

Jak przygotować pracę badawczą na Olimpiadę Biologiczną?

Poradnik

Joanna Lilpop, Maria Zachwatowicz, Łukasz Banasiak,
Marcin Chrzanowski, Piotr Bębas

DOI: 10.24131/3247.170209

Skąd bierze się przyrodnicza wiedza naukowa?

Jak przygotować pracę badawczą na Olimpiadę Biologiczną?

Jak przygotować plakat naukowy na Olimpiadę Biologiczną?

Literatura pomocna przy przygotowywaniu pracy badawczej na Olimpiadę Biologiczną

Lista sprawdzająca przed oddaniem plakatu do oceny

Etap recenzji plakatu zgłoszonego do Olimpiady Biologicznej



mgr Joanna Lilpop: Pracownia Dydaktyki Biologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski



dr Maria Zachwatowicz : Pracownia Dydaktyki Biologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski



dr Łukasz Banasiak: Zakład Filogenetyki Molekularnej i Ewolucji, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski



dr Marcin M. Chrzanowski: Zakład Dydaktyk Przedmiotów Szkolnych, Instytut Badań Edukacyjnych w Warszawie, Pracownia Dydaktyki Biologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski



dr hab. Piotr Bębas: Zakład Fizjologii Zwierząt, Instytut Zoologii, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski

Skąd bierze się przyrodnicza wiedza naukowa?

Nauka jest sposobem poznania świata. Nauka nie jest magią, charakteryzuje się racjonalnym podejściem do rzeczywistości, a wiedza naukowa nie jest niezmienna – twierdzenia są uznawane za prawdziwe dopóty dopóki nie znajdzie się mocnych dowodów wykazujących odmienny stan rzeczy. Mówimy, że twierdzenia naukowe są **sprawdzalne**, tzn. można poddawać je testowaniu, czyli przynajmniej w teorii istnieje sposób, aby wykazać, że są prawdziwe lub nieprawdziwe. Naukowcy muszą zatem zachowywać sceptyczne podejście do twierdzeń, tzn. wstrzymują swój osąd do momentu, kiedy zbiorą na tyle dużo dowodów i argumentów, aby zakomunikować o prawdziwości lub fałszywości danego twierdzenia. Teza, której nie można sprawdzić, nie jest przedmiotem nauki.

Nie ma jednej „metody naukowej”. Naukowcy używają bardzo różnorodnych **technik i narzędzi**, które pozwalają budować wiedzę i idee o świecie. Prowadzenie badań naukowych wymaga ścisłego i precyzyjnego rozumowania, ale angażuje też dużo kreatywności i wyobraźni. Wiele odkryć było wynikiem spekulacji lub przeblysku intuicji, a czasem zwykłej ciekawości badacza. Naukowców zaskakują zdarzenia nieplanowane, przypadkowe, ale dążą do ich precyzyjnego wyjaśnienia. Historia nauki pokazuje wiele takich przypadków. Naukowcy mają wspólną terminologię oraz metody rozumowania (korzystają m.in. z indukcji, dedukcji, analizy i syntezy). Językiem nauki i potężnym jej narzędziem jest matematyka. Właściwie niektóre wyjaśnienia naukowe istnieją wyłącznie w formie zapisu matematycznego.

Dane służące budowaniu wiedzy naukowej zazwyczaj uzyskuje się w wyniku prowadzenia zaplanowanych **obserwacji lub doświadczeń (eksperymentów)**.

Metoda obserwacyjna jest jedną z najstarszych metod poznania i polega na celowym, ukierunkowanym i systematycznym opisie badanego przedmiotu, procesu lub zjawiska¹. W przebiegu obserwacji naukowej badacz nie manipuluje zmiennymi by określić ich wpływ na przebieg procesu. Skupia się na zbieraniu i analizie danych. Obserwacja może stanowić podstawowe i samodzielne narzędzie służące zbadaniu, opisaniu lub zinterpretowaniu danego zjawiska, może też być traktowana jako wstęp do dalszych badań o charakterze eksperymentalnym. W naukach przyrodniczych obserwacja często realizowana jest w warunkach terenowych, gdzie opisowi lub rozpoznaniu podlegają naturalnie występujące obiekty i procesy. Obserwacja może mieć charakter jakościowy lub ilościowy. W obu przypadkach, poprzez gromadzenie danych, obserwacja prowadzi do rozpoznania i interpretacji zjawisk, poznania ich przyczyn i konsekwencji lub identyfikacji współzależności i związków. Większość nauk przyrodniczych stosuje obserwacje do zbierania danych i wyprowadzania dowodów naukowych. W niektórych przypadkach niemożliwe jest przeprowadzenie kontrolowanych doświadczeń. Obserwacje świata przyrody, analiza i poszukiwanie związków doprowadziły np. do sformułowania teorii Wielkiego Wybuchu oraz teorii ewolucji opartej na doborze naturalnym.

Metoda doświadczalna (eksperyment) polega na celowym wywołaniu określonego zjawiska poprzez wprowadzenie tzw. zmiennej niezależnej i systematyczną analizę zachodzących zmian. Dzięki temu możliwe jest zebranie danych, które umożliwiają wykrycie współzależności i związków przyczynowych między zjawiskami. Prowadząc eksperyment ingeruje się w naturę, manipuluje zmiennymi i analizuje skutki tej ingerencji. Doświadczenia mogą być prowadzone w wa-

1 J. Sztumski J. *Wstęp do metod i technik badań społecznych*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1995

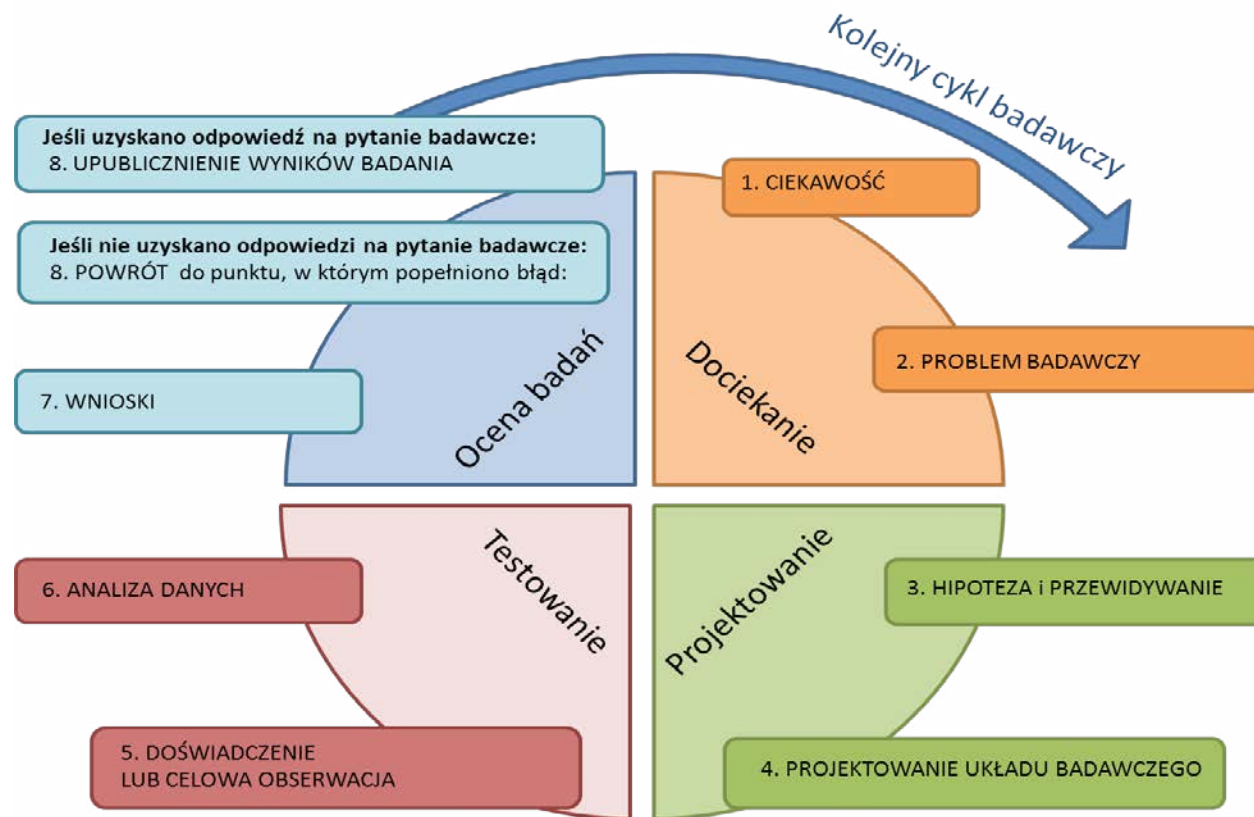
runkach naturalnych (np. w terenie) lub w warunkach sztucznych (np. w laboratorium). W obu przypadkach kontroli powinny podlegać wszelkie istotne czynniki, a wpływy zewnętrzne zostają ograniczane do minimum lub są ściśle monitorowane.

Dowody, zebrane za pomocą obserwacji i doświadczeń, służą formułowaniu teorii, praw i uogólnień. Te z kolei służą stawianiu kolejnych hipotez, które można testować. W ten sposób hipotezy mogą być popierane kolejnymi dowodami lub obalane i zmieniane. Proces naukowy nie jest zatem liniowym ciągiem zdarzeń, ale raczej **procesem cyklicznym**.

Współczesna nauka nie jest wytworem pojedynczych naukowców, jest tworzona przez **społeczności** ludzi pochodzących z różnych środowisk i tradycji. Zaangażowanie w pracę naukową oznacza przynależność do **kultury dociekania naukowego** opartej na spójnych zasadach, metodologiach i rozmowaniu. Każdy z nas może być częścią tej kultury, jeśli obserwuje otaczający świat, zadaje pytania i aktywnie poszukuje odpowiedzi testując kolejne hipotezy.

Naukowiec lub zespół naukowców, który zakończył badania przeanalizował i zinterpretował wyniki oraz przetestował hipotezy, chce zazwyczaj zakomunikować światu naukowemu wyniki swoich badań. Plakat naukowy, wystąpienie konferencyjne lub artykuł w czasopiśmie naukowym to najczęstsze sposoby, których naukowcy używają do zakomunikowania swoich odkryć. Przed publikacją w czasopiśmie naukowym każdy tekst podlega recenzji prowadzonej przez innych specjalistów reprezentujących daną dziedzinę nauki (ang. *peer review*).

Publikacja badań stanowi motor rozwoju nauki – inni naukowcy mają możliwość krytycznej analizy prezentowanych wyników, dyskusji na ich temat, oceny zastosowanej metodologii, sposobu dociekania i sformułowanych twierdzeń. Niemniej istotnym aspektem



Ryc. 1. Ogólny schemat cyklu badawczego

Kolorami oznaczono cztery główne procesy zachodzące podczas każdego cyklu badawczego – dociekanie, projektowanie, testowanie i ocenę badań. Działania związane z dociekaniami i projektowaniem należy przeprowadzić przed ostatecznym sformułowaniem i zgłoszeniem w systemie elektronicznym tematu pracy badawczej na Olimpiadę Biologiczną.

jest umożliwienie innym badaczom odniesienia własnych prac naukowych do nowo przedstawionych treści. Upublicznione wyniki badań naukowych stanowią więc przedmiot debaty publicznej, a każde z opublikowanych badań musi być opisane tak, by inni naukowcy byli w stanie je **powtórzyć** – czyli przeprowadzić powtórnie cały eksperyment lub obserwację spodziewając

się uzyskania podobnych wyników². Stanowi to istotny etap oceny podejścia badawczego. Wyniki badań, któ-

2 W historii nauki znane są sytuacje, gdy naukowcy bezskutecznie próbowali powtórzyć opublikowane wcześniej wyniki badań innej grupy naukowej – wykazywali w ten sposób, że zastosowana metodologia badań była nieprawidłowa albo uzyskane wyniki zostały zafałszowane (były artefaktem, błędem lub celowym oszustwem).

rych nie da się powtórzyć nie stanowią wiarygodnego źródła wiedzy naukowej.

Jak przygotować pracę badawczą na Olimpiadę Biologiczną?

Podstawą poznawania świata jest charakteryzująca wszystkich ludzi ciekawość. Uważna obserwacja rzeczywistości prowadzi do formułowania pytań i budzi chęć pogłębiania wiedzy na temat danego zjawiska. Do tego szczypta wyobraźni i intuicji, a czasem zbieg przypadków i odkrycie naukowe gotowe!

Proces naukowego poznania rozpoczyna się od zaciekawienia, prowadzącego do sformułowania problemu badawczego – postawienia konkretnego pytania badawczego. Następnym krokiem jest zaprojektowanie układów badawczych, które umożliwiają testowanie postawionych hipotez, a całość zwieńcza się wnioskowaniem i krytyczną oceną przeprowadzonego procesu. Schemat metody badawczej jest cykliczny, a rozwiązanie jednego problemu badawczego otwiera pole do dalszych poszukiwań i nowych pytań badawczych (rycina 1 oraz 2).

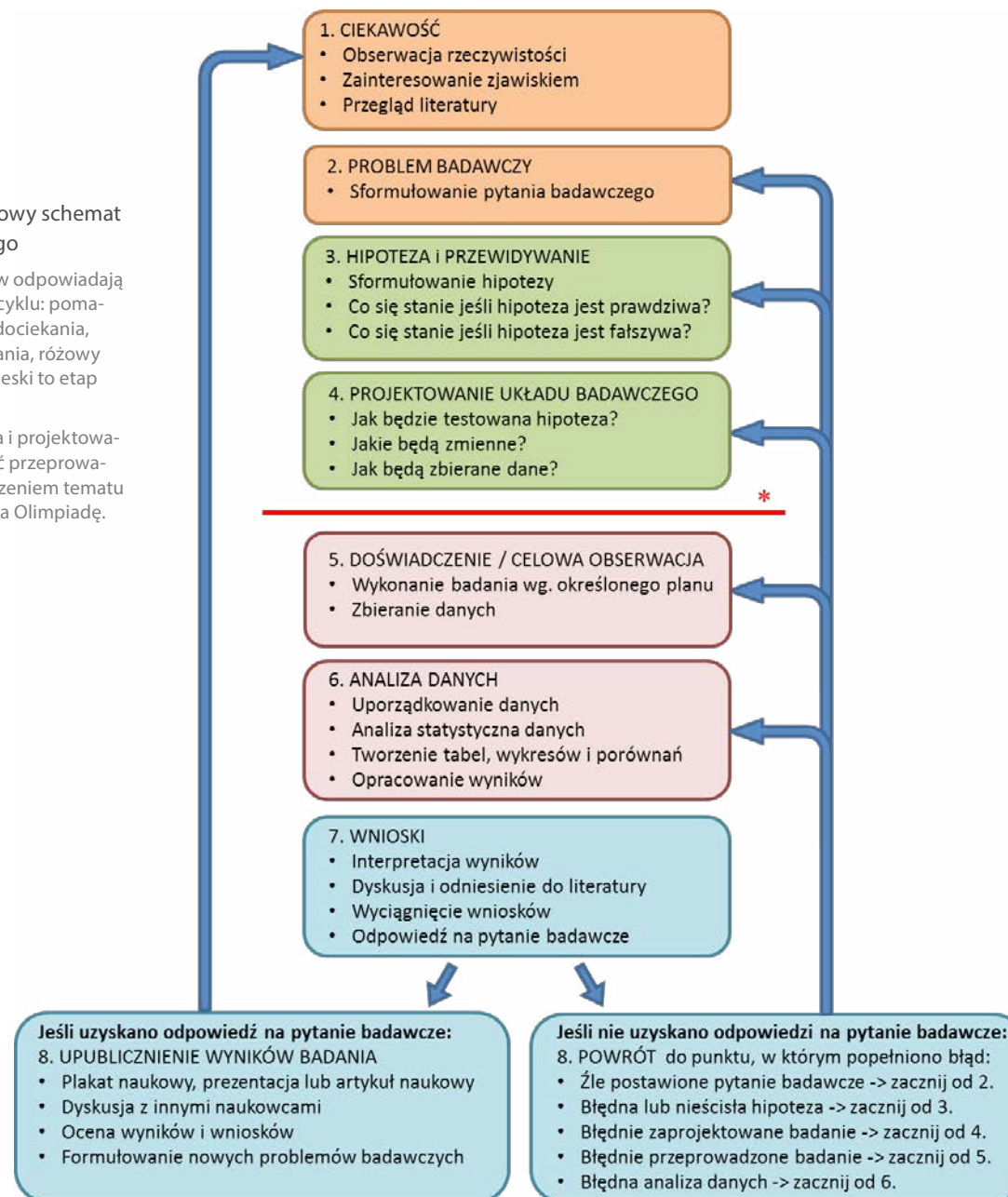
Czynności związane z początkowym etapem cyklu badawczego możemy nazwać **dociekaniem**. Składa się na nie umiejętność obserwacji otaczającej rzeczywistości, spostrzegawczość i chęć pogłębiania wiadomości. Skutecznego badacza charakteryzuje ciekawość poznawcza. Przed ostatecznym sformułowaniem problemu badawczego należy dowiedzieć się możliwie jak najwięcej o przedmiocie badań i rozpoznać dotychczasowy dorobek naukowy w danym obszarze – służy temu **przegląd literatury**.

