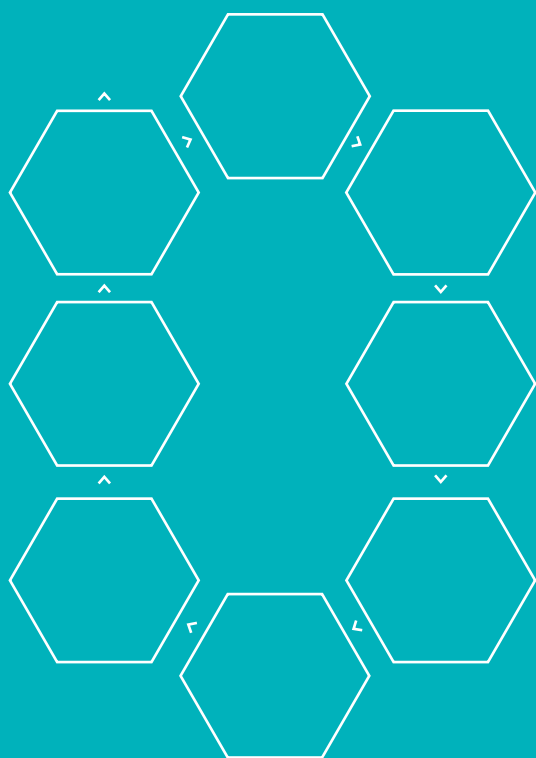




Szkolne projekty badawcze

Projekty badawcze dla
szkół podstawowych
realizowane w ramach
projektu „Szkoła bliżej nauki”.

Przepis na projekt badawczy z uczniami

Projekty badawcze mają wiele wspólnego z gotowaniem. Podobnie jak bywa z przygotowaniem potrawy, zwłaszcza za pierwszym razem, tak i przed przystąpieniem do realizacji projektu badawczego warto mieć dobry przepis i użyć odpowiednich składników we właściwej kolejności. W tym przypadku punktem wyjścia jest cykl metody badawczej. Poniższy tekst to jedynie ogólna instrukcja, jak poradzić sobie z projektem. Kiedy znajdziecie problem badawczy, który zechcecie zgłębić wraz z podopiecznymi – będziecie uszczegóławiać poniższy przepis zależnie od potrzeb, tematu, możliwości, czasu... Tworząc własny plan działania pamiętajcie jednak o podstawach.

Od czego zacząć?

Stwórzcie zespół. Zbierzcie grupę chętnych uczestników, spróbujcie włączyć także tych mniej aktywnych. Dzięki udziałowi w projekcie być może rozbudzą swoje pasje poznawcze i ujawnią skrywane talenty. Możecie włączyć w działania rodziców, opiekunów, sąsiadów, seniorów, może naukowca albo inną osobę, która wesprze was swoimi umiejętnościami, na przykład technicznymi. Pamiętajcie jednak, że najważniejsi są uczestnicy i opiekun – razem tworzą zespół badawczy. Im

bardziej wasi podopieczni zaangażują się – będą uczestniczyć w planowaniu prac, pilnowaniu kolejnych etapów – tym wartościowszy będzie projekt, niezależnie od uzyskanych na koniec wyników.

Etapy cyklu badawczego



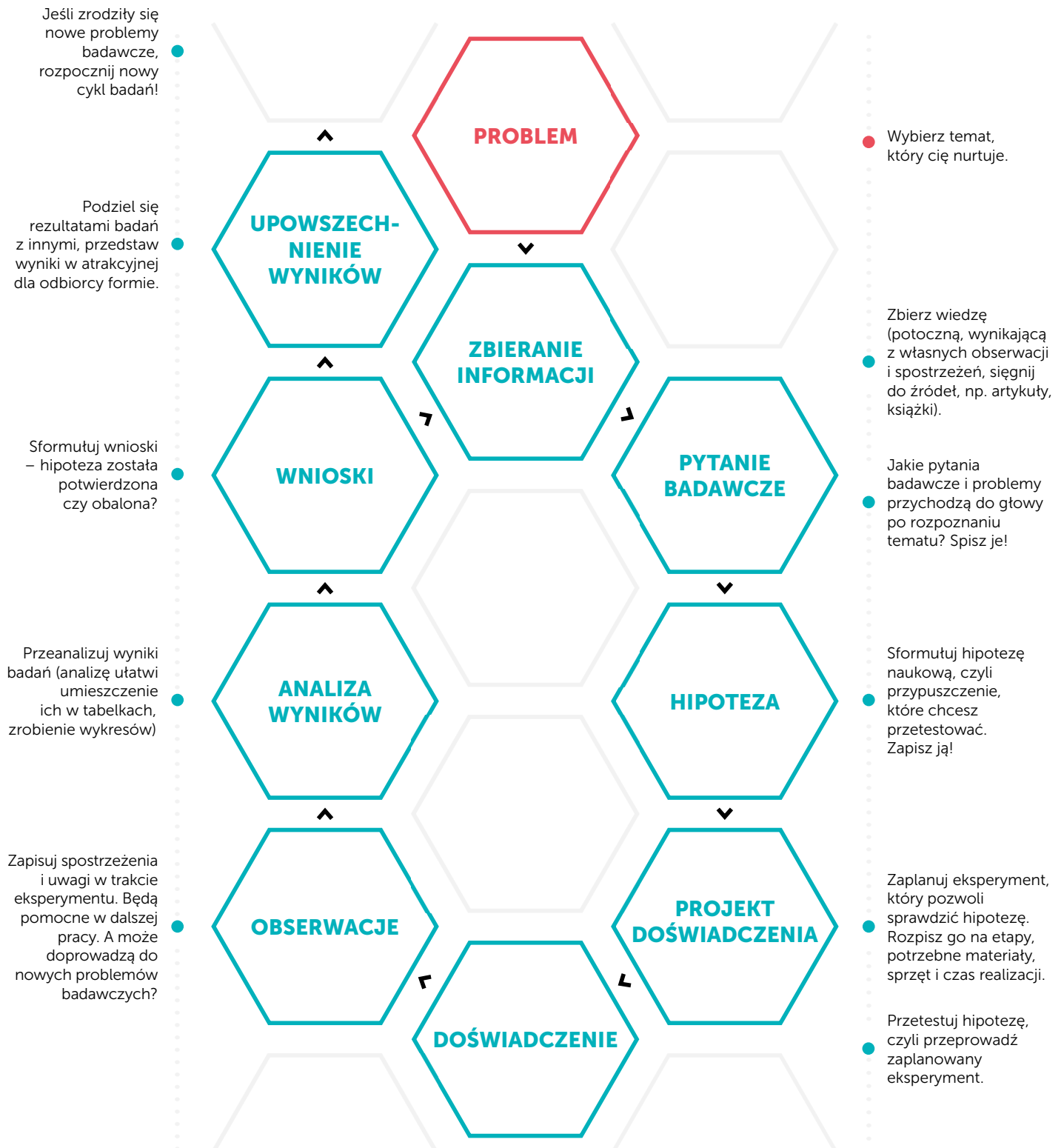
Zapoznajcie członków zespołu z etapami cyklu badawczego – niech będą współodpowiedzialni za badania. Następnie **znajdźcie problem**, który Was nurtuje i chcielibyście go zgłębić.

Skąd brać pomysły? Mogą się wiązać z zainteresowaniami uczestników, problemami społeczności lokalnej, codziennymi obserwacjami, inspiracjami z zewnątrz (platformy internetowe, projekty społeczne, projekty naukowo-obywatelskie), kontaktem z innymi ludźmi (konferencje naukowe, kontakt z naukowcami, rodzicami), obecnie trwającymi konkursami.

Zróbcie burzę mózgów i podejmijcie decyzję na czym się skupicie – interesuje was problem hałasu w szkole, zanieczyszczenia powietrza w najbliższej okolicy, a może wpływ promieniowania słonecznego na wzrost siewek pszenicy?

Jak działa nauka?

Cykl metody badawczej



Pełen cykl to wiele etapów, które składają się na mniej lub bardziej rozbudowany projekt badawczy – coś na co naprawdę warto się „porwać”. Jednak na początku przygody z metodą badawczą może być łatwiej wprowadzać po kolei poszczególne jej elementy.

ZBIERANIE INFORMACJI

Poszerzcie wiedzę na wybrany temat. **Zbierzcie informacje** potoczne oraz wynikające z waszych obserwacji, sięgnijcie doróżnych publikacji. Podzielcie się pracą, przeszukajcie biblioteki, czytelnie, Internet. Możecie wspomagać się wyszukiwarką publikacji naukowych jaką jest Google Scholar albo udać się do czytelnicy czasopism naukowych. W sieci dostępne są duże bazy danych (roczniki GUS, badania CBOS, odczyty IMiGW...). Szukajcie źródeł, które prezentują różne podejścia do tematu. Jeśli macie możliwość, porozmawiajcie z naukowcami. Możliwe, ktoś już badał zjawiska, którymi chcecie się zająć. Być może

zechcecie zweryfikować jego wyniki?

Na tym etapie macie możliwość też przeprowadzić wstępne obserwacje lub eksperymenty.

PYTANIE BADAWCZE

HIPOTEZA

Sformułujcie **pytania badawcze**, które was nurtują i wynikają z analizy zebranej przez was wiedzy. Zbierzcie je i zapiszcie. Będą one zaczynem do postawienia **hipotezy badawczej**, którą w kolejnym etapie projektu badawczego zweryfikujecie doświadczalnie.



Czym się różni hipoteza badawcza od pytania badawczego? To drugie jest po prostu pytaniem i punktem wyjścia do dalszych szczegółowych badań. Hipotezy badawcze są natomiast czymś w rodzaju przypuszczalnych odpowiedzi. Ich główną cechą jest jednoznaczność oraz czy są możliwe do sprawdzenia. Wyniki obserwacji i eksperymentów potwierdzą hipotezę albo ją odrzucają. Co ważne, oba przypadki są cenne i przyczyniają się do rozwoju nauki.

Przykład pytania to „Jaki jest wpływ promieniowania słonecznego na wzrost siewki pszenicy?”
„Przykład hipotezy badawczej to „Promieniowanie ultrafioletowe o natężeniu w zakresie x-y powoduje zwiększenie tempa wzrostu pszenicy”.



