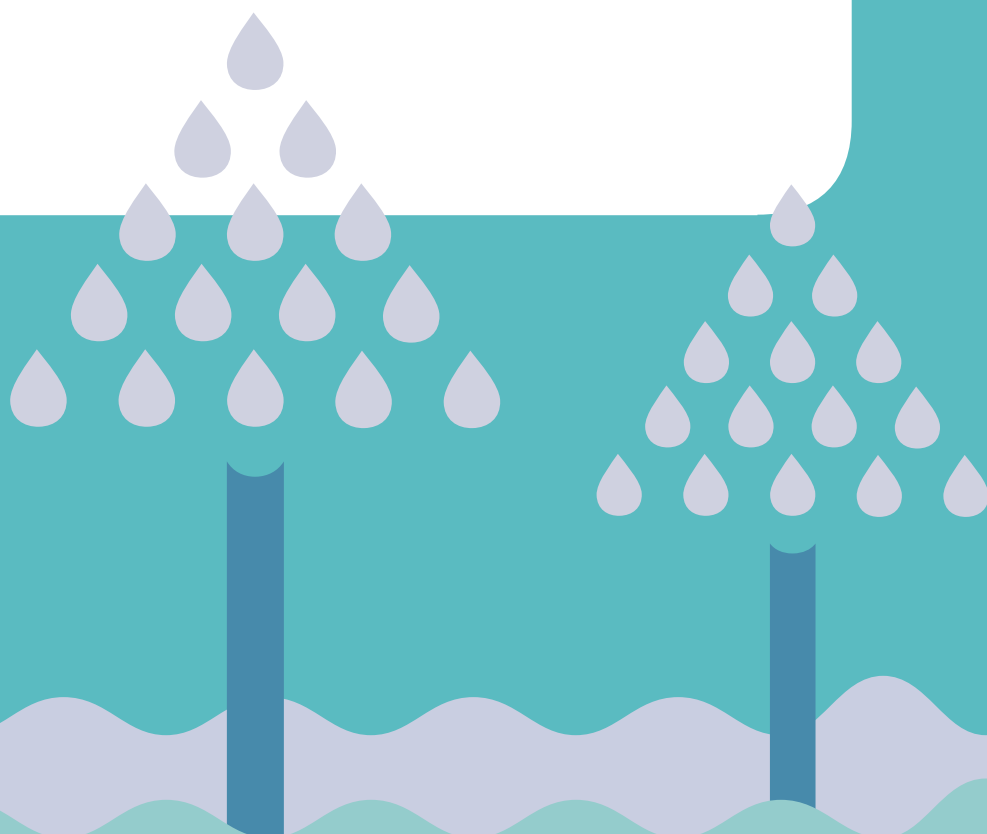
### Korzyści:

- ❖ Zmniejsza ilość wody w kanalizacji – mniejsze ryzyko podtopień.
- ❖ Obniża temperaturę – ogranicza efekt miejskiej wyspy ciepła.
- ❖ Izuluje termicznie budynek – zimą zatrzymuje ciepło, latem chroni przed nagrzewaniem.
- ❖ Poprawia jakość powietrza – rośliny pochłaniają pyły i CO<sup>2</sup>.

Przykład: Zielone dachy BUW w Warszawie



# **Zatrzymać kroplę – moc drzew**



# Zatrzymać kroplę – moc drzew

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Tematem zajęć jest rola drzew w retencji wody opadowej oraz ich znaczenie dla adaptacji do zmian klimatu. Uczniowie i uczennice poznają pojęcia retencji, intercepcji oraz różnic między powierzchniami naturalnymi i antropogenicznymi, aby lepiej zrozumieć, jak zieleń wpływa na gospodarowanie wodą w przestrzeni miejskiej. W części terenowej przeprowadzą obserwacje i pomiary wybranych drzew, a następnie wykonają proste obliczenia pozwalające oszacować ilość wody zatrzymywanej przez ich korony. Zajęcia kształtują umiejętność prowadzenia badań terenowych, interpretacji danych oraz myślenia o drzewach jako naturalnej infrastrukturze wspierającej retencję wody.

## TEMAT:

woda

## OPRACOWANIE:

Olga Betańska

## CZAS TRWANIA:

60 min

## CELE SZCZEGÓŁOWE:

- ❖ Uczniowie i uczennice rozumieją pojęcia: powierzchnia naturalna, powierzchnia antropogeniczna, retencja, intercepcja.
- ❖ Uczniowie i uczennice rozróżniają powierzchnie naturalne i antropogeniczne oraz rozumieją ich rolę w gospodarowaniu wodą opadową.
- ❖ Uczniowie i uczennice rozumieją rolę drzew w retencji wody opadowej i potrafią ją oszacować na podstawie prostych pomiarów i obliczeń.
- ❖ Uczniowie i uczennice poznają wpływ obecności drzew i terenów zielonych na adaptację do zmian klimatu

## KRYTERIA SUKCESU:

- ❖ Uczeń lub uczennica potrafi zidentyfikować różne powierzchnie naturalne i antropogeniczne w swoim otoczeniu.
- ❖ Uczeń lub uczennica zauważa różnicę w magazynowaniu wody opadowej pomiędzy tymi powierzchniami.
- ❖ Uczeń lub uczennica zna pojęcia: powierzchnia naturalna i antropogeniczna, retencja, intercepcja.
- ❖ Uczeń lub uczennica zdobywa dane z ogólnodostępnych źródeł oraz prowadzi proste pomiary terenowe (np. powierzchnia rzutu korony drzewa) i proste obliczenia (retencji drzewa).
- ❖ Uczeń lub uczennica potrafi ocenić wpływ obecności drzew i zieleni na adaptację do zmian klimatu.



## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ✦ Szkoła podstawowa (klasy IV–VIII): Biologia: IV.4.G), VII.9.
- ✦ Szkoła ponadpodstawowa (liceum/technikum): Biologia: X.1., XI.3 | Geografia: XIII.8., XIII.10.

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ✦ gospodarowanie wodą opadową,
- ✦ retencja,
- ✦ znaczenie roślinności w miastach.

## METODY PRACY:

- ✦ praca w grupach,
- ✦ burza mózgów,
- ✦ dyskusja.

## FORMY PRACY:



- ✦ badania terenowe,
- ✦ samodzielne zdobywanie danych z ogólnodostępnych źródeł,
- ✦ analiza i porównanie wyników.

## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ✦ badania terenowe,
- ✦ samodzielne zdobywanie danych z ogólnodostępnych źródeł,
- ✦ analiza i porównanie wyników.



Załącznik nr 1



Załącznik nr 2

## ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:

- ✦ Załącznik nr 1 – Karta pracy: *Badanie retencji drzewa*
- ✦ Załącznik nr 2 – Karta pracy: *Badanie retencji różnych nawierzchni*



# PRZEBIEG ZAJĘĆ

10  
MIN

## Rozpoczęcie zajęć

Lekcja ta może być kontynuacją zajęć „Jak zatrzymać deszcz czyli rzecz o mikroretencji”. Są one dobrym wprowadzeniem do poniższego tematu. Jeśli nie przeprowadziłeś/aś zajęć „Jak zatrzymać deszcz czyli rzecz o mikroretencji” warto przeanalizować z uczniami i uczennicami, co się dzieje z wodą opadową na terenach zabudowanych i naturalnych.

## Propozycja przygotowania do zajęć



HEY – Woda

Aby rozpocząć rozmowę o tym, jak woda zachowuje się w mieście i w krajobrazie naturalnym, możecie posłuchać fragmentu utworu zespołu Hey [»Woda«](#). Tekst piosenki w obrazowy sposób pokazuje drogę, jaką woda może pokonywać w przestrzeni miejskiej.

„Na pstryknięcie palców zmieniam  
Stan skupienia z ciała w płyn  
Rurą z piętra ciecżą wartką  
Ściekam do piwnicy w dół

Szparą w fundamentach wnikam  
Strużką do gruntowych wód  
Patrzcie dławią się studzienki  
Wymiotują mnie na bruk

Falą wylewam się  
Meandrami ulic płynę  
Tworzę unię z Wisłą  
Nurtem silnym jak mój gniew  
Wypłukuję obłąd z miasta  
Myję je do czysta”

**Na podstawie utworu zastanówcie się, jaką drogę pokonuje deszcz w mieście oraz co dzieje się, gdy opadów jest bardzo dużo.**

### Pytania:

- ♦ Co dzieje się z wodą, gdy spada na teren zabudowany, a co gdy na teren zielony?
- ♦ Jakie drogi może pokonać woda opadowa w mieście?

### Przykładowe drogi deszczu:

- ♦ opad → dachy → rynny → studzienki → rzeka
- ♦ opad → chodniki/ulice → studzienki → rzeka
- ♦ opad → dachy → rynny → wody gruntowe
- ♦ opad → tereny zielone → wody gruntowe

### Zaproś grupę do dyskusji i odpowiedzi na pytania:

- ♦ Który fragment piosenki opisuje intensywne opady? („Patrzcie dławią się studzienki / Wymiotują mnie na bruk”).
- ♦ Która droga sprawia, że woda zatrzymuje się w krajobrazie, zamiast szybko spływać?
- ♦ Co się dzieje, gdy na terenach zabudowanych występują intensywne opady deszczu?

### Dla szkół ponadpodstawowych dodatkowo:

Wprowadź pojęcie **Powódź błyskawiczna** – powódź o szybkim przebiegu, spowodowana intensywnymi opadami (np. burze), często występuje w miastach.

### Zapytaj grupę:

- ♦ Która z tych dróg sprawia, że woda zostaje w krajobrazie, zamiast spływać?
- ♦ Który fragment piosenki opisuje intensywne opady? („Patrzcie dławią się studzienki / Wymiotują mnie na bruk”).
- ♦ Która droga sprawia, że woda zatrzymuje się w krajobrazie, zamiast szybko spływać?
- ♦ Co się dzieje, gdy na terenach zabudowanych występują intensywne opady deszczu?

### Dla szkół ponadpodstawowych dodatkowo:

Wprowadź pojęcie **Powódź błyskawiczna** – powódź o szybkim przebiegu, spowodowana intensywnymi opadami (np. burze), często występuje w miastach.

### Zapytaj grupę:

- ♦ Która z tych dróg sprawia, że woda zostaje w krajobrazie, zamiast spływać?



## Krok 1 – Przed zajęciami – praca w domu

Poproś uczniów i uczennice, aby przed lekcją sprawdzili sumę dobowych opadów odnotowaną na najbliższej (np. w stosunku do szkoły) stacji meteorologicznej.

Poproś uczniów i uczennice, aby przed lekcją sprawdzili sumę dobowych opadów odnotowaną na najbliższej (np. w stosunku do szkoły) stacji meteorologicznej.

### Instrukcja dla młodzieży:



Wejdźcie na stronę Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej: <https://hydro.imgw.pl/>.

W menu po lewej stronie wybierzcie zakładkę „Stacje”, a następnie „Meteorologiczne”.

Aby łatwiej znaleźć punkt pomiarowy, warto zawęzić wyszukiwanie, wybierając województwo i powiat.

Odczytajcie wartość OPAD W 24H z najbliższej stacji.

| Stacja    | RZĘKA (AKWEN KODU) | STATUS | OPAD 06-06 UTC | OPAD W 24H | OPAD W 12H | OPAD W 6H | OPAD W 3H | OPAD W 1H | MAKSYMALNA SUMA DOBOWA |
|-----------|--------------------|--------|----------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| 353230295 | Małuszka           | ...    | 3,6 mm         | 32,9 mm    | 30,3 mm    | 30,3 mm   | 18,3 mm   | 11,3 mm   | 186,7 mm               |
| 353230320 | Białystok          | ...    | 6,0 mm         | 17,4 mm    | 17,4 mm    | 17,4 mm   | 14,3 mm   | 2,9 mm    | 90,6 mm                |
| 353230320 | Czarnawa           | ...    | 6,0 mm         | 20,7 mm    | 20,7 mm    | 20,7 mm   | 12,2 mm   | 1,1 mm    | 55,2 mm                |
| 353230280 | Dobryń             | ...    | 6,0 mm         | 19,3 mm    | 19,3 mm    | 19,3 mm   | 18,9 mm   | 8,9 mm    | 52,9 mm                |
| 250330980 | Grabowiec Górny    | ...    | 6,0 mm         | 13,7 mm    | 13,7 mm    | 13,7 mm   | 13,7 mm   | 4,1 mm    | 72,3 mm                |
| 250330170 | Jędrzejówka        | ...    | 6,0 mm         | 19,0 mm    | 19,0 mm    | 18,5 mm   | 9,2 mm    | 0,2 mm    | 33,9 mm                |
| 252220240 | Kaslewo Łucki      | ...    | 6,0 mm         | 12,7 mm    | 12,7 mm    | 12,7 mm   | 12,7 mm   | 9,0 mm    | 52,7 mm                |
| 253220330 | Marianowo B.       | ...    | 6,0 mm         | 13,3 mm    | 13,3 mm    | 13,3 mm   | 13,3 mm   | 3,4 mm    | 82,9 mm                |
| 353230280 | Mikolajki          | ...    | 6,1 mm         | 18,3 mm    | 18,0 mm    | 18,0 mm   | 10,7 mm   | 2,7 mm    | 100,6 mm               |
| 253230390 | Mikuszewo-Gdań     | ...    | 6,0 mm         | 31,9 mm    | 31,9 mm    | 31,9 mm   | 25,9 mm   | 7,5 mm    | 41,0 mm                |
| 353230285 | Ostrowiec          | ...    | 6,1 mm         | 28,3 mm    | 28,3 mm    | 28,3 mm   | 8,9 mm    | 1,3 mm    | 94,9 mm                |
| 253230290 | Plaki              | ...    | 6,0 mm         | 30,5 mm    | 30,5 mm    | 30,5 mm   | 28,2 mm   | 4,9 mm    | 64,0 mm                |
| 254190230 | Regły              | ...    | 6,1 mm         | 28,7 mm    | 24,9 mm    | 20,3 mm   | 15,5 mm   | 4,3 mm    | 55,7 mm                |
| 249220290 | Ruski Górny        | ...    | 2,8 mm         | 41,3 mm    | 39,7 mm    | 21,7 mm   | 11,7 mm   | 4,8 mm    | 96,1 mm                |
| 253230290 | Wyłkanka           | ...    | 6,0 mm         | 21,9 mm    | 21,9 mm    | 21,9 mm   | 3,8 mm    | 1,5 mm    | 60,5 mm                |
| 253230330 | Żywiec Wodociąg    | ...    | 6,0 mm         | 20,9 mm    | 20,9 mm    | 20,9 mm   | 17,0 mm   | 1,5 mm    | 28,3 mm                |
| 253230380 | Tanewo             | ...    | 6,0 mm         | 23,3 mm    | 23,3 mm    | 23,3 mm   | 19,5 mm   | 3,3 mm    | 30,7 mm                |

Ryc.1. Strona internetowa IMGW – zakładka Stacje Meteorologiczne (źródło: <https://hydro.imgw.pl/>).

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Jeśli w ciągu ostatnich 24 godzin nie padało, poproś uczniów i uczennice, aby odczytali opad z dowolnej stacji w Polsce lub aby każda grupa przyjęła inną wartość opadu w zakresie np. od 2 mm do 60 mm. Jeśli uczniowie będą przyjmować losową wartość, zachęć ich do odwiedzenia strony, aby sprawdzili czy wybrany opad można zaliczyć do opadów intensywnych (czerwone odcienie na skali kolorystycznej).

Poproś, aby uczniowie i uczennice zapisali ten opad w jednostce l/m<sup>2</sup>. W tabeli na stronie IMGW opady są podane w milimetrach. 1 mm opadu odpowiada 1 litrowi wody na 1 metr kwadratowy (1 mm = 1 l/m<sup>2</sup>).

15 MIN

### Krok 2 – Czym jest retencja?



Wodne wyzw...

Obejrzyj razem z uczniami i uczennicami film „Wodne wyzwania miasta. Retencja jednym z największych” (YouTube, dostęp: 10.2025). Przed oglądaniem podkreśl, że poruszane w nim kwestie dotyczą nie tylko miast, ale wszystkich terenów przekształconych przez człowieka.

Po obejrzeniu filmu porozmawiaj z uczniami i uczennicami, zadając pytania:

- ✦ Czy zauważają w swojej okolicy zjawiska wspomniane w filmie, np. zalane ulice po intensywnym deszczu czy wyschnięte trawniki?
- ✦ Co sprawia, że takie sytuacje się pojawiają? (np. zmiany klimatu, uszczelnienie powierzchni, przekształcanie środowiska).

Nie podawaj od razu definicji retencji, spróbuj zainspirować grupę do zdefiniowania tego, czym jest retencja i na co wpływa:

- ❖ Co się dzieje, kiedy woda szybko spływa do kanalizacji albo rzek?
- ❖ A co, kiedy zatrzyma się w glebie lub w roślinach?
- ❖ Jak myślicie, co dzięki temu zyskuje środowisko? A co człowiek?

Rozmowę podsumuj wprowadzając definicję retencji (na podstawie źródła):

**Retencja wodna** to zdolność środowiska do magazynowania i przetrzymywania wody, tak aby była dostępna w okresach jej niedoboru oraz łagodziła skutki nadmiaru wody podczas intensywnych opadów.

Zadbaj o to, aby w rozmowie wybrzmiało to, że retencja wpływa nie tylko na bilans wodny, ale też na środowisko – wspiera bioróżnorodność, chroni ekosystemy, przeciwdziała erozji gleby i podtopieniom oraz pomaga w odbudowie naturalnych siedlisk, takich jak lasy łęgowe, mokradła czy podmokłe łąki.

Zadaj pytania do dalszej rozmowy:

- ❖ W jaki sposób można zatrzymywać wodę w miejscu naszego zamieszkania?
- ❖ Czy okolica szkoły ma zdolność retencjonowania wody opadowej?

Zachęć uczniów i uczennice do wspólnego poszukiwania odpowiedzi na ostatnie pytanie w ramach zaplanowanych badań terenowych.

25  
MIN

### Krok 3 – Ile wody zatrzymuje moje drzewo? Zajęcia terenowe

Wybierz teren w pobliżu szkoły lub inne miejsce z co najmniej jednym drzewem (najlepiej dojrzałym, a nie świeżym nasadzeniem). Obserwacje warto przeprowadzić w sezonie wegetacyjnym, gdy drzewa mają liście.

Będąc już na miejscu, zastanówcie się, w jaki sposób tereny zielone magazynują wodę. Zwróć uwagę młodzieży, że opad jest gromadzony nie tylko w glebie, na której rosną rośliny, ale także w samych roślinach – w liściach i gałęziach.

Wprowadź pojęcie **Intercepcja** – proces zatrzymywania wody opadowej przez rośliny (liście, korony drzew, gałęzie), dzięki czemu nie dociera ona do gruntu.

Wyjaśnij uczniom i uczennicom, że ich zadaniem będzie sprawdzenie, jak różni się retencja korony wybranego przez nich drzewa od powierzchni modyfikowanych przez człowieka (chodnik, ulica).

- ❖ Podziel uczniów i uczennice na 4-5 osobowe grupy i rozdaj każdej Załącznik nr 1.
- ❖ Niech każda grupa wybierze sobie drzewo i dokona jego pomiarów i obliczeń zgodnie z załącznikiem.

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Jeśli macie dostęp tylko do jednego drzewa, dokonajcie pomiarów wspólnie. Aby, zróżnicować wyniki, przyjmijcie w dalszych obliczeniach różne wartości opadów. Po dokonaniu pomiarów, część obliczeniową można przeprowadzić w budynku.



### Podsumowanie

Aby podsumować badania, poproś grupy (te same z kroku nr 3) o uzupełnienie tabeli z Załącznika nr 2. Rozdaj każdej grupie wydrukowaną kartę pracy. Następnie zaproś młodzież do analizy wyników badań. Zwróć ich uwagę na znaczenie terenów zielonych w retencji wody oraz na to, jak różne powierzchnie wpływają na magazynowanie opadów.