Każdy uczestnik Olimpiady Biologicznej prowadząc swój projekt badawczy postępuje zgodnie ze schematem cyklu badawczego (ryciny 1 oraz 2), zupełnie tak samo, jak każdy profesjonalny naukowiec.

Ryc. 2. Szczegółowy schemat cyklu badawczego

Kolory prostokątów odpowiadają kolejnym etapom cyklu: pomarańczowy to etap dociekania, zielony projektowania, różowy testowania, a niebieski to etap oceny badań.

* Etapy dociekania i projektowania powinny zostać przeprowadzone przed zgłoszeniem tematu pracy badawczej na Olimpiadę.



Jak dokonać wyboru tematu pracy badawczej?

Tematyka pracy badawczej musi być zgodna przepisami prawa, z zapisami regulaminu Olimpiady Biologicznej oraz z zainteresowaniami Uczestnika. Powinna odznaczać się oryginalnością, a więc odróżniać się od typowych eksperymentów szkolnych lub przykładów z podręczników. Doskonale, jeśli dotyczy niepodjętego lub nierozwiązanego dotąd problemu biologicznego, proponuje nowe rozwiązania lub zastosowania aplikacyjne. Najważniejsze jednak, by metodyka pracy była poprawna naukowo, a tematyka pozwalała na samodzielne wykonanie badań, w założonym czasie, przy użyciu narzędzi dostępnych w szkole lub domu.

Dokonując wyboru tematyki pracy badawczej zastanów się i rozważ:

- Która dziedzina biologii interesuje Cię szczególnie?
- Jak dużo wiesz na temat interesującego Cię obszaru wiedzy? Jeśli nie czujesz się w miarę swobodnie w wybranej tematyce lub nie interesuje Cię ona – nie wybieraj jej! Inaczej będzie Ci bardzo trudno postawić interesujący problem badawczy.
- Jakim organizmem lub jakimi organizmami chcesz się zajmować i jakie ograniczenia wprowadza regulamin Olimpiady Biologicznej?
- Czy wolisz przeprowadzić prace w terenie, czy w laboratorium i czy będą one miały charakter obserwacji czy eksperymentu?
- Ile czasu chcesz i możesz poświęcić na wykonanie pracy badawczej?³
- Czy dysponujesz niezbędnymi zasobami i zapleczem – np. pomieszczenie do prowadzenia badań, zaplecze szkolne (w tym odpowiednie wyposażenie pracowni szkolnej), logistyczna dostępność terenu badań, materiały i odczynniki, sprzęt i apa-

³ Od roku 2017 rejestracja będzie otwierana 1 czerwca, a więc można będzie wykonać pracę w okresie wakacji.

ratura, możliwość konsultacji z nauczycielem i/lub specjalistą?

Konsekwencją wyboru tematyki pracy badawczej jest sformułowanie jej **tematu**, który zostaje formalnie zgłoszony podczas rejestracji Uczestnika w systemie elektronicznym i jest sprawdzany przez właściwy komitet okręgowy przed przystąpieniem Uczestnika do egzaminu pisemnego w szkole. Zgłoszony i zaakceptowany temat pracy badawczej obowiązuje w danej edycji OB i nie ma możliwości jego zmiany w trakcie trwania Olimpiady, dlatego powinien być dobrze przemyślany. Zgłoszony i zaakceptowany temat pracy badawczej musi

być tym samym tematem, który umieszczony zostanie na plakacie naukowym, deponowanym w systemie przed kwalifikacją do II etapu Olimpiady (etapu okręgowego). Dlatego przed zgłoszeniem tematu pracy na Olimpiadę, należy skrupulatnie wykonać czynności związane z dociekaniami i projektowaniem badania (patrz ryc. 1 i 2). Badanie powinno być więc przemyślane pod względem: celu, obiektu badań, projektu układu badawczego i możliwych narzędzi pomiarowych. Pozwoli to uniknąć niezgodności tematu pracy z ostatecznym przebiegiem badania przedstawianym na plakacie naukowym.

Pamiętaj, co mówi regulamin Olimpiady Biologicznej:

Praca badawcza musi być zgodna z obowiązującym **prawem**.

Praca badawcza może dotyczyć **dowolnego problemu biologicznego**.

Prace dotyczące jedynie zagadnień o charakterze chemicznym, fizycznym lub geograficznym będą dyskwalifikowane.

Praca może mieć charakter **obserwacyjny lub doświadczalny**. Wysoko oceniane są prace twórcze, prezentujące oryginalne podejście autora do badanego zagadnienia¹. W wyjątkowych wypadkach mogą być dopuszczane (za zgodą Komitetu Głównego Olimpiady Biologicznej) prace polegające na konstrukcji modeli matematyczno-informatycznych opisujących zjawiska i procesy biologiczne.

Zabronione jest wykonywanie prac badawczych w ośrodkach naukowych i innych instytucjach prowadzących badania naukowe. W pracy badawczej **niedopuszczalne są** doświadczenia z użyciem:

1. zwierząt kręgowych lub człowieka (także hodowli komórek w warunkach *in vitro*, utrwalonych preparatów oraz wydzielin, włosów, zębów, krwi itp.);
2. organizmów pasożytniczych, chorobotwórczych dla człowieka (także potencjalnie groźnych dla człowieka)²;
3. organizmów objętych ochroną gatunkową;
4. organizmów zawierających związki halucynogenne i odurzające;
5. antybiotyków i innych leków dostępnych na receptę;

a także prace prowadzące do uszkodzenia, bezsensownego cierpienia lub śmierci badanego osobnika.

Wybór tematyki, choćby częściowo niezgodnej z zasadami lub na granicy zakazanych zagadnień może doprowadzić do **dyskwalifikacji** pracy badawczej. Zalecane jest konsultowanie zarówno tematu jak i zakresu zaplanowanej pracy badawczej z Komitetem Okręgowym Olimpiady Biologicznej przed deklaracją tematu. W przypadku ponownego startu w zawodach Olimpiady Biologicznej Uczestnik zobowiązany jest wykonać każdorazowo **NOWĄ** pracę badawczą³.

Temat pracy badawczej powinien spełniać następujące kryteria (rycina 3):

- jest sformułowany jasno i precyzyjnie, jest zwięzły i odnosi się dokładnie do treści przygotowywanej pracy,
- zawiera jednoznaczną nazwę badanego taksonu lub jednoznaczną nazwę obiektu/ów badań, a w przypadku prac prowadzonych w terenie również lokalizację miejsca prowadzenia badań,
- określa zmienną niezależną, jeśli wskazanie jej jest możliwe,
- określa parametr mierzony (zmienną zależną) lub cechę obserwowaną w badaniu,
- nie odnosi się do kierunku spodziewanych zmian zmiennej zależnej.

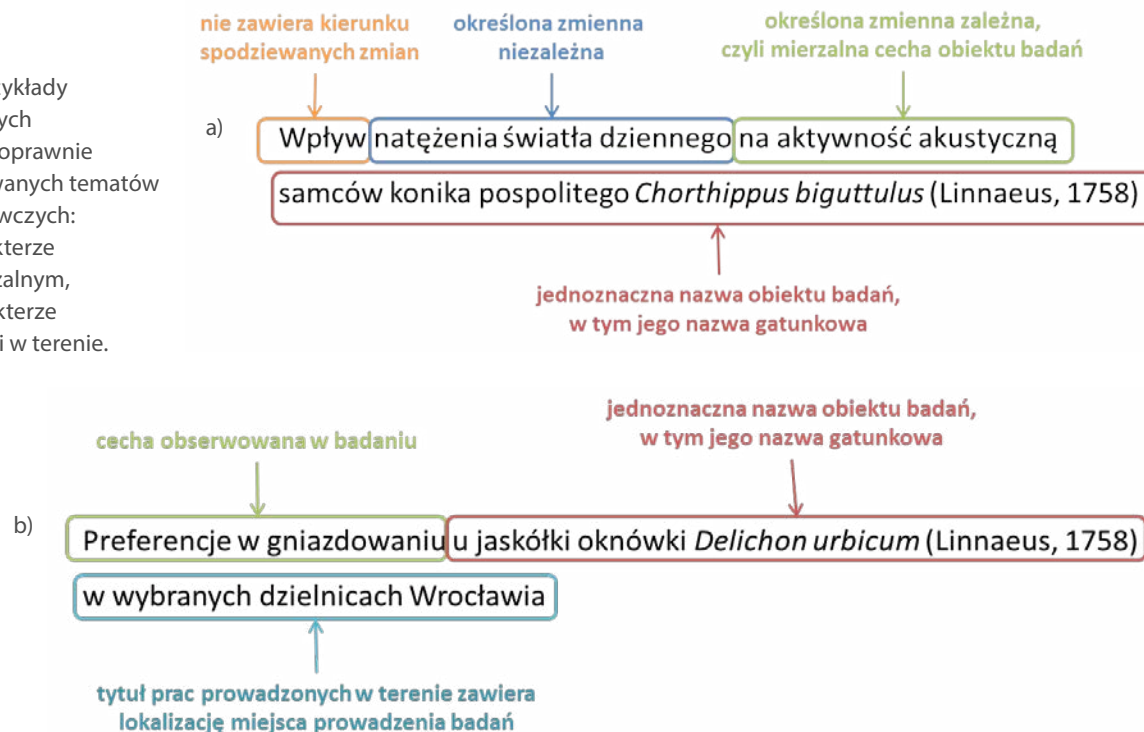
0 nazewnictwie organizmów

W przypadku większość prac badawczych zgłaszanych na Olimpiadę Biologiczną badania prowadzone są na poziomie organizmu lub niższym, co generuje potrzebę podania w temacie pracy jednoznacznej nazwy taksonu, którego dotyczy eksperyment lub obserwacja. W takim przypadku, pełna nazwa gatunku powinna zostać umieszczona również w rozdziale „Materiał i metody”, gdzie dokonywana jest charakterystyka badanego taksonu. Ze względu na usankcjonowanie łacińskiego nazewnictwa binominalnego Kodeksami Nomenklatury Botanicznej i Zoologicznej, nazwy łacińskie jednoznacznie definiują dany takson i należy je stosować w pracach naukowych.

Zasady nazewnictwa łacińskiego

W przypadku nazw gatunków obowiązuje nazewnictwo dwuczłonowe, tzn. pełna nazwa składa się z nazwy rodzajowej i epitetu gatunkowego. W druku należy

Ryc. 3. Przykłady spełniających kryteria, poprawnie sformułowanych tematów prac badawczych: a) o charakterze doświadczalnym, b) o charakterze obserwacji w terenie.



Przykłady tematów poprawnie sformułowanych
Wpływ natężenia światła dziennego na aktywność akustyczną samców konika pospolitego <i>Chorthippus biguttulus</i> (Linnaeus, 1758)
Wpływ barwy podłoża i temperatury wody na intensywność ubarwienia krewetek <i>Neocardina davidi</i> (Bouvier, 1904)
Wpływ mechanicznego uszkodzenia liści ziemniaka (<i>Solanum tuberosum</i> L.) odmiany 'Amerykana' na aktywność jego mechanizmów obronnych
Zależność intensywności procesu fermentacji alkoholowej od temperatury reakcji oraz odczynu pH na przykładzie drożdży piekarniczych (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Meyen ex E.C. Hansen)
Zdolność tłumienia hałasu komunikacyjnego przez liście wybranych gatunków drzew używanych w kształtowaniu zielonych ekranów akustycznych: dębu czerwonego (<i>Quercus rubra</i> L.), klonu srebrzystego (<i>Acer saccharinum</i> L.), lipy srebrzystej (<i>Tilia tomentosa</i> Moench), topoli osiki (<i>Populus tremula</i> L.)
Wpływ zawartości jonów sodu i potasu oraz pH pożywki na siłę kiełkowania nasion sałaty siewnej <i>Lactuca sativa</i> L.
Wpływ kwasu askorbinowego i kwasu salicylowego na ukorzenianie się w kulturach wodnych pędów ligustru pospolitego (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)
Walory florystyczne Starego Cmentarza Ewangelickiego przy ul. A. Frycza-Modrzewskiego w Bielsku Białej
Preferencje w gniazdowaniu u jaskółki oknówki <i>Delichon urbicum</i> (Linnaeus, 1758) w wybranych dzielnicach Wrocławia

zapisywać obydwaj człony kursywą⁴. Nazwę rodzajową piszemy wielką literą, a epitet gatunkowy małą, np.: *Anthriscus sylvestris* lub *Helix pomatia*. W przypadku podgatunków stosujemy nazwy trójczłonowe, a nazwę podgatunku oddzielamy od epitetu gatunkowego za pomocą skrótu „subsp.” pisanego czcionką prostą, np.: *Anthriscus sylvestris* subsp. *nemorosa*.

W przypadku roślin, jeżeli mamy do czynienia z odmianami lub formami, a więc taksonami niższego rzędu, nie ma konieczności podawania wszystkich nazw poniżej gatunku. Obowiązuje bowiem zasada, że nazwa trójczłonowa z końcowym epitetem (nazwą taksonu najniższej rangi) musi być jednoznaczna. Na przykład nazwa *Saxifraga aizoon* subf. *surculosa* jest tożsama z *Saxifraga aizoon* var. *Aizoon* subvar. *brevifolia* f. *multicaulis* subf. *surculosa*. W tym przypadku podając podformę nie ma konieczności podawania formy, pododmiany i odmiany. Podobnie jak w przypadku nazw podgatunków taksony niższej rangi piszemy małą literą oraz kursywą, a skróty określające rangę taksonu czcionką prostą.

Poprawnie zapisana nazwa dwu- lub trójczłonowa to jednak nie wszystko. Na koniec należy podać jeszcze autora nazwy.

Autorzy nazw roślin

W przypadku nazw gatunkowych roślin po nazwie łacińskiej wpisujemy skrót nazwiska odkrywcy danego gatunku, np. *Selinum palustre* L. Skróty autorów nazw nie są dowolne – są one opublikowane w postaci specjalnej listy. Tak więc na przykład nazwiska Linnaeus nie można skracać do postaci „Lin.”, ale trzeba używać konsekwentnie przyjętego zapisu „L.”. Nazwiska współ-

⁴ W systemie elektronicznym podczas zgłoszenia tematu pracy badawczej, ze względu na ograniczenia techniczne systemu, nie trzeba stosować kursywy. Natomiast podczas tworzenia plakatu należy o tej zasadzie bezwzględnie pamiętać.

Przykłady tematów niepoprawnie sformułowanych lub zawierających uchybienia	
Temat	Rodzaj błędu
Badania nad wpływem wybranych czynników chemicznych na kiełkowanie roślin	Za mało precyzyjny – brakuje określenia jakie czynniki były zmieniane (zmiennie niezależne) i jakie rośliny badano.
Wpływ wybranych czynników abiotycznych na rozwój larwy muchy	Za mało precyzyjny – brakuje określenia jakie czynniki były zmieniane (zmiennie niezależne) i nazwy badanego gatunku muchy.
Ścieżka dydaktyczna na Jałowiec (1111 m n.p.m)	Nie wiadomo jaki cel przyświecał autorowi – czy zamierza wytyczyć ścieżkę, czy też analizuje pod jakimś względem ścieżkę już istniejącą? Nieprecyzyjna lokalizacja – gdzie położony jest Jałowiec? Czy Jałowiec jest szczytem, czy może nazwą miejscowości?
Populacja gawrona <i>Corvus frugilegus</i> Linnaeus, 1758 w Kotlinie Zakopiańskiej	Zbyt ogólny – Jakie cechy populacji badano?
Wpływ stałego naświetlenia na rozwój roślin	Zbyt ogólny – brakuje określenia jakie czynniki były zmieniane (zmiennie niezależne) i jakie rośliny badano.
Rola owadów w szklarni	Zbyt ogólny.
Obserwacja ptaków w parku narodowym	Zbyt ogólny. Jakich ptaków? W którym parku narodowym? Jakich cech dotyczyła obserwacja? W jakim celu je badano?
Badanie pyłowego zanieczyszczenia powietrza w miejscowości X	Temat niezgodny z Regulaminem OB – nie dotyczy problemu biologicznego.
Badanie przejrzystości wody w jeziorze X na poszczególnych głębokościach	Temat niezgodny z Regulaminem OB – nie dotyczy problemu biologicznego.
Wpływ wysiłku fizycznego na szybkość oddychania, tętna oraz ciśnienie krwi człowieka	Temat niezgodny z Regulaminem OB – w pracy badawczej niedopuszczalne są doświadczenia, których obiektem jest człowiek.

czesnych autorów, jeżeli składają się z maksymalnie trzech sylab, nie są skręcane.