Zaprojektujcie doświadczenie, które zweryfikuje waszą hipotezę. Przemyślcie, czy jest realne do przeprowadzenia. Doświadczenie może być krótkie, ale czasem, zależnie od poruszanego tematu, potrzebujemy długotrwałego procesu, trwającego wiele miesięcy. Zaplanujcie doświadczenie w szczegółach:

- zaznaczcie w kalendarzu zakładany moment rozpoczęcia i od niego planujcie dalsze działania,
- stwórzcie harmonogram z podziałem na etapy i przewidywany czas ich realizacji,
- uwzględnijcie czas na opracowywanie wyników i ich prezentację.

Sprawdźcie, czy zadania nie kolidują z kalendarzem (święta, wakacje, inne dni wolne). Są takie czynności, które muszą zostać wykonane w konkretnym czasie i nie mogą być przetożone na później – na przykład dokładnie tydzień po rozpoczęciu ekspozycji próbek na działanie badanego czynnika.

Warto na tym etapie rozdzielić pracę pomiędzy grupy – stwórzcie zespoły badawcze do konkretnych zadań, np. wstępnych obserwacji, wysiewania roślin, badania określonych zestawów metali, analizy wyników. Praca grupowa umożliwi wam wykonanie różnych wariantów doświadczenia w tym samym czasie i sprawi, że każdy będzie miał szansę aktywnie zaangażować się w projekt.

Konieczne opracujcie **wzory dzienników laboratoryjnych**. Aby wasze wyniki były miarodajne i porównywalne, powinniście zapisywać je w tych samych jednostkach, a pomiary czy obserwacje należy wykonywać za pomocą ujednoliconej metodologii.

Dziennik laboratoryjny to bardzo ważne narzędzie, dzięki któremu będziecie mogli na każdym etapie badań przypomnieć sobie, co i jak zrobiliście wcześniej, jakie były wasze spostrzeżenia, obserwacje, wstępne wyniki. To rodzaj pamięci, która ułatwi wam wyłapywanie ewentualnych błędów i korektę dalszego postępowania, a następnie analizę wyników, ich interpretację i wyciąganie wniosków. Z dziennika będziecie przenosić wyniki do programu komputerowego, jeśli zdecydujecie się na bardziej zaawansowane obliczenia, analizę wyników i przedstawienie ich za pomocą wykresów.

Zaplanowaliście doświadczenia, stwórzcie teraz **listę materiałów i wyposażenia** potrzebnego do realizacji projektu, oszacujcie ile i czego będziecie potrzebować. Czy czekają was zakupy? Konieczne opracujcie budżet projektu. Rozejrzyjcie się wokół. Być może pozyskacie wsparcie, zwracając się o pomoc do naukowców, placówek naukowych, centrów nauki, innych szkół. Być może wypożyczą wam sprzęt albo nieodpłatnie wykonają analizę. A może ktoś z waszej lokalnej społeczności ma hurtownię potrzebnego wam sprzętu albo produkuje odpowiednie materiały i zechce wam je podarować?



Zwróćcie uwagę na powtarzanie doświadczeń. Im więcej porównywalnych wyników, tym większa szansa, że rezultaty będą wiarygodne. Powtórzenie pomiarów umożliwia także statystyczną obróbkę danych, co jest standardem w metodzie badawczej. Grzegorz Mendel, zanim ogłosił wyniki badań nad dziedziczeniem cech grochu zwyczajnego, wykonał kilka tysięcy pomiarów! Oczywiście kierujcie się indywidualnymi możliwościami i potrzebami.

Pamiętajcie, aby do każdego pomiaru ustawić **próby kontrolne**, dzięki którym poznacie tło danego zjawiska i później będziecie do niego odnosili wyniki z **prób eksperymentalnych (badawczych)**.

Czym jest próba kontrolna a czym eksperymentalna? Tę drugą poddaje się badaniu podczas doświadczenia. Zależnie od przedmiotu projektu, próbka jest badana pod kątem wpływu na nią obecności dodatkowego czynnika lub jego braku (np. brak światła, obecność drapieżnika...). Dobór testowanych czynników zależy oczywiście od postawionej hipotezy. Próba kontrolna jest identyczna z badawczą, ale nie poddaje jej się działaniu wybranego czynnika. Stanowi punkt odniesienia w ocenie, jak przebiega badany proces lub zjawisko. Bez niej nie byłoby możliwe prawidłowe wnioskowanie – wyniki z próby kontrolnej porównuje się wynikami z próby badawczej.

Zadbajcie o **budowanie dobrego wizerunku** waszego projektu. Zainteresujcie nim lokalną społeczność. Możecie informować o nim w mediach społecznościowych. Przemyślcie, czy wasze badania mogą być w jakikolwiek sposób pomocne lub przeciwnie, uciążliwe dla innych albo czy będziecie potrzebowali czyjegoś wsparcia. Być może będziecie chcieli przeprowadzić ankiety wśród

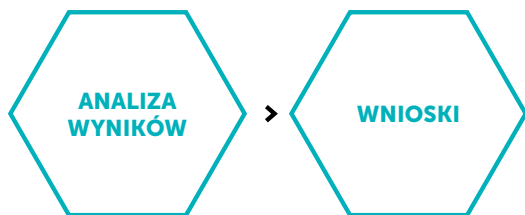
mieszkańców waszej miejscowości, pozyskać zgodę od właściciela oczka wodnego na pobór próbek albo zgodę na wykonanie pomiarów stężenia radonu w zabytkowym budynku czy fabryce. Budowanie wizerunku waszych działań pomoże wam zyskać nowych sojuszników i pozwoli uniknąć ewentualnych nieporozumień.



Prowadźcie wnikliwe **obserwacje** w czasie doświadczeń. Przemyślcie, jakie dane będziecie zbierać i do czego będą Wam potrzebne. Opracujcie **system zbierania i zapisywania danych** tak, żeby wszyscy porozumiewali się wspólnym językiem, zapisywali dane w tych samych jednostkach.

Nie bójcie się popełniać błędów, jeśli wyjdzie wam coś zupełnie innego niż oczekiwaliście – to też jest wynik! Zróbcie kolejne powtórzenia albo pomyślcie o modyfikacji eksperymentu. Może właśnie jesteście na progu nowego odkrycia? A może pojawiają się wam pomysły na nowe hipotezy badawcze?

Pokrzepiająca jest świadomość, że często właśnie dzięki błędom i pomyłkom naukowcy dochodzą do epokowych odkryć. Znanym przykładem jest odkrycie antybiotyku przez przypadkowy wzrost pleśni na szalkach, na których miały być hodowane bakterie. Okazało się, że w pobliżu pleśni jest zahamowany wzrost bakterii i właśnie ta obserwacja doprowadziła Aleksandra Fleminga do odkrycia antybiotyku.



Czas **opracować i przeanalizować dane oraz wyciągnąć z nich wnioski.**

Do wykonania obliczeń i analizy polecamy metody cyfrowe. Na rynku dostępne są pakiety biurowe na darmowej licencji. Możecie poprosić o pomoc osoby pracujące na co dzień z liczbami, czyli matematyków i informatyków. Nic oczywiście nie stoi na przeszkodzie, aby wyniki opracowywać analogowo. Czasami jest to łatwiejsze i lepiej dostosowane do możliwości młodszych uczestników.

Podczas jednego z naszych projektów uczniowie analizowali nagranie przedstawiające poruszające się rozwielitki. Niektrzy analizowali ścieżkę przemieszczania się w darmowym programie, inni zrobili to ręcznie – do ekranu komputera, na którym odtwarzali nagranie, przykładali folię, mazakiem zaznaczali drogę rozwielitek, a następnie dokonywali pomiarów linijkami.



Czy udało się wam potwierdzić hipotezę badawczą, czy przeciwnie, obaliliście ją? Koniecznie podzielcie się rezultatami badań z innymi. W świecie nauki nieopisane i niezaprezentowane wyniki, choćby najciekawsze, nie mają praktycznie znaczenia. Wasze wyniki z pewnością także nie powinny trafić do szuflady. Przedstawcie efekt swojej pracy w formie przyjaznej dla innych odbiorców – może być to krótki film, infografika, artykuł, plakat czy prezentacja multimedialna. Bez względu na **formę prezentacji**,



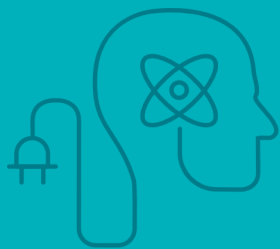
fot. Adam Kozak

powinna ona zawierać wyodrębnione sekcje: wstęp przedstawiający tło badań, cel badań, co i jak badaliście (opis materiałów i metod), opracowanie i graficzne przedstawienie wyników oraz wnioski.

Informacje o zakończonym projekcie możecie umieścić w gazetkach szkolnych, na blogach i funpage'ach, plakaty można powiesić na szkolnych korytarzach czy w instytucjach. Zorganizujcie seminarium, na które zaprosicie kolegów, rodziców czy sąsiadów i wspólnie dyskutujcie o wynikach. Możliwe, że pojawi się nowy problem badawczy i zakończenie projektu będzie początkiem kolejnego.

dr Magdalena Puczeko
Kamil Wachol





PROJEKT BADAWCZY „ŚRODOWISKO CZYNI ZWIERZĘ”

Projekt ma na celu zachęcić uczestników do przyjrzenia się indywidualnym różnicom w zachowaniu zwierząt i poszukiwaniu odpowiedzi na pytanie, skąd się te różnice biorą.

Wiek uczestników

Projekt można realizować z uczestnikami od szóstej klasy szkoły podstawowej.

Dowolność miejsca

Do realizacji projektu wystarczy sala ze spokojnym miejscem z dostępem do światła (np. parapet) – tak, aby móc tam rozłożyć na dłuższy czas pojemniki z założonymi hodowlami rozwielitek.

Dowolność czasu

Połowy rozwielitek można prowadzić w dowolnym momencie od wiosny do wczesnej jesieni. Zimą rozwielitki są nieaktywne.

Czas trwania

Na realizację projektu w opisaney wersji należy przewidzieć minimum 2-3 miesiące. Zależnie od potrzeb i możliwości można realizować działania dodatkowe, testować nowe hipotezy czy rozszerzać badania.

Dostępność sprzętu

Do wykonania projektu nie jest niezbędny specjalistyczny sprzęt, materiały w większości są prostymi i tanimi produktami, często będącymi na wyposażeniu szkoły.