Poproś, aby grupy porównały swoje obserwacje z początkowymi przewidywaniami. Zaproś młodzież do krótkiej rozmowy w ramach podsumowania zajęć. Możesz zapytać m.in:

- ♦ Który rodzaj pokrycia terenu zatrzymuje najwięcej wody?
- ♦ Czy każde drzewo będzie miało zawsze taką samą retencję? Od czego zależą różnice?
- ♦ Jakich powierzchni powinno być wokół nas najwięcej, aby magazynować wodę i chronić przed powodziami błyskawicznymi?
- ♦ Jakich powierzchni jest najwięcej w waszej okolicy?
- ♦ Co młodzież zmieniłaby w swoim otoczeniu w kontekście wiedzy zdobytej na zajęciach?

Powiedz grupom, że choć trawniki mogą zatrzymywać więcej wody niż korony drzew, to drzewa pełnią też inne funkcje – dają cień, obniżają temperaturę, pochłaniają CO<sup>2</sup>, oczyszczają powietrze i stanowią siedlisko dla różnych organizmów. Obserwacje własnego drzewa pozwolą lepiej zrozumieć te zależności.

Na koniec zapytaj uczniów i uczennice, czy po przeprowadzonych badaniach zmieniło się ich spojrzenie na zdolność retencionowania wody przez tereny w okolicach szkoły.



### Zadania dodatkowe

Pomysły na działania pogłębiające omawianą tematykę i zachęcające do działania:

1. Zachęć uczniów i uczennice do podzielenia się swoimi obserwacjami z innymi, np. poprzez szkolne media społecznościowe, krótki filmik lub artykuł do lokalnej prasy.
2. Poprowadź dyskusję nad możliwością poprawy warunków retencyjnych w otoczeniu szkoły – uczniowie i uczennice mogą przygotować listę działań, które następnie zaproponują dyrekcji szkoły lub samodzielnie wprowadzą drobne zmiany w najbliższym otoczeniu.
3. Zaproponuj uczniom i uczennicom przygotowanie projektu zagospodarowania terenu przy szkole w celu zwiększenia jego właściwości retencyjnych. Projekt można przedstawić w formie mapy udostępnionej online, posta, artykułu lub plakatu.



Jak dobrać...?



Zatrzymaj wodę...

4. Podczas zajęć terenowych lub pracy domowej zasugeruj, aby uczniowie i uczennice poszukali w swojej miejscowości przykładów rozwiązań sprzyjających magazynowaniu wody. Możesz skorzystać z materiałów edukacyjnych, np. filmiku [„Jak dobrać rozwiązania retencyjne do terenu?”](#) (YouTube, dostęp: 10.2025) i artykułu [„Zatrzymaj wodę w miastach – sposoby retencji wody”](#) (Fundacja Aeris Futuro, dostęp: 10.2025).

## POLECANE MATERIAŁY:

### Polecane materiały



Mała retencja..

- ♦ *Mała retencja – ulotka* (2025). Koalicja Dbamy o wodę. Dostępne z: <https://dbamyowode.pl/wp-content/uploads/2025/03/Mala-retencja-ulotka-2025.pdf>



Jak dobrać...?

- ♦ *Jak dobrać rozwiązania retencyjne do terenu?* (2025). Fundacja Sendzimira. Dostępne z: <https://www.youtube.com/watch?v=hH9mzAu9hVg>



Zatrzymaj wodę...

- ♦ *Zatrzymaj wodę w miastach – sposoby retencji wody*. Fundacja Sendzimira. Dostępne z: <https://aerisfuturo.pl/baza-wiedzy/oto-sposoby-retencji-wody/>



Szkoła przyjazna...

- ♦ *Szkoła przyjazna klimatowi – na wyciągnięcie ręki* (2024). Fundacja Sendzimira. Dostępne z: <https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2024/04/Szkola-przyjazna-klimatowi-na-wyciagniecie-reki.pdf>



Znaczenie drzew

- ♦ *Znaczenie drzew w miejskich ekosystemach*. Instytut Rozwoju Myśli Ekologicznej. Dostęp: <https://irme.pl/znaczenie-drzew-w-miejskich-ekosystemach/>



Edukacyjna...

- ♦ *Edukacyjna skrzynka – woda, klasy IV–VI* (2021). Centrum Edukacji Obywatelskiej. Dostępne z: [https://globalna.ceo.org.pl/wp-content/uploads/sites/4/2021/09/edu-skrzynka.\\_woda.\\_klasy\\_iv-vi.pdf](https://globalna.ceo.org.pl/wp-content/uploads/sites/4/2021/09/edu-skrzynka._woda._klasy_iv-vi.pdf)



Retencja wodna

- ♦ *Retencja wodna w miastach – przewodnik* (2025). Polska Ekologia sp. z o.o.. Dostępne z: [https://cms.plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2025/01/Retencja-miasta\\_prev.pdf](https://cms.plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2025/01/Retencja-miasta_prev.pdf)

### Źródła:



Hydro IMGW

- ♦ Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, b.d. *Hydro IMGW*. [online] Dostępne z: <https://hydro.imgw.pl/>.



Retencja wodna

- ♦ Phillips, R. L., 2019. *The capacity of urban forest patches to infiltrate stormwater is influenced by soil physical properties and soil moisture*. USDA Forest Service. [online] Dostępne z: [https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/jrnl/2019/nrs\\_2019\\_phillips\\_002.pdf](https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/jrnl/2019/nrs_2019_phillips_002.pdf).



Retencja wodna

- ♦ Xiao, Q. & McPherson, E. G., 1998. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. *Arboriculture & Urban Forestry*, 24(4), s. 235–244. [online] Dostępne z: <https://auf.isa-arbor.com/content/24/4/235>.
- ♦ Selbig, W. R. & Bannerman, R. T., 2008. Urban tree rainfall interception



## Urban tree

measurement and modeling in WinSLAMM, the Source Loading and Management Model. *Journal of Water Management Modeling*. [online] Dostępne z: <https://www.chijournal.org/C475>.



## The potential...

- ✦ *The potential of grass strips for retaining surface runoff and sediment*, 2025. VTEI. [online] Dostępne z: <https://www.vtei.cz/en/2025/06/the-potential-of-grass-strips-for-retaining-surface-runoff-and-sediment>. [Dostęp: 3 października 2025]

## Załącznik nr 1 – Karta pracy: Badanie retencji drzewa

Wstępne badanie (nieobowiązkowe): Przyjrzyjcie się Waszemu drzewu i zbadajcie je zgodnie z kartą pracy.

| Ocena drzewa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Wyniki obserwacji |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <p><b>Gatunek badanego drzewa</b></p> <p>Jeśli nie znacie się na gatunkach drzew, możecie użyć atlasów do rozpoznawania gatunków lub aplikacji na telefon (np. Flora Incognita, Seek). Pamiętajcie, że aplikacje mogą się pomylić i zawsze warto zweryfikować wynik.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                   |
| <p><b>Wiek</b></p> <p>Spróbujcie oszacować, czy drzewo jest: młode, dojrzałe czy sędziwe.</p> <p>Jak to zrobić? Drzewa młode jeszcze nie osiągnęły swojej docelowej wysokości, szybko rosną, mają cienki pień i delikatną korę. Często nie wytwarzają jeszcze owoców.</p> <p>Drzewa dojrzałe osiągają już swoją docelową wysokość i rozrastają się na szerokość. Mają rozbudowaną koronę.</p> <p>U drzew sędziwych widać cechy obumierania. Ich pień jest bardzo szeroki i masywny, często widać w nim uszkodzenia. Podobnie konary, z których część być może już obumarła.</p> |                   |
| <p><b>Kondycja</b></p> <p>Spróbujcie określić kondycję drzewa zwracając uwagę na:</p> <p>Stan korony – czy widzicie suche liście i gałęzie? Jaki jest kolor liści i gęstość korony? Czy widzicie połamane gałęzie, a na liściach jakieś choroby?.</p> <p>Stan kory – czy są widoczne narośla, grzyby, ubytki i uszkodzenia kory? Czy kora wygląda zdrowo?</p> <p>Ogólne wrażenie – jakie wrażenie sprawia całe drzewo? Czy wygląda na silne i zdrowe, czy raczej osłabione?</p> <p>Inne obserwacje – czy zauważacie dziuple, gniazda, budki dla ptaków?</p>                     |                   |
| <p><b>Podłoże</b></p> <p>Sprawdźcie, gdzie rośnie Wasze drzewo. Oceńcie czy korzenie mogą rosnąć swobodnie. Czy pod drzewem jest trawnik lub gleba? A może drzewo jest otoczone chodnikiem lub asfaltem? Czy gleba pod drzewem jest mocno zbita?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |



### Dokonajcie pomiaru powierzchni rzutu korony – badanie obowiązkowe.

Powierzchnia rzutu korony to powierzchnia podłoża, którą przykrywa korona. Wyobraźcie sobie, że patrzycie na drzewo z lotu ptaka – to czego nie widzicie pod koroną, to właśnie ta powierzchnia.

#### Jak zmierzyć powierzchnię rzutu korony?

- ✦ Stańcie przy pniu i spójrzcie w górę.
- ✦ Poproście jedną osobę, żeby przeszła w stronę brzegu korony (aż koniec gałęzi znajdzie się dokładnie nad jej głową).
- ✦ Zaznaczcie ten punkt na ziemi (np. kredą, patyczkiem).
- ✦ Zmierzcie odległość od pnia do tego punktu. To jest **promień korony w tym miejscu (r)**.
- ✦ **Powtórzcie pomiar w 4 kierunkach świata** – północ, południe, wschód i zachód (jeśli nie możecie wyznaczyć kierunków świata, zmierzcie promień w 4 różnych kierunkach). Zapiszcie cztery długości promieni.

$r_1 = \dots\dots\dots \text{ m}$      $r_2 = \dots\dots\dots \text{ m}$      $r_3 = \dots\dots\dots \text{ m}$      $r_4 = \dots\dots\dots \text{ m}$

Obliczcie średni promień  $r_{sr}$

$$r_{sr} = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) / 4$$

$r_{sr} = \dots\dots\dots$

Obliczcie pole powierzchni rzutu korony (K).

Skorzystajcie ze wzoru na pole koła:

$$K = \pi \cdot r_{sr}^2$$

$K = \dots\dots\dots$

Dokonajcie obliczenia retencji korony drzewa.

Aby obliczyć retencję korony drzewa skorzystajcie ze wzoru:

$$R_{korony} = P \times K \times C_d \text{ (współczynnik intercepcji)}$$

P – opad ( $\text{l/m}^2$ ) Sprawdzaliście go przed zajęciami.

K – powierzchnia rzutu korony ( $\text{m}^2$ ) Liczyliście go powyżej  $C_d$  – współczynnik intercepcji. Współczynnik ten mówi, jaki procent opadu zatrzymują korony drzew. Jest on zależny od wielu czynników: gatunku drzewa, stanu korony, stopnia ulistnienia czy intensywności opadów. Wg badaczy i badaczek może się on wahać od około 10% do nawet 60%! Aby uprościć wasze badania, przyjmijcie współczynnik  $C = 25\%$

$P = \dots\dots\dots \text{ l/m}^2$

$K = \dots\dots\dots \text{ m}^2$

$C_d = 25\%$



### Zadanie dla szkoły ponadpodstawowej

Zwróćcie uwagę, że w przypadku drzew, woda gromadzi się nie tylko na koronie, ale także w strefie korzeniowej. Możecie uzupełnić swoje obliczenia i policzyć całkowitą retencję drzewa.

$$R_{\text{drzewa}} = R_{\text{korony}} + R_{\text{korzeni}}$$

$R_{\text{korony}}$  – retencja korony (l). Tę wartość policzyliście powyżej.

$R_{\text{korzeni}}$  – retencja strefy korzeniowej (l).

Zwróćcie uwagę, że do strefy korzeniowej dociera tylko część wody opadowej, która nie zatrzymała się w koronie. Dopiero na tej podstawie można policzyć, ile wody zatrzymuje się w strefie korzeniowej. Aby obliczyć spływ z korony (S), musicie policzyć, ile wody spada na całe wasze drzewo (W).

$$W = P \times K$$

P – opad (l/m<sup>2</sup>)

K – powierzchnia rzutu korony (m<sup>2</sup>)

$$W = \dots\dots\dots$$

Policzcie teraz spływ z korony (S).

$$S = W - R_{\text{korony}}$$

W – całkowita ilość wody, która spada na drzewo (l)

$R_{\text{korony}}$  – retencja korony (l)

$$S = \dots\dots\dots$$

Jak już się zapewne domyślacie, nie cała woda spływająca z korony jest retencjonowana w strefie korzeniowej. Znow trzeba zastosować tutaj współczynnik, w tym przypadku infiltracji. Jest on zależny od wielu czynników (rodzaju gleby, stopnia jej ubicia itp.). Wg badań naukowych waha się on od 30% do 70%. Na potrzeby naszych zajęć przyjmijcie wartość średnią: 50%.

$$R_{\text{korzeni}} = S \times C_g$$

S – spływ z korony (l)

$C_g$  – współczynnik infiltracji = 50%

$$R_{\text{KORZENI}} = \dots\dots\dots$$

Gdy macie już tę wartość, policzcie całkowitą retencję drzewa.

$$R_{\text{drzewa}} = R_{\text{korony}} + R_{\text{korzeni}}$$



## Załącznik nr 2 – Karta pracy: Badanie retencji różnych nawierzchni

Czas na porównanie retencji różnych pokryć terenu, na które pada deszcz. Aby to zrobić, musicie policzyć, ile wody opadowej zatrzyma taka sama powierzchnia różnych materiałów. Przyjmijcie więc do badań tę samą powierzchnię dla wszystkich pokryć terenu, równą powierzchni rzutu korony (K) oraz ten sam opad (P).

W porównaniu pomoże Wam tabela.

- ♦ W kolumnie **Powierzchnia** wpisujecie wszędzie tę samą powierzchnię, równą powierzchni rzutu korony.
- ♦ W kolumnie **Opad** wpisujecie wszędzie ten sam opad, który sprawdziliście przed zajęciami lub ustaliliście z nauczycielem lub nauczycielką.
- ♦ W kolumnie **Wskaźnik** retencji znajdują się dane ustalone przez naukowców i naukowczynie. Zwróćcie uwagę, że są tam podane przedziały. Możecie się wspólnie zastanowić, dlaczego tak się dzieje. Do obliczeń wybierzcie średni wskaźnik retencji dla każdego rodzaju pokrycia.
- ♦ W kolumnie **Zatrzymany opad** wpiszcie wyniki obliczeń. W przypadku drzewa policzyliście to już wcześniej! W przypadku pozostałych pokryć terenu skorzystajcie z takiego samego wzoru:

$$R = K \times P \times C$$

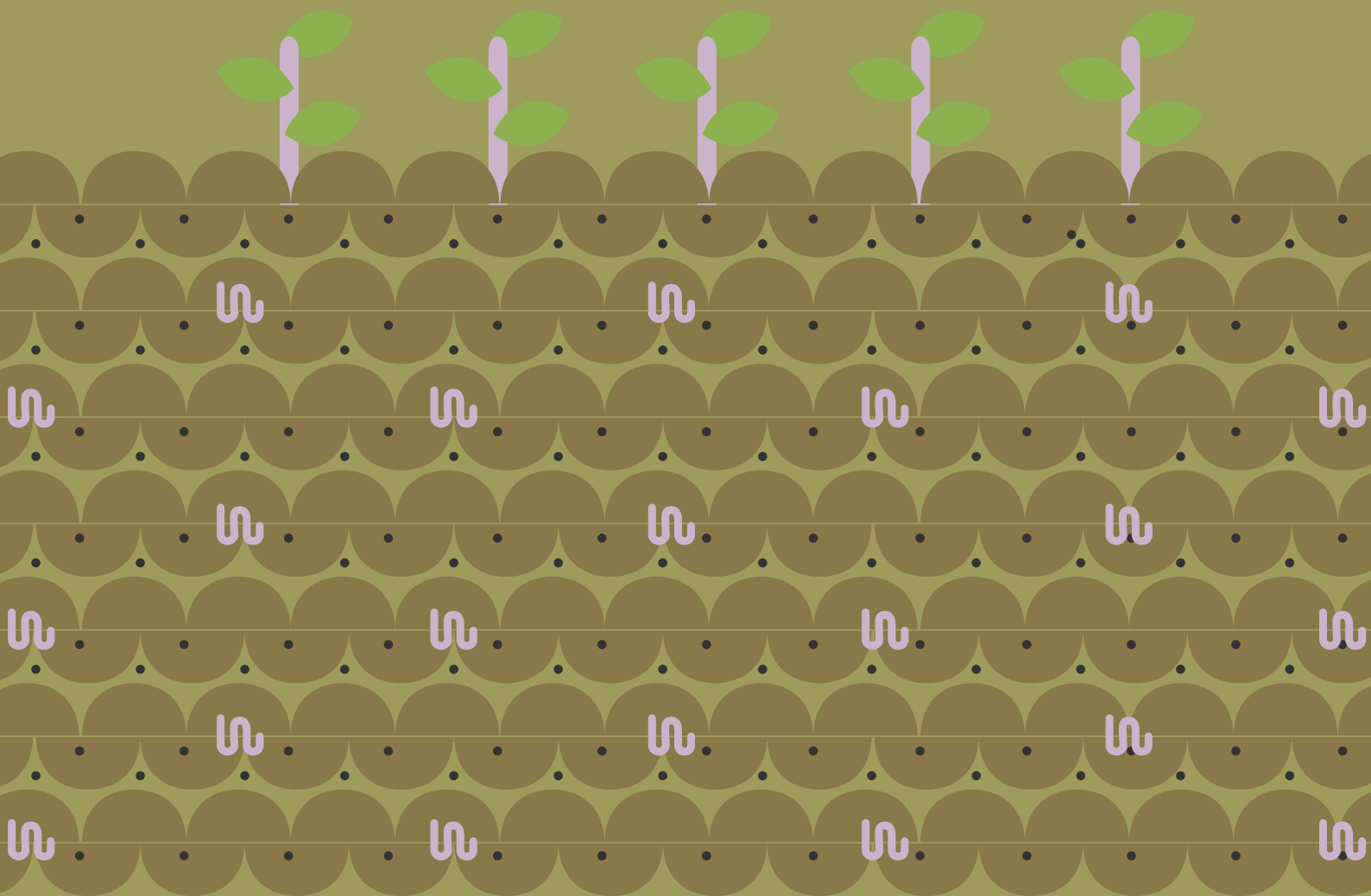
| Rodzaj pokrycia terenu | Powierzchnia (K) [m <sup>2</sup> ] | Opad (P) [l/m <sup>2</sup> ] | Wskaźnik retencji (C) [%] | Zatrzymany opad [l]     |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Drzewo                 |                                    |                              | -                         | $R_{\text{korony}}^* =$ |
| Asfalt                 |                                    |                              | 0-5 %                     | $R_{\text{asfaltu}} =$  |
| Chodnik/kostka brukowa |                                    |                              | 5-10%                     | $R_{\text{kostki}} =$   |
| Trawnik                |                                    |                              | 70-90%                    | $R_{\text{trawnika}} =$ |

*\* w przypadku uczniów i uczennic szkół średnich, jeśli liczyliście całkowitą retencję drzewa, wpiszcie tutaj uzyskaną wartość, zamiast retencji korony.*

Porównajcie, ile wody zatrzymują różne rodzaje pokrycia terenu.



**Odpowiednio, dużo,  
za dużo – ile nawozić,  
by nie zaszkodzić?**



# Odpowiednio, dużo, za dużo – ile nawozić, by nie zaszkodzić?

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Dzięki nawozom możliwe jest zwiększenie plonów, a w efekcie wykarmienie rosnącej populacji ludzi. Co się jednak dzieje, gdy stosuje się za dużo nawozów? Jakie skutki ma ich nadmiar dla roślin i całego środowiska? Podczas tych zajęć uczniowie i uczennice przeprowadzą eksperyment pokazujący wpływ nadmiaru nawozów sztucznych na roślinność i zrozumieją skutki eutrofizacji.