W przypadku przeniesienia gatunku do innego rodzaju, nazwisko autora poprzedniej kombinacji podaje się w nawiasie. Na przykład Moench przeniósł *Selinum palustre* L. do rodzaju *Peucedanum*, a zatem poprawny zapis nowej kombinacji nazwy rodzajowej i epitetu gatunkowego wygląda następująco *Peucedanum palustre* (L.) Moench.

Identyczne nazwy łacińskie (homonimy) dla tego samego gatunku są niedopuszczalne. Jeśli tej samej nazwy gatunkowej (np. *Selinum palustre*) użyło dwóch różnych badaczy dla nazwania dwóch różnych gatunków (*Selinum palustre* L. oraz *Selinum palustre* Thuill), należy zastosować zasadę priorytetu. Linneusz opublikował tę nazwę jako pierwszy w roku 1753 i tylko ta jest

uważana za ważną. Wszystkie późniejsze homonimy są uznawane za nieważnie opublikowane i nie należy ich stosować, a gatunki do których się odnoszą noszą inne nazwy – w tym przypadku obowiązująca nazwa dla *Selinum palustre* Thuill. to *Peucedanum carvifolium* Vill.

Autorzy nazw zwierząt

W przypadku nazw zwierząt nie stosuje się skrótów nazwisk autorów, ale podaje pełne brzmienie nazwiska, np.: *Hirundo urbica* Linnaeus. Opcjonalne jest podanie roku publikacji nazwy po przecinku: *Hirundo urbica* Linnaeus, 1758. W przypadku przeniesienia gatunku do innego rodzaju nie podaje się późniejszego autora, ale dotychczasowego bierze się w nawias: *Delichon urbicum* (Linnaeus, 1758).

Skróty nazw i nazwy zwyczajowe

Jeżeli w tekście raz już pojawi się pełna nazwa dwu- lub trójczłonowa wraz z jej autorem, w dalszej części pracy, najczęściej nie ma już potrzeby powtarzać pełnych nazw gatunkowych i można stosować zapis skrócony, a w wielu przypadkach może wystarczyć zastosowanie nazwy zwyczajowej.

Skrócony zapis nazwy gatunkowej polega na podaniu inicjału nazwy rodzajowej i pominięciu autora nazwy, np. *Anthriscus sylvestris* L. można zapisać jako *A. sylvestris*. Jest tylko jeden warunek – tak skrócona nazwa musi być jednoznaczna w kontekście pracy badawczej. Jeżeli w tej samej pracy badano również *Anemone sylvestris* L., to oczywiście skróconego zapisu nie można zastosować.

W wielu przypadkach powtarzanie w treści pracy raz po raz pełnych polskich i łacińskich nazw gatunkowych wraz z nazwiskiem odkrywcy może być sztuczne i utrudniać percepcję przekazu.

Przykładowo, jeżeli Uczestnik OB scharakteryzował w treści pracy swój obiekt badań – świerk pospolity *Picea abies* (L.) H.Karst, a w dalszej części pracy posługuje się nazwą „świerk”, to jesteśmy uprawnieni zakładać, że wciąż ma on na myśli rodzimy gatunek świerka i nie ma już potrzeby wielokrotnego powtarzania jego pełnej nazwy gatunkowej. W przypadku powszechnie znanych gatunków jak np. ziemniak, wielokrotne powtarzanie pełnej nazwy gatunkowej *Solanum tuberosum* L. może być uznane za pretensjonalne.

Czasami w temacie zgłaszanej pracy nie ma konieczności aby wystąpiła nazwa łacińska, jeżeli polska nazwa jest jednoznaczna ze względu na kontekst lub powszechne zastosowanie. W przypadku pracy o rozmieszczeniu miłorzębu w polskich parkach bezbłędnie podamy odpowiednik łaciński *Ginkgo biloba* L., jako jedyny współcześnie żyjący gatunek z rodzaju *Ginkgo*. Podobnie, kiedy mówimy „muszka owocowa”, to wia-

domo, że mamy na myśli gatunek *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830, a puryzm językowy prowadzący do zastosowania określenia „wywilżna karłowata” jest raczej niewskazany. Niemniej jednak pełna nazwa polska i łacińska powinny się pojawić co najmniej raz w każdej pracy. Najlepszym miejscem do zamieszczenia tej informacji jest rozdział „Materiały i metody”.

Kilka dodatkowych słów należy powiedzieć o bardzo często badanej przez Uczestników Olimpiady Biologicznej roślinie *Lepidium sativum* L. Nazwa potoczna „rzeżucha” jest dla większości osób zrozumiała, mimo że jest to także polskie określenie innego rodzaju *Cardamine*. Zamiast więc używać wielokrotnie w treści pracy mało znanej nazwy „pieprzycy siewna”, lepszym rozwiązaniem wydaje się zapis nazwy potocznej „rzeżucha” (pod warunkiem że wcześniej w pracy znalazło się uściślenie za pomocą nazwy łacińskiej: *Lepidium sativum* L.). W ten sposób przekaz jest jednocześnie zrozumiały dla większości społeczeństwa i jednoznaczny dla systematyków.

Słowniki nazw

Pisownię nazw łacińskich oraz autorów nazw w przypadku roślin można sprawdzić na stronie International Plant Name Index (<http://www.ipni.org/>) lub w serwisie The Plant List (<http://www.theplantlist.org/>). Nie ma natomiast oficjalnych reguł dotyczących nazw roślin w języku polskim. Choć istnieją spisy takich nazw, tzw. *checklisty* gatunków, gdzie praktycznie dla każdej rośliny znajdziemy kilka nazw, to nie ma reguły, którą nazwę traktować jako obowiązującą. W przypadku słownika łacińskich nazw zwierząt dość dobrze sprawdza się anglojęzyczna Wikipedia.

Jak przeprowadzić przegląd literatury?

Po wybraniu zagadnienia pozostaje ustalić, co w tym zakresie zostało już dokonane przez innych badaczy.

Wyrobić w sobie warto zwyczaj zestawiania tego, co się czyta z własnymi wiadomościami i doświadczeniami, doszukiwania się znamiennej analogii, uogólnień. Sukces pracy badawczej zależy w dużej mierze od staranności wstępnych przygotowań.⁵

W.I.B. Beveridge

Sześć godzin spędzonych w bibliotece może oszczędzić sześciu miesięcy pracy w laboratorium.⁶

E.B. Wilson

Przed rozpoczęciem badań warto poświęcić czas na solidny przegląd literatury naukowej. Pozwoli to uzupełnić wiedzę na temat przedmiotu badań, rozpoznać, co już zostało w danej dziedzinie zbadane i doprecyzować tematykę rozważań. Pozwoli także upewnić się, że sformułowany problem badawczy ma cechy naukowości. Podejmując pracę badawczą Uczestnik Olimpiady Biologicznej musi mieć świadomość jaka jest wartość dodana planowanych badań w stosunku do istniejącego stanu wiedzy na dany temat. Zdarzają się sytuacje, gdy prowadząc przegląd literatury odnajdujemy prace innych autorów, z których wynika, że problem będący przedmiotem naszych rozważań został już rozwiązany i trzeba poszukać innego tematu lub zastanowić się, jaki nowy problem badawczy może rozpocząć kolejny cykl badawczy. Istnieją wprawdzie sytuacje, w których ist-

5 W.I.B. Beveridge *Sztuka badań naukowych*. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich. Warszawa 1960

6 E.B. Wilson, *Wstęp do badań naukowych*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1964

nieje potrzeba ponownego podjęcia badań na dany temat, ale muszą za tym iść mocne przesłanki i racjonalne argumenty wskazujące na potrzebę weryfikacji istniejącej wiedzy. Przesłanką taką może być pojawienie się nowych, nieznanych wcześniej okoliczności lub czynników wymagających wyjaśnienia, pomysł na nowe, nie stosowane wcześniej rozwiązanie zadania naukowego, nową użyteczność, itp. Innym aspektem uzasadniającym ponowne podjęcie badań na dany temat może być aplikacyjny charakter nowo zastosowanego podejścia (np. w kontekście możliwości zastosowania wyników badań w przemyśle, rolnictwie, ochronie środowiska, itp.).

Przeszukiwanie źródeł warto rozpocząć od podręczników, w szczególności podręczników akademickich, dotyczących tematyki zbliżonej do planowanego tematu pracy badawczej. Należy zwrócić szczególną uwagę na te pozycje literaturowe, na które powołują się niezależnie autorzy różnych publikacji. Czasem, przydatne bywa przejrzanie słowników, czy encyklopedii – można w nich znaleźć najważniejsze fakty lub teorie i na ich podstawie kontynuować wyszukiwanie.

Cennym i aktualnym źródłem informacji są także czasopisma fachowe (specjalistyczne) wydawane w językach obcych i w języku polskim. Nie zawsze są one jednak ogólnie dostępne, duża część z nich udostępniana jest odpłatnie. Na szczęście powstaje coraz więcej czasopism, które otwierają dostęp do swoich zasobów (tzw. *open access journals*). Wyszukiwanie artykułów publikowanych w periodykach naukowych odbywa się najczęściej przy użyciu tzw. słów kluczowych (np. obiekt i przedmiot badań, nazwa gatunkowa badanego organizmu, lokalizacja geograficzna, nazwa konkretnej metody badawczej, itp.), które służą do indeksowania publikacji w elektronicznych bazach danych.

Adresy internetowe przykładowych czasopism z tzw. otwartym dostępem wylistowano poniżej⁷:

- Edukacja Biologiczna i Środowiskowa – <http://ebis.ibe.edu.pl/>. Warto również zapoznać się z podstroną tego czasopisma, przeznaczoną dla uczestników Olimpiady Biologicznej: Olimpijski trening z artykułami z EBiŚ, <http://ebis.ibe.edu.pl/index.php?typ=nius&id=50>
- Kosmos – problemy nauk biologicznych, <http://kosmos.icm.edu.pl/>
- Ochrona Środowiska, <http://www.os.not.pl/>
- Folia Biologica, <http://www.isez.pan.krakow.pl/en/foia-biologica.html>
- Acta Biologica, <http://www.wb.usz.edu.pl/archive>
- Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, <http://www2.ib.uj.edu.pl/abc/>
- Acta Biologica Cracoviensia Series Zoologia, <http://abcsz.czasopisma.pan.pl/>
- Acta Biochemica Polonica, http://www.actabp.pl/#Current_Issue
- Inżynieria i Ochrona Środowiska, <https://ios.is.pcz.pl/>
- Ecological Processes, <http://ecologicalprocesses.springeropen.com/>
- BMC Biology, <http://bmcbiol.biomedcentral.com/>
- BMC Ecology, <http://bmcecol.biomedcentral.com/>
- eLife, <https://elifesciences.org/>
- Public Library of Science PLoS, <https://www.plos.org/>

Warto także korzystać ze specjalistycznych narzędzi wyszukiwania – wyszukiwarek i portali tematycznych⁸:

7 Obszerna lista 144 wybranych polskich czasopism naukowych z wolnym dostępem, wraz z linkami do ich stron internetowych znajduje się na stronie: <http://www.bibl.up.wroc.pl/wolndost.html>

8 Zalecane jest korzystanie z kilku różnych źródeł danych – część wyszukanych publikacji będzie taka sama, ale z pewnością poja-

- Arianta - wyszukiwarka naukowych i branżowych Polskich Czasopism Elektronicznych, w tym czasopism z wolnym dostępem, możliwość wyszukiwania wg konkretnej dziedziny, <http://www.ariantapl/>
- National Academies Press – ogromna baza bezpłatnych publikacji i książek dostępnych w formacie PDF, <http://www.nap.edu/>
- Federacja Bibliotek Cyfrowych. Zbiory polskich instytucji kultury i nauki on-line, <http://fbc.pionier.net.pl/>
- ResearchGate - serwis społecznościowy, skierowany do naukowców wszystkich dyscyplin. Na stronie <https://www.researchgate.net/> dostępne są publikacje, wykłady i prezentacje naukowców reprezentujących wszystkie dziedziny nauki,
- PubMed - angielskojęzyczna wyszukiwarka baz danych literaturowych z dziedzin medycyny i nauk biologicznych (wyszukuje bibliograficzne informacje dla artykułów publikowanych w czasopismach naukowych z medycyny, farmacji, weterynarii, biologii, biochemii czy ewolucji molekularnej itp.) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
- ACADEMIA – portal społecznościowy poświęcony głównie udostępnianiu prac naukowych, <https://www.academia.edu/>
- Główny Urząd Statystyczny – portal informacyjny, <http://stat.gov.pl/>
- Google Scholar – wyszukiwarka, przeznaczona do przeszukiwania baz danych zawierających publikacje naukowe z różnych dziedzin, <https://scholar.google.pl/>
- Google Books - indeks książek pełno tekstowych, <https://books.google.pl/>

wią się również unikatowe rekordy, dostępne tylko w wybranych wyszukiwarkach.

- Science Research – wyszukiwarka głębokiego (ukrytego) Internetu, <http://scienceresearch.com/scienceresearch/>.
- FreeFullPDF – wyszukiwarka publikacji naukowych spośród około 80mln dostępnych rekordów, <http://www.freefullpdf.com/#gsc.tab=0>.
- OpenDOAR – przeszukiwarka akademickich otwartych repozytoriów, <http://opendoar.org/search.php>.
- Lista innych zasobów z otwartym dostępem: <http://www.biblioteka.gumed.edu.pl/?strona=184#idea>

Aby właściwie przygotować się do pracy metodą obserwacyjną lub doświadczalną trzeba dokładnie sprecyzować tematykę badań i ustalić problem badawczy, a także postawić pytania, na które można odpowiedzieć prowadząc obserwacje lub eksperyment. Etap dociekania prowadzi więc do sformułowania **pytań badawczych i hipotez**.

Jak postawić pytanie badawcze? Czym jest hipoteza i czy zawsze jest niezbędna?

Hipoteza – przypuszczenie dotyczące zachodzenia pewnych zjawisk lub zależności między nimi, które pozwalają wyjaśnić jakiś niewytłumaczalny dotąd zespół faktów będących problemem.

T. Kotarbiński⁹

Pytania, na które nie znajdujemy odpowiedzi, mimo rozpoznania dotychczasowego stanu wiedzy, stanowią podstawę do sformułowania problemu badawczego. Pytania badawcze muszą być aktualne i jednoznacznie postawione. Dobre pytanie badawcze umożliwia ukie-
runkowanie procesu badawczego i zasadniczo definiuje cel badań. Uwzględnia jednocześnie potencjalnie ogra-

⁹ T. Kotarbiński. Dzieła wszystkie. *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*. Ossolineum 1990

niczenia wynikające z dostępnych metod i narzędzi badawczych oraz możliwości czasowych.

Formułując pytania badawcze warto zastanowić się, jakie prawdopodobne układy wyników można przewidywać bazując na dotychczas obowiązujących prawach i teoriach oraz dotychczasowym stanie wiedzy na dany temat. Stąd już tylko krok do sformułowania hipotezy!

Hipoteza¹⁰ jest naukowym przypuszczeniem, prawdopodobnym wyjaśnieniem badanego zjawiska lub zdefiniowaniem zależności, które należy przetestować prowadząc badanie. Można powiedzieć, że hipoteza jest propozycją odpowiedzi na pytanie badawcze – odpowiedzi, która wymaga sprawdzenia i jest sprawdzalna empirycznie. Na podstawie hipotez możliwe jest formułowanie przewidywań – np. można przewidzieć efekty, jakie spowoduje zmiana pojedynczego czynnika wpływającego na badane zjawisko.

Przewidywania zwykle dotyczą spodziewanych efektów testu dla wariantu, gdy hipoteza jest prawdziwa oraz dla przeciwnego wariantu, gdyby okazała się fałszywa. Należy przy tym zaznaczyć, że dla konkretnego badania nie trzeba formułować dwóch hipotez, z których jedna jest logicznym zaprzeczeniem drugiej. Wystarczy zweryfikowanie lub sfalsyfikowanie (sprawdzenie pozytywne lub negatywne) jednej z nich.

Cechy prawidłowej hipotezy naukowej można ująć następująco:

- Jest precyzyjnie sformułowana i spójna wewnątrznie.
- Dotyczy nierozpoznanych dotąd aspektów danej dziedziny wiedzy.

¹⁰ Dla objaśnienia cech hipotezy korzystano z następujących źródeł: J. Majkut. *O teorii i praktyce badań naukowych (z myślą o nauczycielu akademickim)*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Rakietowych i Artylerii im. Gen. J. Bema. Toruń 1992; B. Poskrobko (red.). *Metody badań naukowych z przykładami ich zastosowania*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko. Białystok 2012.

- Jest **testowalna** (czyli istnieje metoda i kryteria, które można zastosować celem sprawdzenia hipotezy).
- Może być użyta do formułowania przewidywań.
- Jest zdaniem twierdzącym, zwykle zawiera informację o związku lub jego braku między zmienną niezależną i zależną.

Przykład na podstawie badania prowadzonego przez Uczestnika OB.