„Środowisko czyni zwierzę”

Kto się boi złotej rybki?

Co wpływa na odwagę?

Dlaczego rozwielitki fikają koziołki?

Problem indywidualności

Naukowcy są zgodni, że w każdej grupie zwierząt osobniki różnią się między sobą – czy to wyglądem, czy też zachowaniem. Jedne stale ryzykują życiem, by zdobyć pożywienie, inne pozostają w ukryciu mimo głodu. Niektóre stale są ruchliwe, inne zdają się ospałe. Zaskakująco mało wiemy, jak kształtują się te różnice. W jakim stopniu ewolucja determinuje zachowanie? Jaką rolę odgrywa informacja przekazana od rodziców? Na ile późniejsze zachowania kształtowane są przez wczesne doświadczenia zwierzęcia? Wiemy, że część z tych różnic zapisana jest w genach, a część wynika z wcześniejszych doświadczeń poszczególnych osobników – mogą zależeć od przebytych w trakcie rozwoju głodu, chłodu, choroby czy napotkanych zagrożeń. Wszystkie takie czynniki mogą trwale kształtować zachowania zwierząt w ich dorosłym życiu.

Nauka wciąż poznaje wagę takich różnic dla ewolucji gatunku i funkcjonowania całego zespołu organizmów, który zwierzęta współtworzą. A skoro nauka przyznaje, że każda rozwielitka czy żaba

jest inna, powinniśmy to traktować jak wsparcie w naszych dążeniach do objęcia nas, ludzi, prawdziwie zindywidualizowaną opieką – między innymi medyczną.

Projekt badawczy – zadania uczestników

Badacze do tej pory w niewielkim stopniu zbadali, jak czynniki środowiskowe kształtują zachowanie indywidualnego zwierzęcia. I to właśnie będą „rozgryzać” uczestnicy projektu, badając rozwielitki (*Daphnia sp.*) – maleńkie, ale dobrze widoczne gołym okiem, niemal przezroczyste skorupiaki.

Realizujący projekt przyjrzą się indywidualnym różnicom w zachowaniu zwierząt. Będą eksperymentowali i prowadzili obserwacje rozwielitek, poszukując odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób czynniki środowiskowe kształtują zachowania małych skorupiaków. Dla rozwielitek, tak jak dla innych zwierząt, kluczowe jest rozmnożenie się zanim dopadnie je drapieżnik. Dlatego uczestnicy zbadają, jak doświadczenie obecności zagrożenia (w postaci obecności



Więcej o projekcie

Rozwielitki żyją m.in. w jeziorach, starorzeczach, śródpolnych zbiornikach wodnych i miejskich sadzawkach. Odżywiają się, odfiltrowując z wody jednokomórkowe glony – jeśli woda jest przejrzysta, to najpewniej dzięki rozwieltkom. Same są podstawowym pokarmem dla wielu ryb i dlatego, jako ogniwo łączące glony (producentów) z konsumentami wyższych rzędów, są ważnym elementem ekosystemów, w których żyją*.

* Rozwielitki są filtratorami – odżywiają się odcedzoną z toni wodnej zawiesiną jednokomórkowych glonów, pierwotniaków i związanych z nimi bakterii. Funkcję aparatu filtracyjnego pełni kilka par krótkich odnóży nieustannie poruszających się i tworzących przepływ wody pod kłapami okrywającego rozwielitkę pancerza. Efektem takiego ich odżywiania się jest rzeczywiste filtrowanie wody i większej przejrzystości. Rozwijająca się populacja rozwielitek potrafi kontrolować zakwity glonów w zbiorniku.

Dlaczego warto badać akurat rozwielitki? Są wdzięcznym obiektem badawczym – łatwym w hodowli. Ponieważ są przezroczyste, dobrze widać wypętniony glonami przewód pokarmowy i jaja w komorze lęgowej samicy, a pod binokulem również bijące serce, ruch oka i odnóży filtrujących wodę. Zwykle rozmnażają się partenogenetycznie – bez udziału samców, samice rodzą genetycznie identyczne córki*. Badając osobniki pochodzące od jednej samicy, z jednego „klonu”, możemy założyć, że obserwowane różnice między osobnikami są wynikiem różnic środowiskowych a nie genetycznych. To ogromnie ułatwia prowadzenie badań i interpretację wyników.

* Kiedy warunki środowiska pogarszają się (na przykład jesienią, gdy robi się zimno i brakuje pokarmu) samice zaczynają dodatkowo rodzić samców, którzy zapłodnią jaja przetrwalne. Zamknięte w ochronnej kapsule jaja mogą czekać na swój czas nawet setki lat.

drapieżnika lub tylko jego zapachu) wpływa na późniejszą śmiałość i aktywność poszczególnych osobników. Aby to sprawdzić, można posłużyć się drapieżnymi larwami wodzienia (*Chaborus* sp.), można zasymulować obecność zagrożenia, wykorzystując wodę, w której wcześniej pływała ryba, najlepiej karaś (*Carassius auratus*, tzw. złota rybka). Uczestnicy sfilmują zachowania rozwielitek i przeanalizują nagrania, ale najpierw ruszą w teren i przyjrzą się tym małym zwierzętom oraz ich współmieszkańcom w zbiorniku wodnym – ich naturalnym środowisku.

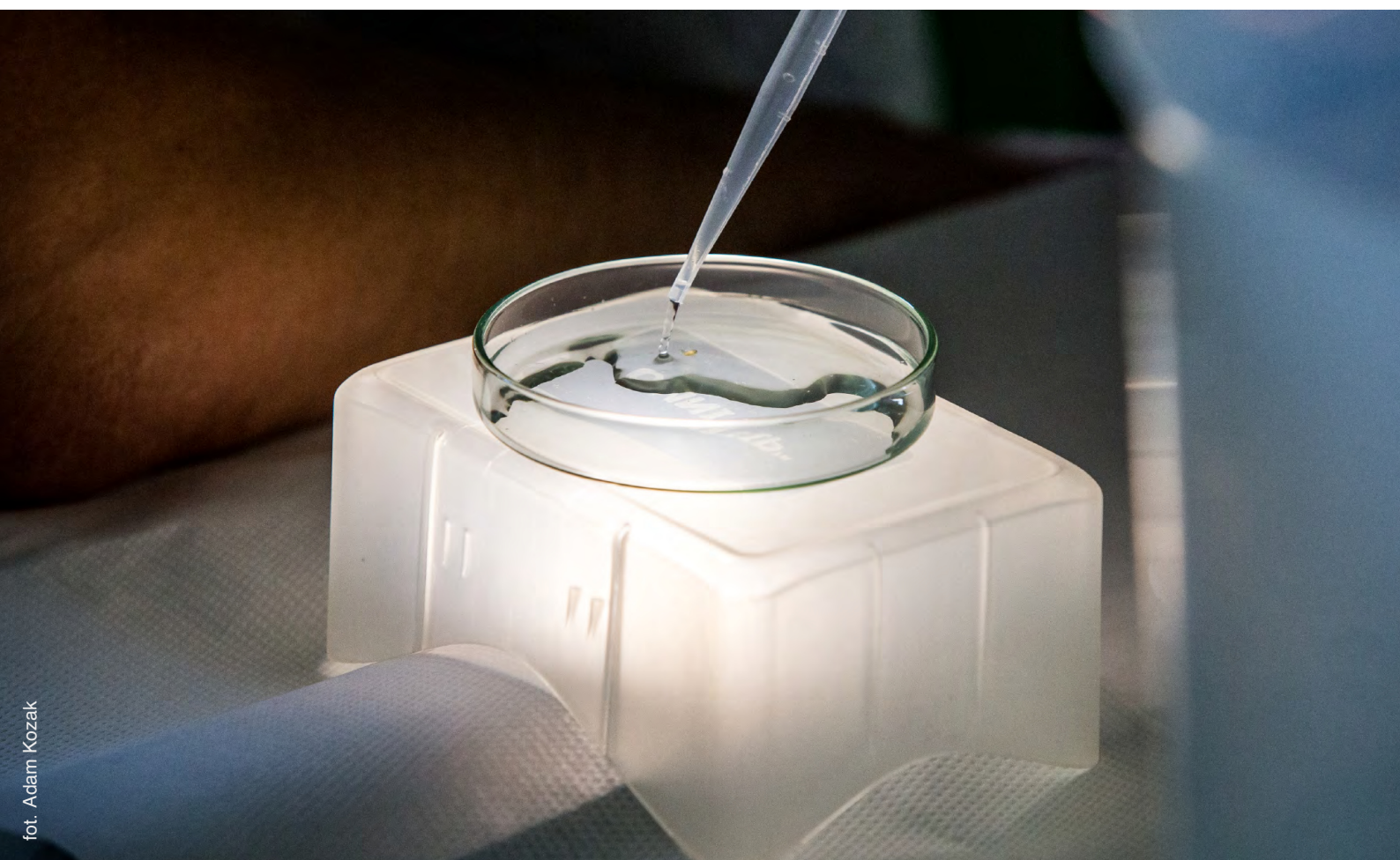
Uczestnicy rozpoczną badania od potłów rozwielitek. Ten etap to pojedyncza **wyprawa**

w terminie od wiosny do wczesnej jesieni (póki stały się możliwymi do przetestowania hipotezami. zwierzęta są aktywne). W wybranej okolicy trzeba będzie **znaleźć zbiornik wodny** i zabrać ze sobą wiadro, kasarki (siatki jak na motyle) i kuwety. Uczestnicy **złowią drobne zwierzęta bezkręgowce** – mogą kryć się w przybrzeżnej roślinności, w osadach dna lub w toni wodnej przy brzegu. Jeśli znajdą wśród nich rozwielitki, świetnie! W zamykanych pojemnikach z wodą zabiorą ich kilka lub kilkanaście i rozpoczną hodowlę w dużych stojach, najlepiej na parapecie. Będą je karmić drożdżami i prowadzić obserwacje zachowań rozwielitek. Na tym etapie trzeba będzie **sformułować pytania** o zróżnicowanie zachowań zwierząt, czynniki wpływające na nie, przyczyny takich lub innych reakcji. Uczestnicy spróbują również **sformułować przypuszczalne odpowiedzi** w taki sposób, by

Przykładowa **hipoteza** może brzmieć: rozwielitki, które jako młode miały kontakt z drapieżnikiem, będą w dorosłym życiu mniej śmiałe od rozwielitek, które tego kontaktu nie miały. Następnie uczestnicy będą weryfikować hipotezy w **eksperymentach** – poddadzą rozwielitki ekspozycji na wybrany czynnik środowiskowy, w przypadku powyższej hipotezy na obecność drapieżnika*.