## TEMAT:

gleba

## OPRACOWANIE:

Katarzyna Stojek

## CZAS TRWANIA:

45 min +  
20 min po kilku dniach

## CELE:

- ✦ Uczniowie i uczennice wyjaśniają związek między nadmiarem soli i nawozów a mechanizmem poboru wody przez rośliny.
- ✦ Uczniowie i uczennice rozumieją rolę nawozów i wpływ ich nadmiaru na funkcjonowanie roślin i środowiska.
- ✦ Uczniowie i uczennice przedstawiają działania ograniczające przenawożenie, które są dopasowane do lokalnego środowiska.
- ✦ Uczniowie i uczennice przeprowadzają doświadczenie w grupach – rozumieją funkcję poszczególnych elementów doświadczenia, wyjaśniają konieczność stosowania próby kontrolnej, prowadzą obserwacje i poprawnie interpretują uzyskane wyniki.

## KRYTERIA SUKCESU:

- ✦ Uczeń lub uczennica wyjaśnia rolę nawozów sztucznych i skutki ich nadmiaru w glebie.
- ✦ Uczeń lub uczennica wyjaśnia, w jaki sposób nadmiar nawozów i soli negatywnie wpływa na pobieranie wody przez rośliny.
- ✦ Uczeń lub uczennica przedstawia działania ograniczające przeżyźnienie, szczególnie takie, które można zastosować w okolicy szkoły i domu.
- ✦ Uczeń lub uczennica przeprowadza eksperyment i tłumaczy, z czego wynikają poczynione obserwacje.

## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ✦ **Szkoła podstawowa (klasy IV-VIII):** Biologia: II.1-3, IV.1-2, VI. 1-3, VII. 8-9.
- ✦ **Szkoła ponadpodstawowa:** Biologia: X.16, XI.3, XI.9 / Rozszerzenie: I.3, I.5, II. 1, II. 2, II. 5, IV.1, IV.2, VI. 1-4, IX.3.1, IX.3.5, XVII.1.3, XVII.1.5, XVII.3.9, XVIII.4, XVIII.9.

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ✦ Eutrofizacja.
- ✦ Nawozy.
- ✦ Pobieranie wody przez rośliny.
- ✦ Osmoza.

## METODY PRACY:

- ✦ Pogadanka.
- ✦ Przeprowadzanie doświadczenia.
- ✦ Rozwiązywanie kart pracy.

## FORMY PRACY:



- ✦ Praca w grupach.
- ✦ Praca zbiorowa.

## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ✦ Zestawy doświadczalne dla każdej grupy.
- ✦ Prezentacja (ewentualnie).



## ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:

- ✦ Załącznik nr 1 – Karty pracy: *Odpowiednio, dużo, za dużo – ile nawozić, by nie zaszkodzić?* – wersja podstawowa
- ✦ Załącznik nr 2 – Karty pracy: *Odpowiednio, dużo, za dużo – ile nawozić, by nie zaszkodzić?* – wersja rozszerzona
- ✦ Załącznik nr 3 – Prezentacja: *Odpowiednio, dużo, za dużo – ile nawozić, by nie zaszkodzić?*



Załącznik nr 1



Załącznik nr 2



Załącznik nr 3

## PRZEBIEG ZAJĘĆ

### Przed zajęciami :

Przygotuj zestawy doświadczalne i wydrukuj karty pracy dla każdej grupy uczniów i uczennic (najlepiej min. dwie sztuki na grupę). Ustaw w klasie stoły tak, by każda grupa miała własne stanowisko pracy.

W ramach każdego zestawu doświadczalnego przygotuj: trzy zlewki, trzy pędy roślin o podobnej wielkości o takiej samej liczbie liści, marker oraz wodę. Rozcieńcz nawóz (np. przeznaczony do roślin doniczkowych) tak, by otrzymać roztwory o stężeniu odpowiadającym zalecanej jednorazowej oraz podwójnej dawce. Nawóz i olej możesz przygotować w jednej butelce na całą klasę i samodzielnie rozlewać go grupom albo wcześniej porozlewać go do mniejszych naczyni, tak aby każda grupa otrzymała własny.

**W wersji rozszerzonej** (dla starszych grup lub klas dobrze zaznajomionych z samodzielnym wykonywaniem eksperymentów) będą potrzebne po **cztery zlewki i rośliny na grupę, a także woda destylowana**. Uczniowie i uczennice mogą też sami przygotować rozcieńczenie nawozu.

### Inne wersje doświadczenia:

- ✦ Jeśli masz trudności ze zdobyciem nawozów, możesz wykonać powyższe doświadczenie z solą: do jednej zlewki wlej wodę destylowaną (brak jakichkolwiek składników mineralnych), do drugiej wodę kranową (zawiera naturalnie występujące składniki mineralne), a do trzeciej sól (nadmiar soli mineralnych).
- ✦ Możecie spróbować użyć wielu różnych rozcieńczeń nawozu (np. 0,5×, 1×, 1,5×, 2×, 5×) i sprawdzić, w których wariantach następuje poprawa przeżywalności rośliny, a kiedy jego nadmiarowe stężenie zaczyna szkodzić.
- ✦ Każda grupa może pracować na roślinach z inną liczbą liści (ale jednakową we wszystkich wariantach eksperymentu). Dzięki temu będziecie mogli porównać eksperyment między grupami i sprawdzić, jak efektywnie zachodzi transpiracja w zależności od liczby liści. Pozwoli to zrozumieć, dlaczego roślinom zamierają gałęzie lub wcześniej zrzucają liście, kiedy jest sucho).

5  
MIN

### Rozpoczęcie zajęć

Podziel uczniów i uczennice na grupy 4–5-osobowe. Następnie przedstaw temat (uczniowie i uczennice będą sprawdzać, w jaki sposób ilość nawozów wpływa na stan roślin). Możesz skorzystać ze slajdu pierwszej prezentacji.

5  
MIN

### Krok 1 – Przedstawienie eksperymentu

Wspólnie omówcie, na czym będzie polegał eksperyment, korzystając z pierwszej strony kart pracy i schematu na drugim slajdzie prezentacji.

**W wersji rozszerzonej** (dla starszych lub bardziej zaawansowanych klas) poproś uczniów i uczennice, by sami przeanalizowali schemat doświadczenia i odpowiedź na pojawiające się pytania.

10  
MIN

## **Krok 2 – Sprawdź, czy rozumiesz**

Poproś uczniów i uczennice, by w grupach odpowiedzieli na pytania na drugiej stronie kart pracy. Dzięki temu sprawdzisz, czy rozumieją na czym polega doświadczenie, a następnie omówicie pojawiające się wątpliwości.

### **WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI**

- ❖ **Oznaczenie początkowego poziomu wody** – podczas eksperymentu rośliny pobierają wodę – zaznaczenie początkowego poziomu wody markerem umożliwia obserwację, ile jej ubyło.
- ❖ **Zastosowanie warstwy oleju** na powierzchni wody zapobiega jej parowaniu, dzięki czemu możemy mieć pewność, że ubytek wody wynika wyłącznie z procesu transpiracji.
- ❖ **Podobna wielkość i liczba liści** zapewnia, że tempo transpiracji w badanych roślinach jest zbliżone, co pozwala uznać różnice w poziomie wody za wynik efektywności jej pobierania, a nie za różnice w szybkości transpiracji.
- ❖ **Wielokrotne powtórzenie doświadczenia** zwiększa wiarygodność wyników, zmniejszając ryzyko, że są one dziełem przypadku lub błędu proceduralnego – tym samym uzyskane rezultaty można uznać za wiarygodne.

00

25  
MIN

## **Krok 3 – Wykonanie eksperymentu**

Rozdaj uczniom i uczennicom przygotowane wcześniej zestawy eksperymentalne. Niech każda grupa wykona swoje działania korzystając z instrukcji w załączniku. W przypadku, gdy macie jeden olej czy nawóz powiedz uczniom i uczennicom, że ty będziesz go aplikować.

Po zakończeniu eksperymentu połóżcie wszystkie powstałe warianty doświadczalne (podpisane!) w jednym miejscu. Pamiętaj, by zostawić zestawy w podobnych warunkach nasłonecznienia i temperatury, gdyż mogą one wpływać na poziom transpiracji u roślin.

Na koniec przypomnij uczniom i uczennicom, co sprawdzacie w waszym eksperymencie.

### **NA NASTĘPNEJ LEKCJI:**

5-15  
MIN

## **Krok 1 – Omówienie eksperymentu**

W zależności od czasu, jakim dysponujecie, możecie jedynie obejrzeć Wasze eksperymenty i omówić wnioski lub korzystając z kart pracy spisać obserwacje i wynikające z nich wnioski. Ważne jest, by uczniowie i uczennice zrozumieli, że pochłanianie wody przez rośliny dzieje się na zasadzie osmozy i wysokie stężenie nawozów lub soli uniemożliwia pobieranie jej. Do omówienia procesu osmozy możesz użyć trzeciego slajdu z prezentacji.

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – Co spodziewamy się zaobserwować?

- ❖ Rośliny, do których dodaliśmy za dużo nawozów, o wiele szybciej uschną – nawozy zmieniają równowagę osmotyczną, powodując że woda zamiast być „zaciągana” do rośliny, wypływa na zewnątrz, a roślina, nie mogąc pobrać wody, usycha.
- ❖ Poziom wody obniży się w warunkach kontrolnych i w zlewce z odpowiednią ilością nawozu, gdyż dojdzie do jej transpiracji przez liście. Dlatego ważne jest, by rośliny miały taką samą liczbę liści – ponieważ więcej liści oznacza większe parowanie. W próbce z za dużą ilością nawozu poziom wody obniży się dużo mniej lub w ogóle, gdyż roślina nie będzie w stanie jej pobierać.
- ❖ W wersji rozszerzonej: roślina stojąca w wodzie destylowanej również będzie dużo w gorszej kondycji niż próbka kontrolna, ze względu na brak niezbędnych składników mineralnych.



### Krok 2 – Skutki przeżyźnienia – podsumowanie

Omów z uczniami i uczennicami, jakie mogą być konsekwencje przeżyźnienia gleby. Możesz skorzystać ze slajdów nr 4-6. Znajdziesz w nich informacje o podstawowych skutkach przenawożenia dla przyrody oraz o globalnej skali problemu. Nie musisz wchodzić w szczegóły – ważne by młodzież zrozumiała skalę problemu

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – Inne źródła azotu i skala problemu:

Głównymi źródłami biogenów (przede wszystkim fosforu i azotu), które powodują eutrofizację, jest intensywne rolnictwo – zarówno stosowanie nawozów, jak i odchody zwierzęce – odpowiadające za ponad 50% ładunku tych substancji. Do innych istotnych źródeł należą ścieki komunalne i przemysłowe oraz emisje z transportu i przemysłu, wytwarzające tlenki azotu, które osadzają się na powierzchni zbiorników wodnych.

Problem ten nie dotyczy wyłącznie Polski, lecz występuje na całym świecie. Jest on na tyle poważny i powszechny, że nadmierna emisja fosforu i azotu została uwzględniona w koncepcji **granic planetarnych**. Zakłada ona, że istnieją określone granice obciążenia środowiska, których przekroczenie może prowadzić do jego destabilizacji i utraty zdolności do prawidłowego funkcjonowania ekosystemów.

Przenawożenie było jedną z pierwszych przekroczonych granic planetarnych. W efekcie na całym świecie obserwuje się zjawiska podobne do tych występujących w Polsce – masowe i częste zakwity wód, śnięcia ryb oraz zanikanie ubogich, różnorodnych siedlisk na rzecz kilku gatunków przystosowanych do środowisk silnie wzbogaconych w biogeny.



### Krok 2 – Skutki przeżyźnienia – podsumowanie

**Porusz wątki innych problemów środowiskowych** – owojsza lekcja jest wspianiatym wprowadzeniem do innych tematów środowiskowych – eutrofizacji wód, wpływu zmian klimatu na przyspieszenie eutrofizacji (szybsze parowanie przyczynia się do wysychania zbiorników

i wyższego stężenia nawozów, a wyższa temperatura dodatkowo sprzyja zakwitom glonów) czy idei granic planetarnych. Eutrofizacja wód jest również świetnym tematem do przeprowadzania dalszych doświadczeń.

**Porusz wątki innych problemów środowiskowych** – powyższa lekcja jest wspaniałym wprowadzeniem do innych tematów środowiskowych – eutrofizacji wód, wpływu zmian klimatu na przyspieszenie eutrofizacji (szybsze parowanie przyczynia się do wysychania zbiorników i wyższego stężenia nawozów, a wyższa temperatura dodatkowo sprzyja zakwitom glonów) czy idei granic planetarnych. Eutrofizacja wód jest również świetnym tematem do przeprowadzania dalszych doświadczeń.

**Pytania do refleksji** – w ramach podsumowania możecie odpowiedzieć na jedno z wybranych pytań:

- ✦ Kiedy warto nawozić rośliny?
- ✦ Jakie są główne konsekwencje przenawożenia?
- ✦ Dlaczego sól sypana na drogi jest szkodliwa dla roślin?
- ✦ Czy należy nawozić pola uprawne?

**Obserwacje w terenie** – na kolejnej lekcji lub podczas wycieczki szkolnej warto wybrać się na spacer, by zaobserwować skutki eutrofizacji środowiska, które w dużej mierze wynikają z przenawożenia. Mogą to być m.in. dominacja pokrzyw czy malin na otwartych przestrzeniach w lesie (utrata bioróżnorodności), zakwity glonów na jeziorach i rzekach, mała przejrzystość wody i niska różnorodność roślin w wodzie i wokół jeziora (np. dominacja trzciny czy pałki wodnej). Nie trzeba iść nigdzie daleko – przykłady można znaleźć w Waszym bliskim otoczeniu. Na koniec spaceru spróbujcie zrobić burzę mózgów i zapiszcie działania, które mogłyby ograniczać zaobserwowane zmiany, na przykład:

Na poziomie szkolnym/indywidualnym: kampania informacyjna, rozmowa z bliskimi o problemie, rozmowy z lokalnymi rolnikami (lekcje dla nich), tworzenie ekologicznych szkolnych nawozów, zakładanie kompostowników.

Na poziomie regionalnym/państwowym: wprowadzenie limitów stosowania nawozów, dofinansowywanie zadrzewień śródpolnych i wokół pól oraz projektów tworzenia zadrzewień i roślinności wzdłuż rzek (wyłapywanie nadmiaru spływających nawozów), odtwarzanie naturalnych meandrów rzek (wody wolniej płyną, dzięki czemu roślinność i zwierzęta mają czas oczyścić ją z nadmiaru nawozów), ochrona terenów przyrodniczych (szczególnie rzek i mokradeł).

**Poznaj sytuację w regionie** – w ramach pracy domowej/ projektu zaproś uczniów i uczennice, by poszukali przykładów wyzwań związanych z przenawożeniem w ich regionie. Jaki teren na tym cierpi? Co jest główną tego przyczyną? Jak można temu przeciwdziałać? Możecie zrobić sesję plakatową lub prezentację przedstawiającą przykłady różnych takich miejsc.

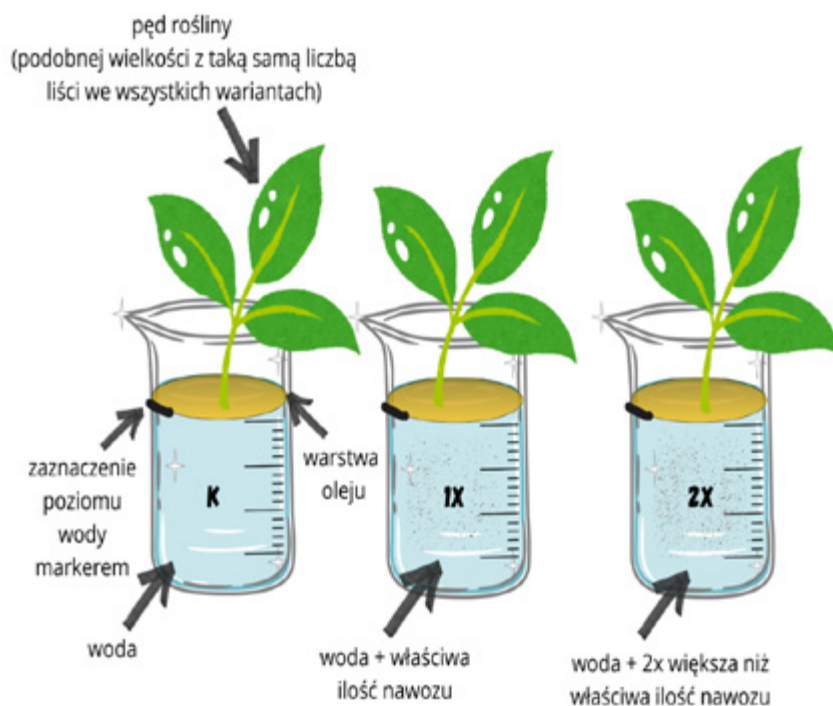
## Załącznik nr 1 – Karta pracy: Odpowiednio, dużo, za dużo – ile nawozić, by nie zaszkodzić? – wersja podstawowa

### Doświadczenie

Co jest potrzebne:

- ♦ trzy zlewki lub stoiki,
- ♦ trzy pędy rośliny podobnej wielkości i o takiej samej liczbie liści,
- ♦ woda,
- ♦ nawóz dla roślin doniczkowych lub mineralny stosowany na polach uprawnych,
- ♦ olej,
- ♦ marker.

### Schemat doświadczenia



Instrukcja:

- ♦ Podpiszcie zlewki 1x, 2x oraz K (kontrola).
- ♦ Do pierwszej zlewki wlejcie 200 ml wody z odpowiednią ilością nawozu, do drugiej 200 ml wody z 2x wyższą ilością nawozu, a do trzeciej 200 ml wody z kranu.
- ♦ Zaznaczcie poziom wody markerem.
- ♦ Wlejcie ciekłą warstwę oleju na powierzchnię wody.
- ♦ Włóżcie po jednej roślinie do każdej zlewki.
- ♦ Gotowe! Podpiszcie swoje zlewki nazwą grupy i obserwujcie efekty po jednym i po kilku dniach.



### Sprawdź, czy rozumiesz:

1. Wasze hipotezy badawcze, czyli co spodziewacie się zaobserwować (Co się zmieni w zlewkach w zależności od ilości dodanego nawozu? Który pęd przetrwa najdłużej? Czy poziom wody będzie zmieniał się tak samo we wszystkich zlewkach?).