Pytanie badawcze: *Czy natężenie światła wpływa na aktywność akustyczną samców konika pospolitego *Chorthippus biguttulus* (Linnaeus, 1758)?*

Hipoteza zerowa: *Natężenie światła słonecznego nie wpływa na aktywność akustyczną samców koników.*

Tak sformułowana hipoteza mówi o braku różnic pod kątem akustycznym między grupami koników hodowanymi przy różnym oświetleniu. Dla badacza bardziej prawdopodobna wydaje się **hipoteza alternatywna:** *Natężenie światła słonecznego wpływa na aktywność akustyczną samców koników.* Nie sposób jej jednak potwierdzić za pomocą testów statystycznych. Pozwalają one jednak odrzucić hipotezę zerową i na tej zasadzie przyjąć hipotezę alternatywną. Z tego powodu formalnie testuje się zwykle hipotezy stawiane nieco „na opak” – w taki sposób, aby nie było ich żal odrzucić.

Przewidywanie: *Jeśli hipoteza zerowa jest prawdziwa, to sztuczne obniżenie natężenia światła nie powinno mieć wpływu na aktywność akustyczną samców koników.*

Postawiona hipoteza jest falsyfikowalna. Jeżeli jest ona prawdziwa, to spodziewamy się, że różnice między badanymi grupami w średniej liczbie wydawanych fraz będą wynikały jedynie ze zjawisk czysto losowych: błędów pomiarowych lub ograniczonej liczebności próby, a więc będą niewielkie. Jeżeli wykazemy, że faktycznie te różnice są duże, to możemy odrzucić hipotezę zerową i przyjąć hipotezę alternatywną. Mówi się wtedy o hipotezie zerowej, że została sfalsyfikowana. Określenie, jak duże muszą być różnice między grupami, aby odrzucić hipotezę zerową odbywa się podczas wykonywania odpowiednich testów statystycznych. Należy jednak bezwzględnie pamiętać, że jeżeli na podstawie testu statystycznego nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, to nie oznacza to, że jest ona prawdziwa. Może być prawdziwa, ale nie musi (np. liczebność prób mogła być za mała, by wykazać różnice między grupami).

Sformułowanie hipotezy wymaga zgłębienia dotychczasowej wiedzy i stanu badań na temat danego zjawiska. Na etapie formułowania hipotezy potrzeba często intuicji, kreatywności, a także podejmowania prób. Na tym etapie nie należy się obawiać popełnienia błędu!

Hipoteza jest nieodłącznym elementem badań o charakterze eksperymentalnym. Badania obserwacyjne również mogą zajmować się testowaniem hipotez (np. wykrywanie związków lub korelacji między zjawiskami – choćby poszukiwanie prawidłowości dotyczących współwystępowania gatunków), ale nie we wszystkich typach badań obserwacyjnych jest ona formułowana. Metoda obserwacyjna może bowiem w niektórych badaniach ograniczyć się do zbierania i gromadzenia danych. Tak dzieje się w przypadku inwentaryzacji przyrodniczej. **Inwentaryzacja przyrodnicza** może dotyczyć przyrody ożywionej (np. spisy florystyczne, spisy faunistyczne, zdjęcia fitosocjologiczne) lub nieożywionej¹¹ (np. typy siedlisk przyrodniczych, formy rzeźby terenu, typy gleb, etc.). Praca badawcza ma w takim przypadku charakter opisowy, a badacz nie zajmuje się w niej testowaniem hipotez. Dopiero w następnym kroku zgromadzone dane mogą posłużyć do sformułowania hipotezy, która podlega testowaniu w badaniach empirycznych. Inwentaryzacja przyrodnicza może i powinna stać się także punktem wyjścia do waloryzacji przyrodniczej terenu, planowania różnych form ochrony przyrody, konstruowania planów ochrony i planów zadań ochronnych, a także planów zagospodarowania przestrzennego, czy planowania i organizacji edukacji przyrodniczej (np. wytyczanie przyrodniczych ścieżek edukacyjnych).

¹¹ Należy mieć na uwadze zapis regulaminu OB mówiący, że prace dotyczące jedynie zagadnień o charakterze (...) geograficznym będą dyskwalifikowane.

Dobór zmiennych lub cech podlegających badaniu

Określenie obiektu i przedmiotu badań, postawienie pytań badawczych i sformułowanie hipotez umożliwia przejście do stworzenia **planu badań**, czyli sposobu

postępowania mającego na celu odpowiedź na pytania badawcze i sprawdzenie postawionych hipotez. Składowe planu badania uzależnione są od typu prowadzonych badań, a więc czy będą to badania o charakterze

Pamiętaj, co mówi regulamin OB:

Niezależnie od tematyki, wysoko oceniane są prace, w których część praktyczna (doświadczalna lub obserwacyjna) została prawidłowo zaplanowana, rzetelnie wykonana i jasno zanalizowana.

Praca badawcza musi być wykonana z wykorzystaniem materiałów i środków dostępnych w domu, pracowni szkolnej lub bezpośrednio w terenie.

A. Zasady prowadzenia doświadczeń.

Punktem wyjścia dla pracy doświadczalnej jest postawienie hipotezy roboczej, wymagającej przetestowania. W pierwszym etapie należy stwierdzić zachodzenie badanego zjawiska, następnie dokonać jego charakterystyki ilościowej, a w końcowym etapie – poznać i opisać jego mechanizmy.

Należy pamiętać, że podstawowe warunki wiarygodności uzyskanych wyników to:

- dostateczna liczba powtórzeń doświadczenia, pozwalająca na statystyczne opracowanie uzyskanych wyników;
- prawidłowe dobranie warunków doświadczalnych i kontrolnych;
- zachowanie powtarzalnych warunków przez cały czas prowadzenia doświadczeń lub obserwacji.

B. Prowadzenie obserwacji

W pracach o charakterze obserwacyjnym istotne jest, by prowadzone przez ucznia badania nie prowadziły do zniszczenia środowiska naturalnego, wypłoszenia zwierząt czy zakłócenia spokoju obserwowanych organizmów. Również w takich pracach ważne jest zgromadzenie wystarczającego materiału badawczego, a liczba powtórzeń i warunki obserwacji muszą być dobrane w zależności od problemu badawczego. Obserwacje mogą mieć charakter inwentaryzacyjny (np. opis fauny lub flory jakiegoś środowiska) lub prowadzić do uogólnień dzięki wykryciu korelacji pomiędzy zjawiskami (np. współwystępowanie pewnych gatunków).

Badania muszą być wykonywane przez ucznia osobiście i samodzielnie^d w terenie, w domu lub w pracowni szkolnej.

Prace będące opracowaniem lub kompilacją danych uzyskanych przez inne osoby lub fragmentem cudzego projektu badawczego nie mogą być przyjęte do udziału w Olimpiadzie. Ograniczenie to odnosi się także do analiz dokonywanych przez uprawniony personel w trakcie procesów produkcyjnych, hodowlanych, technologicznych i innych, a także pomiarów wykonywanych przez pracowników jednostek naukowo-badawczych, stacji sanitarno-epidemiologicznych, leśników i innych specjalistów.

eksperymentalnym, obserwacyjnym prowadzącym do wykrywania korelacji, czy też inwentaryzacja terenowa.

Dobór zmiennych w pracy badawczej o charakterze doświadczenia

Projektowanie doświadczenia należy rozpocząć od określenia tzw. **zmiennych**. Zmiennymi nazywamy parametry, które mierzymy lub kontrolujemy w trakcie badań. Zatem w trakcie planowania doświadczenia sprawdzającego hipotezę kluczowe jest określenie wszystkich zmiennych istniejących w danym układzie badawczym. Wyróżniamy trzy typy zmiennych:

- **Zmienna niezależna** – czynnik, którym w sposób świadomy manipulujemy w doświadczeniu. Grupa badana i grupa kontrolna różnią się między sobą właśnie wartością zmiennej niezależnej.
- **Zmienna zależna** – parametr, który zmienia się pod wpływem badanego czynnika, inaczej mówiąc ta zmienna zależy od zmiennej niezależnej, dlatego jest nazywana *zależną*. Różnica wartości zmiennej zależnej między grupą kontrolną, a badawczą stanowi miarę efektu jaki wywołuje badany w doświadczeniu czynnik.
- **Zmienne kontrolowane** – wszystkie pozostałe parametry i warunki, w których przebiega badanie, a które nie powinny ulec zmianie podczas jego trwania. Parametry zmiennych kontrolowanych powinny być monitorowane podczas trwania badania, żeby mieć pewność, że notowane zmiany zmiennych zależnych są efektem wpływu badanego czynnika (zmiennej niezależnej), a nie zmiany innych czynników. Grupa badana i grupa kontrolna w doświadczeniu powinny mieć zachowane takie same warunki – wartości zmiennych kontrolowanych.

Wszystkie rodzaje zmiennych mogą mieć charakter ilościowy (np. wzrost, temperatura, itp.) lub jakościowy (np. obecność lub nie drapieżnika w akwarium, kolor filtra świetlnego, itp.).

Zwykle wśród wielu wartości zmiennej niezależnej, będzie uwzględniona także referencyjna wartość tej zmiennej – stanowiąca punkt odniesienia dla pozostałych badanych wariantów. Nazywamy ją **próbą kontrolną**. Umożliwia ona wyciągnięcie wniosków poprzez porównanie wyników uzyskanych w próbie badawczej. W przypadku układu doświadczalnego z dwoma lub więcej poziomami zmiennej niezależnej zwykle tylko jedna z prób jest traktowana jako punkt odniesienia dla pozostałych – jest próbą kontrolną.

Jeżeli chcielibyśmy odpowiedzieć na pytanie: „Czy nawożenie pola zwiększy plonowanie?”, to naturalną grupą kontrolną stanowiłaby uprawa bez nawozu. Jeżeli odwrócimy pytanie badawcze: „Czy zaprzestanie nawożenia spowoduje spadek plonów?”, to próbę kontrolną będzie stanowić w tym samym układzie doświadczalnym uprawa z nawozem. Ten przykład pokazuje, że wskazanie próby kontrolnej i badawczej jest niemożliwe bez precyzyjnego postawienia pytania badawczego oraz, że nie można próby kontrolnej definiować po prostu jako tej, gdzie nie działa badany czynnik – w tym przypadku nawożenie.

Niekiedy próby kontrolne wprowadza się z innego powodu: aby sprawdzić, czy eksperyment przebiegał prawidłowo pod kątem technicznym. Na przykład:

- wykonując test na obecność wirusa HIV u nieznanego pacjenta możemy wziąć też próbkę od osoby na pewno zakażonej, aby w przypadku wyniku negatywnego w pierwszej próbce mieć pewność, że odczynniki działały prawidłowo – w drugiej próbce powinien wyjść wynik dodatni, a jeżeli tak się nie stało, to wykazany został błąd techniczny i wyniki z pierwszej próby należy traktować jako niewiarygodne¹²;

12 Należy pamiętać, że zgodnie z regulaminem Olimpiady Biologicznej w pracy badawczej niedopuszczalne są doświadczenia z użyciem zwierząt kręgowych lub człowieka (także z użyciem

- wykonując rozdział chromatograficzny lub elektroforetyczny mieszanin należy oprócz badanych próbek, nanieść także próbę wzorca, której wynik pozytywny wykaże, że proces przebiegł prawidłowo oraz będzie umożliwiał odczytanie wyników we właściwych próbach;
- wykonując badanie aktywności enzymu pochodzącego z materiału badawczego (np. po ekstrakcji z tkanek roślinnych) należy przeprowadzić też reakcję referencyjną z próbą enzymu o znanej, przetestowanej aktywności – wynik dodatni, zgodny z przewidywaniami dla tej próby, będzie świadczył o prawidłowym działaniu zastosowanej procedury, odczynników i techniki pomiarowej.

Eksperymentalny układ badawczy powinien zawierać **przynajmniej jedną zmienną niezależną** (może być ich więcej, ale należy pamiętać, że każda dodatkowa zmienna niezależna zwiększa jego złożoność i może komplikować analizę danych). Zmienną niezależną może być np. stopień nasłonecznienia, nawodnienie, temperatura, różne gatunki badanych organizmów, obecność/brak szkodliwych lub korzystnych czynników, rodzaj gleby lub dodatki do gleby, typ środowiska itp.

Schemat tego typu układów badawczych przedstawia rycina 4.

Większość prac przesyłanych na Olimpiadę Biologiczną zawiera jedną, dwie lub trzy zmienne niezależne. Najmniej błędów logicznych mają prace, które zawierają jedną zmienną niezależną. Natomiast badania uwzględniające trzy i więcej zmiennych zwykle gromadzą tak dużo danych, że trudno wyciągnąć z nich spójne wnioski bez zastosowania skomplikowanych testów statystycznych. Młody badacz, który dopiero uczy się zasad rządzących pracą naukową, powinien stworzyć

hodowli komórek w warunkach in vitro, utrwalonych preparatów oraz wydzielin, włosów, zębów, krwi itp.).

Przykład 1.

znane z podręczników badanie wpływu wybranego czynnika na proces kiełkowania nasion

Zmienną niezależną niech będzie dostępność wody. Zmienna ta przybierać będzie dwa możliwe warianty: brak wody oraz obecność wody w podłożu.

Zmienną zależną jest liczba wykiełkowanych nasion w określonym czasie.

Zmiennymi kontrolowanymi, które pozostają identyczne we wszystkich próbach doświadczalnych będą warunki, w których kiełkują nasiona – podłoże, naświetlenie, powierzchnia/zagęszczenie, dostęp powietrza, wilgotność powietrza (nie mylić z obecnością/brakiem wody w podłożu, która jest zmienną niezależną), temperatura otoczenia, liczba i jakość badanych nasion, czas trwania doświadczenia oraz sposób pomiaru zmiennej zależnej.

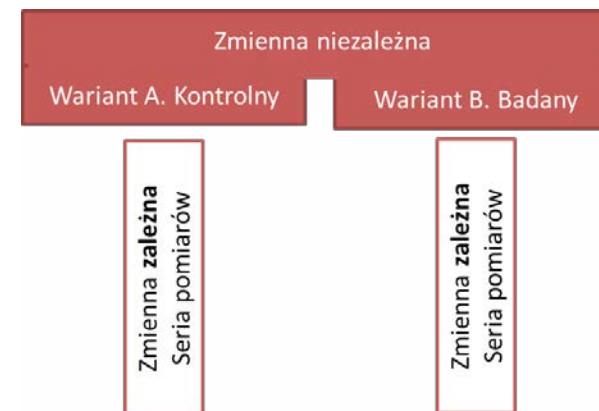
Przykład 2.

praca badawcza Uczestnika Olimpiady Biologicznej, dotycząca wpływu natężenia światła na aktywność akustyczną samców konika pospolitego *Chorthippus biguttulus* (Linnaeus, 1758)

Zmienną niezależną jest natężenie światła. Zmienna niezależna ma cztery różne poziomy: trzy stopnie sztucznego zacielenia oraz brak zacielenia (warunki naturalne). Próby wykonane bez sztucznego zacielenia, czyli w kontrolowanych warunkach naturalnego oświetlenia bezpośrednim światłem słonecznym, stanowiły punkt odniesienia dla każdej próby badanej, a zatem stanowiły próby kontrolne.

Zmienną zależną jest liczba fraz wydawanych przez konika w ciągu pół godziny.

Zmiennymi kontrolowanymi – określonymi i monitorowanymi przez badacza były m.in.: warunki hodowli badanych osobników, obecność samic, godziny i sposób pomiaru aktywności akustycznej, czas aklimatyzacji, temperatura powietrza, zachmurzenie, opady.

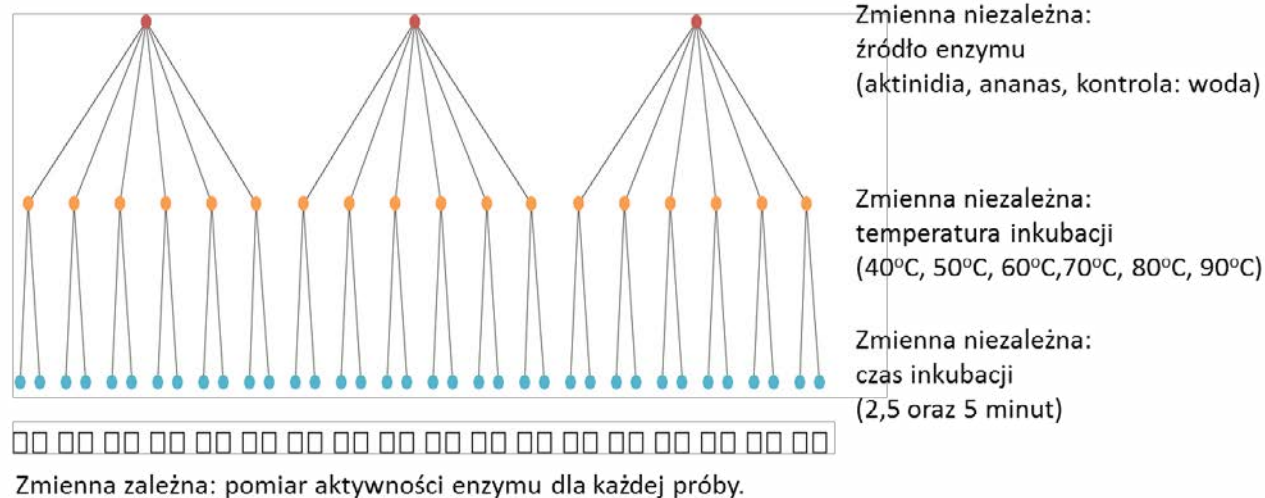


Ryc. 4. Schemat prostego układu badawczego, w którym wybrano tylko jedną zmienną niezależną mającą dwa warianty – kontrolny i badany

Określono także zmienną zależną, czyli rodzaj pomiaru. Po wykonaniu takiego doświadczenia badacz otrzyma dwie serie danych z wykonanych pomiarów. Na schemacie nie pokazano liczby badanych osobników, liczby prób ani powtórzeń doświadczenia.

możliwie prosty układ badawczy z jedną zmienną niezależną, co nie wyklucza oczywiście oryginalnego tematu i twórczego podejścia do badań.