* Innym badanym czynnikiem może być ograniczenie ilości pokarmu. W tym przypadku kluczowe będzie precyzyjne odmierzanie jedzenia tak, by zwierzęta doświadczyły umiarkowanego, ale nie skrajnego głodu. Rozwielitki z grupy kontrolnej nie będą głodzone.

Kolejnym etapem prac badawczych będzie rejestracja zachowań rozwielitek, analiza otrzymanego obrazu i analiza danych oraz opracowanie i prezentacja



wyników. Więcej szczegółów na ten temat znajdziecie w harmonogramie oraz w załączonych materiałach.

Pamiętajcie o kontrolnych rozwiłkach! Losowo wybierzcie, które osobniki będą eksponowane, a które posłużą jako próba kontrolna. Dzięki próbie kontrolnej (rozwiłkom nie poddawany eksponowaniu na wybrany czynnik środowiskowy, ale traktowanym w ten sam sposób jak pozostałe) będzie można później porównać wyniki i wyciągnąć wnioski z badań w naukowy sposób.

Jak modyfikować projekt?

Potowom rozwiłek może towarzyszyć nauka rozpoznawania innych zwierząt zamieszkujących zbiornik, a także wykonanie pomiarów temperatury wody czy zasolenia. Jeśli w waszej okolicy nie ma zbiornika wodnego, udajcie się po rozwiłki do sklepu – nietrudno je znaleźć, kupują je akwaryści.

Jednym z etapów projektu jest analiza zdjęć rejestrujących ruch rozwiłek pod wpływem badanych czynników środowiskowych oraz analiza danych. Jest to moment, w którym możliwe jest stopniowanie trudności projektu. Analizę można wykonać odręcznie na folii przyłożonej do ekranu komputera i narysować na niej trajektorię ruchu rozwiłek, a następnie opisać to, co widać na stworzonych w ten sposób rysunkach. Można też wykonać analizę automatyczną z użyciem nieodpłatnego programu komputerowego ImageJ, co polecamy starszym uczestnikom – będą mogli dzięki temu rozwinąć umiejętności posługiwania się narzędziami informatycznymi. Starszym polecamy także opracowanie danych i przygotowanie wykresów w programie Excel.

dr Barbara Pietrzak

Przygotowanie

- 1 Potowy
↓
- 2 Obserwacja
↓
- 3 Stawianie pytań
↓
- 4 Planowanie

Eksperyment

- 5 Ekspozycja
↓
- 6 Test
↓
- 7 Analiza
↓
- 8 Prezentacja



„Daphnia zjada glony, a ją zjada ryba.
(...)Choć wygląda niepozornie, Daphnia
posiada szeroki wachlarz odpowiedzi na
to, co się w środowisku dzieje. Potrafi
zareagować na obecność drapieżnika,
może rosnąć większa, tworzyć długie
hełmy, kolczaste tarcze, żeby nie zniknąć
w paszczy drapieżnika bezkręgowego...”
(fragment z wystąpienia Barbary Pietrzak
w czasie półfinału FameLab Polska 2014).

Harmonogram projektu – propozycja

Zwróć uwagę:

- Rozpisanie poszczególnych etapów projektu na godziny ma charakter orientacyjny.
- Każdy kierujący projektem powinien dostosować rozkład zajęć do swoich potrzeb i możliwości. Niektóre zajęcia warto łączyć w bloki, pomiędzy innymi tematami zajęć musi upłynąć kilka dni/tygodni, więc warto zaplanować działania po przeczytaniu całego harmonogramu.
- Należy na bieżąco uzupełniać dziennik laboratoryjny. Jego propozycja znajduje się w pliku [Środowisko_czyni_zwierze – dziennik laboratoryjny](#).
- Projekt wymaga opieki nad zwierzętami (karmienie i wymienianie wody).

Etap prac badawczych	Proponowane zajęcia	Orientacyjny czas (1 = 45 minut)
Połowy	Kto tu żyje? Różnorodność zwierząt zamieszkujących brzegi jezior	3
Obserwacja	Poznaj zwierzę – hodowla i obserwacje zachowań rozwielitek	1
Stawianie pytań Planowanie	Co, jak, dlaczego?	4
Obserwacja	Dyżury uczestników	
Ekspozycja	Czym skorupka za młodu nasiąknie cz. 1	2
	Dyżury uczestników	
Test	Zachowanie wobec zagrożenia	4
Ekspozycja	Dyżury uczestników	
	Czym skorupka za młodu nasiąknie cz. 2	2
	Dyżury uczestników	
Test	Zachowanie wobec zagrożenia	4
Analiza Prezentacja	Gdzie jest <i>Daphnia</i> ? Analiza obrazów oraz danych	6
	Powiedz mi, co Cię spotkało, a powiem Ci kim jesteś	*

* Zajęcia do przeprowadzenia w dowolnej formie, według pomysłu opiekuna projektu.

Dodatkowe materiały do pobrania:

http://www.kopernik.org.pl/fileadmin/user_upload/PROJEKTY_SPECJALNE/projekty_europejskie/Szkola_blizej_nauki/Szkolne_projekty_badawcze-materialy_cz_1.zip

Połowy. Kto tu żyje? Różnorodność zwierząt zamieszkujących brzegi jezior

Znajdźcie w swojej okolicy zbiornik wodny – może to być jezioro, parkowy staw albo pozostałości starorzecza – i wybierzcie się tam z wiadrem, kasarkami i pojemnikami. Waszym zadaniem będzie złowienie drobnych zwierząt bezkręgowych kryjących się w przybrzeżnej roślinności, w osadach dna i w toni wodnej przy brzegu. Umieśćcie zwierzęta w kuwetach z wodą. Pochylicie się nad nimi, próbując rozpoznać, kim są. Jeśli znajdziecie wśród nich rozwielitki – to świetnie! Zabierzcie ich kilkanaście, w zamykanych pojemnikach z wodą i rozpocznijcie hodowlę. Jeśli nie znajdziecie rozwielitek, najlepiej powtórzcie wyprawę lub, w razie konieczności, zakupcie je w sklepie akwarystycznym.

Materiały, potrzebny sprzęt:

2 wiadra, kasarki, min. 4 kuwety lub inne płaskie pojemniki, 4 dzbanki, ok. 10 zamykanych pojemników, pipety, klucze do oznaczania zwierząt

Działania do wykonania:

- Poznanie różnorodności bezkręgowców wodnych żyjących w najbliższym zbiorniku wodnym.
- Złowienie rozwielitek, pierwsze obserwacje.
- Umieszczenie rozwielitek w zamykanych pojemnikach i przetransportowanie do sali.
- Założenie hodowli w stojach na parapecie.

Dodatkowe uwagi:

- Poszukajcie kluczy do oznaczania wodnych zwierząt bezkręgowych w bibliotekach lub w Internecie.
- Jeśli chcecie zrobić dodatkowe pomiary środowiskowe przydadzą się również mierniki zasolenia wody i temperatury, ewentualnie termometr.

Obserwacja. Poznaj zwierzę – hodowla i obserwacje zachowań rozwielitek

Hodowla i obserwacje zachowań rozwielitek to ważny etap, który z jednej strony uczy odpowiedzialności, z drugiej strony to czas inspiracji i rozbudzania ciekawości. Samo karmienie (zawiesiną drożdży) podczas dyżuru będzie trwało chwilę, ale wykorzystajcie ten czas do przeprowadzania wstępnych obserwacji. Rozwielitki hodowane w stojach na

parapecie można obserwować gołym okiem! Należy zacząć od krótkich obserwacji, nawet minutowych, a gdy młodzi badacze się oswoją, czas obserwacji stopniowo wydłużyć. Potem dojdzie do nich robienie notatek. Wreszcie etap zakończy się przygotowaniem przez uczestników pisemnego opisu zachowania zwierząt (zwróćcie w nim uwagę na różnice między obiektywnym zapisem obserwacji a interpretacją) oraz przygotowaniem zwierząt do eksperymentów.

Materiały, potrzebny sprzęt:

stoje do hodowli, sitka kuchenne, pipety, drożdże piekarskie

Działania do wykonania:

- Wstępne obserwacje
- Hodowla rozwielitek w stoikach.
- Dokonywanie obserwacji i notowanie zachowań zwierząt w dziennikach laboratoryjnych.

Dodatkowe uwagi:

- Warto ustalić z uczestnikami dyżury tak, aby wszyscy mieli okazję regularnie karmić zwierzęta.
- Uczestnicy przed przystąpieniem do prowadzenia hodowli powinni zapoznać się z [bazą wiedzy na temat tych zwierząt dostępną na str. 78–81](#), a także poszukać informacji o rozwielitkach w innych źródłach. Mogą w grupach opracować wybrane zagadnienia i zaprezentować je pozostałym uczestnikom na przykład w formie prezentacji, plakatu albo samodzielnie zmontowanego filmiku.
- Regularne wypełnianie dzienników laboratoryjnych stanowi ważny etap prac badawczych. Umożliwi późniejsze powracanie do poprzednich etapów badań i porzypomnienie sobie, tego co wydarzyło się wcześniej. Prowadzenie dzienników umożliwi analizę obserwacji, dokonanie porównań i wyciągnięcie wniosków.

Stawianie pytań, planowanie. Co, jak, dlaczego?

Uczestnicy w grupach wymieniają się swoimi obserwacjami rozwielitek. Postawią pierwsze pytania, które ich nurtują; sformułują pytania o zachowania rozwielitek – o ich zróżnicowanie, o czynniki na nie wpływające, o przyczyny takich lub innych reakcji. Następnie podzielą się swoimi pomysłami na odpowiedzi i z pomocą opiekuna projektu sformułują przypuszczalne odpowiedzi w taki sposób, by stały się możliwymi do przetestowania hipotezami. Zapiszą te, które będą weryfikować w eksperymencie, np. „rozwielitki, które jako młode miały kontakt

z drapieżnikiem, będą w dorosłym życiu mniej śmiałe od rozwielitek, które tego kontaktu nie miały”. Albo odwrotnie?