---

---

---

---

---

2. Po co oznaczmy poziom wody markerem?

---

---

---

---

---

3. Po co mamy dodać olej?

---

---

---

---

---

4. Dlaczego ważne jest, by wszystkie pędy miały podobną wielkość i tyle samo liści?

---

---

---

---

---

5. Dlaczego wszystkie grupy wykonują ten sam eksperyment?

---

---

---

---

---



## Na następnej lekcji:

### Wasze obserwacje:

1. Co się stało z roślinami? Która najbardziej zwiędła, a która najlepiej się trzyma?

---

---

2. Czy poziom wody we wszystkich zlewkach jest taki sam? Dlaczego?

---

---

3. Czy we wszystkich grupach efekt był taki sam? Jeśli nie, to co mogło być tego przyczyną?

---

---

4. Inne obserwacje:

---

---

---

### Wasze wnioski:

1. Czy każda ilość nawozu pozytywnie wpływa na żywotność roślin? Dlaczego?

---

---

---

2. Co by się stało, gdybyśmy zamiast nawozu dodali sól?

---

---

---

3. Inne wnioski:

---

---

---



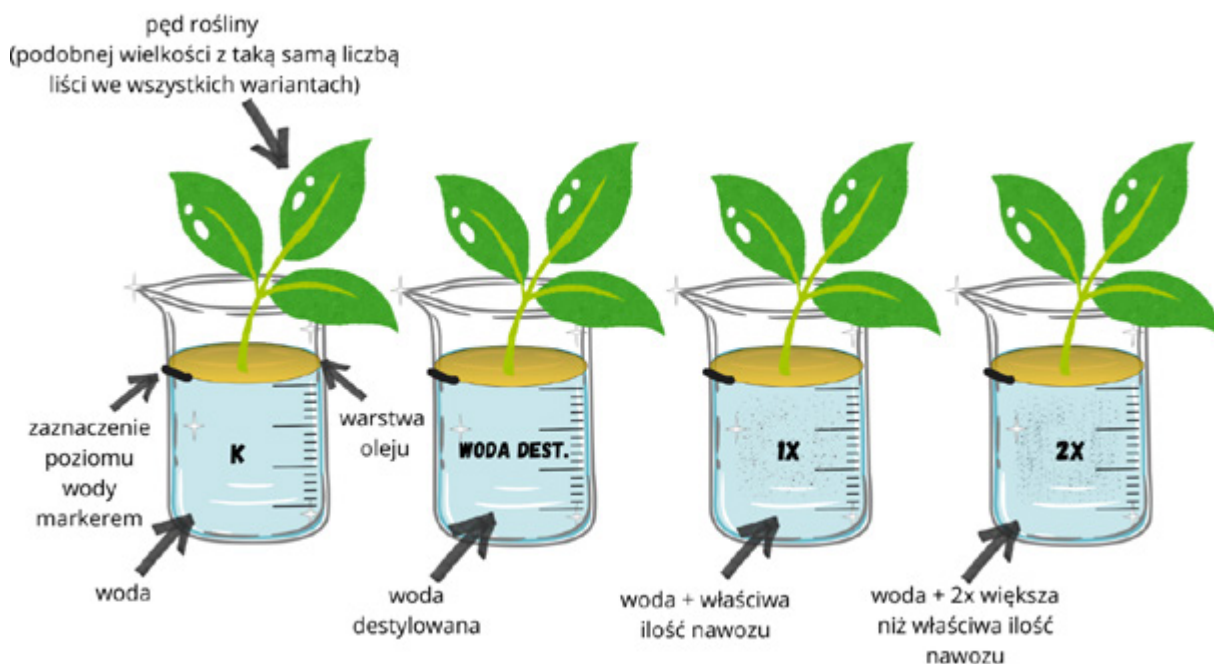
## Załącznik nr 2 – Karta pracy: Odpowiednio, dużo, za dużo – ile nawozić, by nie zaszkodzić? – wersja podstawowa

### Doświadczenie

Co jest potrzebne:

- ❖ cztery zlewki lub słoiki,
- ❖ cztery pędy rośliny podobnej wielkości i takiej samej liczbie liści,
- ❖ nawóz do roślin doniczkowych lub mineralny stosowany na polach uprawnych,
- ❖ woda z kranu,
- ❖ 200 ml wody destylowanej,
- ❖ olej,
- ❖ marker.

### Schemat doświadczenia:



Instrukcja:

- ❖ Przygotujcie rozcieńczenia nawozu, tak by w jednej butelce znajdowało się stężenie odpowiadające temu z instrukcji dla jednorazowej dawki, podczas gdy w drugiej dwukrotnie wyższe.
- ❖ Podpiszcie zlewki 1x, 2x, woda destylowana oraz K (kontrola).
- ❖ Do pierwszej zlewki (1x) wlejcie 200 ml pierwszego rozcieńczenia, do drugiej (2x) 200 ml drugiego rozcieńczenia, do trzeciej (woda destylowana) 200 ml wody destylowanej, a do czwartej (K) 200 ml wody z kranu.
- ❖ Na każdej zlewce zaznaczcie markerem poziom wody.
- ❖ Wlejcie ciekłą warstwę oleju na powierzchnię wody.
- ❖ Włóżcie po jednej roślinie do każdej zlewki.
- ❖ Gotowe! Podpiszcie swoje zlewki nazwą grupy i obserwujcie efekty po jednym i po kilku dniach.



### Sprawdź, czy rozumiesz:

1. Wasze hipotezy badawcze, czyli co spodziewacie się zaobserwować.

---

---

---

---

2. Po co oznaczmy poziom wody markerem?

---

---

---

---

3. Po co mamy dodać olej?

---

---

---

---

4. Dlaczego jedna probówka zawiera wodę z kranu a druga destylowaną?

---

---

---

---

5. Dlaczego ważne jest by wszystkie pędy miały podobną wielkość i tyle samo liści?

---

---

---

---

6. Dlaczego wszystkie grupy wykonują ten sam eksperyment?

---

---

---



## Na następnej lekcji:

### **Wasze obserwacje**

(zwróćcie szczególnie uwagę na poziom wody, stan rośliny i czy we wszystkich grupach wyszło tak samo):

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Wasze wnioski i wytłumaczenie zaobserwowanych zjawisk:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Pytania do refleksji po zajęciach:**

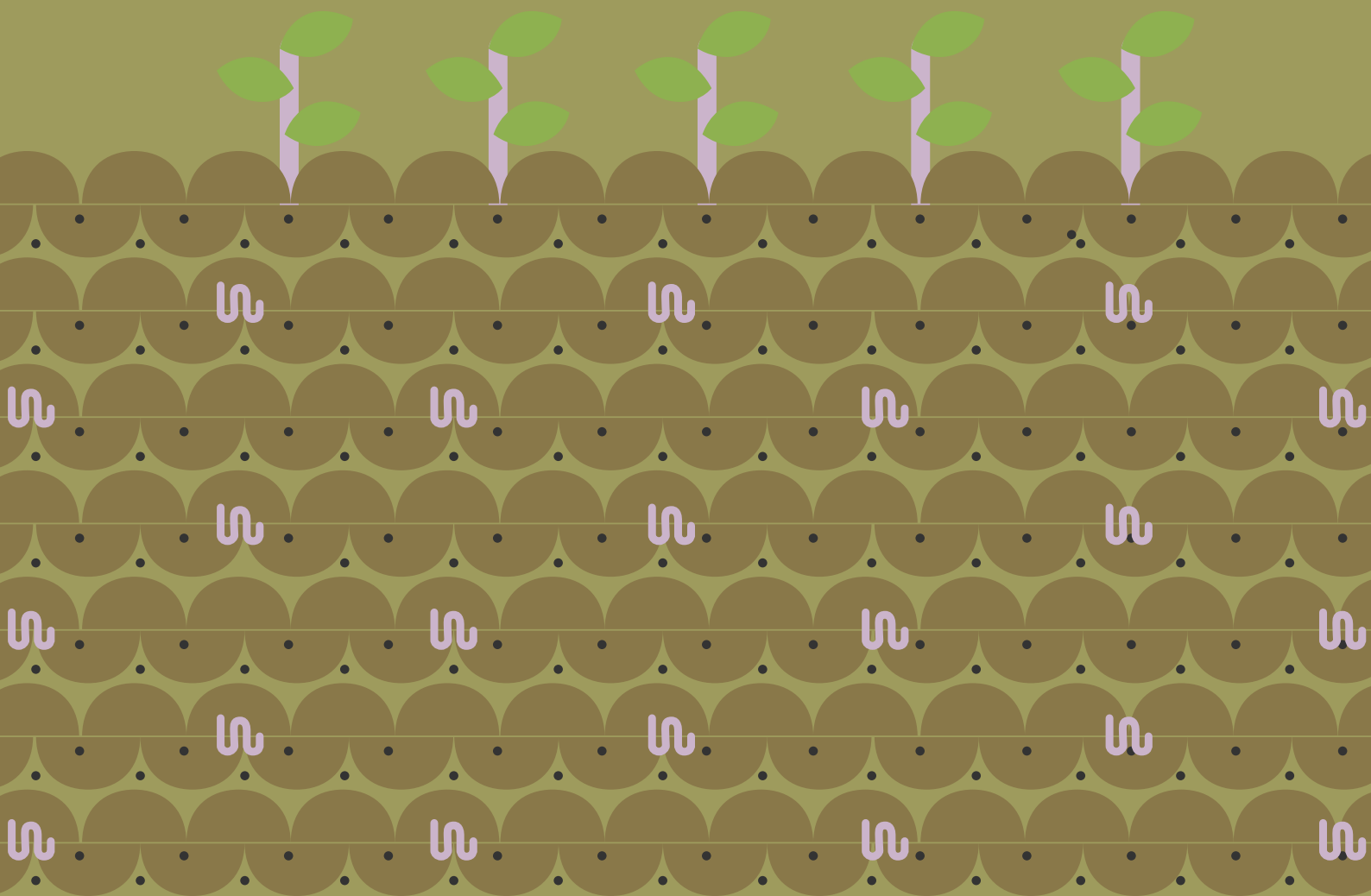
Jakie są konsekwencje przenawożenia dla roślin i całego środowiska? Czy dotyczą one jedynie pól uprawnych?

Jakie są inne, niezwiązane z nawozami antropogenicznymi, źródła azotu i fosforu?

Zaobserwowany wynik wynika z przenikania wody do korzeni na zasadzie osmozy. Bardzo wysokie stężenie soli mineralnych na zewnątrz rośliny powoduje że woda dąży na zewnątrz i nie jest pobierana przez rośliny. W takim wypadku, w jaki sposób sól działa na rośliny?



# Tajemnice gleby



# Tajemnice gleby

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Jak tworzy się gleba? Co w niej żyje? Czy w zależności od cech środowiska będzie miała ona różne właściwości? Czy pozostawienie ściółki na zimę wpływa na kondycję gleby? Na te i inne pytania uczniowie i uczennice będą mieli okazję odpowiedzieć na tej lekcji. Dowiedzą się również, dlaczego współcześnie gleby tak szybko degradują i co można zrobić, by tym procesom przeciwdziałać.

## TEMAT:

gleba

## OPRACOWANIE:

Katarzyna Stojek

## CZAS TRWANIA:

60 min

## CELE:

- ✦ Uczniowie i uczennice przeprowadzają obserwacje struktury i różnorodności gleby.
- ✦ Uczniowie i uczennice analizują czynniki wpływające na strukturę, wilgotność i różnorodność gleby.
- ✦ Uczniowie i uczennice wyjaśniają proces degradacji gleby i wpływ działań człowieka na ten proces.
- ✦ Uczniowie i uczennice wymieniają działania ochronne, jakie należy podejmować wobec gleby na poziomie indywidualnym, lokalnym i systemowym.

## KRYTERIA SUKCESU:

- ✦ Uczeń lub uczennica wyjaśnia, jak nasłonecznienie, obecność roślin i ukształtowanie terenu wpływa na wilgotność i różnorodność gleby.
- ✦ Uczeń lub uczennica wyjaśnia, dlaczego gleba ulega degradacji i jakie działania człowieka powodują ten proces.
- ✦ Uczeń lub uczennica wymienia działania, jakie należy podejmować w celu ochrony gleb.

## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ✦ Szkoła podstawowa (klasy IV-VIII): Biologia: II.3.1), II.4.4) B, II.5.5), VII.1, VII.7-9, VIII.2-3.
- ✦ Szkoła ponadpodstawowa: Biologia: XI.2-4, XI.9 / Rozszerzenie: VII.6, XVIII.4, XVIII.9

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ✦ Właściwości gleby.
- ✦ Różnorodność organizmów w glebie.
- ✦ Degradacja gleb.

## METODY PRACY:

- ✦ Pogadanka.
- ✦ Prowadzenie obserwacji.
- ✦ Pokaz doświadczenia.

## FORMY PRACY:



- ✦ Praca w grupach.
- ✦ Praca zbiorowa.

## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ✦ Trzy pudełka.
- ✦ Ziemia ogrodnicza.
- ✦ Ściółka.
- ✦ Ukorzenione rośliny.
- ✦ Woda.

Na każdą grupę (3–4-osobową):

- ✦ Przezroczyste pudełko o wymiarach min. 15 cm × 15 cm.
- ✦ Lupa.
- ✦ Szpadel lub łopatkę ogrodniczą.
- ✦ Karty pracy i podkładki do pracy w terenie.
- ✦ Długopis.



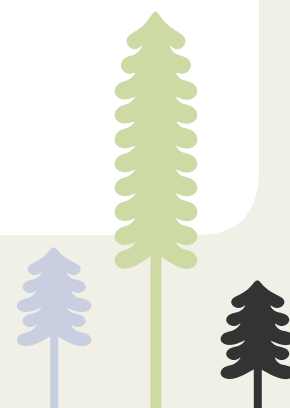
## ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:

- ✦ Załącznik nr 1 – Karta pracy: *Obserwacja gleby*.
- ✦ Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: *Karty do losowania stanowisk pracy*.
- ✦ Załącznik nr 3 – Karta pracy: *Podsumowanie obserwacji*.

➤ Załącznik nr 1

➤ Załącznik nr 2

➤ Załącznik nr 3



# PRZEBIEG ZAJĘĆ

Przed zajęciami:

Przed zajęciami przygotuj dla każdej grupy uczniów i uczennic (3–5-osobowej) zestawy doświadczalne:

- ✦ przezroczyste pudełko o wymiarach min. 15cm x 15cm,
- ✦ lupę,
- ✦ szpadel lub łopatkę ogrodniczą,
- ✦ karty pracy i podkładki do pracy w terenie oraz długopis,
- ✦ arkusz podsumowujący (załącznik nr 3) – najlepiej wydrukowany na A3.

**Dodatkowo przygotuj materiały niezbędne do pokazu eksperymentu:**

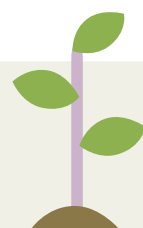
- ✦ Trzy pudełka o tej samej wielkości i kształcie – mogą być to zwykłe plastikowe pudełka (np. po lodach) albo tace do sadzonek z otworami odpływowymi. Jeśli chcesz uzyskać lepszy efekt, możesz na jednym boku pudełka zrobić dziurki, przez które woda będzie łatwiej wypływać.
- ✦ Ziemię ogrodniczą w ilości, która umożliwi wypełnienie trzech pudełek (może być to dowolny typ ziemi, pamiętaj jednak, że musi być taki sam we wszystkich pudełkach).
- ✦ Minimum 1,5 l wody z możliwością odmierzenia takiej samej ilości dla każdego pudełka. Proponujemy 0,5 l na pudełko, jeśli jednak tace są bardzo duże, można użyć większej ilości wody).
- ✦ Ściółka – może być pobierana spod pobliskich drzew – w ilości, która umożliwi pokrycie całej powierzchni jednego pudełka.
- ✦ Rośliny z korzeniami – może być to trawa, kwiaty doniczkowe lub jakiegokolwiek inne rośliny, które będzie można włożyć do pudełka wraz z systemem korzeniowym.

5  
MIN

## Rozpoczęcie zajęć

Wydźcie na dwór – może być to las, łąka, park lub boisko szkolne – dowolny niezabetonowany teren, na którym będziecie mogli prowadzić obserwacje gleby. Powiedz uczniom i uczennicom, że na dzisiejszych zajęciach będą poznawać glebę oraz to, co się z nią dzieje pod wpływem działalności człowieka. Podziel uczniów i uczennice na grupy 3–4-osobowe i rozdaj karty pracy (załącznik nr 1) oraz zestawy doświadczalne. Wylosujcie, która grupa ma zbadać jakie miejsce (nasłonecznione, zacienione; na górze, w zagłębieniu, z roślinnością, bez roślinności) (załącznik nr 2). Jeśli wiesz, że w danym obszarze nie znajdziecie danego typu terenu, to usuń go z losowania. Możesz również wpisać własne pomysły na miejsca, które moglibyście zbadać, a które są dostosowane do waszych lokalnych potrzeb

*Jeśli macie więcej grup niż miejsc do zbadania, znajdźcie po dwie lokalizacje pasujące do opisu – wtedy będziecie mogli porównać obserwacje z różnych miejsc o tych samych cechach.*



## Krok 1 – Poznaj samodzielnie glebę

Poproś uczniów i uczennice, by wykonali następujące czynności:

- ✦ Znaleźli na wyznaczonym obszarze (np. w zasięgu głosu lub wzroku) teren, który będą badać, a który jest zgodny z opisem na ich karteczce.
- ✦ Wykopali blok ziemi (najlepiej o wymiarach min. 10 cm × 10 cm × 10 cm) za pomocą szpadla (jeśli taki posiadacie) lub łopatek ogrodniczych i włożyli do posiadanego pudełka.
- ✦ Zbadali go i uzupełnili karty pracy.
- ✦ Wrócili i uzupełnili informacje uzyskane o danej glebie na waszym arkuszu podsumowującym. Ważne jest, by uczniowie i uczennice wrócili od razu po zakończeniu eksperymentu, by nie tworzyła się kolejka do wpisywania informacji do arkusza.

### WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – dodatkowe materiały

Jeśli macie więcej czasu, możecie dokładniej poznać glebę korzystając z **materiałów Ośrodka Działań Ekologicznych „Źródła”** (<https://www.ekokalendarz.pl/swiatowy-dzien-gleb-pakiet-edukacyjny>). Znajdziecie tam zadania dotyczące struktury gleby czy organizmów glebowych, a także wiele dodatkowych informacji i ciekawostek.

## Krok 2 – Przygotuj pokaz doświadczenia

W czasie, gdy uczniowie i uczennice pracują, ty **przygotuj pokaz doświadczenia** ilustrujący problem erozji gleby.

Do trzech pudełek o tej samej wielkości i kształcie nałóż ziemię – pierwsze pudełko wypełnij do samej krawędzi, w drugim zostaw 1 cm wolnej przestrzeni od góry, a do trzeciego nasyp ziemię do ok. 2/3 wysokości pudełka (ilość ziemi dostosuj do systemu korzeniowego roślin, które tam umieścisz). W pierwszym pudełku nie umieszczaj nic więcej, w drugim na powierzchni rozłóż ściółkę (opadłe liście, gałązki itp.), a w trzecim posadź wybrane rośliny z korzeniami – mogą to być trawy, rośliny doniczkowe lub inne, które zakryją większą część gleby.

Ustaw pudełka pod kątem (tak, aby jeden bok był wyżej niż drugi), żeby po dodaniu wody mogła ona swobodnie spływać – w tym celu możesz ustawić je np. na krawężniku, podeście lub schodku. Pod każde pudełko podstaw tackę lub inne naczynie, w którym będzie się zbierać nadmiar wody.

Przygotuj wcześniej odmierzone ilości wody (np. w butelkach czy konewce) dla każdego wariantu eksperymentu (np. 0,5 l). Doświadczenie przeprowadźcie po omówieniu pierwszego zadania.

### Krok 3 – Omówcie wnioski

Gdy kolejne grupy będą wracać z terenu, poproś je, by wpisywały swoje spostrzeżenia na wspólny arkusz podsumowujący. Gdy zbiorą się wszyscy uczniowie i uczennice, omówcie zadanie, porównując opisy na tablicy z różnych miejsc. Możecie odpowiedzieć na poniższe pytania:

- ✦ **Struktura gleby:** Czy we wszystkich miejscach, gdzie uczniowie i uczennice zbierali glebę, ziemia wyglądała tak samo? Jaki ma kolor? Czy była lepka? Czy dało się ulepić z niej kulkę? Czy cały wykopany kawałek wygląda tak samo?

**PRZYKŁADOWE WNIOSKI:** Na całym terenie gleba ma podobną strukturę, ponieważ ma podobną przeszłość geologiczną. Różne procesy zachodzące w terenie (np. spływ wody, działanie wiatru) różnicowały strukturę gleby w poszczególnych miejscach.

- ✦ **Wilgotność gleby:** Czy gleba była tak samo wilgotna we wszystkich badanych miejscach? W których z badanych miejsc wilgotność była większa – na nasłonecznionym miejscu, czy w cieniu, w obniżeniu terenu czy na górze, w miejscu pokrytym roślinnością czy na terenie odkrytym?

**PRZYKŁADOWE WNIOSKI:** Na terenach nasłonecznionych temperatura jest wyższa, co sprawia, że woda szybciej odparowuje. Dodatkowo ze wzniesień woda spływa do niżej położonych terenów, przez co wilgotność w tych miejscach jest niższa. Roślinność, choć sama potrzebuje wody, ogranicza jej parowanie z gleby. Ponadto zatrzymuje wodę w przestrzeniach między korzeniami, dzięki czemu gleba w tych rejonach może pozostawać znacznie bardziej wilgotna.