Przykładem badania, w którym Uczestnik wybrał trzy zmienne niezależne, a każdą z nich cechuje po kilka wariantów, może być praca dotycząca wpływu różnych czynników na aktywność proteolityczną enzymu. W tym przypadku, zmiennymi niezależnymi były: źródło enzymu (warianty: aktinidia, ananas, woda jako kontrola), temperatura inkubacji (warianty: 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C) oraz czas inkubacji w dwóch wariantach (2,5 i 5 minut). W sumie przytoczony przykład zawiera minimum 36 różnych wariantów prób doświadczalnych wraz z wariantem kontrolnym, dla których należy zebrać i przeanalizować dane. W tak rozbudowanych układach badawczych (por. rycina 5) trudno ustrzec się pomyłki, trudno też przebadać wystarczającą liczbę prób i powtórzeń, aby otrzymać wiarygodne wyniki. Rozbudowane układy badawcze, nawet jeśli są przygotowane poprawnie i logicznie, są trudne do analizy i wyciągnięcia spójnych wniosków, a przygotowując plakat naukowy na Olimpiadę Bio-



Ryc. 5. Schemat przykładowego złożonego układu badawczego, w którym wybrano trzy różne zmienne niezależne

Pierwsza zmienna niezależna ma trzy różne poziomy (w tym jeden kontrolny), druga sześć poziomów, a trzecia dwa poziomy. Dla każdego wariantu zaplanowano pomiary zmiennej zależnej.

logiczną może być trudno zmieścić na nim wszystkie istotne wyniki i wnioski.

Eksperymentalny układ badawczy musi zawierać jedną zmienną zależną, czyli parametr, który będzie mierzony lub obserwowany w trakcie prowadzenia badania. Można też uwzględnić pomiar kilku różnych parametrów wskazujących na zmiany zachodzące pod wpływem zmiennej niezależnej (kilka zmiennych zależnych), ale podczas analizy statystycznej takich wyników należy zastosować bardziej zaawansowane testy z analizą wielowymiarową. Dla uczniów startujących w Olimpiadzie polecane są układy najprostsze dla których wystarczy analiza statystyczna oparta na testach t (dla par i prób niezależnych), regresji liniowej, czy prostej analizie ANOVA.

Aby określić zmienną zależną trzeba się zastanowić, co badacz będzie obserwował, jakiego efektu się spodziewa. Jakich oczekuje się zmian parametrów jako efektu działania zmiennej niezależnej? Dla każdej zmiennej niezależnej może istnieć kilka jakościowych i/lub ilościowych zmiennych zależnych. W przykładowej pracy dotyczącej wpływu rodzaju pokarmu na rozwój motyli, mierzono długość larw oraz liczbę żywych osobników w kilku określonych momentach rozwojowych. W innej pracy dotyczącej wpływu terminu wysiewu na rozwój i wysokość plonu pszenicy zwyczajnej i jęczmienia zwyczajnego zmiennymi zależnymi były zmiany wysokości pędów w stałych wyznaczonych okresach oraz świeża masa powstałych ziarniaków.

W planie badania należy wypisać wszystkie **zmiennne kontrolowane**, które podczas doświadczenia trzeba będzie utrzymać na stałym, niezmiennym poziomie oraz sposób, w jaki można je monitorować. Tu warto także pomyśleć o dostępnych urządzeniach pomiarowych (np. termometr, wilgotnościomierz, światłomierz itp.), które umożliwią monitorowanie parametrów eksperymentu.

Dobór zmiennych w pracy obserwacyjnej

Określanie zmiennych niezależnych i zmiennych zależnych ma zastosowanie głównie w badaniach o charakterze eksperymentalnym, gdzie badacz aktywnie manipuluje parametrami zmiennych niezależnych. Jednak w badaniach obserwacyjnych czasem także używa się tych dwóch kategorii zmiennych. Przykładowo, jeśli celem jest zbadanie zależności między zróżnicowaniem roślinności w zależności od podłoża glebowego, to zmienną niezależną w takim badaniu będzie typ gleby (w kilku wariantach), a zmienną zależną wybrany wskaźnik różnorodności biologicznej. Badacz w tym przypadku jedynie wybiera powierzchnię badawczą, ale nie wpływa w żaden sposób na skład gleby. Jest to więc obserwacja, a nie eksperyment. Jednakże możemy spodziewać się, że typ gleby ma bezpośredni związek z typem zbiorowiska roślinnego.

Czasami celem badań obserwacyjnych jest wykrycie korelacji między zmiennymi nie będącymi w bezpośrednim związku przyczynowo skutkowym. Na przykład można zadać pytanie, czy obecność włosków wydzielniczych na łodydze rośliny ma związek z obecnością włosków parzących na liściach. Jeżeli nic nie wiemy o mechanizmach genetycznych rozwoju tych dwóch cech, to nie sposób założyć, że jedna z nich determinuje drugą. Można jedynie badać ich współwystępowanie traktując je na równi bez wskazania zmiennej zależnej i niezależnej. Może się okazać, że włoski łodygowe są przykładem zmienności niedziedzicznej i rozwijają się w odpowiedzi na gradację owadów roślinożernych, a włoski na liściach pojawiają się w wyniku presji makrofauny. Korelacja między występowaniem dwóch rodzajów włosków będzie więc wynikała z faktu, że roślina przyciąga zarówno owady jak i większe gatunki zwierząt, które żywią się nią, jednak obecność jednych włosków nie implikuje bezpośrednio obecności drugich.

Przykłady

1. Praca badawcza Uczestnika Olimpiady Biologicznej, w której analizowano wybrane cechy fenologiczne oraz strukturę wielkości osobników zawilca gajowego (*Anemone nemorosa* L.) w zależności od nasłonecznienia i warunków wilgotnościowych, na dwóch stanowiskach w okolicach Chęcín.

Zmienne niezależne: nasłonecznienie i wilgotność. Zmienne niezależne mają dwa różne warianty – dobry dostęp do światła słonecznego oraz zacienienie; mała wilgotność podłoża oraz wysoka wilgotność podłoża.

Zmienne zależne: np. zagęszczenie pędów nadziemnych, liczba pędów generatywnych, liczba pędów w danej fazie generatywnej, długość pędu.

Zmienne kontrolowane: np. typ gleby, konkurencyjne oddziaływanie międzygatunkowe, żerowanie określonych gatunków zwierząt (to sprawia, że wyniki z dwóch stanowisk mogą być włączone do wspólnej analizy, tzn. wyniki na nich zebrane są porównywalne, pozbawione wpływu dodatkowych czynników).

2. Praca badawcza Uczestnika Olimpiady Biologicznej, w której analizowano obfitość występowania jemioli pospolitej (*Viscum album* L.) w zależności od wybranych cech żywiciela.

Zmienne niezależne: gatunek żywiciela oraz wiek żywiciela.

Zmienne zależne: obfitość występowania (liczba okazów) jemioli pospolitej; lokalizacja (umiejscowienie) osobnika jemioli w koronie żywiciela.

Zmienne kontrolowane: np. cechy topoklimatyczne, typ otoczenia, w którym rośnie żywiciel.

W badaniach inwentaryzacyjnych, których celem jest na przykład dokonanie spisu fauny lub flory jakiegoś środowiska, nie stosuje się pojęcia zmiennych. Tutaj, badacz skupia się na gruntownym rozpoznaniu terenu podlegającym inwentaryzacji. Odbywa się to najczęściej poprzez wstępny rekonesans oraz przegląd materiałów kartograficznych i publikacji na temat danego terenu. Kluczowe na tym etapie staje się zgromadzenie i analiza adekwatnych map (ortofotomap, map topograficznych i tematycznych poszczególnych komponentów środowiska), dokumentów planistycznych (planów miejscowych, operatów urządzeniowych, planów ochrony, etc.) oraz przygotowanie podkładów kartograficznych w odpowiedniej skali (zazwyczaj 1:2000 do

1:25000). Podkład do inwentaryzacji bazuje najczęściej na mapie topograficznej lub ortofotomapie. Skala inwentaryzacji terenowej jest zazwyczaj większa niż skala mapy docelowej, gdyż na etapie analizy dane podlegają generalizacji.

W badaniach obserwacyjnych wskazane jest również określenie zmiennych kontrolowanych. W warunkach naturalnych nie sposób oczywiście kontrolować wszystkich parametrów, ale w dobrze zaprojektowanym badaniu należy mieć świadomość występowania czynników zewnętrznych i monitorować je w miarę możliwości.

Ustalenie metod badawczych

Ważnym etapem tworzenia planu badań jest wybór metod badawczych. Na ustalenie metod badawczych składają się takie zagadnienia jak: dobór próby, ustalenie zasad próbkowania, dobór narzędzi pomiarowych oraz technik statystycznych. Na tym etapie projektowania badania przydaje się przegląd literaturowy, aby zapoznać się z metodami i technikami stosowanymi przez innych badaczy w podobnych układach badawczych.

Dane przyrodnicze mogą być zbierane za pomocą narzędzi pomiarowych i czujników, które dają wiarygodne i dokładne informacje, często będące poza zasięgiem naszej bezpośredniej percepcji. Dobrze dobrane narzędzia ułatwiają zbieranie informacji niezbędnych, by odpowiedzieć na postawione pytania badawcze. Znając zmienne niezależne i zależne, należy ustalić jaki sprzęt pomiarowy lub obserwacyjny będzie potrzebny i jaka powinna być jego czułość. Przykładowo, gdy wartość pH stanowi jedną ze zmiennych zależnych, należy zdecydować, czy jego pomiar będzie prowadzony metodą kolorymetryczną w roztworze, papierkiem lakmusewym, czy może elektronicznym pH-metrem.

Jeśli w badaniu będą stosowane urządzenia pomiarowe lub testy biochemiczne, warto uwzględnić testo-

wanie prawidłowego działania urządzenia (patrz też opis prób kontrolnych str. 1718). Pozytywna kontrola wykaże, czy urządzenie/test jest wystarczająco czułe i reaguje w obecności wykrywanego czynnika. Kontrola negatywna wskaże, czy urządzenie/test jest swoiste, czyli czy daje pozytywny wynik wyłącznie w obecności czynnika mającego wywołać efekt. Aby można było zbierać dane ilościowe trzeba też przeprowadzić kalibrację sprzętu i sprawdzić jego wyskalowanie, np. korzystając z próbki referencyjnej.

Obserwacje i eksperymenty muszą być prowadzone systematycznie, zgodnie z ustaloną procedurą odpowiadającą celowi obserwacji. Nie mogą odbywać się w sposób przypadkowy, bądź jednorazowy.

Kryteria doboru próby, liczba powtórzeń i sposób zliczania osobników powinny być dobrane w zależności od problemu badawczego. W każdym przypadku zachowana musi być reprezentatywność danych. Próba jest reprezentatywna, jeśli umożliwia uogólnienie wyników badań z próby na populację. Aby wyciągać wnioski na temat danego zjawiska, trzeba mieć pewność, że przeanalizowany materiał odzwierciedla tendencje charakterystyczne lub typowe dla obiektu lub obszaru objętego badaniami. Jeśli więc Uczestnik OB prowadzi badania nad sezonowymi preferencjami żywieniowymi określonego gatunku ptaka drapieżnego i na podstawie danych literaturowych wskazuje, że na danym terenie występuje kilka tysięcy par tego gatunku, a następnie w każdym miesiącu prowadzi analizę składu jedynie kilku wypluwek, to rodzi się pytanie, czy dobór wielkości próby jest uzasadniony statystycznie i czy wyniki będą reprezentatywne dla populacji objętej badaniami (a jeśli nie, to jaki inny cel poznawczy przyświeca prowadzonemu badaniu).

Sposób próbkowania musi zapewniać porównywalność wyników i pozwalać na ocenę wyników przez innego badacza. Niektóre prace zgłaszane do Olimpiady

Biologicznej nie spełniających wymogów. Przykładem może być praca, której Uczestnik postawił sobie za cel analizę występowania, liczebności oraz lokalizacji miejsc noclegowych ptaków bytujących na określonym obszarze, nie uwzględnił jednak wymogu reprezentatywności i porównywalności wyników („W każdym miesiącu wykonano od 2 do 6 kontroli w odstępach jedno- lub dwutygodniowych. Badania prowadzono w różnych porach doby, jednak najczęściej w godzinach dziennych. W trakcie obserwacji, które trwały od kilku minut do nawet 10 godzin.”).

Błędem jest również wyciąganie wniosków uogólniających na podstawie fragmentarycznych, niepełnych danych, które nie odzwierciedlają przestrzennego zróżnicowania terenu badań lub pochodzą jedynie z niewielkiej części sezonu. Tego typu błędy pojawiają się dość często w pracach badawczych zgłaszanych do Olimpiady Biologicznej. Przykładowo, w pracy mającej na celu zbadanie sezonowej zmienności preferencji pokarmowych określonego gatunku ptaka drapieżnego, Uczestnik wykonał analizę jedynie dla dwóch następujących po sobie miesięcy w roku, co nie może być uznane za reprezentatywne dla całego sezonu.

Niedopuszczalne jest także „ręczne” sterowanie doborem próby, bez uzasadnienia statystycznego. Przykładem może być praca badawcza Uczestnika OB, w której zgodnie z założeniem metodycznym, w każdym miesiącu pobierano z danej lokalizacji i poddawano analizie serię 20 prób. W przypadku jednej serii, Uczestnik doszedł jednak do błędnego przekonania, że w sytuacji gdy 10 kolejno przeanalizowanych prób dało zbliżone wyniki, uzasadniona staje się rezygnacja z analizy pozostałych 10 prób.

Badania muszą być możliwe do zrealizowania w założonym czasie. Jeśli jest taka możliwość, każdy eksperyment należy powtórzyć przynajmniej dwa razy. Jeśli nie ma na to czasu i doświadczenie jest prowadzone

jednorazowo, należy zadbać o kilkukrotne powtórzenia prób. Należy przy tym pamiętać, by próby były niezależne. Przykładowo rozlanie jednego roztworu do pięciu probówek i zbadanie w każdej z nich stężenia badanej substancji może służyć jedynie do wyciągnięcia średniej i zredukowania w ten sposób błędu pomiarowego stosowanej techniki. W żadnym wypadku nie można jednak traktować takich pięciu probówek w analizach jako pięciu niezależnych pomiarów.

Do wykonania inwentaryzacji przyrody ożywionej potrzebny jest zazwyczaj sezon wegetacyjny lub jego część. Badania nastawione na aspekty dynamiczne (np. analiza rozprzestrzeniania określonych gatunków roślin) mogą być trudne do podsumowania i niemięrodajne, gdyż w wielu przypadkach wymagają prowadzenia wieloletnich badań, a prowadząc pracę badawczą na Olimpiadę Biologiczną dysponuje się zazwyczaj tylko jednym sezonem wegetacyjnym lub jego częścią. Można jednak porównać wyniki własnej inwentaryzacji z danymi zebranymi wcześniej przez innych badaczy, pamiętając o konieczności zachowania spójności metodycznej w takiej pracy porównawczej.

Bardzo ważnym elementem w badaniach obserwacyjnych jest wybór miejsca obserwacji tak, by umożliwiło analizę stawianych problemów, a jednocześnie było dostępne logistycznie. Należy precyzyjnie wyznaczyć teren objęty badaniami oraz miejsca poboru prób. Konieczne może okazać się trwałe oznaczenie danych miejsc w terenie, np. palikami, aby móc do nich powrócić. Jeśli stosowane są powierzchnie badawcze należy określić ich liczbę, powierzchnię, lokalizację oraz kryteria ich wyboru. Szczegółowa metodyka kartowania terenowego uzależniona jest od badanego obiektu lub grupy gatunków. Liczba i lokalizacja prób powinna być jednak dobrana tak, by odzwierciedlić zróżnicowanie przestrzenne terenu badań. Istotne jest też, by prowadzone prace terenowe nie prowadziły do zniszczenia

lub zaburzenia elementów środowiska przyrodniczego, w tym do rozprzestrzeniania gatunków inwazyjnych. Planując zbieranie w terenie okazów zielnikowych trzeba mieć na względzie, że nie mogą znajdować się wśród nich organizmy objęte ochroną gatunkową.