Jak to sprawdzić? Może część rozwielitek trzeba hodować w wodzie, w której była wcześniej ryba, a część w wodzie „nieskażonej” zapachem ryby? A potem porównać ich skłonność do opuszczania kryjówki? Co tak naprawdę trzeba będzie zmierzyć, żeby to określić? Jakie sprzęty będą potrzebne do przeprowadzenia takich badań?

Materiały, potrzebny sprzęt:

stoły ustawione do pracy w grupach, kartki, markery, tablica, rzutnik, ekran

Działania do wykonania:

- Stawianie pierwszych pytań badawczych.
- Poznanie życia rozwielitek – zebranie informacji o temat zwierząt.
- Sformułowanie hipotez, które uczestnicy zweryfikują w eksperymencie.

Przykłady od uczestników projektu „Szkoła bliżej nauki”:

Pytanie: Dlaczego rozwielitki mają przezroczystą krew? Hipoteza: Żeby ich drapieżca nie widział.

Pytanie: Jak rozwielitki reagują na obecność drapieżnika? Hipoteza: Uciekają lub chowają się.

Pytanie: Jaki jest z nich pożytek? Hipoteza: Bardziej przezroczysta woda.

Pytanie: Dlaczego tak szybko umierają? Hipoteza: Z powodu złego pokarmu lub wody.

Pytanie: Jak wyczuwają obecność drapieżnika? Hipoteza 1: Węchowo. Hipoteza 2: Wyczuwają ruch wody.

Pytanie: Jak ich sposób poruszania się zmienia się w odpowiedzi na obecność drapieżnika? Hipoteza: Pływają wolniej / szybciej.

Pytanie: Dlaczego umarły po zmianie wody? Hipoteza: Była za krótko napowietrzona.

Pytanie: Dlaczego badamy rozwielitki w szkole? Hipoteza: W domu trudniej.

- Równolegle powinna trwać hodowla rozwielitek do eksperymentu i dyżury uczestników karmiących zwierzęta.

Ekspozycja. Czym skorupka za młodu nasiąknie cz. 1

To pierwsza część, do potraktowania jako próbna. W późniejszej części projektu będzie możliwość powtórzyć doświadczenia, poprawić je albo przeprowadzić nowe.

W pierwszym etapie realizacji badań, młode rozwielitki eksponowane będą na wybrany czynnik środowiskowy. Może nim być zagrożenie drapieżnictwem – zasymulowane użyciem wody po trzymaniu w niej ryby (najlepiej karasia, *Carassius auratus*, „żłotej rybki”) czy wodzenia (przezroczystych larw potrzebnych będzie kilkaset, może będą w eksplorowanym przez was wcześniej zbiorniku). Innym badanym czynnikiem środowiskowym może być ograniczenie ilości dostępnego pokarmu.

Materiały, potrzebny sprzęt:

ryba lub larwy wodzenia, 4 spożywcze pojemniki (do eksponowania ryby i wymiany wody), szklanki, pokarm (glony lub drożdże piekarskie)

Działania do wykonania:

- Wybranie pipetami najmłodszych rozwielitek i rozłożenie ich pojedynczo do szklanek.

Każdy uczeń może „zaopiekować się” jednym osobnikiem. Losowo wybieriecie, które osobniki będą eksponowane a które posłużą jako kontrolne. Ten etap będzie trwał tydzień i będzie wymagał dyżurów i codziennej wymiany wody, poza weekendami. Ważne jest tutaj, żeby przez kilka dni eksponowane osobniki dostawały świeży sygnał o obecności drapieżnika (aktywne substancje chemiczne rozkładają się przed upływem doby) lub właściwą ilość świeżego pokarmu, bez ewentualnych „resztek z wczoraj”.

- Badanie zachowań zwierząt poddanych różnym czynnikom środowiskowym.
- Podzielnice osobników na eksponowane oraz kontrolne.

Osobniki eksponowane będą poddawane zmianom środowiska, osobniki kontrolne muszą być traktowane tak samo, tylko będą dostawały wodę bez zapachu drapieżcy lub więcej pokarmu.

Dodatkowe uwagi:

- Etap powinien trwać tydzień i wymaga dyżurów uczestników oraz codziennej wymiany wody – ważne, aby przez kilka dni eksponowane osobniki dostawały sygnał o obecności drapieżnika lub niedostatku pokarmu.
- Konieczne pamiętajcie o hodowaniu i równoległym obserwowaniu kontrolnych rozwielitek. Kontrolne to te, których nie będziecie traktować czynnikami środowiskowymi – obecnością drapieżnika, dietą czy innymi, które będziecie chcieli przetestować. Tylko porównując zachowania kontrolnych rozwielitek z rozwielitkami poddanymi czynnikom środowiskowym będziecie w stanie wyciągnąć wnioski w naukowy sposób. Sprawdzicie, czy te zachowania się różnią czy nie, zastanowicie się nad możliwymi wyjaśnieniami.

Test. Zachowanie wobec zagrożenia

W drugim etapie badań należy zarejestrować zachowanie pojedynczych osobników („doświadczonych” i „naiwnych”) w różnych okresach życia. Część rozwielitek filmowana będzie w wodzie z zapachem drapieżnika, część w wodzie bez tego zapachu – tak, aby nagrać rozwieliti eksponowane i kontrolne. Zwierzęta mogą być filmowane od kilku minut do godziny.

To bardziej fizjologia niż behavior, ale można przyrzeć się tempu bicia serca rozwielitek

w wodzie z zapachem drapieżnika i czystej. *Daphnia* są przezroczyste, używając binokularu i stopera można zliczać uderzenia serca osobnika umieszczonego na wklęsłym szkiełku w kropli wody.

Materiały, potrzebny sprzęt:

szalki Petriego / płytki laboratoryjne, 2 przezroczyste pojemniki, 2 lustra (mieszczące się w pojemnikach), czarny papier, taśma klejąca, 2 kamery lub telefony z kamerą, 2 statywy, markery, ew. szkiełka wklęsłe, stoper

Działania do wykonania:

- Rejestracja zachowań pojedynczych osobników w różnych okresach życia.

Część rozwiłitek będzie filmowana w wodzie z zapachem drapieżnika, część w wodzie bez tego zapachu. Proponujemy użyć przezroczystych plastikowych płytkich pojemników, kuwet lub płytek laboratoryjnych podświetlonych od dołu – umieszczonych na przezroczystym plastikowym pojemniku stojącym na parapecie do góry dnem i z leżącym pod nim pochyło lustrem. Rozwiłitki należy filmować z góry kamerą umieszczoną na statywie.

- Rejestracja uderzeń bicia serca rozwiłitek za pomocą binokularu i stopera.

Dodatkowe uwagi:

- Lustra i czarny papier to tylko proponowany wariant na plan zdjęciowy. W niektórych szkołach uczniowie z powodzeniem nagrali filmiki, korzystając z włączonego światła (np. latarki z telefonu) zamiast lustra. Ważne, aby rozwiłitki były podświetlone od spodu – będą dobrze widoczne na jasnym tle jako ciemne kropki. Na włączonej latarce umieśćcie biały papier, który rozproszy światło, dzięki czemu równomiernie oświetli rozwiłitki i będzie dla nich łagodniejsze.

Ekspozycja. Czym skorupka za młodu nasiąknie cz. 2

Bogatsi odoświadczenia z wcześniejszych eksperymentów, powtórzcie badania – zwłaszcza, jeśli wcześniej coś poszło nie tak. Teraz macie możliwość skorygowania błędów. A może poprzednio wyłoniły się nowe pomysły na hipotezy i teraz zechcecie je przetestować i w ten sposób poszerzyć badania? Waszym celem wciąż jest badanie zachowań zwierząt poddanych różnym czynnikom środowiskowym. Rozwińcie wasze naukowe skrzydła!

Materiały, potrzebny sprzęt:

ryba, 4 pojemniki spożywcze 5 l, szklaneczki, materiały do hodowli

Dodatkowe uwagi:

- Etap powinien trwać tydzień i będzie wymagał dyżurów uczestników oraz codziennej wymiany wody.
- Ważne, aby przez kilka dni eksponowane osobniki dostawały sygnał o obecności drapieżnika.

Test. Zachowanie wobec zagrożenia

Uczestnicy ponownie powinni rejestrować zachowanie pojedynczych osobników w różnych okresach życia, wystawionych na działanie czynników środowiskowych wybranych w doświadczeniu z drugiej części. Będziecie mieli okazję do poprawienia planu zdjęciowego i uzyskania lepszych zdjęć jeśli poprzednim razem coś poszło nie tak. Jak wiadomo, praktyka czyni mistrza! Naukowcy też wielokrotnie powtarzają swoje eksperymenty.

Zależnie od postawionej wcześniej hipotezy, starsi uczestnicy zmierzają wartości odpowiednich parametrów. Przykładowe mierzone parametry: średnia odległość dafni od ścianki naczynia, czas przebywania przy ściankach, droga przebyta przez dafnię podczas eksperymentu, średnia prędkość dafni, krętość ścieżki ruchu dafni...

Materiały, potrzebny sprzęt:

szalki Petriego / płytki laboratoryjne, ew. szkiełka wklęsłe, 2 przezroczyste pojemniki, 2 lustra (mieszczące się w pojemnikach), czarny papier, taśma klejąca, 2 kamery lub telefony z kamerą, 2 statywy, markery, ew. stoper

Działania do wykonania:

- Rejestracja zachowań pojedynczych osobników w różnych okresach życia.
| Zależnie od postawionej hipotezy, część rozwiłtek będzie filmowana np. w wodzie z zapachem drapieżnika, a część w wodzie bez tego zapachu.
- Rejestracja uderzeń bicia serca rozwiłtek za pomocą binokularu i stopera.

Gdzie jest Daphnia? Analiza obrazów oraz danych

Uczestnicy w zespołach zanalizują położenie zwierząt na wybranych klatkach swoich nagrań. Można to zrobić odręcznie, z linijką przy ekranie, ale proponujemy użyć dostępnego na wolnej licencji oprogramowania, np. **ImageJ** – będziecie mogli łatwiej uzyskać gotowe dane w arkuszach kalkulacyjnych, np. potrzebne do wyliczenia średniej prędkości rozwiłki lub przebytej przez nią drogi, miejsce przebywania itp. Na tej podstawie będzie można wykonać wykresy. Porównajcie rozwiłki między grupami i przyjrzyjcie się międzyosobniczemu

różnicom w obrębie grup.