- ✦ **Rośliny i grzyby:** W których miejscach było najwięcej roślinności? Jak myślicie, dlaczego akurat tam? Czy korzenie wyglądały we wszystkich miejscach tak samo? Ile ich było – czy były raczej pojedyncze czy przenikały wszystkie przestrzenie? Czy widzieliście grzyby? Mykoryza często przybiera postać drobnej białej pajęczynki wokół korzeni, zgrubień na ich końcach czy nawet grubych ciemnych sznurów (ryzomorf). Mogliście też zobaczyć pleśnie czy strzępki innych grzybów. W których miejscach było ich najwięcej? Jakie konsekwencje dla ekosystemu ma obecność tych organizmów?

**PRZYKŁADOWE WNIOSKI:** Najbujniejsza roślinność występuje w wilgotnej glebie. W zależności od gatunku roślin będą miały one różny system korzeniowy, przy korzeniach czasem widać małe wypustki czy niteczki, które stanowią współpracującą z nią grzybnie.

- ✦ **Zwierzęta:** Czy widzieliście jakieś zwierzęta w glebie? Jakiego? Czy było ich dużo? W których miejscach było ich najwięcej?

**PRZYKŁADOWE WNIOSKI:** Na terenach o większej wilgotności pojawia się więcej organizmów, podobnie jak na terenach przykrytych ściółką, czy z bujniejszą roślinnością.

- ✦ **Inne spostrzeżenia:** Co Was najbardziej zaniepokoiło?



## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – kilka ciekawostek o glebie:

- ❖ Jak się tworzy gleba? Skąły rozpadają się pod wpływem temperatury, wody i czynników chemicznych, a w jej nierównościach zaczynają pojawiać się organizmy – bakterie, glony, porosty, a następnie mchy i wreszcie rośliny naczyniowe. Kolejne organizmy obumierają i są rozkładane przez bakterie i grzyby, w efekcie czego tworzy się żyzna materia organiczna – tzw. próchnica. Z czasem składniki odżywcze przemieszczają się w głąb ziemi wraz z wodą, co prowadzi do tworzenia się warstw gleby.
- ❖ By stworzyć 1 cm gleby potrzeba 200–500, a w niektórych warunkach nawet 1000 lat!
- ❖ Ponad 50% organizmów na świecie jest związanych z glebą.
- ❖ W jednej łyżeczce gleby znajdziecie więcej organizmów, niż jest ludzi na Ziemi – w tym ponad 75 000 gatunków bakterii, 25 000 gatunków grzybów, 1000 gatunków pierwotniaków i 100 gatunków nicieni<sup>4</sup>.
- ❖ W jednym kubku ziemi znajduje się ok. 1 km strzępek grzybni.
- ❖ Gleba tworzy środowisko życia, zapewnia obieg materii w przyrodzie, filtrację i pochłanianie wody, umożliwia wzrost roślin, a także pochłania i magazynuje CO<sup>2</sup>. Organizmy glebowe umożliwiają rozkład materii organicznej, zapewniają transport wody i składników odżywczych, chronią przed patogenami, a szczególnie przed wielkoskalowymi inwazjami. Rozkładają toksyczne substancje oraz poprawiają strukturę gleby, napowietrzając ją i wydzielając białka, które tworzą hydrofilowe zlepki pochłaniające wodę, dzięki czemu gleba lepiej ją magazynuje. Bez dobrej jakości gleby, nie byłoby możliwe utrzymanie współczesnych ekosystemów lądowych, produkcja żywności oraz magazynowanie i filtracja wody.

15  
MIN

### Krok 4 – Zróbcie doświadczenie

Skoro Twoja grupa poznała już glebę w Waszym otoczeniu i wie, jak zmieniają się jej właściwości w zależności od parametrów środowiska, warto przyjrzeć się także temu, co współcześnie jej zagraża. W tym celu zaprosz młodzież do przeprowadzenia doświadczenia dotyczącego erozji gleby.

Na każdą przechyloną tacę wlejcie powoli 0,5 l wody (możesz użyć więcej, jeśli masz duże pudełko (>1.5 l)). Poczekajcie kilka minut, aż woda spłynie za krawędź pudełka. Zlejcie wodę z tac do słoików i poczekajcie, aż ziemia opadnie. W międzyczasie opowiedz uczniom i uczennicom o problemie degradacji gleb.

Gdy ziemia opadnie, porównajcie, gdzie spłynęło jej najwięcej. Powinniście zaobserwować, że najwięcej ziemi jest w słoiku pochodzącym z wariantu z gołą glebą. Goła ziemia jest najbardziej podatna na erozję – woda wypłukuje związki organiczne i składniki mineralne, powodując pogarszanie jej jakości. Roślinność i ściółka ograniczają zarówno wymywanie substancji organicznych i składników mineralnych, jak i parowanie wody, dzięki czemu ziemia pozostaje w dobrej kondycji.

*Jeśli pudełka nie mają dziurek, lepiej wlać wodę dość szybkim ruchem, by większa jej część spłynęła po powierzchni i za krawędź pudełka.*

Jeśli macie czas i dodatkowe pudełka, możecie przeprowadzić także inne warianty eksperymentu:

- ❖ Dodajcie czwarte pudełko, w którym znajdzie się wyłącznie ziemia mocno spulchniona widelcami. Taka gleba spłynie w jeszcze większej ilości, co pokazuje, że silne naruszanie gleby – na przykład podczas orki pól lub w przypadku tworzenia hałd i kopalni odkrywkowych – znacznie przyspiesza jej erozję.
- ❖ Zwiększcie liczbę pudełek, aby każdy wariant doświadczenia został powtórzony kilkakrotnie. Ustawcie je pod różnymi kątami, wizualizując różne nachylenia stoków. Pudełka ustawione pod największym kątem będą najbardziej narażone na erozję – woda spływa tam najszybciej, zabierając ze sobą więcej gleby. Dlatego tak ważne jest szczególne chronienie lasów na terenach górskich: ściółka i roślinność znacząco ograniczają erozję, która w przeciwnym razie może być bardzo intensywna.
- ❖ Jeśli posiadana przez Was ziemia jest sucha, zamiast wlewać wodę, możecie użyć suszarki do włosów i zasymulować erozję wietrzną. Zauważycie, że najwięcej ziemi unosi się w przypadku nieosłoniętej gleby i dużej prędkości wiatru (czyli przy większej mocy suszarki). Dlatego tak istotne jest sadzenie roślinności między polami uprawnymi, aby ograniczyć siłę wiatru i zapobiegać zjawisku wywiewania gleby.

Kilka faktów, o których warto wspomnieć czekając na wyniki eksperymentu:

1. Degradacja gleby to proces pogarszania się jej jakości, prowadzący do utraty żyzności i urodzaju. Do najczęstszych procesów degradujących glebę należą: erozja wietrzna i wodna, zasolenie, zanieczyszczenia substancjami chemicznymi, obniżenie zawartości materii organicznej oraz zagęszczenie gleby.
2. Degradacja gleby może zachodzić naturalnie (np. erozja), jednak współcześnie najczęściej jest wynikiem działalności człowieka – intensywnego rolnictwa, nadmiernego wypasu, wylesiania, urbanizacji i industrializacji.
3. Szacuje się, że współcześnie ponad 1/3 gruntów jest zdegradowana (z czego ok. 40% w Afryce). Proces ten jednak szybko postępuje, do tego stopnia, że naukowcy spodziewają się, że w okolicach 2050 roku aż 90% gleb będzie zdegradowanych, co znacząco ograniczy produkcję rolną.
4. Zmiana klimatu pogłębia kryzys wywołany niewłaściwym użytkowaniem gleb. Mowa tu szczególnie o szybszym wysychaniu gleb i gwałtownych zjawiskach pogodowych, szczególnie silnych wiatrach, ulewnych deszczach i powodziach, które powodują erozję i zanieczyszczanie gleb.
5. Ograniczenie degradacji gleb zakłada podejmowanie działań takich jak<sup>5</sup>:
  - ❖ stosowanie prawidłowych technik rolniczych: utrzymywanie roślin pokrywających glebę przez cały rok, płodozmian (rośliny mają różne systemy korzeniowe, różne zapotrzebowanie na składniki mineralne i czas życia), międzyplony, ograniczenie orki i używania ciężkiego sprzętu, tworzenie miedź śródpolnych, agroleśnictwo;
  - ❖ ochrona gleb bogatych w węgiel organiczny – w lasach, na torfowiskach i pastwiskach;
  - ❖ ograniczenie stosowania pestycydów i nawozów, ze względu na ich negatywny wpływ na bioróżnorodność gleb;
  - ❖ dostosowanie użytkowania gleby do ilości dostępnej wody, stosowanie dobranych technik mikro-irygacji i okrywanie gleby przez cały rok w celu ograniczenia utraty wody.
6. Podczas podlewania do ziemi trafiają sole mineralne rozpuszczone w wodzie. Dlatego długotrwałe podlewanie pól uprawnych prowadzi do ich zasolenia i alkalizacji. Jeśli to możliwe, należy ograniczać podlewanie dużych terenów i dostosowywać uprawy do lokalnych warunków oraz stosować techniki ułatwiające zatrzymywanie wody w glebie.



## Podsumowanie

W ramach podsumowania podziel uczniów i uczennice na trzy grupy i poproś, by w każda z nich wygenerowała trzy pomysły na ochronę gleby. Pierwsza grupa niech zajmie się rozwiązaniami, które można wdrażać na poziomie indywidualnym, druga – na poziomie lokalnym (np. w ramach działania samorządu, urzędu miasta, władz wsi, ale również wspólnot mieszkaniowych), a trzecia – na poziomie systemowym, ogólnopolskim. Jeśli grupy są duże, warto podzielić uczniów i uczennice np. na sześć lub dziewięć grup, tak aby kilka grup zajmowało się każdym tematem.

**Przykładowe działania indywidualne:** pozostawienie liści na zimę, osłanianie gleby przez cały rok, (szczególnie w miejscach nasłonecznionych lub zimą) poprzez sadzenie roślin, czy stosowanie ściółki ze słomy, ograniczenie stosowania herbicydów, podsypywanie kompostem, wyrażanie poparcia dla rozwiązań systemowych wdrażających ochronę gleby oraz ograniczenie spożywania mięsa i nabiału, których produkcja wymaga dużych powierzchni upraw i pastwisk, co przyczynia się do degradacji gleb.

**Przykładowe działania lokalne:** edukacja i dofinansowanie rolników dbających o lokalne gleby (tworzenie zadrzewień na miedzach śródpolnych, utrzymywanie zakrytej gleby przez cały rok, dbanie o różnorodność upraw, orka tylko wtedy, gdy niezbędna), działania podobne do indywidualnych, ale na większą skalę, pozostawienie martwych pni w celu wzbogacania różnorodności gleb (np. w parkach).

**Przykładowe działania systemowe:** dofinansowanie rolników dbających o lokalne gleby (tworzenie zadrzewień na miedzach śródpolnych, utrzymywanie zakrytej gleby przez cały rok, dbanie o różnorodność upraw, orka tylko wtedy gdy niezbędna), wprowadzenie ograniczeń stosowania herbicydów i nawozów (stosujemy ich o wiele za dużo), maksymalne ograniczenie wielkopowierzchniowych wyrębów lasów, ochrona lasów, torfowisk i pastwisk (tworzenie parków narodowych, rezerwatów itp.).



## Zadanie dodatkowe

### 1. Zorganizujcie akcję edukacyjną w szkole

Przygotujcie krótką kampanię informacyjną dla społeczności szkolnej lub lokalnej. Może to być:

- ✦ mini-wystawa w korytarzu szkolnym o roli i funkcjach gleby,
- ✦ krótki film lub podcast o glebie w Waszej okolicy, który możecie udostępnić w mediach społecznościowych szkoły.

Zachęć uczniów i uczennice, by zastanowili się, jakie przekazy i formy komunikacji najlepiej trafią do ich rówieśników, mogą wykorzystać humor, komiksy, infografiki lub fotografie z eksperymentu.

### 2. Zmapujcie gleby w swojej okolicy

Wybierzcie fragment okolicy (np. park, nieużytek, pobocze drogi, teren przy szkole) i spróbujcie:

- ✦ zidentyfikować rodzaj gleby (piaskowa, gliniasta, próchniczna, torfowa itp.),
- ✦ ocenić jej kondycję – czy jest przykryta roślinnością, czy raczej odśnieżona, czy widoczne są ślady erozji, śmieci, ubicia, wyschnięcia, sfotografować i opisać miejsca wymagające ochrony lub poprawy.

Wyniki możecie nanieść na mapę (np. w Google Maps, Canva lub w formie papierowej mapy ściennej) i zaprezentować je innym klasom.

### Źródła:

John Innes Centre

✦ John Innes Centre. *Soil: the foundation of life on Earth*. Dostępne z: <https://www.jic.ac.uk>

Columbia Climate

✦ Columbia Climate School. *Why Soil Matters – State of the Planet*. Dostępne z: <https://news.climate.columbia.edu>

DOI

✦ Anthony, M.A., Bender, S.F., van der Heijden, M.G.A. (2023). *Enumerating soil biodiversity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(33), e2304663120. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2304663120>

Soil and Ecosystem

✦ Texas Master Naturalist. *Soil and Ecosystem Resources*. Dostępne z: <https://txmn.tamu.edu>

Voluntary...

✦ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management*. Rzym: FAO. Dostępne z: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9a5b9373-3558-43b3-b732-f69326a7314d/content>

Soil Atlas 2024

✦ Heinrich-Böll-Stiftung, IASS, EEB, Global Soil Partnership (FAO). (2024). „Soil Atlas 2024”. Dostępne z: <https://eu.boell.org/en/SoilAtlas-PDF>

Soil Organic...

✦ FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). „Soil Organic Carbon: The Hidden Potential”. Dostępne z: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b382a255-5bd5-4656-a8cd-e30fff1a8bfe/content>



## POLECANE MATERIAŁY:

### Polecane materiały:

Światowy Dzień..

✦ Monbiot, G. (2022). „Regenesis: Feeding the World Without Devouring the Planet”. Penguin Books.

Przeciwdziałania..

✦ Fundacja Źródła. (b.d.). „Światowy Dzień Gleby – pakiet edukacyjny”. Ekokalendarz.pl. Dostępne z: <https://www.ekokalendarz.pl/swiatowy-dzien-gleb-pakiet-edukacyjny/>

✦ Fundacja Źródła. (b.d.). „Dzień Przeciwdziałania Pustynnieniu i Suszy – pakiet edukacyjny”. Ekokalendarz.pl. Dostępne z: <https://www.ekokalendarz.pl/dzien-przeciwdzialania-pustynnieniu-i-suszy-pakiet-edukacyjny/>



## Załącznik nr 1 – Karta pracy: Obserwacja gleby

Znajdźcie miejsce zgodne z otrzymanym przez Was opisem. Wykopcie z niego kawałek ziemi (min. 15 cm × 15 cm × 10 cm), przełóżcie do pojemnika i przeprowadźcie obserwację.

Opis lokalizacji (nasłonecznienie, ukształtowanie terenu, roślinność):

.....

.....

### Struktura gleby:

Czy gleba jest lepka?  
Czy da się z niej ulepić kulkę?  
Jaki ma kolor?  
Czy cały kawałek wygląda tak samo?  
Czy zaobserwowaliście coś ciekawego w strukturze gleby?

### Wilgotność:

Czy gleba jest wilgotna? Może da się z niej wycisnąć wodę albo przeciwnie – jest tak sucha, że można górną warstwę „zdmuchnąć”? Czy w każdym miejscu jest tak samo? Czy są części bardziej i mniej wilgotne?

### Rośliny i grzyby

Co się znajduje na powierzchni?  
Czy gleba jest pokryta ściółką?  
Jakie rośliny widzicie?  
Czy ziemia mocno jest poprzerastana korzeniami?  
Czy dominują małe (nitki) czy duże korzenie (pow. 0,3 cm grubości)?

### Zwierzęta:

Czy widzicie jakieś zwierzęta?  
Do jakiej grupy mogą należeć?  
Spróbujcie je policzyć. Czy jest ich dużo (w waszym odczuciu)?

### Inne spostrzeżenia i uwagi:



## Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: Karty do losowania grup

Miejsce zacienione  
przez większą część dnia

Miejsce nasłonecznione  
przez dużą część dnia

Miejsce w obniżeniu terenu

Miejsce z bujną roślinnością

Miejsce na wzniesieniu

Miejsce bez roślinności

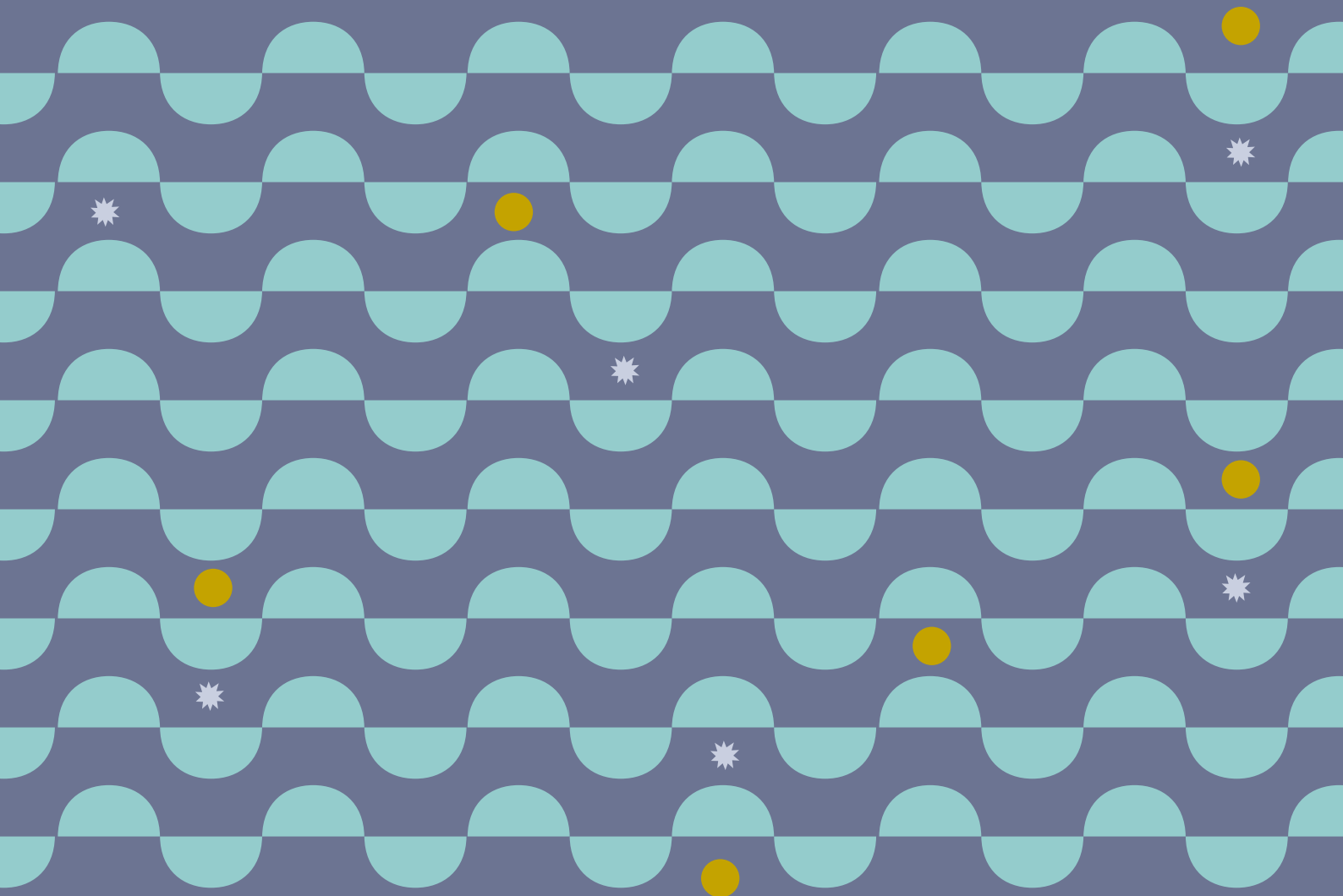


### Załącznik nr 3 – Karta pracy: Podsumowanie obserwacji

| Miejsce              | Struktura gleby | Wilgotność | Roślinność | Zwierzęta |
|----------------------|-----------------|------------|------------|-----------|
| Zacienione           |                 |            |            |           |
| Nasłonecznione       |                 |            |            |           |
| W obniżeniu terenu   |                 |            |            |           |
| Na wzniesieniu       |                 |            |            |           |
| Z bujną roślinnością |                 |            |            |           |
| Bez roślinności      |                 |            |            |           |



# **Powietrze – nasz niewidzialny skarb**



# Powietrze – nasz niewidzialny skarb

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Kwaśne deszcze to jedno z najważniejszych zjawisk środowiskowych wywołanych przez działalność człowieka, zwłaszcza emisje tlenków siarki podczas spalania paliw i odpadów. Powstające w atmosferze kwasy powodują zauważalne zmiany w pH opadów, prowadząc do degradacji ekosystemów roślinnych i osłabienia lokalnych gatunków. W wielu regionach efekty zanieczyszczeń powietrza ujawniają się w uszkodzeniach liści i zahamowaniu wzrostu roślin. Podczas tych zajęć uczniowie i uczennice przeprowadzą eksperyment ilustrujący wpływ kwaśnych opadów na rośliny, poznając jednocześnie źródła ich powstawania oraz sposoby ograniczania emisji tlenków siarki.

