

## SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

### 1. Metryczka materiału

<b>Tytuł materiału</b>	Atlas anatomii funkcjonalnej kręgowców
<b>Numer materiału</b>	IV.9
<b>Autorzy scenariusza</b>	Marta Czernik, Robert Konieczny
<b>Weryfikacja WCAG</b>	Zespół ekspertów ds. WCAG (Dominika Gaponiuk, Agnieszka Brodowska, Urszula Grygier, Łukasz Mroziński)
<b>Weryfikacja założeń techniczno-informatycznych</b>	Zespół informatyków ds. integrowania e-materiałów pod względem technologicznym (Paweł, Tomaszek, Katarzyna Gagan, Anna Magdziarz-Tomaszek, Grzegorz Kuszczak)
<b>Weryfikacja językowa</b>	Alicja Barbeka
<b>Rodzaj multimedium</b>	model 3D
<b>Wykorzystanie AR lub VR</b> AR - rozszerzona rzeczywistość VR - wirtualna rzeczywistość	standardowa 2D lub 3D <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> VR
<b>Etap(y) edukacyjny(e), dla których przeznaczony jest materiał</b>	III etap: Liceum / technikum zakres rozszerzony
<b>Przedmiot(y), do nauki których przeznaczony jest materiał</b>	biologia



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



## 2. Opis materiału

### Skrócony opis materiału (abstrakt)

Interaktywna aplikacja dotycząca anatomii i fizjologii zwierząt kręgowych dająca możliwość porównywania zmian w budowie poszczególnych narządów i całych układów w kontekście ich funkcji, ewolucji i przystosowań do środowiska życia. Użytkownik uczy się budowy anatomicznej poszczególnych grup kręgowców z jednoczesnym ukazaniem ich funkcjonowania. Uczeń może wybrać czy poznaje budowę i fizjologię pojedynczego narządu, całego układu czy kilku współpracujących ze sobą układów.

### Cel ogólny materiału

Uczeń poznaje budowę anatomiczną i fizjologię poszczególnych układów narządów u zwierząt kręgowych. Ma możliwość poznania przebiegu ewolucji poszczególnych układów między różnymi gromadami kręgowców.

Realizacja celu: Uczeń skanuje wybranego przedstawiciela kręgowców i wybiera narząd lub układ, który chce poznać. Efekt skanowania ukazuje mu się w formie modelu 3D wraz z krótką informacją o pełnionej funkcji. Uczeń może nim obracać, powiększać, a także dodać elementy innych układów, aby zobaczyć, w jaki sposób one współpracują. W przypadku niektórych narządów ma także możliwość wybrania animacji ukazującej sposób ich działania.

### Cele z podstawy programowej kształcenia ogólnego możliwe do realizacji za pomocą materiału

#### Szkoła ponadpodstawowa Biologia (zakres rozszerzony)

##### Funkcjonowanie zwierząt.

Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania organizmu zwierzęcego. Uczeń:

- wykazuje związek budowy narządów z pełnioną przez nie funkcją;
- przedstawia powiązania funkcjonalne pomiędzy narządami w obrębie układu;
- przedstawia powiązania funkcjonalne pomiędzy układami narządów w obrębie organizmu.

##### Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

Odżywianie się. Uczeń:

- przedstawia adaptacje w budowie i funkcjonowaniu układów pokarmowych zwierząt do rodzaju pokarmu oraz sposobu jego pobierania.

Wymiana gazowa i krążenie. Uczeń:

- wykazuje związek lokalizacji (wewnętrzna i zewnętrzna) i budowy powierzchni wymiany gazowej ze środowiskiem życia,
- podaje przykłady narządów wymiany gazowej, wskazując grupy zwierząt, u których występują,
- porównuje budowę płuc gromad kręgowców,
- wyjaśnia mechanizm wymiany gazowej w skrzelach, uwzględniając mechanizm przeciwprądowy,
- wyjaśnia mechanizm wentylacji płuc u płazów, gadów, ptaków i ssaków,
- przedstawia rodzaje układów krążenia u zwierząt (otwarte, zamknięte) oraz wykazuje związek między budową układu krążenia i jego funkcją u poznanych grup zwierząt,
- porównuje, określając tendencje ewolucyjne, budowę serc gromad kręgowców.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



Wydalanie i osmoregulacja. Uczeń:

- wykazuje konieczność regulacji osmotycznej u zwierząt żyjących w różnych środowiskach,
- wykazuje związek między środowiskiem życia zwierząt i rodzajem wydalanego azotowego produktu przemiany materii,
- przedstawia układy wydalnicze zwierząt.

Regulacja nerwowa. Uczeń:

- przedstawia tendencje zmian w budowie mózgu kręgowców,
- wyróżnia rodzaje receptorów u zwierząt ze względu na rodzaj odbieranego bodźca.