Materiały, potrzebny sprzęt:

kabel lub karta SD, komputery z dostępem do Internetu, program do analizy obrazu (np. bezpłatny ImageJ) a w przypadku analizy odręcznej: folia, przezroczysta taśma, cienkie markery do folii; dowolny arkusz kalkulacyjny

Działania do wykonania:

- Analiza materiału filmowego poprzez ręczne lub automatyczne spisywanie pozycji zwierząt.

! Instrukcja dostępna na str. 83–86.

- Porównanie zachowań rozwielitek trzymanyh w różnych warunkach.

Dodatkowe uwagi:

- Warto, żeby uczestnicy przyjrzeni się uzyskanym rysunkom – trajektorii ruchu każdej rozwielitki. Czy testowe różnią się czymś od kontrolnych? Jakie były przewidywania – że jedno z nich będą bliżej ścianek niż drugie? Że któreś będą pływać szybciej?

Lista sprzętu – propozycja

Przydatne informacje:

Podane ilości dotyczą realizacji projektu z ok. 25 uczestnikami, których można podzielić na 4-5 zespołów.

Plastikowe wiadra 5 l	2
Dzbanki plastikowe 1-3 l	4
Siatka akwarystyczna do połowu rozwielitek z bardzo drobnymi oczkami i sztywną ramką	1
Plastikowe kuwety białe	4
Plastikowe pojemniki na mocz 100ml Lub inne podobne	10
Pipety Pasteura	np. opakowanie 500 szt
Plastikowe sitka kuchenne Małe 6-8 cm	6
Drożdże piekarskie świeże	opakowanie 100 g
Szój szklany 2 lub 3 l	3
Blok kartek A3	1
Grube pisaki / markery	12
Szklanki 100 ml	40
Szalki (płytki) Petriego lub inne przezroczyste pojemniki	30
Pojemniki przezroczyste z matowego tworzywa O pojemności ok 3 l, prostopadłościennne	2
Lusterko stojące kosmetyczne O wymiarach nie większych niż 19x14cm, odchylane	4
Czarny sztywny papier Arkusze A2	5 arkuszy
Taśma klejąca transparentna	1 rolka 20–25m
Szkiełko podstawowe z łezką (lub dwoma)	paczka
Pisaki permanentne 4 kolory	1 komplet
Binokular	min. 1



Komputery, rzutnik i ekran	
Ryba (np. karaś) albo inny drapieżnik	1
Nieduże akwarium z osprzętem	1
Jeśli uczestnicy zdecydują się hodować rybę po eksperymencie	
Kamera (może być w komórce)	1
Stoper (może być w komórce)	2

Baza wiedzy

Barbara Pietrzak

Odrobina biologii

Instrukcja w genach

Każda żyjąca istota jest efektem realizacji programu zapisanego w jej genach. Czy to bakteria, drzewo czy człowiek, odczytywane są w trakcie jej rozwoju kolejne porcje kodu genetycznego, na bazie których następuje synteza cząsteczek chemicznych – bezpośrednio budujących ciało bądź biorących udział w regulacji tego, jak ma ono działać. Na podstawie sekwencji DNA potrafimy odcyfrować znacznie więcej niż przynależność gatunkową organizmu, a badacze udoskonalają algorytmy, które pozwalają stworzyć portret osoby na podstawie sekwencji jej genów.

Zwierzę w środowisku

Zachodzący w organizmie nieustanny odczyt zapisanej w jego genach instrukcji nie następuje w próżni. Zmieniają się warunki wokół: temperatura, dostępność pokarmu, pojawiają się substancje szkodliwe, patogeny, drapieżcy... Docierające ze środowiska sygnały wpływają na ekspresję genów organizmu, a tym samym na wszystkie jego cechy: wielkość i budowę ciała, metabolizm, aktywność ruchową i cały repertuar zachowań. Od temperatury, w jakiej rozwijają się żółwie jaja, zależy, czy wyklują się z nich samce czy samice. Od rodzaju diety zależy, czy z larwy pszczoły wyrośnie królowa czy robotnica.

Zwierzęce indywidualności

Podczas gdy u wielu zwierząt raz ukształtowane ciało trudno przemodelować, behawior jest bardziej elastyczny. W odpowiedzi na zimno zwierzę zaczyna drzeć produkując ciepło, chowa się do nory lub gniazda, albo zakłada czapkę. W odpowiedzi na zagrożenie ucieka lub podejmuje walkę. W sytuacji głodu zapada w letarg lub wyrusza na poszukiwania pokarmu. Wydawałoby się, że stosownie do sytuacji zwierzę może zareagować



tak lub inaczej. Okazuje się jednak, że w populacjach ptaków, ryb, a nawet drobnych bezkręgowców występują trwałe różnice między osobnikami – jedne podejmą ryzyko by zdobyć pokarm, inne pozostaną głodne w ukryciu. Czy te śmiały to te duże? Niewątpliwie repertuar zachowań każdego osobnika jest, podobnie jak inne jego cechy, wynikiem ekspresji posiadanych przez niego genów zachodzącej w konkretnych warunkach środowiska oraz wobec informacji przekazanej od rodziców poza zapisem w sekwencji genów. Ale jak dokładnie się ten repertuar zachowań kształtuje?

Kto pod lupę

Naukowcy szukając odpowiedzi na nowe pytania badawcze często wybierają jako obiekt swoich badań te organizmy, o których już wiele wiadomo. To ułatwia planowanie badań oraz odniesienie odkrywanych zależności do uzyskanych wcześniej przez innych wyników. Te często wykorzystywane w badaniach organizmy to organizmy modelowe. Należą do nich między innymi myszy, muszki owocowe i drożdże piekarskie w badaniach genetycznych oraz rozwielitki w badaniach ekologicznych. Łączy je stosunkowa łatwość w hodowli i krótki czas generacji, który umożliwia z jednej strony szybkie uzyskanie w hodowli wielu osobników, a z drugiej – prześledzenia całego życia osobnika.

Dlaczego rozwielitki?

U rozwielitek czas generacji, czyli pełen cykl od jaja w jednym pokoleniu do jaja w następnym, to – zależnie od gatunku (geny) oraz temperatury i dostępności pokarmu (środowisko) – zwykle od kilku dni do kilku tygodni. Samica dużego gatunku (2 do 5 mm długości) występującego w bezrybnych stawach i sadzawkach, w warunkach obfitości pokarmu w temperaturze 20 °C po upływie tygodnia może wydać na świat pierwsze potomstwo. Ta sama samica w ciągu kolejnego tygodnia może wyprodukować setkę młodych, a sama rzadko dożyje drugiego miesiąca (za to w Czarnym Stawie pod Rysami, gdzie przez cały rok jest zimno i brakuje pokarmu, niektóre samice wydają potomstwo dopiero w drugim roku życia!). Sama samica, bez udziału samca – ponieważ rozwielitki zwykle rozmnażają się partenogenetycznie. To kolejne ułatwienie dla hodowcy i eksperymentatora.

Filtrujące skorupiaki

Rozwielitki są skorupiakami, podobnie jak krewetki, raki czy kraby. Żyją w toni wód słodkich – jezior, stawów, a także okresowych zbiorników śródpolnych i sadzawek miejskich. Choć w głębokich jeziorach potrafią pokonywać codziennie dziesiątki metrów w pionie, w głąb i z powrotem ku powierzchni, są małe i słabo radzą sobie z prądem wody – nie spotykamy ich w rzekach. Są filtratorami, to znaczy odżywiają się odcedzoną z toni wodnej zawiesiną jednokomórkowych glonów, pierwotniaków i związanych z nimi bakterii. Funkcję

aparatu filtracyjnego pełni kilka par krótkich odnóży nieustannie poruszających się i tworzących przepływ wody pod klapami okrywającego rozwielitkę pancerza. Efektem takiego ich odżywiania się jest rzeczywiste filtrowanie wody i większa jej przejrzystość. Rozwijająca się populacja rozwielitek potrafi kontrolować zakwity glonów w zbiorniku.

Biologia w imieniu

Wiele o biologii tych zwierząt mówią ich nazwy w różnych językach. Łacińska nazwa *Daphnia* i jej spolszczona wersja, dafnia, wywodzą się od imienia greckiej bogini Dafne zamienionej w drzewo i odnoszą się do długich gałęzistych odnóży, które działają jak wiosła i służą temu zwierzęciu do poruszania się w toni. Stąd też nazwa całej tej grupy skorupiaków, do której należą dafnie – wiosłarki. Pojedyncze machnięcia tymi odnóżami sprawiają, że te małe zwierzęta poruszają się w wodzie skokami – aktywnie do góry i opadając w dół. Stąd w wielu językach wiosłarki nazywane są potocznie pchłami wodnymi (np. ang. water fleas, niem. Wasserflöhe). Czesi nazywają wiosłarki perloočki i jeśli spojrzymy na nie pod binokulem, to zobaczymy, że widoczne gołym okiem czarne oko otoczone jest „peretkami” – to soczewki skupiające światło na ciemnej tkance światłoczułej.

Do światła czy od światła

Rozwielitki mają nadzwyczaj dobry wzrok, choć nie tworzą złożonych obrazów. Mogą za to wykryć ruch, rozpoznać barwę oraz zobaczyć polaryzację światła. Pierwsze informuje zwierzę o nadpływającym drapieżniku – rybie. Drugie może być wskazówką, gdzie szukać pokarmu. Trzecie informuje o tym, z której strony i jak daleko jest brzeg zbiornika, a z której jest otwarta toń wody. Jednym z obserwowanych u rozwielitek zachowań jest właśnie unikanie brzegów, gdzie czyha więcej drapieżców. Innym, być może najważniejszym zachowaniem, jest unikanie drapieżcy przez chowanie się w głębszej wodzie, dokąd nie dociera światło i gdzie zwierzę jest niewidoczne. Rozwielitki migrują pionowo w rytmie dobowym: w dzień kryją się przed rybami w ciemnych głębinach, pod osłoną nocy żerują w ciepłej wodzie przy powierzchni. Co ciekawe, zdaje się, że nie światło a gradient temperatury jest dla nich wskazówką na jakiej głębokości pozostać.