## TEMAT:

powietrze

## OPRACOWANIE:

Michał Szczepanik

## CZAS TRWANIA:

45 min

## CELE SZCZEGÓŁOWE:

- ✦ Uczniowie i uczennice wyjaśniają, czym są kwaśne deszcze oraz rozpoznają skutki ich wpływu na rośliny i środowisko.
- ✦ Uczniowie i uczennice identyfikują lokalne źródła emisji tlenków siarki i przeprowadzają proste obserwacje oraz analizują dane eksperymentalne.

## KRYTERIA SUKCESU:

- ✦ Uczeń lub Uczennica wyjaśnia, czym są kwaśne deszcze, jak powstają i jakie mają pH.
- ✦ Uczeń lub Uczennica rozpoznaje i opisuje skutki oddziaływania tlenków siarki na rośliny oraz środowisko, wskazując objawy uszkodzeń na liściach lokalnych gatunków.
- ✦ Uczeń lub Uczennica wskazuje lokalne źródła emisji tlenków siarki oraz proponuje sposoby ograniczania zanieczyszczeń powietrza.
- ✦ Uczeń lub Uczennica przeprowadza obserwacje, analizuje dane z eksperymentu i krytycznie ocenia wpływ tlenków siarki na ekosystem.

## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ✦ Szkoła podstawowa (klasy IV-VIII): Biologia: VII. 9. | Chemia: VI.8.
- ✦ Szkoła ponadpodstawowa: Biologia: X.4., XI.4. | Chemia: XXII.2.

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ✦ Mechanizmy powstawania kwaśnych deszczy i ich związek z emisjami tlenków siarki do atmosfery.
- ✦ Wpływ kwaśnych opadów na środowisko, szczególnie na roślinność.
- ✦ Identyfikacja źródeł emisji tlenków siarki w lokalnym i globalnym kontekście (np. spalanie paliw, działalność przemysłowa, domowe piece).
- ✦ Metody badania kwasowości opadów (np. pomiary pH) oraz obserwacje skutków oddziaływania kwaśnych deszczy na liście lokalnych roślin.
- ✦ Rola bioindykatorów i możliwości ograniczania emisji tlenków siarki w trosce o poprawę jakości powietrza i ochronę ekosystemów.

## METODY PRACY:

- ✦ Dyskusja.
- ✦ Burza mózgów.
- ✦ Praca zespołowa.
- ✦ Praca interdyscyplinarna STEM.
- ✦ Eksperymentowanie.

## FORMY PRACY:



- ✦ Praca indywidualna.
- ✦ Praca zespołowa.

## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ✦ Stężony kwas siarkowy i woda destylowana do przygotowania roztworu „kwaśnego deszczu” o pH 4,2–4,4.
- ✦ Papierki wskaźnikowe pH lub pH-metr do pomiaru pH roztworu.
- ✦ Naczynia odporne na kwasy, np. szklane kolby lub zlewki do przygotowania i przechowywania roztworu.
- ✦ Okulary ochronne, rękawice chemiczne i fartuch laboratoryjny dla bezpieczeństwa.
- ✦ Różne liście roślin (np. lipa pospolita, grusza, brzoza, bez czarny, łubin, sosna) oraz słoiki do umieszczenia liści na czas obserwacji.
- ✦ Spryskiwacz do zwilżania liści wodą o różnych wartościach pH (normalną i kwaśną).
- ✦ Aparat fotograficzny lub telefon do dokumentowania zmian wizualnych na liściach.
- ✦ Neutralizujący roztwór wodorowęglanu sodu na wypadek rozlania kwasu.





## ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:



Załącznik nr 1

✦ Załącznik nr 1 – Materiał pomocniczy: Wprowadzenie merytoryczne dla nauczyciela lub nauczycielki



Załącznik nr 2

✦ Załącznik nr 2 – Instrukcja: Przebieg doświadczenia



Załącznik nr 3

✦ Załącznik nr 3 – Instrukcja: Zadania dla grup



Załącznik nr 4

✦ Załącznik nr 4 – Materiał pomocniczy: Wzór odpowiedzi do zadania matematycznego

## PRZEBIEG ZAJĘĆ

5  
MIN

### Przebieg zajęć

Przedstaw cel i kryteria lekcji, a następnie zapytaj uczniów i uczennice, czy spotkali się już wcześniej z pojęciem kwaśnych deszczy, jeśli tak – w jakich sytuacjach.

Wyjaśnij, że oprócz problemu związanego z powstawaniem kwaśnych opadów, tlenki siarki wpływają **także na zmiany klimatu**. Badania naukowe dostarczają dowodów, że emisje tlenków siarki – szczególnie dwutlenku siarki ( $\text{SO}_2$ ), mogą działać ochładzająco na klimat, ponieważ w atmosferze przekształcają się w aerozole siarczanowe, które z kolei odbijają promieniowanie słoneczne i sprzyjają powstawaniu chmur odbijających światło. Te związki mogłyby obniżyć globalną temperaturę o około  $0,5^\circ\text{C}$ . W tym doświadczeniu zajmiemy się przede wszystkim kwestiami wpływu kwaśnych opadów na środowisko.

### WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Przed rozpoczęciem zajęć zapoznaj się z materiałem załącznika nr 1 oraz artykułami z bibliografii.

5  
MIN

### Krok 1 – Wstęp do doświadczenia

Przedstaw grupie problem badawczy i poproś chętne osoby o sformułowanie możliwych hipotez.

**Problem badawczy:** Jakiego wpływu ma obecność tlenków siarki w powietrzu na zakwaszenie opadów oraz jak wpływa na kondycję lokalnej roślinności?

Wysłuchaj sformułowanych hipotez, docień uczniów i uczennice za ich podanie. Jeśli w klasie pojawią się trudności z formułowaniem hipotez, możesz odczytać hipotezy przykładowe. Wyjaśnij, że na potrzeby zajęć skoncentrujecie się na hipotezie numer jeden.

### Hipotezy przykładowe:

Wyższe stężenie tlenków siarki w powietrzu powoduje obniżenie pH deszczu, co negatywnie wpływa na kondycję liści lokalnych roślin, prowadząc do ich przebarwień i uszkodzeń.

Kwaśne deszcze wywołane tlenkami siarki wpływają na obniżenie zdolności roślin do fotosyntezy, co skutkuje osłabieniem wzrostu i obumieraniem tkanek roślinnych.

Rośliny wystawione na działanie kwaśnych deszczów zawierających tlenki siarki wykazują objawy niedoboru siarki, co obniża ich zdolność do efektywnego wykorzystania azotu i wpływa negatywnie na jakość i zdrowotność roślin.

Dokonaj losowego podziału uczniów i uczennic na grupy 4-5 osobowe. Wyjaśnij, że każda grupa zajmie się tym samym zadaniem. Prowadzenie doświadczenia będzie realizowane **metodą STEAM**, czyli interdyscyplinarnym podejściem, które łączy pięć obszarów: naukę (Science), technologię (Technology), inżynierię (Engineering), sztukę (Arts) oraz matematykę (Mathematics). Jego podstawą jest nauka przez doświadczanie, eksperymentowanie i twórcze rozwiązywanie problemów w kontekście rzeczywistych wyzwań.

- ✦ Science (Nauka): Reakcje chemiczne tlenków siarki i ich wpływ na środowisko.
- ✦ Technology (Technologia): Obserwacje i pomiary pH, wykorzystanie sprzętu laboratoryjnego.
- ✦ Engineering (Inżynieria): Projektowanie i przeprowadzanie doświadczenia.
- ✦ Art (Sztuka): Dokumentacja wizualna zmian w roślinach, relacje fotograficzne.
- ✦ Mathematics (Matematyka): Obliczenia pH, analiza wyników, statystyka obserwowanych danych. Obliczenia ilości siarki w węglu, paliwach typu benzyna, określanie, ile tlenków siarki może z tego powstać.

W szkole podstawowej hipotezy są zazwyczaj prostsze i bardziej ogólne, często formułowane wspólnie z nauczycielem/nauczycielką lub poprzez sugestie przykładowych hipotez.

W szkole ponadpodstawowej hipotezy powinny być precyzyjniejsze, testowalne i oparte na wcześniejszej wiedzy teoretycznej. Uczniowie i uczennice mają formułować hipotezy robocze, które można weryfikować empirycznie i które wyrażają przewidywane związki między zmiennymi w sposób logiczny i naukowy.



### Krok 1 – Przygotowanie symulacji kwaśnych deszczy

Rozdaj grupom załącznik nr 2. Wyjaśnij, że uczniowie i uczennice w grupach przygotowują za chwilę roztwór symulujący kwaśny deszcz o pH w zakresie 4,2–4,4 przez rozcieńczenie stężonego kwasu siarkowego kilkoma kroplami wody destylowanej. pH roztworu mogą mierzyć za pomocą papierka wskaźnikowego pH lub pH-metru, stosując stopniowe, małe dawki kwasu do uzyskania odpowiedniego odczynu.



W szkole podstawowej pH roztworu można mierzyć papierkami wskaźnikowymi, w szkole ponadpodstawowej poleca się użycie pH-metru.

#### Poinformuj uczniów i uczennice o podstawowych zasadach bezpieczeństwa:

- ✦ Zawsze dodawajcie kwas do wody, nigdy odwrotnie, aby zapobiec gwałtownej reakcji egzotermicznej i rozpryskom.
- ✦ Pracujcie w dobrze wentylowanym pomieszczeniu lub pod wyciągiem, aby uniknąć wdychania oparów kwasu.
- ✦ Stosujcie odpowiednie środki ochrony osobistej, takie jak okulary ochronne, rękawice odporne na chemikalia oraz fartuch laboratoryjny.
- ✦ Używajcie naczyń odpornych na działanie kwasów (np. szkło).
- ✦ Przy wykonywaniu pomiaru pH szczególnie zachowujcie ostrożność, unikając bezpośredniego kontaktu wskaźnika lub elektrody z roztworem podczas przygotowywania.
- ✦ Przygotowujcie roztwory w małych ilościach i powoli dodawajcie kwas, stale mieszając roztwór, aby kontrolować reakcję.
- ✦ Miejcie przygotowaną neutralizującą substancję (np. roztwór wodorowęglanu sodu) na wypadek rozlania kwasu.
- ✦ Po zakończeniu pracy dokładnie umyć ręce i uporządkujcie stanowisko pracy.

#### WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Typowa woda deszczowa ma odczyn lekko kwaśny (około pH 5,6) z powodu rozpuszczonego dwutlenku węgla w atmosferze, który tworzy kwas węglowy.

5  
MIN

#### Krok 3 – Badanie wpływu kwaśnych deszczy na rośliny

Wyjaśnij, że teraz przejdziemy do sprawdzania, jak kwaśne deszcze wpływają na rośliny. Zapytaj uczniów i uczennice, czy kojarzą termin **bioindykator**. Jeśli tak, poproś jedną osobę o wytłumaczenie pojęcia. Jeśli termin jest im nieznan, naprowadź ich do udzielenia odpowiedzi poprzez zapytanie co wiedzą na temat **skali porostowej**. Bioindykator to organizm o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej, który jest wrażliwy na nadmiar lub brak określonych substancji w środowisku. W przypadku porostów są one wrażliwe na zanieczyszczenia powietrza tlenkami siarki.

#### Przełącz grupom instrukcję do wykonania doświadczenia:

- ✦ Umieśćcie w różnych stoikach rośliny (np. liście lokalnych gatunków – lipa pospolita, grusza, brzoza, bez czarny, łubin, sosna). Dokonujcie obserwacji liści, wykonując zdjęcia.
- ✦ Zroście liście wodą o normalnym pH oraz wodą kwaśną (z symulowanymi kwaśnymi deszczami).
- ✦ Zaobserwujcie zmiany wizualne (np. przebarwienia, martwica). Zmiany w postaci plam, odbarwień mogą pojawić się w zależności od liścia od kilku godzin do trzech dni. Waszym zadaniem jest dokonywanie obserwacji zestawów badawczych każdego dnia i wykonywanie zdjęć.



## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Najlepiej przygotować kilka słoików w których znajdują się liście każdego z gatunku. Można też wykorzystać w doświadczeniu dwa słoiki z takimi samymi liśćmi. Liście w jednym słoiku uczniowie i uczennice zraszają wodą o normalnym pH, a w drugim wodą kwaśną.

**Poinformuj uczniów i uczennice, że w opisywanym doświadczeniu zmienne to:**

- ❖ **Zmienna niezależna** (czynnik, który zmieniamy): rodzaj wody użytej do zraszania liści – woda o normalnym pH oraz woda kwaśna z symulowanymi kwaśnymi opadami (o obniżonym pH).
- ❖ **Zmienna zależna** (mierzone efekty): zmiany wizualne na liściach, takie jak przebarwienia, żółknięcie, nekroza (martwica), więdnienie lub inne uszkodzenia liści.
- ❖ **Zmienna kontrolna** (stałe warunki eksperymentu): rodzaj roślin (np. gatunki drzew liściastych i iglastych), warunki oświetlenia, temperatura, czas ekspozycji na wodę, ilość zraszanej wody oraz inne warunki środowiskowe podczas eksperymentu.

W szkole podstawowej zazwyczaj używa się pojęć próba badawcza i kontrolna. W szkole ponadpodstawowej można poprosić uczniów i uczennice, aby sami określili co jest zmienną niezależną, zależną i kontrolną w tym doświadczeniu.

25  
MIN

### Krok 3 – Analiza danych i dyskusja

Wyjaśnij, że na etapie analizy danych nie będziemy w stanie na tej lekcji zająć się analizą wpływu roztworu o różnym pH na roślinność, gdyż należy odczekać co najmniej kilkanaście godzin na efekty. Zapytaj, kto w każdej z grup będzie wykonywał codziennie zdjęcia liściom roślin i opracuje z nich prezentację multimedialną.

Rozdaj grupom załącznik nr 3. Zaproponuj, aby uczniowie i uczennice w grupach wykonali zadania:

- ❖ Z pomocą sztucznej inteligencji wyszukajcie informacje o stopniu zanieczyszczenia powietrza w Polsce tlenkami siarki oraz wyszukajcie miejsca na kuli ziemskiej o najwyższym zanieczyszczeniu powietrza tymi gazami. Następnie przeprowadźcie dyskusję o źródłach zanieczyszczeń siarkowych w Polsce (np. elektrownie węglowe, transport, spalanie paliw oraz śmieci w domowych piecach).
- ❖ Korzystając ze sztucznej inteligencji wyszukajcie i omówcie metody ograniczania emisji tlenków siarki i lokalne działania na rzecz poprawy jakości powietrza.
- ❖ Na podstawie zgromadzonej wiedzy zastanówcie się, czy tlenki siarki mogą stać się jednym z czynników ograniczających zmiany klimatu.
- ❖ Wykonajcie zadanie matematyczne.

Po 15 minutach wylosuj jedną z grup i poproś o przedstawienie odpowiedzi na pytanie A, następnie kolejna wylosowana grupa odpowiada na pytanie B, i tak dalej, aż wszystkie pytania zostaną omówione. Po każdej odpowiedzi zapytaj, czy ktoś z innej grupy chce uzupełnić wypowiedź. Docen pracę grup.



W szkole podstawowej jeśli uczniowie i uczennice nie dokonywali obliczeń mas molowych mogą wykonać zadanie matematyczne z proporcji obliczając, ile siarki występuje w 500 kg węgla.

5  
MIN

## Podsumowanie

Poproś uczniów i uczennice, aby wybrali co najmniej jedno pytanie i zapisali na nie odpowiedź:

- ✦ Jakie działania można podjąć, aby ograniczyć negatywny wpływ kwaśnych deszczów na ekosystemy roślinne?
- ✦ Czego nowego dowiedziałem/dowiedziałam się na dzisiejszej lekcji?
- ✦ Co było na zajęciach dla mnie najłatwiejsze, a co najtrudniejsze?



## Zadanie dodatkowe

Na kolejnej lekcji przeznacz dziesięć minut zajęć na prezentację zdjęć wykonanych przez uczniów i uczennice. Zwróć uwagę na rodzaj uszkodzeń liści. Przypomnij problem badawczy i hipotezę, a także zapytaj, czy udało się osiągnąć cel zajęć i potwierdzić postawioną hipotezę.

## POLECANE MATERIAŁY:



Kwaśne deszcze (CEO)

- ✦ Centrum Edukacji Obywatelskiej (CEO). *Kwaśne deszcze*. Warszawa: CEO. Dostępne z: <https://globalna.ceo.org.pl/material/kwasne-deszcze/>



Niska emisja

- ✦ Centrum Edukacji Obywatelskiej (CEO). *Co to jest niska emisja?* Warszawa: CEO, 2017. Dostępne z: <https://globalna.ceo.org.pl/material/co-to-jest-niska-emisja/>



Karta zadania

- ✦ Centrum Edukacji Obywatelskiej (CEO). *Karta zadania „Kwaśne opady w mojej okolicy” – zadanie dla nauczyciela/nauczycielki*. Warszawa: CEO. Dostępne z: [https://szkoladlainnowatora.ceo.org.pl/wp-content/uploads/2020/12/8-zadanie\\_Kwasne-opady-w-mojej-okolicy\\_kart-a-zadania-dla-nauczyciela\\_nauczycielki.pdf](https://szkoladlainnowatora.ceo.org.pl/wp-content/uploads/2020/12/8-zadanie_Kwasne-opady-w-mojej-okolicy_kart-a-zadania-dla-nauczyciela_nauczycielki.pdf)

## Źródła:



Wpływ zanieczyszcz.