Poruszanie się. Uczeń:

- analizuje budowę szkieletu wewnętrznego (na schemacie, modelu, fotografii) jako wyraz adaptacji do środowiska i trybu życia.

Pokrycie ciała i termoregulacja. Uczeń:

- przedstawia różne rodzaje pokrycia ciała zwierząt i podaje ich funkcje,
- wykazuje związek między budową i funkcją skóry kręgowców.

Rozmnażanie i rozwój. Uczeń:

- przedstawia istotę rozmnażania płciowego,
- różni zapłodnienie zewnętrzne i wewnętrzne, jajorodność, jajożyworodność i żyworodność oraz podaje przykłady grup zwierząt, u których występuje.

### 3. Charakterystyka materiału

#### Opis zawartości merytorycznej materiału

Uczeń obserwując modele 3D poznaje związek budowy narządów z pełnioną przez nie funkcją oraz rozumie powiązania pomiędzy narządami w obrębie układu i pomiędzy układami.

Minimalna lista gatunków z poszczególnych gromad:

ryby: karp, rekin, tuńczyk;

płazy: żaba trawna, traszka zwyczajna;

gady: zaskroniec zwyczajny, jaszczurka zwinka, żółw błotny, krokodyl (uwaga na wyjątki w niektórych układach);

ptaki: wróbel, pustułka, pingwin;

ssaki: pies, krowa, mysz, koń, nietoperz, foka.

Uczeń ma możliwość zeskanowania następujących układów z przedstawicieli ryb, płazów, gadów, ptaków i ssaków:

- układ pokarmowy,
- układ oddechowy,
- układ krwionośny,
- układ nerwowy,
- układ wydalniczy,
- elementy układu ruchu (szkielet i mięśnie), pokrycia ciała i budowy morfologicznej,
- układ rozrodczy.

Zagadnienia z fizjologii kręgowców, które powinny być pokazane w formie animacji dołączonej do modelu - do każdego układu w danej gromadzie kręgowców osobna animacja:

- funkcjonowanie układów pokarmowych zwierząt w zależności od rodzaju pokarmu i sposobu jego pobierania - u ryby, żaby, krokodyla, ptaka roślinożernego, przeżuwacza;
- rodzaje uzębienia u poszczególnych gromad kręgowców, specjalizacja u ssaków;
- przystosowania ptaków do różnych sposobów odżywiania się (m.in. ptaki drapieżne, owadożerne, odcedzające pokarm, odżywiające się nasionami, wszystkożerne);



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- porównanie budowy płuc poszczególnych gromad kręgowców wraz z mechanizmem wentylacji płuc u płazów, gadów, ptaków i ssaków;
- mechanizm podwójnego oddychania u ptaków;
- mechanizm przeciwprądowy w skrzelach ryb;
- działanie pokryw skrzelowych i tryskawki;
- funkcjonowanie pęcherza pławnego ryb;
- budowa układu krążenia wraz z obiegiem krwi u ryb, płazów, gadów, ptaków i ssaków;
- porównanie budowy serca u przedstawicieli gromad kręgowców;
- porównanie budowy mózgu kręgowców ze wskazaniem na dobrze rozwinięte narządy zmysłów w danej gromadzie kręgowców;
- osmoregulacja u ryb kostnoszkieletowych słodkowodnych i słonowodnych, chrzęstnoszkieletowych;
- powiązanie środowiska życia z rodzajem wydalanego azotowego produktu przemiany materii;
- porównanie układów wydalniczych gromad kręgowców wraz z ewolucją nerki i moczowodu (moczowód pierwotny i wtórny);
- porównanie budowy szkieletu wewnętrznego gromad kręgowców w powiązaniu ze środowiskiem życia (także z podziałem na kostnoszkieletowe i chrzęstnoszkieletowe u ryb; u płazów na ogoniaste, bezogonowe, beznogie; u gadów jaszczurka, żółw, wąż, krokodyl; ptaki - gatunek nietopór i ptaka latającego)
- modyfikacje kończyn u ssaków;
- analiza budowy skóry ryby, płaza, gada, ptaka i ssaka oraz powiązanie jej z funkcją jaką pełni;
- wytwory naskórka i skóry właściwej: rodzaje łusek, włosów, piór, gruczołów.

#### **Kluczowe wymagania merytoryczne i dydaktyczne dla Wykonawcy materiału, które muszą zostać uwzględnione**

Modele i animacje powinny być przygotowane zgodnie z obowiązującą wiedzą naukową. Wykonawca powinien mieć wiedzę merytoryczną o anatomii i fizjologii kręgowców. Materiał powinien być zaprezentowany w sposób kreatywny i atrakcyjny dla uczniów.

Uczeń powinien ustalić przynależność systematyczną organizmu, który wybrał do skanowania. Wygląd narządów i układów powinien dość wiernie odzwierciedlać rzeczywistość. Powinny być zachowane proporcje poszczególnych elementów.