Cyklomorfoza

Ryby nie są jedynym zagrożeniem dla rozwielitek. W wodach żyje cała plejada bezkręgowych drapieżców. Najliczniejszym i najgroźniejszym z nich są przezroczyste larwy podobnego komarom owada – wodzenia – przez akwarystów zwane szklarkami. Ci drapieżcy nie kierują się wzrokiem, wyczuwają raczej chemiczne ślady i ruch wody wokół potencjalnych ofiar. Sposobem na nie jest wytworzenie długich ostrych wyrostków: hełmu na głowie i kolca na końcu ciała. Tak uzbrojona rozwielitka nie tylko stanie ością w gardle, gdyby któremuś udało



się ją schwytać, ale też te długie wyrostki zmieniają sposób drgania wody wokół zwierzęcia i tym samym mylą drapieżcę co do pozycji ofiary. Rozwielitki z niektórych gatunków mogą uzbroić się w taki hełm i kołec w ciągu swojego życia – zrzucając kolejne wylinki i rozbudowując przy każdej nowy pancerz. Różnice w wyglądzie uzbrojonych i nieuzbrojonych osobników są tak duże, że brano je niegdyś za odrębne gatunki. A zmiana ta dokonuje się w obrębie jednego genotypu, w ramach jego plastyczności fenotypowej!

Rozwielitki pod Grunwaldem

O sposobach rozwielitek na przeżycie w niebezpiecznym świecie słodkowodnych zbiorników można pisać całe tomy. Jeśliby wybrać do opisu jeszcze jeden sposób, będzie to „kapsuła czasu”. Gdy warunki się pogarszają, populacja staje się przegęszczona lub z innych powodów zaczyna brakować pokarmu, partenogenetyczne samice zaczynają produkować samce, a także składać inne jaja: czekające na zapłodnienie jaja przetrwalne. Po zapłodnieniu, zamknięte w szczelnej osłonce, przypominającej czarne nasionko, mogą wyschnąć, przemarznąć, upaść się na słońcu czy przejść przez przewód pokarmowy ryby lub ptaka, a i tak może z nich po dziesiątkach a nawet setkach lat wykluć się młoda rozwielitka. W jednym z laboratoriów rozwielitka wykluła się z jaja, które wydobyto z głębokich osadów jeziora, a których wiek oceniono na jakieś 600 lat – została poczęta w czasach bitwy pod Grunwaldem.

Odrobina praktyki

Żywa istota

Biolodzy z zadziwieniem patrzą na terminologię prawną, według której większość bezkręgowców nie jest traktowanych jak zwierzęta! Rzeczywiście, ich układy nerwowe są prostsze, stąd tradycyjnie panowało przekonanie, że ich zachowania są bardziej stereotypowe i odtwarzalne niż u kręgowców. Porównanie do „minirobotów” odchodzi jednak do lamusa z wynikami kolejnych eksperymentów. Zachowania, które zdawały się prostymi odruchami ucieczki lub walki, okazują się wynikiem złożonych procesów podejmowania decyzji w bardzo konkretnych warunkach środowiska zewnętrznego i wewnętrznego organizmu. Rozwielitka może i jest maleńka, ale ta świadomość musi nam zawsze towarzyszyć podczas eksperymentów: to żywa czująca istota, na bieżąco odbierająca i przetwarzająca bodźce ze środowiska i dostosowująca odpowiednio swoje zachowanie.

Połowy zwierząt

Powyższe uwagi dotyczą wszystkich zwierząt, także tych złowionych podczas wycieczki rozpoczynającej projekt. Większość zwierząt wodnych nie potrafi poradzić sobie z brakiem wody. Dlatego wszystkie wyłowione ze zbiornika

zwierzęta przekładamy bezpośrednio do kuwet lub innych pojemników wypełnionych wodą. Jeśli zaś z kuwety jakieś zwierzę uparcie wytaży, może należy mu pozwolić – być może jest to zwierzę lądowe, które przypadkiem wpadło do siatki. Po zakończeniu oznaczania zwierząt według obrazkowego klucza, wszystkie zwierzęta – prócz kilku(nastu) znalezionych rozwielitek, które zabieramy – transportujemy całe i żywe z powrotem do zbiornika.

Rozpoczęcie hodowli

Przyniesione zwierzęta można zostawić na jeden lub dwa dni w wodzie, w której są, ale lepiej przetożyć je pojedynczo pipetką do przygotowanej wcześniej wody – wtedy mamy szansę na pozbycie się towarzyszących im w wodzie ledwo widocznych lub niewidocznych gotym okiem innych organizmów. Wodę można przygotować, odstawiając ją do napowietrzania pod przykryciem przez przynajmniej kilka dni, a najlepiej tydzień. Im dłużej taka woda się napowietrza – kiedy w ciemności nie zachodzi fotosynteza i nie mnożą się glony a z nimi organizmy wykorzystujące je jako pokarm, a w natlenionej wodzie zachodzą procesy rozkładu różnych niepożądanych substancji – tym lepiej.

Karmienie

Kolega profesor trzyma w swoim gabinecie stój wysokości metra z zamkniętymi w nim rozwielitkami, rozrastającymi się glonami, innymi drobnymi organizmami i osadem i przez wiele miesięcy tam nie zagląda. Ten mały ekosystem zmienia się, ale trwa. Populacja rozwielitek czasem znika na kilka miesięcy, ale odradza się z wytworzonych wcześniej jaj przetrwałych, które opadły w osady. Mimo tej ciekawostki, nie polecam pozostawiania hodowli bez opieki i pożywienia. Ekosystem profesora jest całkiem spory i różnorodny biologicznie – a wraz z rozmiarami i różnorodnością rośnie stabilność układu. Niedokarmienie własnej hodowli może się zakończyć śmiercią głodową zwierząt. Z kolei zwierzęta karmione tylko sporadycznie będą otrzymywały sygnał o niepewności warunków środowiskowych i mogą ograniczyć produkcję jaj albo wręcz je tracić. Dlatego tak ważne jest rozpisanie dyżurów i, o ile to możliwe, codzienne karmienie. W weekendy – trudno, muszą sobie poradzić. Najlepszym pokarmem będzie zawiesina glonów – pokarm zbliżony do tego z naturalnego środowiska. Zawiesina jednokomórkowych grzybów, drożdży, też jest całkiem pożywna, trzeba tylko uważnie kontrolować ich ilość oraz dbać, by nie dodać ich za dużo, gdyż woda stanie się mleczna i nieprzejrzysta.

Wymiana wody

Warto w hodowli regularnie wymieniać wodę. Rozwielitki, jak wszystkie organizmy żywe, wydalają zbędne produkty przemiany materii i ich nagromadzenie może nie służyć zwierzętom. Najłatwiej pewnie w warunkach szkolnych taką wymianę zorganizować dwa lub trzy razy w miesiącu, chociaż można by to robić częściej. Przy każdej wymianie na



początek trzeba przygotować czyste naczynia ze świeżą wodą i pokarmem i do nich przekładać zwierzęta. Kiedy zwierząt jest niewiele, można je przekładać pojedynczo pipetką. Gdy będzie ich więcej, można użyć sitka. Przy zmianie wody najlepiej od razu nastawić do napowietrzania wodę na następną wymianę.

Kontrola warunków, obserwacje i notatki

Warto regularnie mierzyć temperaturę wody w jednym z naczyń i zapisywać wyniki w dzienniku, w tym sprawdzać, czy temperatura świeżej i zmienianej wody nie różni się zbyt wiele. Można też skontrolować zasolenie w odbieranej rozwiłtkom i w świeżej wodzie. Jeśli w wodzie pojawią się inne drobne organizmy, warto przyjrzeć się im pod mikroskopem i sprawdzić, co tam jest.

Prowadzenie notatek pomaga skupić uwagę i kontrolować na bieżąco, czy wykonaliśmy wszystkie zadania. Pozwala też prześledzić przeszłe wydarzenia w sytuacji, gdy zajdzie taka potrzeba. Jest to szczególnie ważne, gdy hodowlą zajmują się różne osoby i trzeba przekazywać sobie informacje. Dobrze jest notować w uwagach wszystkie nietypowe wydarzenia i obserwacje. Im więcej zanotujemy podczas obsługi eksperymentu, tym większą mamy nad nim kontrolę i łatwiej nam będzie później interpretować wyniki. Druga rzecz to notatki z prowadzonych obserwacji zachowań zwierząt. Warto się im przy jakiejś okazji przyjrzeć z uczestnikami projektu – co jest obiektywnym opisem ruchu zwierząt, a co już subiektywną interpretacją?

Kohorta

Wraz z wiekiem zwierzę się zmienia: rośnie, dojrzewa płciowo, starzeje się. W trakcie rozwoju rozwiłtki zmienia się też jej wrażliwość na sygnały płynące ze środowiska, a z tym jej reakcje. Żeby w eksperymentach nie mieszały się nam wpływ wieku i wpływ badanego przez nas czynnika, warto wykorzystywać osobniki w tym samym wieku. W dniu karmienia poprzedzającego rozpoczynanie ekspozycji, warto rozdzielić do osobnych naczyń hodowlanych: dojrzałe, produkujące jaja samice i osobniki młode. Następnego dnia, rozpoczynając ekspozycję, mamy szansę zastać w naczyniu z dojrzałymi samicami młode urodzone właśnie między jednym a drugim karmieniem – jednowiekową kohortę. Jeśli będzie ona za mała, zawsze możemy sięgnąć po zwierzęta z drugiego naczynia, zapisując „kto jest kto”.

Kontrola i powtórzenia

Prawidłowo przygotowany eksperyment badający wpływ dowolnego czynnika, u nas obecności drapieżcy na zachowanie rozwiłtek, powinien obejmować zabieg eksperymentalny oraz kontrolny, każdy w odpowiedniej liczbie powtórzeń. Postępowanie ze zwierzętami kontrolnymi powinno różnić się od postępowania

ze zwierzętami wystawionymi na działania badanego czynnika tylko nieobecnością tego czynnika. To oznacza, że jeśli dobę przed ekspozycją rozwielitek eksponujemy samego drapieżnika w świeżej wodzie (dla wyprodukowania „zapachu”), obok naczynia z wodą z drapieżnikiem ustawiamy naczynie z wodą bez drapieżnika. Następnego dnia rozwielitki wylosowane jako eksperymentalne i jako kontrolne dostaną odpowiednio jedną lub drugą wodę. Teraz, ponieważ niekontrolowane przez nas czynniki mogą wpłynąć na wyniki eksperymentu (przystówiowa mucha wpadnie do stoika), ustrzegamy się błędnego wnioskowania stosując powtórzenia. Żelazne minimum to trzy – jeśli jeden wynik z przyczyn losowych odbiegnie znacząco od reszty, mamy szansę to wytropić.