- ✦ European Environment Agency. *Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie i środowisko w całej Europie jest wciąż wysoki*. Dostępne z: <https://www.eea.europa.eu/pl/highlights/wplyw-zanieczyszczen-powietrza-na-zdrowie>



A co jeśli emisje

- ✦ Energetyka24. *A co jeśli emisje spowalniają globalne ocieplenie?* Dostępne z: <https://energetyka24.com/klimat/a-co-jesli-emisje-spowalniaja-globalne-ocieplenie>



Kwaśne deszcze

- ✦ National Geographic Polska. *Kwaśne deszcze – jak powstają i jakie są ich skutki?* Dostępne z: <https://www.national-geographic.pl/przyroda/kwasne-deszcze-jak-powstaja-i-jakie-sa-ich-skutki/>

## Załącznik nr 1 – Materiał pomocniczy: Wprowadzenie merytoryczne dla nauczyciela lub nauczycielki

### Dlaczego powietrze jest ważne?

Powietrze, którym oddychamy, jest jednym z podstawowych czynników niezbędnych do życia. Rozwój przemysłu, w tym sektora energetycznego, spowodował jego zanieczyszczenie, co negatywnie wpływa na kondycję środowiska naturalnego i na zdrowie ludzi. W skali lokalnej zanieczyszczenia wynikają z niskiej emisji spalin samochodowych, spalania paliw w piecach domowych, procesów technologicznych w niewielkich zakładach przemysłowych. Duże zakłady przemysłowe oraz elektrownie spalające paliwa kopalne coraz częściej inwestują w instalacje poprawiające parametry spalin. Największa elektrownia w Polsce, znajdująca się w Bełchatowie, znacznie ograniczyła emisję tlenków siarki, azotu. Ich emisja jest mniejsza o ponad 90% w stosunku do lat 90. ubiegłego wieku. Udaje się także zatrzymać znaczną ilość pyłów i związków rtęci, jednak nadal wyzwaniem jest dwutlenek węgla, który ciągle jest niezagospodarowany. W skali globalnej elektrownia w Bełchatowie jest poważnym zagrożeniem poprzez emisję dwutlenku węgla, w skali lokalnej większym zagrożeniem są domowe paleniska, w których spala się „co wpadnie do pieca” a są to czasem meble, plastiki czy opony. Kolorowe dymy unoszące się nad wsiami i miasteczkami nie są niczym dziwnym, choć świadomość społeczna dotycząca zagrożeń spalania śmieci wzrasta. Czystość powietrza jest sprawą kluczową dla całej społeczności.

### Jak powietrze wpływa na środowisko, klimat i ludzi?

- ✦ **Środowisko:** zanieczyszczenia powietrza prowadzą do powstawania smogu i kwaśnych deszczy, które uszkadzają roślinność, glebę oraz wodę, co w efekcie zagraża bioróżnorodności. Kwaśne deszcze niszczą też budynki i konstrukcje metalowe. Przykładem ich działania są Góry Izerskie, których lasy powoli odradzają się po klęsce, jaką zgotowały im okoliczne elektrownie węglowe.
- ✦ **Klimat:** gazami cieplarnianymi emitowanymi do atmosfery są m.in. dwutlenek węgla i metan, które powodują ocieplenie klimatu. Ten pierwszy pochodzi głównie ze spalania, drugi z kopalni i wysypisk śmieci. Globalna zmiana klimatu zwiększa częstotliwość ekstremalnych zjawisk pogodowych, wpływa na ekosystemy oraz warunki życia ludzi na całym świecie.
- ✦ **Ludzie:** zanieczyszczenia powietrza zwiększają ryzyko chorób układu oddechowego i krążenia, alergii oraz mogą wpływać na obniżenie jakości życia i skrócenie długości życia mieszkańców. Europejską Agencję Środowiska (EEA) szacuje<sup>1</sup>, że w 2022 roku prawie 239 tysięcy zgonów w Europie było skutkiem narażenia organizmów na działanie pyłu PM<sub>2,5</sub>. Duża część z tych zgonów dotyczyła Polski, która zajmuje czołowe miejsce w emisji tego zanieczyszczenia.



Wpływ zanieczyszczeń...



1. <https://www.eea.europa.eu/pl/highlights/wplyw-zanieczyszczen-powietrza-na-zdrowie> (dostęp 01.10.2025)

## Załącznik nr 2 – Instrukcja: Przebieg doświadczenia

### Instrukcja przygotowania roztworu symulującego kwaśny deszcz

- ♦ Załóż okulary ochronne, rękawice i fartuch laboratoryjny, aby zapewnić bezpieczeństwo podczas pracy z kwasem siarkowym.
- ♦ Do naczynia odpornego na kwasy (np. szklanej kolby lub zlewki) najpierw wlej niewielką ilość wody destylowanej.
- ♦ Bardzo powoli, małymi kroplami, dodawaj stężony kwas siarkowy do wody, cały czas mieszając roztwór. Nigdy nie dodawaj wody do kwasu, aby uniknąć gwałtownej reakcji.
- ♦ Po dodaniu każdej kropli sprawdzaj pH roztworu za pomocą papierka wskaźnikowego lub pH-metru.
- ♦ Kontynuuj dodawanie kwasu i pomiar pH, aż roztwór osiągnie wartość pH w zakresie 4,2–4,4, czyli poziom odpowiadający kwaśnym deszczom.
- ♦ Gdy roztwór ma odpowiednie pH, możesz rozpocząć dalszą część eksperymentu z użyciem przygotowanego roztworu.

### Instrukcja do symulacji wpływu kwaśnych deszczy na liście roślin

- ♦ Umieśćcie w różnych słoikach liście lokalnych gatunków roślin, takich jak lipa pospolita, grusza, brzoza, bez czarny, łubin i sosna. Każdy rodzaj liścia umieśćcie w osobnym, podpisanym słoiku.
- ♦ Zraszajcie liście w każdym słoiku wodą o normalnym pH (około 7) oraz wodą kwaśną, przygotowaną wcześniej, o pH 4,2–4,4, symulującą kwaśne deszcze.
- ♦ Obserwujcie codziennie liście pod kątem zmian wizualnych, takich jak przebarwienia, plamy lub martwica. Zmiany te mogą pojawić się od kilku godzin do trzech dni, w zależności od gatunku rośliny.
- ♦ Każdego dnia dokumentujcie swoje obserwacje, wykonując zdjęcia liści, aby móc porównać zmiany i wyciągnąć wnioski na temat wpływu kwaśnego deszczu na różne rośliny.



## Załącznik nr 3 – Instrukcja: Zadania dla grup

Z pomocą sztucznej inteligencji wyszukajcie informacje o stopniu zanieczyszczenia powietrza w Polsce tlenkami siarki oraz wyszukajcie miejsca na kuli ziemskiej o najwyższym zanieczyszczeniu powietrza tymi gazami. Następnie przeprowadźcie dyskusję o źródłach zanieczyszczeń siarkowych w Polsce (np. elektrownie węglowe, komunikacja, spalanie paliw oraz śmieci w domowych piecach).

Korzystając ze sztucznej inteligencji wyszukujcie i omówcie metody ograniczania emisji tlenków siarki i lokalne działania na rzecz poprawy jakości powietrza.

Na podstawie zgromadzonej wiedzy zastanówcie się, czy tlenki siarki mogą stać się jednym z czynników ograniczających zmiany klimatu.

Wykonajcie zadanie matematyczne:

- ✦ Węgiel stosowany w lokalnej elektrociepłowni ma wysoką zawartość siarki, wynoszącą 4% masy. Podczas spalania cała siarka przekształca się w tlenek siarki (IV)  $\text{SO}_2$ . Przypuśćmy, że w piecu spalono 500 kg takiego węgla.
- ✦ Oblicz, ile kilogramów  $\text{SO}_2$  powstało podczas tego procesu spalania.

### Wskazówki:

Masy molowe: S – 32 g/mol,  $\text{SO}_2$  – 64 g/mol

1 mol siarki daje 1 mol  $\text{SO}_2$

Oblicz najpierw masę siarki, potem ile to moli i ile masy  $\text{SO}_2$



## **Załącznik nr 4 – Materiał pomocniczy: Wzór odpowiedzi do zadania matematycznego**

**Obliczamy masę siarki w 500 kg węgla:**

$$4\% \text{ z } 500 \text{ kg} = 0,04 \times 500 \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$

**Obliczamy liczbę moli siarki:**

$$n = m : M = 20 \text{ kg} : 32 \text{ g/mol} = 20000 \text{ g} : 32 \text{ g/mol} = 625 \text{ mol}$$

Każdy 1 mol siarki daje 1 mol  $\text{SO}_2$ , więc powstanie również 625 moli  $\text{SO}_2$ .

**Obliczamy masę powstałego  $\text{SO}_2$ :**

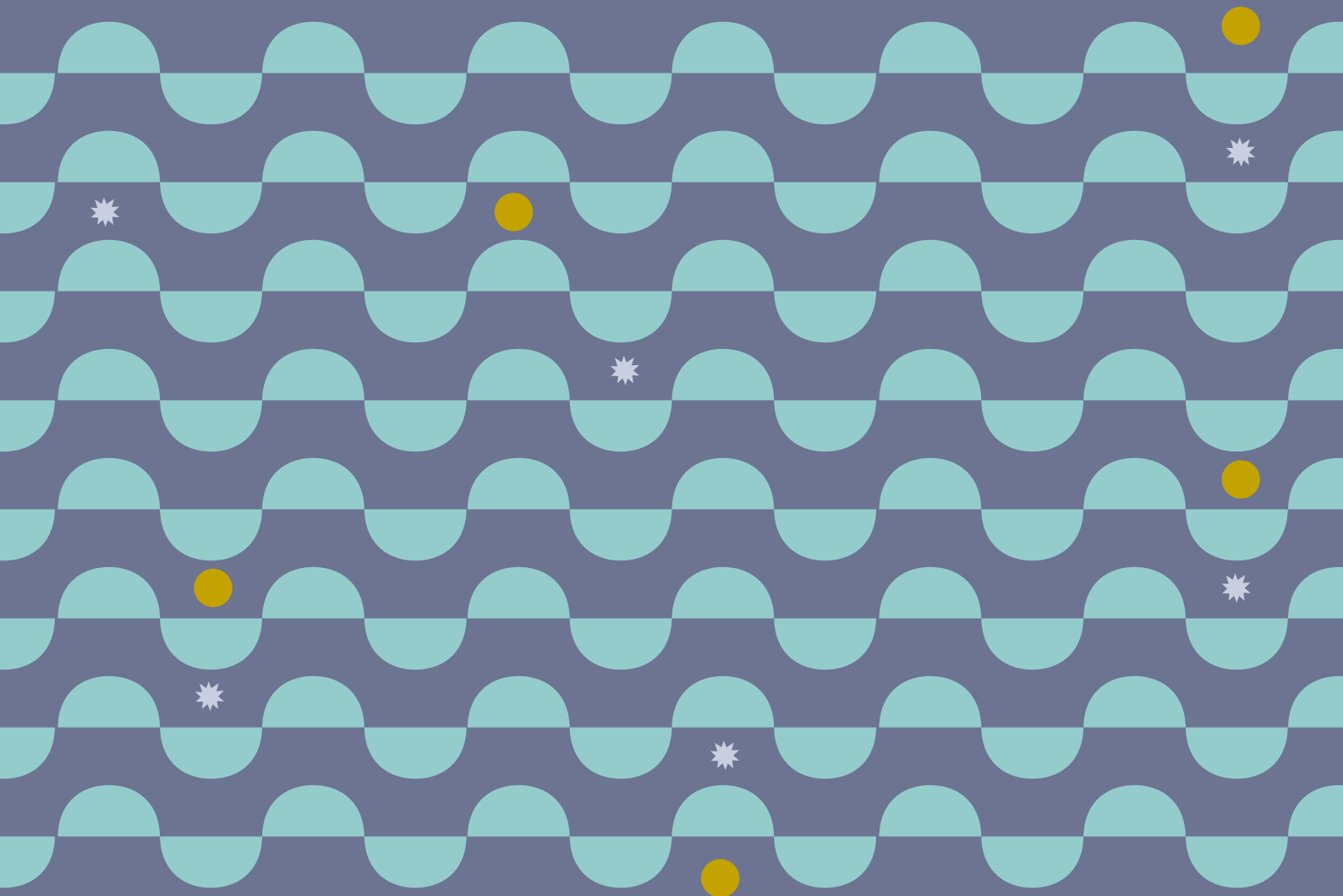
$$m = n \times M = 625 \text{ mol} \times 64 \text{ g/mol} = 40000 \text{ g} = 40 \text{ kg}$$

**Odpowiedź:**

Podczas spalania 500 kg węgla o zawartości 4% siarki powstaje 40 kg tlenku siarki(IV)  $\text{SO}_2$ .



**Powietrze i światło –  
dlaczego coraz mniej  
gwiazd widać nocą?**



# Powietrze i światło – dlaczego coraz mniej gwiazd widać nocą?

w ramach programu: „Ekologiczna szkoła”

Zajęcia te pomogą uczennicom i uczniom zrozumieć, że zanieczyszczenie światłem wpływa nie tylko na wygląd nocnego nieba, ale także na lokalne ekosystemy oraz codzienne życie ludzi. Odpowiedzialne korzystanie ze sztucznego oświetlenia może wspierać ochronę bioróżnorodności, ograniczać zużycie energii i poprawiać warunki do obserwacji przyrody. Temat sprzyja rozwijaniu świadomości ekologicznej oraz kształtowaniu postaw odpowiedzialności za środowisko, szczególnie w najbliższym otoczeniu uczniów i uczennic.

## TEMAT:

powietrze

## OPRACOWANIE:

Maciej Sikora

## CZAS TRWANIA:

45/60 min

## CELE SZCZEGÓŁOWE:

- ✦ Uczniowie i uczennice rozumieją zależności między właściwościami światła a stanem atmosfery.
- ✦ Uczniowie i uczennice uświadamiają sobie wpływ działalności człowieka na jakość powietrza i widoczność nocnego nieba.
- ✦ Uczniowie i uczennice rozwijają postawy odpowiedzialności za środowisko oraz rozumieją rolę światła w ekosystemach i jego wpływ na bioróżnorodność.

## KRYTERIA SUKCESU:

- ✦ Uczeń lub uczennica potrafi opisać, w jaki sposób zanieczyszczenia powietrza wpływają na rozpraszanie światła.
- ✦ Uczeń lub uczennica potrafi wyjaśnić pojęcie „zanieczyszczenia świetlnego” oraz opisać jego skutki dla ludzi i zwierząt.
- ✦ Uczeń lub uczennica potrafi przeprowadzić proste doświadczenie obrazujące rozpraszanie światła w zanieczyszczonym ośrodku.
- ✦ Uczeń lub uczennica potrafi analizować wyniki obserwacji i formułować wnioski.
- ✦ Uczeń lub uczennica potrafi wskazać sposoby ograniczania nadmiernego oświetlenia w przestrzeni publicznej oraz świadomie analizować poziom zanieczyszczenia światłem w swojej okolicy.

## ZWIĄZEK Z PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ:

- ✦ **Szkoła podstawowa:** Fizyka: IX.3., IX.9. | Biologia: VII.9., VIII.2.
- ✦ **Szkoła ponadpodstawowa:** Fizyka: IX.5., IX.7., IX.9.b) | Biologia: XI.4.

## KLUCZOWE ZAGADNIENIA:

- ✦ Zanieczyszczenie światłem.
- ✦ Rozpraszanie Rayleigha.
- ✦ Rozchodzenie i rozpraszanie fal świetlnych.
- ✦ Wpływ zanieczyszczenia światłem na bioróżnorodność i środowisko.

## METODY PRACY:

- ✦ Prezentacja teoretyczna.
- ✦ Dyskusja kierowana.
- ✦ Doświadczenie fizyczne.
- ✦ Pokaz z omówieniem (np. pryzmat).
- ✦ Analiza wyników obserwacji.
- ✦ Obserwacja i porównywanie danych lokalnych (np. z aplikacji Airly lub Globe at Night).

## FORMY PRACY:



- ✦ Praca indywidualna.
- ✦ Praca w grupach 2–4 osób.
- ✦ Praca całej klasy (zespołowa).

## ŚRODKI DYDAKTYCZNE POTRZEBNE DO PRZEPROWADZENIA ZAJĘĆ:



- ✦ Przezroczyste słoiki / naczynia, 2 na grupę.
- ✦ Mleko: 100-250 ml (do symulacji rozpraszania światła przez aerozole), do 30 ml na grupę.
- ✦ Latarka z białym światłem, 1 na grupę.
- ✦ Opcjonalnie: pryzmat.
- ✦ Wydruk załącznika nr 2.
- ✦ Opcjonalnie: komputer lub smartfon z dostępem do internetu:
  - aplikacja Loss of the Night,
  - aplikacja Globe at Night.

➤ Załącznik nr 1

➤ Załącznik nr 2

## ZAŁĄCZNIKI DO SCENARIUSZA:

- ✦ Załącznik nr 1 – Materiał pomocniczy: *Aspekty zanieczyszczenia światłem*
- ✦ Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: *Fizyczny aspekt rozpraszania Rayleigha i Mie.*



# PRZEBIEG ZAJĘĆ

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Przeczytaj załącznik nr 1 przed zajęciami, aby odświeżyć najważniejsze informacje o zanieczyszczeniu światłem i jego wpływie na środowisko. Możesz wykorzystać go również jako wskazówkę podczas wstępu i dyskusji z uczniami i uczennicami.

Załącznik nr 2 Wydrukuj przed zajęciami, będą przydatne podczas krótkiego teoretycznego wstępu, w której wyjaśnisz aspekt fizyczny zjawisk.



### Rozpoczęcie zajęć

Zapisz na tablicy hasło „zanieczyszczenie światłem”, przygotowując klasę do stworzenia mapy myśli. Zaczynaj zajęcia krótką rozmową, odwołując się do doświadczeń młodzieży, np.:

- ✦ „Czy zauważyliście, że w mieście niebo bywa bardziej żółte albo że nie widać gwiazd?”
- ✦ „Czym różni się niebo nad lasem czy w górach od nieba nad centrum dużego miasta?”

Pytania mają pobudzić ciekawość i wprowadzić w temat. Następnie przedstaw cel lekcji i krótko wyjaśnij, że uczniowie poznają samo zjawisko, jego ekologiczne i biologiczne konsekwencje oraz wykonają proste doświadczenie fizyczne.

Wydrukuj materiał przed zajęciami - będą przydatne podczas krótkiego teoretycznego wstępu, w której wyjaśnisz aspekt fizyczny zjawisk.

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Wykorzystaj tablicę do zapisywania słów kluczowych i wniosków formułowanych przez młodzież. Ułatwi to aktywizację uczniów i uczennic oraz pomoże podczas podsumowania dyskusji.



### Krok 1 – Dyskusja problemowa, pytania badawcze, formułowanie hipotez

Rozpocznij od krótkiego wprowadzenia do optyki i rozdaj uczniom i uczennicom załącznik nr 2 z podsumowaniem tematu (lub naszkicuj schematy na tablicy). Omów różnicę energii między światłem niebieskim a czerwonym. Zapytaj młodzież czym różni się rozpraszanie światła o różnych barwach przez małe cząsteczki (Rayleigh) i duże cząstki (Mie).

Naszkicuj na tablicy Słońce oraz Ziemię z atmosferą. Podczas burzy mózgów naszkicuj przykładowe promienie światła niebieskiego i czerwonego. Jeśli masz taką możliwość skorzystaj z kolorowej kredy.



Narysuj Słońce i Ziemię z atmosferą, a następnie podczas krótkiej burzy mózgów dodaj przykładowe promienie niebieskie i czerwone. Poproś uczniów i uczennice o wyjaśnienie, jak zachowują się oba kolory światła w atmosferze, tak aby zauważyli, że czerwone światło jest bardziej ukierunkowane, a niebieskie rozprasa się znacznie silniej.

Następnie zapytaj, jak zmieni się to w zanieczyszczonym powietrzu. Wyjaśnij, że w zanieczyszczonym powietrzu duże cząstki powodują rozpraszanie Mie, które działa podobnie na wszystkie barwy, przez co część światła ucieka w różnych kierunkach, a niebo może wydawać się bardziej żółtawe – efekt wynika z mieszanki rozpraszania Mie i percepcji barw przez oko.

Przejdź do zjawisk obserwowanych nocą. Zapytaj, dlaczego przy dużym zanieczyszczeniu gwiazdy są słabiej widoczne – młodzież powinna wskazać, że rozpraszanie Mie osłabia światło docierające do obserwatora. Na koniec omów, czemu nocne niebo w miastach wydaje się jaśniejsze i dlaczego efekt ten nasila się przy zanieczyszczonym powietrzu: zanieczyszczenie powietrza zwiększa rozpraszanie Mie sztucznego światła, co sprawia, że nocne niebo w miastach wydaje się jaśniejsze. **Jest to efekt nazywany skyglow.**

**Zanim przejdziesz dalej, sprawdź, czy uczniowie rozumieją, które zjawisko (Rayleigh czy Mie) odpowiada za omawiany efekt, i krótko to podsumuj.**



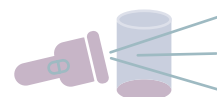
## Krok 2 – Eksperyment i obserwacje

Eksperyment z wodą i wodą z dodatkiem mleka pozwoli uczniom bezpośrednio zaobserwować model zanieczyszczonego powietrza i rozpraszanie Mie, które wpływa na kolor obserwowanego nieba. Rozpocznij tę część od podziału klasy na 2–4-osobowe grupy. Każda z nich powinna otrzymać zestaw: jeden lub dwa słoiki z wodą, niewielką ilość mleka, latarkę oraz białą kartkę.