Jak przeprowadzić doświadczenie lub obserwację?

Istotną cechą każdego dobrego doświadczenia jest jego powtarzalność¹³

E.B. Wilson

Po zaplanowaniu badania i zgromadzeniu wszystkich niezbędnych zasobów badacz przystępuje do fazy **testowania**, czyli prowadzi doświadczenie lub celową obserwację.

Na początku warto wykonać serię krótszych wstępnych doświadczeń testowych (prób pilotażowych) na mniejszych grupach badawczych, pozwalających właściwie dobrać warunki dla badania głównego. Pilotaż pozwala na sprawdzenie skuteczności dobranych narzędzi badawczych, pozwoli też wychwycić ewentualne problemy techniczne i organizacyjne. W badaniach inwentaryzacyjnych funkcję próby pilotażowej spełniają zwykle czynności wykonywane podczas wstępnego rekonesansu terenowego.

Podczas prowadzenia badań należy nieustannie dbać o rzetelność i uczciwość badawczą. Badania nie mogą być obciążone intencją badacza (myśleniem życzeniowym) lub być prowadzone, tak aby za wszelką cenę dowieść prawdziwość postawionej hipotezy. Badania, w których hipoteza została odrzucona są tak samo istotne dla rozwoju nauki, co badania potwierdzające jej słuszność!

¹³ E.B. Wilson, *Wstęp do badań naukowych*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1964

Prowadzone pomiary muszą być obiektywne i precyzyjne. Jeśli wyniki w kolejnych powtórzeniach prób lub powtórzeniach badania nie są do siebie podobne (powtarzalne), należy zweryfikować stosowane metody i sposób pomiaru (czy są one wiarygodne? Czy wszystkie zmienne kontrolowane są stabilne? Czy nie ma dodatkowych czynników zewnętrznych wpływających na wyniki pomiaru?). Jeśli wyniki doświadczenia wahają się mimo tego, że badany czynnik nie został zmieniony, może znaczyć to, że na wynik mają wpływ jakieś czynniki nieznane, a poszukiwanie takich nieznanymi czynników może doprowadzić do interesujących odkryć¹⁴.

Zaplanowane procedury należy sumiennie wykonywać. W przykładowej pracy napisano: *Sprawdzono na wadze kuchennej, że 5ml płynu ma wagę około 5mg*. Chwila zastanowienia nad tym sformułowaniem pozwala zauważyć, że prawdopodobnie pomiar taki nie został przeprowadzony: po pierwsze – dokładność pomiaru wagi kuchennej to typowo 1g, a po drugie wartość taka oznaczałaby, że 5 litrów tego płynu ma masę 5 gramów!¹⁵

Niektóre wyniki cząstkowe obserwacji można weryfikować na bieżąco za pomocą łatwo dostępnych technik, np. jeśli w danym cieku, na podstawie składu gatunkowego, stwierdzono licznie występujące gatunki glonów będących indykatorami kwaśnego odczynu wody, można i należy zweryfikować wynik takiej obserwacji poprzez pomiar pH wody za pomocą pH-metru.

Obowiązkiem Uczestnika Olimpiady Biologicznej jest gromadzenie wszystkich dokonanych i uzyskiwanych w badaniu danych oraz dokumentowanie obserwacji. Stanowisko pracy badacza wymaga więc, by było w nim przewidziane stałe miejsce na **zeszyt laboratoryjny** lub **dziennik obserwacji**. Może on mieć formę

¹⁴ E.B. Wilson, *Wstęp do badań naukowych*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1964

¹⁵ Niestety Uczestnik wykorzystywał tak określone dane w dalszych obliczeniach.

papierową lub elektroniczną, w obu przypadkach należy go opisać danymi osobowymi badacza. Dane należy notować systematycznie w trakcie trwania badania, by nie dopuścić do powstawania luk i przeinaczeń. Podczas prowadzenia doświadczeń należy kierować się podstawową zasadą: *zmieniaj każdorazowo tylko jedną rzecz i notuj wszystko co robisz. Przy wykonywaniu doświadczeń największą uwagę należy zwracać na podstawowe szczegóły techniczne. Dokładne notowanie wszystkich szczegółów toku pracy jest regułą podstawową.*¹⁶

Obserwacje terenowe powinny być zapisywane w zeszycie obserwacji na bieżąco. Notatki mogą mieć charakter hasłowy, ale po powrocie z obserwacji, jeszcze tego samego dnia trzeba uzupełnić je o szczegóły. Pamięć jest ulotna i może się zdarzyć, że decydując się na późniejsze zapisanie wyników obserwacji utracimy istotne szczegóły. W trakcie obserwacji i sporządzania notatek dokonuj selekcji spostrzeżeń kierując się celem pracy, lecz pamiętaj, że nadrzędnym wymogiem jest obiektywizm i rzetelność badawcza. Czasami z pozoru mało istotne dane przy opracowywaniu wyników okazują się bardzo przydatne. Cennym sposobem dokumentowania mogą być także fotografie układu pomiarowego, materiału badawczego, czy terenu, w którym wykonywano obserwacje.

Każdy zbiór danych wymaga opatrzenia datą prowadzenia obserwacji. Dane należy notować w pierwotnej postaci, bez przekształceń matematycznych. O ile wynika to ze specyfiki zbieranych danych, należy pamiętać o zapisywaniu jednostek, w których prowadzony jest pomiar. Jeżeli wykorzystywane jest urządzenie pomiarowe, należy zanotować typ urządzenia, markę i dokładność pomiarową. Szczególną uwagę warto zwrócić na notowanie parametrów kontrolowanych (np. temperatura pomieszczenia, w której odbywa się pomiar, czy

16 W.I.B. Beveridge, *Sztuka badań naukowych*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1960

Ryc. 6.
Przykładowa tabela wyników surowych wraz z opisem jej elementów składowych

Numer siewki	Groch zwyczajny. Dzień: 01.07.2016	
	Długość pędu [mm]	Długość korzenia [mm]
1.		
2.		
3.		

Tabela 1. Wartości pomiarów długości pędów i korzeni dla grochu zwyczajnego w uprawie hydroponicznej. Dane z dnia 01.07.2016. Godzina pomiaru: 10:00
Stałe warunki kontrolowane: temp. 26°C, nasłonecznienie.
Objaśnienie symboli:
† siewka obumarła;
* liście na pędzie zaczęły przyjmować rdzawy kolor.

Opis tabeli znajduje się zawsze nad tabelą. Zawiera numer wg. kolejności tabel, opis próbki, jakiej dotyczy pomiar, dane szczegółowe na temat warunków pomiaru

Nazwy zmiennych zależnych, których pomiary są wykonywane. Informacja o jednostce pomiarowej podana w nawiasie kwadratowym.

Pola do zapisu zaobserwowanych wartości zmiennych zależnych.

Oznaczenie porządkowe identyfikujące każdą próbkę, obiekt lub osobnika w badaniu.

wartość ciśnienia atmosferycznego). Jeżeli używane są odczynniki chemiczne, należy zapisać ich pochodzenie, stężenie i sposób ich oczyszczania (np. czysty, cz., cz.d.a.). W notatniku mogą znaleźć się ponadto szkice i rysunki, np. aparatury pomiarowej, obrazu mikroskopowego lub orientacyjne, „robocze” wykresy.

Zgromadzony materiał badawczy porządkuje się przygotowując tabelę wyników surowych. Cechy przykładowej poprawnie przygotowanej tabeli przedstawiono na rycinie 6.

Pierwsza kolumna tabeli wyników surowych zawiera oznaczenie porządkowe, czyli unikatowy identyfikator każdej badanej próbki, obiektu lub osobnika. W kolejnych kolumnach zapisywane będą dane pomiarowe w podziale na konkretne zmienne zależne. Nagłówki tych kolumn powinny zawierać: nazwę zmiennej zależnej (np. długość pędu) oraz informację o jednostkach pomiarowych (np. mm).

W każdym wierszu tabeli wpisuje się te wartości danych, które dotyczą jednego przypadku (próbki lub osobnika) oznaczonej identyfikatorem w pierwszej kolumnie tabeli. Przykładowo, jeżeli dany wiersz tabeli został przyporządkowany pomiarom dotyczącym konkretnej siewki, to wpisujemy w ten wiersz wszystkie wartości parametrów dla tej siewki w jednej serii pomiarów. Jeśli plan badania zakłada wykonywanie pomiarów zmiennych zależnych dla tych samych obiektów w kolejnych punktach czasowych (np. co 10 minut albo raz dziennie przez 10 kolejnych dni), to serie wyników dla danego obiektu można zapisywać w tej samej tabeli w kolejnych kolumnach. Należy zachować przy tym kolejność badanych obiektów i dane dotyczące tego samego obiektu wpisywać w określony dla niego wiersz tabeli. A kolejne kolumny należy odpowiednio opisać tak, żeby można było zidentyfikować każdą serię pomiarów.

Jeśli podczas prowadzenia pomiarów lub obserwacji badacz ma do dyspozycji komputer, może tabelę wyników surowych sporządzić od razu w arkuszu kalkulacyjnym, i tam wpisywać dane z pomiarów oraz obserwacji. Często, urządzenia pomiarowe mają możliwość zapisania wyników kolejnych pomiarów w pamięci urządzenia i wyeksportowania serii zapisanych danych do formatu odczytywanego przez arkusz kalkulacyjny.

Zgromadzone dane należy poddać analizie statystycznej. Dla ułatwienia interpretacji danych warto na wielu etapach pracy z danymi tworzyć graficzne wizualizacje i zestawienia danych, wykresy i schematy. Informacje dotyczące statystycznej obróbki danych można znaleźć w publikacji: *Olimpiada Biologiczna – Informator, część statystyczna i filogenetyczna* opracowanej przez dra Łukasza Banasiaka¹⁷. Warto wykonywać obliczenia samodzielnie za pomocą kalkulatora, ponieważ w ten sposób można lepiej zrozumieć testowaną hipotezę. Aby uniknąć jednak pomyłek rachunkowych zalecane jest wykorzystanie do obliczeń arkuszy kalkulacyjnych lub pakietów do analizy statystycznej danych. Darmowym programem dedykowanym do takich zastosowań jest na przykład „R” dostępny pod adresem: <https://www.r-project.org/>

Jak opracować wyniki?

Po analizie danych przychodzi moment na opracowanie wyników. Na proces **oceny badań** składa się interpretacja wyników oraz odniesienie otrzymanych wyników do danych literaturowych. Wyniki doświadczeń i obserwacji wymagają interpretacji w świetle informacji uzyskanych po analizie statystycznej, analizie

¹⁷ Warto również zajrzeć do następujących publikacji: Statystyka. Przewodnik MOCNO ilustrowany, Larry Gonick, Woollcott Smith, Wydawnictwa Wolters Kluwer SA; Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników, Adam Łomnicki, Wydawnictwo Naukowe PWN; Statystyka dla bystrzaków, Deborah J. Rumsey, Wydawnictwo Septem

logicznej i w świetle danych uzyskiwanych przez innych badaczy. Etap oceny badań jest najbardziej wymagającym etapem pracy badawczej – rozumienie istoty otrzymanych wyników i nadanie im znaczenia zależy od zdolności intelektualnych badacza i logiki jego rozumowania. Należy szczególnie bacznie zwracać uwagę na rozróżnienie pomiędzy zaistniałą korelacją (współwystępowaniem) zdarzeń, a faktycznym związkiem przyczynowo skutkowym.

Zdarza się, że uzyskane wyniki i ich interpretacja nie dają odpowiedzi na pytanie badawcze. W takim wypadku należy przeanalizować wszystkie przeprowadzone etapy pracy badawczej i znaleźć popełnione błędy (patrz: rycina 1 oraz 3). Błędy te mogą pojawić się na każdym etapie, a od etapu, w którym popełniono błąd, należy powtórzyć cykl badawczy. Błędy mogą tkwić w niedokładnie lub wadliwie przeprowadzonym doświadczeniu/obserwacji – wtedy należy powtórzyć tylko etap testowania. Może się okazać, że całe badanie zostało wadliwie zaprojektowane – wtedy należy stworzyć nowy plan badania i powtórnie je przeprowadzić. Wyniki mogą również dowieść, że postawiona hipoteza była nieścisła.

Jeśli natomiast badanie zostało prawidłowo zaplanowane i zaprojektowane, a mimo to dało wynik negatywny, to warto pamiętać, że w procesie poznawczym negatywne wyniki badań są równie wartościowe, co wyniki pozytywne, bowiem powiększają zasób zweryfikowanej wiedzy naukowej na temat danego zjawiska i dają podstawę do dalszych badań. *„Należy pamiętać o tym, że badanie naukowe ma wartość poznawczą nie tylko wtedy, gdy daje wynik pozytywny (np. ustalenie istotnej korelacji, potwierdzenie przewidywań, zaobserwowanie spodziewanego zjawiska lub wykrycie spodziewanego obiektu), lecz również wtedy, gdy daje wynik*

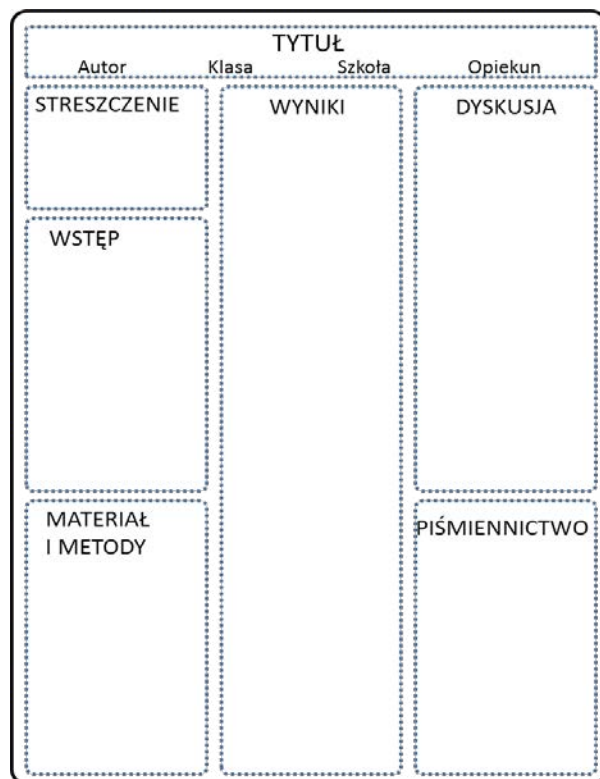
negatywny.”¹⁸ Historia nauki pokazuje, że najbardziej interesujące są badania, które przynoszą nieoczekiwane wyniki. Stanowią one motor dla prowadzenia dalszych pogłębionych dociekań i obierania ich nowych kierunków badawczych.

Jak przygotować plakat naukowy na Olimpiadę Biologiczną?

Wyniki pracy badawczej przygotowanej w toku Olimpiady Biologicznej należy przedstawić w formie **plakatu naukowego**, który jest syntetycznym i graficznym sposobem zaprezentowania wyników i wniosków z przeprowadzonego badania.

Sformułowanie treści plakatu musi być precyzyjne i jednoznaczne. Należy unikać przeładowania plakatu tekstem i wybrać do przedstawienia jedynie informacje najbardziej istotne. W części nagłówkowej należy umieścić: temat, imię i nazwisko autora, klasę, nazwę szkoły oraz imię i nazwisko opiekuna pracy badawczej. Główne elementy plakatu to: temat, streszczenie, wstęp, materiał i metody, wyniki, dyskusja, spis literatury. Plakat powinien zostać wykonany w formacie A0 i zapisany w pliku PDF. Stosowana wielkość czcionki nie może być mniejsza niż 24pkt poza spisem literatury, gdzie dopuszcza się czcionkę 18 pkt. Plakat można wykonać w dowolnym programie graficznym do grafiki wektorowej np. InkScape (darmowy), CorelDraw, Adobe Illustrator itp. lub innym umożliwiającym pracę z elementami graficznymi z pakietów programów biurowych np. OpenOffice Impress/Draw (Rysunek/Prezentacja), LibreOffice Rysunek/Prezentacja, Microsoft PowerPoint itp. lub też za pomocą internetowych kreatorów plakatów. Niezależnie od tego w jakim programie zo-

¹⁸ „Rzetelność w badaniach naukowych oraz poszanowanie własności intelektualnej”, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2012. http://www.uwm.edu.pl/wnz/sitefiles/file/badania/20120806_rzetelnosc_broszura_fin.pdf (dostęp: 12.2016)



Ryc. 7. Przykładowa kompozycja plakatu z podziałem na trzy kolumny

Więcej przykładów poprawnych kompozycji plakatów naukowych można znaleźć np. w publikacji J. Weinerja *Technika pisania i prezentowania przyrodniczych prac naukowych*. PWN 2016 (tam również wiele cennych wskazówek na temat elementów treści pracy badawczej).

stał stworzony plakat, należy go zapisać / wyeksportować do formatu PDF. Przykładową kompozycję plakatu z podziałem na trzy kolumny przedstawia rycina 7.