Plan eksperymentu

Eksperyment ma umożliwić uzyskanie odpowiedzi na postawione na początku pytanie badawcze i przetestowanie hipotezy. Dlatego dokładny plan postępowania będzie im podporządkowany. Planując eksperyment cały czas mamy w głowie pytanie: jeśli nasza hipoteza nie jest prawdziwa, czy ten eksperyment pozwoli to wykazać? Jaki wtedy uzyskam wynik? Nie wiemy, jaki uzyskamy wynik, ale przed przystąpieniem do eksperymentu powinniśmy wiedzieć, jakiego wyniku się spodziewamy, jeśli nasza hipoteza jest fałszywa, a jakiego, jeśli może być prawdziwa. Czas wstępnych obserwacji to czas potencjalnych inspiracji i rozbudzenia ciekawości przyszłych eksperymentatorów. Być może pojawią się pytania, za którymi warto podążyć.



Analiza obrazu i opracowanie danych – jak to wykonać?

Analiza obrazu

Celem tego zadania jest szczytanie z nagrania danych behawioralnych. Można to zrobić na dwa sposoby.

1. Dla obu, najpierw przy pomocy kabla USB zgrajcie nagranie na komputer i kontrolnie odtwórzcie film.

Sposób pierwszy. Analiza ręczna:

2. Przyklejcie na ekran grubą przezroczystą folię (np. taką w formacie A4 do rzutników).
3. Odtwarzajcie nagranie zatrzymując (pauza) z wybraną częstotliwością. Zależnie od warunków eksperymentu i sposobu poruszania się zwierząt, to może być co 1, 2 lub 5 sekund, według licznika w programie, w którym odtwarzacie film. Byle tak samo dla wszystkich nagrań.
4. Za pierwszym zatrzymaniem odrysujcie na folii kształt szalek i zaznaczcie główne podziały sfilmowanej linijki (np. 0–10–20 cm).
5. Przy każdym zatrzymaniu obrazu zaznaczcie na nałożonej na ekran folii pozycję dafni w każdej szalce oraz połączcie ten punkt z poprzednim prostą linią.
6. Wykonajcie w ten sposób 12–60 odczytów dla każdej dafni na każdym nagraniu.

Sposób drugi. Analiza cyfrowa:

2. Zainstalujcie program ImageJ ze strony: <https://imagej.nih.gov/ij/>, wybierając opcję Download, a następnie właściwą opcją systemu operacyjnego waszych komputerów. Możecie też użyć dowolnego innego wybranego przez was programu do analizy obrazu.

3. Odtwarzajcie nagranie, zatrzymując (**pauza**) z wybraną częstotliwością. Zależnie od warunków eksperymentu i sposobu poruszania się zwierząt, to może być co 1, 2 lub 5 sekund, według licznika w programie, w którym odtwarzacie film. Ważne, żeby dla wszystkich nagrań było tak samo.
4. Przy każdym zatrzymaniu obrazu zapiszcie klatkę, używając klawisza printscreen (**prt sc**) i nadajcie tak uzyskanym obrazom odpowiednie nazwy.
5. Otwórzcie program **ImageJ** i czytajcie pozycje dafni na kolejnych klatkach, używając wymienionych dalej przycisków/funkcji.
6. **File – Open**: wybierzcie pierwszy zapisany z nagrania plik.
7. **Analyze – Measure**: pojawi się okno **Results**.
8. W oknie **Results: Results – Set Measurements**: odznaczcie wszystko.
9. Wybierzcie z paska narzędzi na górze **multi-point**, klikając odpowiednią ikonę (krzyżyki).
10. Ustalcie kolejność zaznaczania i zaznaczcie pozycję wszystkich widocznych dafni.
11. **Analyze – Measure**: pojawi się w oknie **Results** tabela z pozycjami dafni, kolumny X i Y (zamiast wybierać **Analyze – Measure** możecie też używać skrótu **ctrl + M**).
12. Otwórzcie kolejny plik i zaznaczcie dafnie według ustalonej wcześniej kolejności. Cały czas powinniście mieć zaznaczone narzędzie **multi-point**, jeśli nie – zaznaczcie je.
13. Po zaznaczeniu dafni powtórzcie krok 11 i przejdźcie do kolejnego pliku: krok 12. Kontynuujcie.
14. Po skończonym zaznaczeniu pozycji wszystkich dafni na kolejnych klatkach, zapiszcie wyniki: w oknie **Results: Edit – Select All – Edit – Copy**.
15. Otwórzcie arkusz **Excel**, zaznaczcie trzy kolumny i wklejcie skopiowane wcześniej dane.
16. W czwartej kolumnie wpiszcie numery osobników. Jeśli na każdej klatce zaznaczane były dwie dafnie, to znaczy, że teraz co druga pozycja jest dafni 1, a co druga dafni 2, czwarta kolumna przybierze postać: 1 2 1 2 itd.
- Najlepiej od razu posortować dane według czwartej kolumny z numerem dafni (zaznaczyć dane i przez: **Dane – Sortuj** wybrać sortowanie według właściwej kolumny – nie używać skrótu **AZ!**)
17. Zapiszcie plik.

Analiza i graficzne opracowanie danych

Celem tego zadania jest przygotowanie bazy danych i na ich podstawie ilościowe porównanie zachowań rozwielitek trzymanyh w różnych warunkach. Pomoże w tym też graficzne opracowanie wyników – przygotowanie wykresów.

1. Dokładne postępowanie będzie zależeć od tego, jakie dane zebraliście (behawioralne sczytane z nagrań, behawioralne sczytane inaczej podczas eksperymentów, tempo bicia serca itp.). Ogólne zasady pozostają te same, dlatego też prześledzicie teraz wstępne postępowanie z danymi zebranymi z nagrań – to jeden z trudniejszych przypadków.

Analiza ręcznie sczytanych z nagrań danych

2. Spójrzcie na uzyskane rysunki – trajektorie ruchu każdej rozwielitki. Czy testowe różnią się czymś od kontrolnych? Jakie były wasze przewidywania, czego się spodziewaliście? Że jedno z nich będzie bliżej ścianek niż drugie? Że będą pływać szybciej?

3. Zależnie od postawionej wcześniej hipotezy, trzeba teraz zmierzyć wartości odpowiednich parametrów. Przykładowe mierzone parametry:

Średnia odległość dafni od ścianki naczynia

Dla każdej odczytanej pozycji dafni można mierzyć linijką (przechodzącą przez środek okręgu szalki i przez pozycję dafni) odległość od ścianki albo jej „odwrotność” – odległość od środka naczynia. Ze wszystkich pomiarów dla każdej dafni osobno wyciągana jest średnia.

Droga przebyta przez dafnię podczas eksperymentu

Pomiar linijką odcinków między kolejnymi punktami – pozycjami dafni (ważna kolejność w jakiej nanoszone były punkty!). Na koniec zsumowanie długości wszystkich odcinków dla każdej z dafni osobno. Można też zamiast linijki użyć sznurka, odkładając kolejne odcinki na nim i mierząc długość całej trasy (odmierzonego sznurka) na końcu.

Średnia prędkość dafni

Przebytą przez dafnię drogę trzeba podzielić przez czas trwania zanalizowanego fragmentu nagrania.

4. Średni lub sumaryczny, zależnie od parametru, wynik dla każdej dafni zapisujecie w osobnym formularzu ze średnimi w arkuszu kalkulacyjnym. Dla każdego wariantu (testowego i kontrolnego) osobno wyliczacie średnią wartość parametru oraz jego odchylenie standardowe.

Analiza cyfrowo sczytanych z nagrań danych

2. Otwórzcie zapisany wcześniej plik Excel z pozycjami dafni posortowanymi według osobników i wykonajcie rysunek trajektorii ruchu każdej dafni: po zaznaczeniu kolumn X i Y dla każdej dafni osobno z menu **Wstawianie** – **Wykres punktowy** z prostymi liniami i znacznikami.

Niezależnie od waszego sposobu sczytania danych, przeczytajcie opis analizy danych sczytanych ręcznie powyżej.

3. Możecie teraz wasz rysunek potraktować tak, jak rysunki wykonane ręcznie. Lepiej jednak skorzystać z możliwości arkusza kalkulacyjnego i wzoru na odległość między punktami w układzie współrzędnych: $d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ Przykładowy parametr:

Droga przebyta przez dafnię podczas eksperymentu. We wspomnianym wyżej arkuszu jest wpisana formuła opierająca się na podanym wzorze i przykładowo wykonane są obliczenia. Skorzystajcie z tego rozwiązania, żeby wyliczyć odcinki przebyte przez każdą dafnię w kolejnych sekundach nagrania. Zsumujcie wyniki dla każdej dafni.

4. Końcowe wyniki dla każdej dafni zapiszcie w osobnym formularzu.

Ciąg dalszy dla obu ścieżek

5. Dla średnich wartości badanych parametrów dla wariantów eksperymentu (testu i kontroli) wykreście w arkuszu kalkulacyjnym wykres, na który naniesiecie średnie i miary zmienności – odchylenia standardowe wyliczone w programie.

Kontrola odchyłeń standardowych nie jest sposobem sprawdzenia statystycznej istotności wyników, ale może nam dać wskazówkę, czy obserwowane przez was różnice między wariantami mogą być istotne. Jeśli zakres odchyłeń mocno na siebie zachodzi, różnica zapewne nie jest istotna.

6. Wykres czyta się jak obraz. Czytelny wykres ma zatem widoczną czcionkę, opisy osi, odpowiednio dobrane jednostki (niezbyt gęsto) i usunięte nie wnoszące nic ozdóbki, czyli maksymalny stosunek ilości przekazywanej informacji do ilości zużytego „tuszu” (ang. **information to ink ratio**).