Zanim przystąpicie do eksperymentu, poproś uczniów i uczennice o postawienie hipotez. Możesz zadać pytania: *Czy eksperyment pokazuje rozpraszanie Rayleigha czy Mie? Co zaobserwujemy w czystej wodzie, a co w wodzie z mlekiem? Jak zmieni się kolor światła po przejściu przez roztwór i jak efekt będzie narastał wraz z dodawaniem kolejnych kropli mleka? Które światło rozprasza się szybciej – niebieska czy czerwona?*

Poleć grupom przygotowanie zestawu: do obu słoików należy wlać taką samą ilość czystej wody, a do jednego dodać 1–2 krople mleka i delikatnie wymieszać, aby uzyskać lekko mętny roztwór. Słoiki ustawcie obok siebie, za nimi umieśćcie białą kartkę i przygaście światło w sali.

Następnie przystąpicie do doświadczenia. Uczniowie i uczennice powinni notować obserwacje, odnosząc je do wcześniej sformułowanych hipotez. Najpierw skieruj latarkę na słoik z czystą wodą – światło powinno przejść przezroczyste, bez wyraźnej zmiany barwy. Kolejno oświetl słoik z mlekiem: patrząc z boku, woda powinna wydawać się lekko niebieskawa, natomiast z tyłu – żółtawa. Dodawaj stopniowo kolejne krople mleka, obserwując zwiększającą się mętność i zmiany barw światła.



## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Jeśli masz dostęp do pryzmatu, możesz przeprowadzić rozszerzoną wersję doświadczenia: najpierw skieruj światło białe na pryzmat, a następnie oświetl słoik z wodą lub wodą z mlekiem barwną wiązką wychodzącą z pryzmatu. Dzięki temu uczniowie zobaczą, że rozpraszanie Mie jest niemal niezależne od długości fali – całe spektrum traci jasność mniej więcej równomiernie, a proporcje kolorów w wiązce pozostają zachowane.

Podsumuj eksperyment oraz zapytaj uczniów i uczennic, czy ich obserwacje zgadzają się z postawionymi hipotezami. Przykładowe wnioski, które warto omówić:

- ✦ Duże cząstki w roztworze rozpraszają światło w różnych kierunkach; patrząc z boku, roztwór wydaje się jaśniejszy, a wiązka przechodząca wzdłuż osi obserwatora staje się nieco ciemniejsza.
- ✦ Rozpraszanie jest prawie niezależne od koloru – wszystkie długości fal tracą podobną ilość energii.
- ✦ Dominuje rozpraszanie Mie, ponieważ mleko zawiera stosunkowo duże cząsteczki, np. drobne kropelki tłuszczu czy białka.
- ✦ Lekko żółtawe światło wynika z połączenia subtelnych efektów Rayleigha i percepcji oka, a nie z preferencyjnego rozpraszania niebieskiego.

Zadanie dla uczniów: każda grupa powinna naszkicować, jak przechodzi światło czerwone i niebieskie przez słoik z wodą z mlekiem. W międzyczasie możesz zebrać zestawy w przygotowaniu do drugiej części zajęć i wspólnie podsumować mechanizm obserwowanego zjawiska.

12-15  
MIN

### Krok 3 – Biologiczne i przyrodnicze aspekty zanieczyszczenia światłem

Omów z uczniami wpływ zanieczyszczenia światłem na środowisko, zachęcając ich do samodzielnego formułowania wniosków. Możesz poprowadzić dyskusję lub burzę mózgów i wspierać młodzież, gdy będzie to potrzebne. Podczas burzy mózgów zachęć uczniów do samodzielnego formułowania wniosków, sugerując, aby rozważyli wpływ zanieczyszczenia światłem na cztery obszary: ludzi, zwierzęta, rośliny oraz estetykę.

## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI – wpływ zanieczyszczenia światłem

### Wpływ na ludzi:

- ✦ Zapytaj, jak jasne nocne niebo wpływa na sen i rytmy biologiczne. Skieruj uwagę uczniów i uczennic na korelację np. z długością snu.
- ✦ Wytlumacz, że niebieskie światło hamuje wydzielanie melatoniny, utrudnia zasypianie i pogarsza regenerację.
- ✦ Zapytaj: czy zauważacie różnice w samopoczuciu po nocy spędzonej przy ekranie lub w jasnym pomieszczeniu?

### Wpływ na zwierzęta:

- ❖ Jak sztuczne oświetlenie w miastach wpływa na nocne zwierzęta, np. ćmy, nietoperze, ptaki? Wytłumacz, że zwierzęta kierują się światłem księżyca lub gwiazd, więc sztuczne źródła je dezorientują. Owady giną przy lampach, a ptaki mogą zbacać z tras migracji.
- ❖ Zapytaj uczniów i uczennic, jakie gatunki w ich okolicy mogą być szczególnie narażone.

### Wpływ na rośliny:

- ❖ Czy sztuczne światło może wpływać na rośliny? Wskaż, że nocne światło zaburza fotoperiodyzm – rośliny mogą zbyt wcześnie kwitnąć lub nie wchodzić w spoczynek zimowy, co zaburza ekosystem.
- ❖ Wpływa też na rytmy okołodobowe, np. otwieranie i zamykanie kwiatów, co może zaburzać relacje z zapylaczami.
- ❖ Zapytaj: jak mogłoby to wpływać na miejskie drzewa i parki?

### Skutki estetyczne i ekologiczne:

- ❖ Czy warto zachować ciemne niebo? Co tracimy wraz ze wzrostem zanieczyszczenia światłem?
- ❖ Podkreśl utratę możliwości obserwacji gwiazd oraz znaczenie nocnego nieba dla przyrody i kultury.

**Dodatkowe informacje znajdziesz w załączniku nr 1.**

### **Dla uczniów szkół ponadpodstawowych można rozszerzyć dyskusję o następujące:**

- ❖ Jakie mogą być długoterminowe skutki zaburzenia cyklu snu u ludzi?
- ❖ Jak zaburzenie balansu gatunków w miastach może wpływać na łańcuchy pokarmowe?

Po omówieniu skutków zanieczyszczenia światłem porozmawiaj z młodzieżą o sposobach jego ograniczania. Celem jest zachęcenie uczniów i uczennic do działań także poza zajęciami, rozwijania świadomości ekologicznej i obserwacji lokalnego środowiska.

Możesz odwołać się do przykładów działań w Polsce, np.: kampanii „Ciemne Niebo – Polska” promującej racjonalne oświetlenie, tworzenia obszarów chroniących nocne niebo – Parki gwiazdznego (oraz ciemnego) nieba

Zachęć uczniów i uczennice do refleksji nad tym, jakie realne działania mogą podjąć samodzielnie lub w ramach szkolnego projektu lub pracy STEM Klubu, np.:

- ❖ gaszenie zbędnych światel w szkole i w domu,
- ❖ stosowanie żarówek o ciepłej barwie i osłoniętych oprawach,
- ❖ przygotowanie raportu o lokalnym poziomie jasności nieba i przekazanie go władzom gminy lub organizacjom ekologicznym.

Dla grup bardziej ściślejszych warto wskazać materiały źródłowe – zawierają statystyki i dane, które pozwalają osadzić temat w szerszym kontekście ekologicznym.

## Podsumowanie

Pod koniec zajęć zbierz najważniejsze informacje zarówno z części fizycznej, jak i z dyskusji o skutkach zanieczyszczenia światłem. Skorzystaj z haseł zapisywanych na tablicy, aby pomóc uczniom i uczennicom uporządkować wnioski. Zachęć młodzież do aktywnego podejmowania działań w celu ograniczenia zanieczyszczenia światłem w ich okolicy.

**Dla zainteresowanych możesz zaproponować zadanie dodatkowe**, które pozwoli rozwijać świadomość lokalnej ekologii. Uczniowie i uczennice mogą codziennie notować jasność nieba, korzystając z aplikacji Loss of the Night lub podobnych narzędzi. Warto, aby przy pomiarach uwzględniali pogodę i w bezchmurne wieczory sprawdzali widoczność gwiazd.

Zachęć, aby pomiary były wykonywane o podobnej godzinie i z tego samego miejsca (np. przez okno w wyłączonym pokoju), a wyniki były notowane w zeszytach lub arkuszu. Na koniec uczniowie i uczennice powinni podsumować swoje obserwacje, odpowiadając m.in. na pytania:

- ✦ Czy niebo w twojej okolicy jest zanieczyszczone światłem?
- ✦ Czy niebo wydaje się ciemniejsze po deszczu, a jaśniejsze w pochmurne dni?
- ✦ Czy niebo jest ciemniejsze w weekendy?

Jeśli to możliwe, zachęć uczniów i uczennice do podzielenia się swoimi obserwacjami z rówieśnikami podczas kolejnych zajęć.

## POLECANE MATERIAŁY:



Globe at night

- ✦ Globe at Night. Międzynarodowy projekt nauki obywatelskiej umożliwiający pomiar jasności nieba. Dostępne z: <https://www.globeatnight.org>

- ✦ Dark Sky Meter. Aplikacja do pomiaru jasności nieba w różnych lokalizacjach.

- ✦ Loss of the Night App. Aplikacja do pomiaru zanieczyszczenia światłem na podstawie widoczności gwiazd.



Ciemne Niebo Polska

- ✦ Ciemne Niebo Polska. Portal edukacyjny o ochronie ciemnego nieba i racjonalnym oświetleniu. Dostępne z: <https://www.ciemneniebo.pl>



Interaktywna mapa...

- ✦ Mapa zanieczyszczenia światłem. Interaktywna mapa pokazująca poziom jasności nocnego nieba. Dostępne z: <https://www.lightpollutionmap.info>



GIOŚ

- ✦ Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ). Dane o jakości powietrza w Polsce. Dostępne z: <https://powietrze.gios.gov.pl>



Airly

- ✦ Airly. Dane o jakości powietrza w Polsce. Dostępne z: <https://airly.org>

## Źródła:

- ✦ Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., ... & Furgoni, R. (2016). *The new world atlas of artificial night sky brightness*. Science Advances, 2(6), e1600377.



## The impact of...

- ✦ Gaston, K. J., Visser, M. E., & Hölker, F. (2015). *The biological impacts of artificial light at night: the research challenge*. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 370(1667), 20140133.
- ✦ Longcore, T., & Rich, C. (2004). *Ecological light pollution*. Frontiers in Ecology and the Environment, 2(4), 191–198.
- ✦ Sakhvidi, M. J. Z., et al. (2025). *Association between Exposure to Outdoor Light at Night and Sleep Habits in Shahedieh Cohort Study: A Cross-sectional Analysis*. Environmental Pollution, 127144.
- ✦ Owens, A. C. S., & Lewis, S. M. (2018). *The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis*. Ecology and Evolution, 8(22), 11337–11358. Dostępne z: <https://doi.org/10.1002/ece3.4557>

## Załącznik nr 1 – Materiał pomocniczy: Aspekty zanieczyszczenia światłem

### I. Światło i atmosfera – aspekt fizyczny

Światło białe to mieszanina fal o różnych długościach – od fioletowych (~400 nm) po czerwone (~700 nm). Promienie słoneczne, docierając do atmosfery, napotykają cząsteczki gazów, kropelki wody i drobiny pyłu. To decyduje o kolorze nieba, który obserwujemy.

#### **Rozpraszanie Rayleigha**

Dotyczy bardzo małych cząsteczek, mniejszych niż długość fali światła (np. tlenu, azotu). Krótsze fale (niebieskie, fioletowe) rozpraszają się silniej niż dłuższe (czerwone). Dlatego niebo w ciągu dnia jest niebieskie. Wschód i zachód słońca powodują, że niebieskie fale są już rozproszone, a dominują barwy ciepłe (czerwienie, pomarańcze).

#### **Rozpraszanie Mie**

Występuje przy większych cząstkach (porównywalnych z długością fali światła), np. pyłach, aerozoliach, sadzy, kropkach mgły. Rozpraszanie jest wtedy mniej zależne od koloru, a niebo przybiera „mleczny” odcień. W czasie smogu z wysokim stężeniem PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>10</sub> dominuje właśnie ten typ rozpraszania, nadając niebu żółtawy lub szary wygląd.

#### **Odbicie i pochłanianie światła**

Nie wszystkie cząstki w atmosferze zachowują się tak samo: niektóre odbijają światło (np. siarczany, pyły mineralne), inne je pochłaniają (sadza, tlenki azotu). Ta równowaga wpływa na ilość światła docierającego do Ziemi, a w konsekwencji na lokalny klimat.

#### **Dla uczniów szkół ponadpodstawowych:**

- ♦ Albedo – zdolność powierzchni do odbijania lub pochłaniania promieniowania.
- ♦ Global dimming (zaciemnienie globalne) – zmniejszenie ilości światła słonecznego docierającego do Ziemi w wyniku wzrostu aerozoli w atmosferze.

### II. Ekologiczny kontekst i zanieczyszczenie światłem

Rozpraszanie światła wiąże się z działalnością człowieka:

- ♦ **Zanieczyszczenie powietrza** (spaliny, przemysł, ogrzewanie, rolnictwo) zwiększa ilość cząstek powodujących rozpraszanie Mie.
- ♦ **Zanieczyszczenie światłem** – światło emitowane w niebo przez latarnie, reklamy, oświetlenie elewacji – rozprasza się na pyłach i mgłach, tworząc lunę świetlną (skyglow).

W dużych miastach (Warszawa, Kraków, Wrocław) liczba widocznych gwiazd spada z kilku tysięcy do kilkunastu, a Droga Mleczna zanika całkowicie.



## WSKAZÓWKA DLA NAUCZYCIELA LUB NAUCZYCIELKI

Zachęć uczniów do porównania mapy nieba widocznego gołym okiem w mieście i w parku narodowym (np. Bieszczadzki Park Gwiazdnego Nieba). Można wykorzystać projekt **Globe at Night** lub aplikację **Loss of the Night**, które pozwalają zgłaszać pomiary jasności nieba.

### III. Wpływ na bioróżnorodność i zdrowie

Zanieczyszczenie powietrza i światłem oddziałuje na organizmy w sposób wielopoziomowy:

- ✦ **Owady nocne** (ćmy, chrząszcze, zapylacze) przyciągane przez sztuczne światło giną, zaburzając łańcuch pokarmowy i proces zapylania. Naturalne źródła światła (księżyc, gwiazdy) pozwalają owadom utrzymać stały kierunek lotu; sztuczne źródła dezorientują je.
- ✦ **Ptaki migrujące korzystają z księżyca i gwiazd do orientacji w nocy.** Sztuczne światło miejskie dezorientuje je, powodując skręcanie w kierunku oświetlonych obszarów.
- ✦ **Rośliny** – nocne światło zaburza rytmy dobowe (fotoperiodyzm), wpływa na kwitnienie, wzrost i kierunek wydłużania pędów.
- ✦ **Ludzie** – ekspozycja na sztuczne światło nocą obniża poziom melatoniny, zaburza sen i może zwiększać ryzyko chorób metabolicznych. Niebieskie światło aktywuje specjalne komórki siatkówki, które hamują wydzielanie melatoniny przez szyszynkę.

#### Dla uczniów szkół ponadpodstawowych:

Można odwołać się do badań o wpływie światła LED o niebieskim widmie na rytm okołodobowy i produkcję melatoniny, np. analizy **International Dark-Sky Association (IDA)** – [www.darksky.org](http://www.darksky.org)

### IV. Wymiar lokalny – Polska

Polskie miasta należą do najbardziej zanieczyszczonych Europy pod względem PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>. GIOŚ i systemy takie jak Airly czy OpenAQ pokazują, że zimą stężenia pyłów w Krakowie, Rybniku czy Nowym Sączu kilkakrotnie przekraczają normy. Wysokie stężenie pyłów sprzyja rozpraszaniu Mie, rozjaśniając nocne tło. Dodatkowo przestarzałe oświetlenie sodowe wciąż emituje światło w górę.

### V. Wymiar globalny i refleksja końcowa

Zanieczyszczenie powietrza i światłem zmienia bilans energetyczny Ziemi i wpływa na klimat:

- ✦ podnosi lokalną temperaturę (efekt miejskiej wyspy ciepła),
- ✦ zwiększa emisję gazów cieplarnianych w związku z produkcją energii na sztuczne oświetlenie.

Ograniczanie emisji, stosowanie ekologicznego oświetlenia (lampy kierunkowe, LED o ciepłej barwie, wyłączanie światła nocą) oraz edukacja ekologiczna poprawiają warunki życia ludzi i zwierząt.



## Załącznik nr 2 – Materiał pomocniczy: Fizyczny aspekt rozpraszania Rayleigha i Mie.

Światło niebieskie:

- ✦ mniejsza długość fali



Światło czerwone:

- ✦ większa długość fali

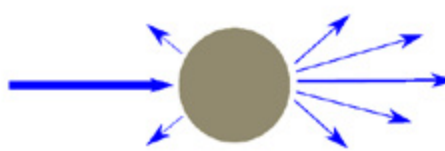
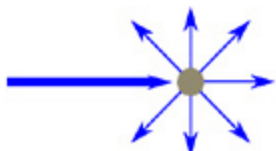
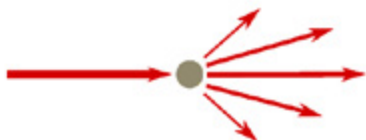
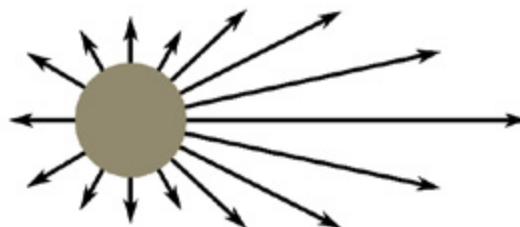


Czyste powietrze:

- ✦ Dominuje rozpraszanie Rayleigha
- ✦ Znaczna większość energii rozproszona
- ✦ Niebieskie światło rozprasza się najsilniej

Zanieczyszczone powietrze:

- ✦ Wpływ rozpraszania Mie
- ✦ Cząsteczki rozpraszają głównie do przodu
- ✦ Wszystkie kolory rozpraszają się na podobnym poziomie



Niniejszy materiał został przygotowany w ramach projektu  
„Wzór na przyszłość: dla klimatu i bioróżnorodności” finansowanego  
ze środków Ministra Edukacji Narodowej.



Ministerstwo  
Edukacji Narodowej



CENTRUM EDUKACJI  
OBYWATELSKIEJ

**Autorki i autorzy:**

Olga Betańska, Maciej Sikora, Piotr Skubała, Katarzyna Socha,  
Katarzyna Stojek, Michał Szczepanik, Dorota Wypychowska

**Redakcja merytoryczna:**

Justyna Zamojda

**Redakcja językowa i korekta:**

Joanna Kudyba-Antonik

**Projekt graficzny i skład:**

Żaneta Strawiak-Pulkowska

**Wydawca:**

Fundacja Centrum Edukacji Obywatelskiej  
ul. Noakowskiego 10, 00-666 Warszawa  
tel. 22 825 05 50  
[www.ceo.org.pl](http://www.ceo.org.pl)

Wydanie I, Warszawa 2025  
ISBN: 978-83-67226-68-4

Materiał jest dostępny na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.  
Pewne prawa zastrzeżone na rzecz Fundacji Centrum Edukacji Obywatelskiej. Utwór powstał  
w ramach projektu „Wzór na przyszłość: dla klimatu i bioróżnorodności” finansowanego ze środków  
Ministra Edukacji Narodowej. Zezwala się na dowolne wykorzystanie utworu, pod warunkiem  
zachowania ww. informacji, w tym informacji o stosowanej licencji.