Temat

Musi być zgodny z tematem zgłoszonym do systemu elektronicznego podczas rejestracji. Szczegółowe

informacje dotyczące sformułowania tematu pracy badawczej znajdują się w punkcie 2A. *Jak dokonać wyboru tematu pracy badawczej?* str. 5-9).

Streszczenie (abstrakt)

Abstrakt stanowi syntetyczną informację o przeprowadzonych badaniach, która pozwala zorientować się w zawartości pracy. Objętość typowego abstraktu to 100-200 słów. Abstrakt powinien zawierać jasno sformułowany cel pracy, informację o obiekcie badań, zwięzły opis zastosowanych metod badawczych, zwięzłą informację o wynikach badań oraz wnioski. Może zawierać także postawione hipotezy. W abstrakcie nie powinno się natomiast umieszczać odwołań do konkretnych rycin, czy tabel ani odnośników literaturowych.

Wstęp

Wstęp to inaczej krótkie wprowadzenie w tematykę badań, wraz ze wskazaniem celu badania, problemu badawczego lub pytania badawczego, podaniem hipotez (jeśli jest to możliwe) oraz uzasadnieniem decyzji o podjęciu badań na dany temat. We wstępie powinny znaleźć się informacje o dotychczasowym stanie wiedzy na temat będący przedmiotem badań (potwierdzone powołaniami literaturowymi) oraz o ewentualnych poprzednich próbach rozwiązania przedstawionego problemu badawczego. Logiczne uzasadnienie konieczności podjęcia wybranej tematyki badań stanowi istotne kryterium przy ocenianiu pracy przez recenzentów – warto wykazać, co stanowi o kreatywności i nowatorskim podejściu badawczym oraz czy lub na ile plan badania różni się od znanych i typowych eksperymentów szkolnych i podręcznikowych. We wstępie należy także sprecyzować cel podjęcia badań. Jeśli wykonana praca obwarowana jest określonymi założeniami lub ograniczeniami, to również należy wyraźnie wskazać je we wstępie. Pre-

czyjne pytania badawcze i/lub hipoteza badawcza zazwyczaj umiejscowione są w ostatnich liniach wstępu.

Przykładem poprawnej argumentacji zastosowanej we wstępie może być następujący cytat z pracy Uczestnika olimpiady Biologicznej: *„Wiele artykułów na temat aktywności akustycznej owadów zwraca uwagę na wpływ warunków pogodowych na intensywność strydulacji, jednak badacze zazwyczaj nie poświęcają dużej uwagi tym zależnościom. Celem pracy było więc doświadczalne zbadanie wpływu intensywności światła słonecznego na aktywność akustyczną osobników gatunku konika pospolitego *Chorthippus biguttulus* (Linnaeus, 1758).”*

W innej pracy badano wpływ substancji allelopacyjnych wydzielanych przez mięcie pieprzową (*Mentha piperita* L.) na wzrost i rozwój m.in. perzu właściwego (*Elymus repens* L.), ogórka siewnego (*Cucumis sativus* L.) i kapusty głowiastej białej (*Brassica oleracea* L.). We wstępie podano prawidłowe uzasadnienie podjęcia takiego badania: *„Postanowiłam sprawdzić, czy mięta pieprzowa posiada potencjał allelopacyjny, który mógłby być wykorzystany w regulacji zachwaszczenia, a jednocześnie nie powodowałby zahamowania rozwoju roślin uprawnych.”* Choć tematyka pracy nie jest bardzo oryginalna, to podane uzasadnienie i dobór gatunków testowych stanowi ciekawe i kompleksowe ujęcie. Dobrane gatunki testowe reprezentują zarówno pospolite chwasty (perz właściwy), jak i gatunki uprawiane (m.in. ogórek i kapusta), a więc testowany jest środek mający mieć działanie herbicydu w stosunku do chwastów, a jednocześnie nie działający negatywnie na gatunki hodowlane. We wnioskach odniesiono się do tych założeń badania w następujący sposób: *„Substancje zawarte w mięcie pieprzowej nie mogłyby znaleźć zastosowania w hodowli ogórka siewnego, ze względu na hamowanie [jego] wzrostu. Natomiast zaobserwowane przeze mnie właściwości naparu i olejku miętowego, stymulujące wzrost kapusty głowiastej białej, w połączeniu z hamowaniem rozwoju*

chwastów, takich jak perz, mogłyby zostać wykorzystane w rolnictwie.”

Przykładem niewłaściwych założeń i wniosków podobnego badania może być praca, w której porównano skuteczność różnych wywarów (np. chrzanu pospolitego *Armoracia rusticana* P. Gaertn., B. Mey. & Scherb, kasztanowca zwyczajnego *Aesculus hippocastanum* L.) w zwalczaniu chabra bławatka (*Centaurea cyanus* L.) i rumianku pospolitego (*Matricaria chamomilla* L.)¹⁹, scharakteryzowanych jako chwasty w rolnictwie. Na podstawie wyników sformułowano wniosek: „Zastosowanie naturalnych wywarów w walce z chwastami w rolnictwie umożliwia ich skuteczne niszczenie i nie wykazuje negatywnego wpływu na środowisko. Chaber bławatek wykazuje większą wrażliwość na te [badane] wywary niż rumianek pospolity.” Wniosek jest niestety zbyt ogólny, gdyż w pracy nie podjęto badania oddziaływania wywarów na jakąkolwiek roślinę uprawną, ani nie badano wpływu wywarów na środowisko.

Innym ciekawym i poprawnym przykładem właściwego doboru uzasadnienia podjęcia pracy badawczej jest praca, w której badano *Wpływ stymulacji mechanicznej na wzrost i rozwój fasoli zwykłej* (*Phaseolus vulgaris* L.). Uczestnik OB dokonał wyczerpującego przeglądu źródeł literaturowych i zauważył, że w opublikowanych dotąd pracach nikt nie skupił się na wpływie częstotliwości stymulacji mechanicznej międzywęźli fasoli zwykłej na proces tigmomorfogenezy. Jak pisze sam autor pracy: *Nie wykazano istotnej różnicy w długościach międzywęźli pomiędzy próbami badawczymi. Brak wpływu częstotliwości dziennej stymulacji na długość międzywęźli stanowi oryginalną obserwację, nie znajdującą swojego odniesienia w literaturze naukowej.*

¹⁹ Warto również pamiętać, że wiele gatunków chwastów segetalnych, m.in. w wyniku zwalczania przy użyciu chemicznych środków ochrony roślin, staje się gatunkami rzadkimi i zagrożonymi wyginięciem.

Material i metody badań

Ten fragment plakatu zawiera informacje o obiekcie badań, zwięzły opis planu badania (z uwzględnieniem zastosowanych metod badawczych i wykorzystywanej aparatury oraz liczby i charakterystyki prób badawczych i kontrolnych) oraz informacje o miejscu prowadzenia badań i czasie ich trwania. Tu także powinna znaleźć się informacja o stosowanych testach statystycznych. Pomocne jest zamieszczenie odpowiednio podpisanego schematu obrazującego układ badawczy. Informacja o obiekcie badań powinna obejmować pełną nazwę gatunkową badanego taksonu (polską i łacińską wraz z nazwiskiem odkrywcy), charakterystykę badanych taksonów w zakresie istotnym z punktu widzenia celów pracy oraz informację o liczbie osobników (okazów) objętych procedurą badawczą. W przypadku prac prowadzonych w warunkach laboratoryjnych należy podać informację o pochodzeniu badanych organizmów oraz informację o sposobie i datach poboru materiału do badań. W przypadku prac prowadzonych w terenie należy podać dokładną lokalizację i powierzchnię terenu badań, a także omówić sposób pobierania materiału do badań, a więc na przykład: kryteria doboru poletek testowych, zasady wytyczania transektów, sposób wyznaczania miejsc poboru prób, daty ich poboru etc. Warto dołączyć czytelną mapę lokalizacyjną terenu badań, pamiętając, że mapa taka powinna mieć zorientowany kierunek północy oraz zostać zaopatrzona w podziałkę. Opis zastosowanej procedury badawczej musi być na tyle dokładny, aby inny badacz był w stanie ją powtórzyć, zweryfikować, poddać krytycznej analizie. Jeżeli zastosowana metoda lub aparatura zostały już opisane w dostępnych powszechnie źródłach i są ogólnie stosowane, wystarczy zacytować te źródła ograniczając się do zwięzłego opisu metody lub prezentacji schematu procedury badawczej. Jeżeli natomiast zastosowano nową procedurę lub jakąś modyfikację procedur już

istniejących, to należy je scharakteryzować. Istotnym elementem opisu układu badawczego jest informacja o liczbie prób badawczych, prób kontrolnych oraz wykonywanych powtórzeń, a także o czasie trwania badania. Dla wszystkich mierzonych wartości należy podać precyzję pomiarową. Cennym sposobem przedstawienia metodyki badań jest schemat lub fotografia, jednak muszą one być czytelne i odpowiedniej jakości.

Wyniki

W tej części plakatu znajdują się dane opracowane przez autora, uzyskane podczas prowadzenia doświadczenia lub obserwacji. Tu również powinny znaleźć się wyniki testów statystycznych. Należy podawać miary tendencji centralnej jak średnia czy mediana oraz miary zmienności jak np. odchylenie standardowe. Otrzymane wyniki muszą być przedstawione w zwięzłej i przejrzystej formie. Dane ilościowe najlepiej zaprezentować w tabelach lub na wykresach, pamiętając że te same dane nie powinny być powtarzane w różnych częściach plakatu. Tabele i wykresy muszą być czytelne, odpowiednio opisane i spełniać kryterium samoobjaśnialności, tzn. dać się zrozumieć bez czytania głównego tekstu. Rozbudowana oprawa graficzna nie powinna ograniczać czytelności, np. wykresy z efektami trójwymiarowymi zwykle tylko utrudniają dokładne odczytanie danych. Nie należy umieszczać w treści plakatu surowych danych szczegółowych obliczeń, całych serii zdjęć ani zbiorów, kolekcji czy zielników. Tego typu dokumentacja wraz z zeszytem laboratoryjnym lub dziennikiem obserwacji może być przedstawiona podczas obrony pracy. Tabelaryczną i graficzną wizualizację danych należy uzupełnić opisem słownym, zawierającym podsumowanie najistotniejszych i najciekawszych wyników. W tej części plakatu jednak nie należy zajmować się interpretacją wyników. Dlatego też nie stosujemy w tej części cytatów literaturowych.

Dyskusja

Ten fragment plakatu obejmuje: interpretację uzyskanych wyników, sformułowanie wniosków oraz analizę ich wiarygodności i zasadności. Nie powtarza się tu wyników, lecz poddaje je krytycznej analizie, prowadzącej do potwierdzenia ich wiarygodności oraz adekwatności zastosowanych metod badawczych. Wskazane jest przeprowadzenie porównań i polemik z wynikami innych autorów. W przypadku cytowania wyników badań innych autorów należy opatrzyć je informacją bibliograficzną. We wszelkich analizach porównawczych warto upewnić się, czy metodyka badań innych autorów pozwala na dokonywanie porównań. Ostateczne wnioski powinny mieć zwięzły charakter i być poprzedzone klarownym, logicznym wywodem wiążącym je bezpośrednio z wynikami eksperymentu lub obserwacji. Jeżeli wyprowadzony wniosek jest uogólnieniem, poszerzeniem lub ekstrapolacją wyników dotychczasowych obserwacji lub opiera się na pomocniczych założeniach, to należy to wyraźnie opisać w dyskusji. Jeżeli treść wniosku nie jest nowa w stosunku do istniejących badań, ale nowa jest droga dochodzenia do tego wniosku, również należy o tym napisać²⁰. Częstym błędem popełnianym przez Uczestników Olimpiady jest formułowanie zbyt ogólnych wniosków w stosunku do pozyskanych w badaniu danych. Zdarza się, że wnioski są nieuprawnione ze względu na błędne założenia badania.

Za przykład formułowania nieuprawnionych i zbyt ogólnych wniosków może posłużyć jedna z prac, której celem było „porównanie odporności na temperatury mrozowe ośmiu gatunków roślin zimozielonych różnego pochodzenia.” Wybrano dwie temperatury mrozowe -7 °C i -20 °C. Badanie prowadzono latem, z rosnących w ogrodzie roślin badanych gatunków zrywano repre-

²⁰ Patrz również: E.B. Wilson. *Wstęp do badań naukowych*. PWN Warszawa 1964

zentatywne próby liści i liście te poddawano działaniu niskich temperatur. Zmienną zależną był stopień uszkodzenia błon komórkowych liści, mierzony przewodnością roztworu. Po przeprowadzonej analizie wyników sformułowano następujący wniosek: „Najmniejsze uszkodzenie błon komórkowych stwierdzono u różanecznika Smirnowa co sugeruje, że ten gatunek charakteryzuje się największą odpornością na temperatury mrozowe.” Wniosek jest zbyt ogólny, brakuje informacji, że mowa o największej odporności tylko spośród badanych roślin. Z tak zaprojektowanego układu doświadczalnego wnioski można formułować tylko w stosunku do liści tych roślin, a nie całego gatunku. Ponadto badane liście pochodziły z roślin nie zahartowanych do niskich temperatur (badanie prowadzono latem), o czym należałoby wspomnieć zarówno w założeniach pracy, jak i formułując ostateczne konkluzje z badania.

Na zakończenie działu „Dyskusja” wskazane jest podanie kierunków dalszych badań, wskazówek tematycznych i metodycznych dla przyszłych dociekań naukowych.

Piśmiennictwo (spis literatury)

Spis ten zawiera ponumerowaną listę wszystkich pozycji literatury cytowanej w pracy, zamieszczonych w porządku alfabetycznym według nazwisk pierwszych autorów. Nie mogą znajdować się tu żadne pozycje, które nie były cytowane w treści pracy. Jednocześnie, fragmenty pracy, których treść nie jest własnym wkładem autora, lecz pochodzą ze źródeł zewnętrznych, powinny być opatrzone informacją bibliograficzną. Dane bibliograficzne muszą być podane w znormalizowanej formie. W pracach badawczych przygotowywanych na Olimpiadę Biologiczną przyjęty został standard cytowań określony przez czasopismo *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa* (www.ebis.ibe.edu.pl). W spisie litera-

tury, znajdującym się na końcu pracy, należy stosować zapisy wg następującego wzoru:

- cytowanie książki:

Okuda M, Okuda D (1993). *Star Trek Chronology: The History of the Future*. New York: Pocket Books.

- cytowanie rozdziału w książce:

James NE (1988). Two sides of paradise: the Eden myth according to Kirk and Spock. In: Palumbo D, ed. *Spectrum of the Fantastic*. Westport, Conn: Greenwood; 219-223.

- cytowanie artykułu:

Wilcox RV (1991). Shifting roles and synthetic women in Star trek: the next generation. *Stud Pop Culture*. 13:53-65.

- cytowanie strony internetowej:

McCoy LH (1999). Respiratory changes in Vulcans during ponfarr. *J ExtrMed* [serial online]. 47:237-247. Dostępny na: http://infotrac.galegroup.com/itweb/nysl_li_liu. Dostęp 7.04.1999.

Jakie prace mogą być źródłem cytowań oraz gdzie w tekście plakatu powinny znaleźć się odnośniki do literatury?

Materiały źródłowe w pracach badawczych odgrywają bardzo istotną rolę. Odwołania do literatury przedmiotu pokazują sprawdzającemu/recenzentowi, na ile autor pracy orientuje się w temacie, czy zapoznał się z wynikami badań innych naukowców. Z jednej strony chodzi o to, aby nie powtarzać dokładnie takich samych badań jak już opublikowane, a z drugiej – o to, by Uczestnik jak najlepiej zapoznał się z metodami pracy naukowców będącymi ekspertami w danej dziedzinie.

Odnośniki do danych literaturowych powinno się umieszczać w następujących działach plakatu: „Wstęp”, „Dyskusja”, ewentualnie „Materiał i metody” (o ile Uczestnik wykorzystuje i powołuje się na konkretną, szczególną metodę wykorzystaną i opisaną w innej pracy). Natomiast odwołań literaturowych nie powinno się umieszczać w dziale „Wyniki”. Aby przywołać kon-

kretną pozycję bibliograficzną, należy w tekście plakatu podać w nawiasie: nazwisko/-a autora/-ów publikacji, rok wydania i w razie potrzeby numer strony, np.: (Okuda, 2011), (Okuda i wsp., 2010), (Okuda i James, 1999), (Okuda, James i McCoy, 1999, 34-36). Odwołania te odsyłają do pełnych danych bibliograficznych podanych w wykazie cytowanej literatury. Do cytowania nie należy używać przypisów dolnych.

Cytując literaturę we wstępie do pracy warto pokrótce wskazać dlaczego podejmowana tematyka jest ważna i kto się nią do tej pory zajmował. Być może w badaniach innych autorów są luki lub warto z jakiegoś powodu powtórzyć badania, poszerzyć lub wykonać na innej grupie organizmów. Odwołania literaturowe przywoływane w dziale „Dyskusja” mają z kolei na celu interpretację uzyskanych wyników oraz odniesienie wyników badań autora do wyników badań i wniosków innych badaczy. Warto pokazać co nowego wniosła praca do dotychczasowego stanu wiedzy w danej dziedzinie.

Wskazówki do cytowania w pracy dzieł innych autorów:

- Każda z pozycji wymieniona w dziale „Piśmiennictwo”, musi mieć odwołanie w konkretnym fragmencie plakatu – cytowanie musi być spójne z tekstem plakatu.
- Dopuszczalne jest cytowanie wprost – wtedy należy cytowany tekst opatrzyć cudzysłowami lub oznaczyć pochyłym krojem czcionki. Lepiej jest jednak streścić lub krótko omówić myśli, czy spostrzeżenia innego autora i wskazać pozycję bibliograficzną.
- Plakat nie może stanowić wyłącznie zbioru cytatów zaczerpniętych z literatury przedmiotu. Plakat powinien dotyczyć oryginalnych badań autora.
- Cytaty nie są ozdobnikami, ani przerywnikami tekstu – stanowią podstawę do wprowadzenia w tematykę pracy oraz element dyskusji.

- Odwołanie literaturowe powinno być jednoznaczne, aby umożliwiło dotarcie do cytowanej pozycji.
- Należy cytować jedynie źródła, które faktycznie się przeczytało i z których zaczerpnięto informacje.
- Cytując strony internetowe należy podać adres strony (URL, *Uniform Resource Locator*), oraz koniecznie datę dostępu (informację na temat dnia, którego pobrano dane).
- Zasadniczo nie cytuje się słowników czy encyklopedii internetowych, np. Wikipedii, ani informacji z forów internetowych, które nie udzielają gwarancji wiarygodności występujących na nich haseł.

Materiały przydatne na etapie obrony pracy

Jeśli jest to uzasadnione, można przygotować dodatkową dokumentację w postaci zdjęć, tabel danych surowych, schematów, szczegółowych obliczeń, zbiorów zielnikowych itp. i wraz z dziennikiem obserwacji lub zeszytem laboratoryjnym przedstawić podczas obrony pracy.

Literatura pomocna przy przygotowywaniu pracy badawczej na Olimpiadę Biologiczną

- L. Gonick, W. Smith, *Statystyka – przewodnik mocno ilustrowany*, Oficyna Wolters Kluwer, Warszawa 2011
- J. Weiner, *Technika pisania i prezentowania przyrodniczych prac naukowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016
- A. Łomnicki, *Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014
- P. P. Grzybowski, K. Sawicki, *Pisanie prac i sztuka ich prezentacji*, Oficyna Wydawnicza „Impuls”, Kraków 2010

- A. Komosa, J. Musiałkiewicz, *Statystyka*, Wydawnictwo Ekonomik, Warszawa 2010
- P. Biecek, *Odkrywać! Ujawniać! Objaśniać! Zbiór esejów o sztuce prezentowania danych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016
- J. Woyke, H. Woyke *Jak nie należy pisać prac naukowych*, http://jerzy_woyke.users.sggw.pl/jaknie-pisac.html#PrzegliLit (dostęp 12.2016)

Lista sprawdzająca przed oddaniem plakatu do oceny

Przed oddaniem plakatu do oceny należy sprawdzić, czy praca spełnia poniższe kryteria:

TEMAT – przedstawia tematykę Twojej pracy badawczej

- Jest zgodny z tematem zgłoszonym do systemu elektronicznego podczas rejestracji.

STRESZCZENIE (ABSTRAKT) – stanowi zwięzły opis badania, po jego przeczytaniu można zorientować się w zawartości Twojej pracy

- Zawiera cel badania z uwzględnieniem obiektu badań, zmiennych niezależnych (jeśli wskazanie ich jest możliwe) oraz parametrów mierzonych (zmiennych zależnych) lub cech obserwowanych w badaniu.
- Może zawierać pytanie badawcze i/lub postawione hipotezy.
- Zawiera zwięzłą informację o zastosowanych metodach badawczych.
- Zawiera zwięzłą informację o wynikach badań.
- Zawiera wniosek/-ski wynikający/-ce wprost z otrzymanych wyników, będący/-ce odpowiedzią na problem badawczy.

- Nie powtarza tematu pracy.
- Nie zawiera odwołań do tabel i rycin, ani odwołań literaturowych.
- Jeśli praca powstała, w jakimkolwiek stopniu, na podstawie wyników prezentowanych podczas innych konkursów, turniejów lub olimpiad (w tym podczas poprzednich edycji Olimpiady Biologicznej), to informacja ta powinna być zaznaczona w ostatnim zdaniu streszczenia (wyróżnionym pochyloną czcionką – *kursywą*).

WSTĘP – krótkie wprowadzenie w tematykę badań i wskazanie problemu badawczego

- Zawiera uzasadnienie podjęcia badań.
- Zawiera informację o dotychczasowym stanie wiedzy na temat będący przedmiotem badań, wraz z odniesieniami do danych literaturowych.
- Zawiera cel/-e badania z uwzględnieniem obiektu badań, zmiennych niezależnych (jeśli wskazanie ich jest możliwe) oraz parametrów mierzonych (zmiennych zależnych) lub cech obserwowanych w badaniu.
- Zawiera pytania badawcze lub/i hipotezy postawione przed przystąpieniem do badania.

MATERIAŁY I METODY – opis obiektów i metod badawczych oraz miejsca prowadzenia badań

- Zawiera pełną polską i łacińską nazwę gatunkową badanych taksonów.
- Przynależność systematyczna i krótka charakterystyka badanych taksonów powinna ograniczać się do informacji niezbędnych z punktu widzenia prowadzonych badań.
- Zawiera informacje o miejscu wykonywania badania lub opis terenu badań z uwzględnieniem dokładnej lokalizacji oraz informacje o sposobie pozyskania materiału badawczego.

- Zawiera opis metod badawczych, z odniesieniami literaturowymi do zastosowanych metod, jeśli takie istnieją. Jeżeli metoda jest standardowa to wystarczy ją zacytować – niewskazane jest jej szczegółowe opisywanie.
- Zawiera informacje o rodzaju i specyfice wykorzystanej aparatury, sprzętu, narzędzi i technik badawczych.
- Zawiera informację o czasie trwania badania.
- Zawiera opis lub schemat układu badawczego, z uwzględnieniem informacji o doborze prób i sposobie próbkowania.
- Zawiera liczbę prób badawczych i kontrolnych oraz wykonanych powtórzeń, jeśli wskazanie ich jest zasadne.
- Zawiera informację o zastosowanych metodach obliczeniowych i testach statystycznych, jeśli zebrane dane wymagają ich wykorzystania.
- Może zawierać czytelne i opisane zdjęcie materiału badawczego i/lub aparatury.
- Opis przeprowadzonego badania musi być na tyle dokładny, aby inny badacz był w stanie je zweryfikować i poddać krytycznej analizie.

WYNIKI – czytelne przedstawienie najważniejszych danych uzyskanych z badania

- Zawiera opis uzyskanych wyników bez prób ich interpretacji i bez odwołań do literatury.
- Zawiera rezultaty analizy statystycznej (jeśli temat wymaga jej zastosowania).
- Może zawierać tabele przetworzonych danych i/lub czytelne wykresy, spełniające kryterium samoobjaśnialności.
- Nie zawiera różnych form przedstawienia tych samych danych np. raz w formie tabeli, a raz w formie wykresu lub w głównym tekście.

- Tabele i ryciny są oddzielnie ponumerowane i czytelnie podpisane – tabele mają tytuły umieszczone nad tabelą, a ryciny mają podpisy umieszczone pod ryciną.
- Nie zawiera surowych (nieuporządkowanych) danych, szczegółowych obliczeń, zbiorów, kolekcji ani zliczeń.

DYSKUSJA – podsumowanie i interpretacja wyników oraz wnioski

- Zawiera interpretację uzyskanych wyników.
- Zawiera odniesienia do literatury przedmiotu wskazujące na zasadność interpretacji wyników.
- Opisuje przyczyny zaobserwowanych zjawisk, poparte danymi literaturowymi.
- Zawiera precyzyjnie sformułowany/-ne wniosek/-ki z przeprowadzonych badań.
- Wniosek wynika z otrzymanych wyników, jest odpowiedzią na pytanie badawcze i/lub sprawdzeniem hipotezy.
- Może zawierać wskazówki tematyczne i metodyczne do przyszłych badań.

LITERATURA/PIŚMIENNICTWO – alfabetyczna lista cytowanych w treści plakatu źródeł literaturowych

- Zawiera ponumerowaną, alfabetyczną listę wszystkich źródeł literaturowych i internetowych, do których odwoływano się w treści plakatu.
- Zawiera kompletne notki bibliograficzne, zgodnie z przyjętym standardem cytowań.
- Może zawierać literaturę obcojęzyczną.

PONADTO:

- Sprawdź czy w części nagłówkowej oprócz tematu pracy znajduje się także **imię i nazwisko autora, klasa, nazwa szkoły oraz imię i nazwisko nauczyciela**, będącego Twoim opiekunem

podczas przygotowywania pracy oraz w czasie uczestnictwa w zawodach Olimpiady Biologicznej.

- Sprawdź, czy plakat ma format A0, jest czytelny i estetyczny i spełnia wszystkie wymogi edytorskie (np. rozmiar czcionki nie mniejszy niż 24 pkt, interlinię itp.).
- Sprawdź poprawność językową, ortograficzną i interpunkcyjną tekstu.
- Sprawdź, czy wszystkie tabele i ryciny (zdjęcia, schematy, mapy, wykresy) są czytelne, odpowiednio ponumerowane i podpisane.
- Daj plakat do przeczytania osobie nieorientowanej w prowadzonej przez Ciebie pracy badawczej, np. koleżance lub koledze, rodzicowi lub nauczycielowi innego przedmiotu.
- Gotowy plakat należy zapisać jako plik w formacie PDF, który nie przekracza wielkości 25MB.

Etap recenzji plakatu zgłoszonego do Olimpiady Biologicznej

Zgodnie z regulaminem OB, recenzji merytorycznej podlegają tylko prace uczniów zakwalifikowanych do zawodów III stopnia. W wyniku procesu oceny merytorycznej pracy, zawodnicy dostaną uzgodnioną na spotkaniu Komisji Oceniającej treść recenzji uwzględniającą m.in. opis mocnych i słabych stron zgłoszonej pracy badawczej. Recenzja służy uczniowi do właściwego przygotowania się do obrony pracy badawczej podczas zawodów III stopnia. Recenzje te nie mają wpływu na ostateczną punktację otrzymaną przez ucznia na obronie pracy. Należy pamiętać, że lista rankingowa finalistów i laureatów Olimpiady Biologicznej oparta jest wyłącznie na sumie punktów otrzymanych przez Uczestników w zawodach centralnych, na które składa się także ustna obrona pracy badawczej przed Komisją.

Każdy z recenzentów oraz Komisja Oceniająca będą oceniać prace merytorycznie według kryteriów przedstawionych poniżej. Praca jest oceniana pod względem poprawności merytorycznej i wizualnej oraz pod względem szczególnych walorów, którymi praca może się wyróżniać.

I. Poprawność pracy

Recenzenci sprawdzają merytoryczną i wizualną poprawność przedstawionej pracy w pięciu działach:

1. Tematyka pracy
 - Zgodność treści plakatu z tematem.
 - Poprawność streszczenia.
 - Prawidłowe uzasadnienie podjęcia badań.
 - Właściwie sformułowany cel badań/problem badawczy.
2. Materiały i metody pracy
 - Prawidłowy dobór i opis materiału badawczego (obiektu, terenu badań).
 - Właściwy dobór parametrów mierzonych lub cech obserwowanych w badaniu.
 - Prawidłowy plan badania umożliwiający wnioskowanie na podstawie zebranych danych (np. dobór prób, sposób próbkowania, reprezentatywność próby, odpowiedni czas trwania badania).
 - Prawidłowy sposób rejestracji danych, w tym dobór sprzętu, narzędzi i technik pomiarowych i obserwacyjnych.
 - Opis materiałów i metod pracy umożliwiający ocenę wyników.
3. Wyniki
 - Właściwy opis i opracowanie wyników.
 - Właściwe przedstawienie danych – dobór i poprawność merytoryczna tabel, schematów i wykresów (w tym ich samoobjaśnialność).

Pamiętaj, co mówi regulamin OB.

4.2.3. Zawody III stopnia (centralne) (...)

Zawody centralne są poprzedzone recenzjami prac badawczych.

i. Recenzji pracy badawczej każdego Uczestnika zawodów III stopnia dokonuje co najmniej dwóch niezależnych recenzentów (zwykle nauczycieli akademickich lub biologów specjalizujących się w danej dziedzinie będących członkami KG lub KO) do dnia 31 marca.

Na początku kwietnia odbywa się kilkudniowe posiedzenie Komisji Oceniającej, podczas którego omawiane są prace badawcze. Treść recenzji razem z liczbą uzyskanych punktów najpóźniej na tydzień przed zawodami centralnymi jest udostępniana Dyrektorowi Szkoły.

ii. Uczestnikowi zawodów centralnych nie przysługuje prawo odwołania się od recenzji pracy badawczej. Jeżeli uczeń nie zgadza się z oceną, powinien swoje argumenty przedstawić podczas obrony pracy w czasie trwania zawodów centralnych.

(...)

v. Po egzaminie pisemnym odbywa się część ustna zawodów polegająca na obronie pracy badawczej przed Komisją ds. prac badawczych złożoną z członków KG i KO.

Po przeprowadzeniu zawodów III stopnia, KG ustala listę rankingową Uczestników i ogłasza listę finalistów oraz laureatów. Lista rankingowa oparta jest na sumie punktów otrzymanych przez Uczestników we wszystkich trzech częściach zawodów centralnych, czyli z zadań praktycznych, egzaminu pisemnego i obrony pracy badawczej.

Załącznik 2 do REGULAMINU OGÓLNOPOLSKIEJ OLIMPIADY BIOLOGICZNEJ. Prace badawcze

Praca badawcza podlega ocenie formalnej na etapie szkolnym. Przed zawodami centralnymi wykonywane są dwie niezależne recenzje każdej pracy.

- 1) Zgłoszenie tematu pracy badawczej (w systemie elektronicznym) jest warunkiem niezbędnym do przystąpienia Uczestnika do zawodów I stopnia (szkolnych).
- 2) Zgodność tematyki pracy badawczej z regulaminem OB i obowiązuje w Polsce oraz zdeponowanie pracy w formacie PDF (w systemie elektronicznym) jest warunkiem niezbędnym, aby Uczestnik posiadający odpowiednią liczbę punktów z testu na etapie szkolnym uzyskał kwalifikację do etapu II (okręgowego).
- 3) Praca badawcza Uczestników zakwalifikowanych do III etapu (centralnego) zawodów podlega pełnej ocenie merytorycznej. Każda praca recenzowana jest przez co najmniej dwóch niezależnych recenzentów i dyskutowana na panelu eksperckim odbywającym się przed zawodami centralnymi. W czasie zawodów centralnych Uczestnik broni swoją pracę przed Komisją Oceniającą.

- Poprawność podstawowej analizy statystycznej wyników uwzględniająca przynajmniej obliczenia średnich lub median oraz odchyłeń standardowych lub miar zmienności²¹.
4. Prowadzenie dyskusji i wnioskowanie
- Poprawność interpretacji uzyskanych wyników
 - Poprawność dyskusji prowadzonej w odniesieniu do wyników własnych i danych literaturowych
 - Wnioski prawidłowo sformułowane i uprawnione
5. Spójność i forma pracy
- Właściwie cytowana literatura oraz prawidłowe merytorycznie odniesienia literaturowe w tekście
 - Poprawny układ pracy
 - Poprawny język i słownictwo naukowe

II. Szczególne walory pracy

W tej części recenzenci docenić mogą takie walory pracy, jak np.:

- Praca twórcza, prezentująca oryginalne podejście autora/ki do badanego zagadnienia.
- Praca o szczególnej wartości badawczej – np. dotyczy nierozwiązanego do tej pory problemu badawczego, wnosi wkład w rozwój badań podstawowych lub aplikacyjnych.
- Praca zawiera pogłębioną analizę statystyczną z uwzględnieniem poprawnych testów statystycznych.
- Praca przedstawia szczególne zaangażowanie autora/ki.

²¹ To kryterium jest brane pod uwagę wyłącznie dla prac, w których charakter zebranych danych wymaga analizy statystycznej (m.in. prace o charakterze doświadczenia). Niektóre prace o charakterze obserwacyjnym nie będą podlegały ocenie pod względem tego kryterium.