#### **Opis struktury materiału**

Po położeniu zwierzęcia na stole laboratoryjnym uczeń wykorzystuje specjalne urządzenie (typu czytnik/skaner), którym go skanuje i prześwietla. Następnie wyświetla mu się w pionie model 3D tego organizmu (jakby hologram). Uczeń ma możliwość wybrania narządu lub układu. Może nimi obracać, powiększać. Najważniejsze elementy każdego układu są podświetlone/oznaczone, a gdy zostaną specjalnie kliknięte, wyświetla się krótka informacja o ich funkcjach i niektórych elementach budowy.

Powinny to być dostosowane do gromady główne elementy budowy układów:

- pokarmowego: jama ustna, zęby, język, gruczoły ślinowe, przełyk, żołądek, jelito cienkie, jelito grube, jelito ślepe, wątroba, trzustka, odbył lub kloaka (w zależności od grupy). Dodatkowo np. dla ptaków dziób, worek, żołądek gruczołowy i mięśniowy, gastrolity w żołądku. Dla ssaków u krowy cztery komory żołądka, a u konia rozbudowane jelito ślepe.
- oddechowego: jama nosowa, krtań, tchawica, oskrzela, płuca. U ryb skrzel (w animacji ma być mechanizm przeciwprądowy, więc ważne, aby omówić także budowę skrzel), tryskawka, płuca u niektórych ryb, nawiązane do pokryw skrzelowych. U płazów oprócz



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



płuc także skrzela zewnętrzne i wewnętrzne. U ptaków worki powietrzne, krtań dolna i górna.

- krwionośnego: obieg duży i mały w poszczególnych grupach, serce (budowa na animacjach), hemoglobina w krwinkach; u płazów także "obieg skórny"
- nerwowego i narządów zmysłów: mózgowie (kresomózgowie, międzymózgowie, śródmózgowie, mózdzek, rdzeń przedłużony), rdzeń kręgowy; narządy zmysłów w poszczególnych gromadach: oko, węch, smak, słuch, równowaga, dotyk; u ryb: linia naboczna, narząd Webera, narządy elektryczne; u płazów 3 powieki, narząd Jacobsona; gady - termoreceptory, narząd Jacobsona; ptaki - wykrywanie pola magnetycznego.
- wydalniczego - nerka (przednercze, pranercze, zanercze), moczowód, pęcherz moczowy (o ile występuje), cewka moczowa, kloaka, narząd kopulacyjny.
- rozrodczego: gonady (jajniki, jajowody, jądra, nasieniowody), kloaka, budowa jaja u płazów, gadów, ptaków, błony płodowe u ssaków, rodzaj zapłodnienia, jajorodność/jajożyworodność/żyworodność.
- układu ruchu i pokrycie ciała - czaszka (mózgo- i trzewioczaszka, wyróżniające się elementy jak strzemiączko u płazów, gadów, ptaków, kosteczki słuchowe u ssaków, szkielet języka, liczba kłykczyki potylicznych), kręgosłup, żebra i klatka piersiowa, miednica, szkielet płetw u ryb (funkcje poszczególnych rodzajów płetw u ryb), obręcze, kończyny.
- dodatkowe struktury: u ryb pęcherz pławny (także z mechanizmem działania).

Przy wybranych narządach pokazuje się przycisk animacji, na której przedstawione i wyjaśnione jest funkcjonowanie danego narządu/układu - zgodnie z zagadnieniami:

- funkcjonowanie układów pokarmowych zwierząt w zależności od rodzaju pokarmu i sposobu jego pobierania - u ryb, żaby, krokodyla, ptaka roślinożernego, przeżuwacza;
- rodzaje uzębienia u poszczególnych gromad kręgowców, specjalizacja u ssaków;
- przystosowania ptaków do różnych sposobów odżywiania się (m.in. ptaki drapieżne, owadożerne, odcędzające pokarm, odżywiające się nasionami, wszystkożerne);
- porównanie budowy płuc poszczególnych gromad kręgowców wraz z mechanizmem wentylacji płuc u płazów, gadów, ptaków i ssaków;
- mechanizm podwójnego oddychania u ptaków;
- mechanizm przeciwprądowy w skrzelach ryb;
- działanie pokryw skrzelowych i tryskawki;
- funkcjonowanie pęcherza pławnego ryb;
- budowa układu krążenia wraz z obiegiem krwi u ryb, płazów, gadów, ptaków i ssaków;
- porównanie budowy serca u przedstawicieli gromad kręgowców;
- porównanie budowy mózgu kręgowców ze wskazaniem na dobrze rozwinięte narządy zmysłów w danej gromadzie kręgowców;
- osmoregulacja u ryb kostnoszkieletowych słodkowodnych i słonowodnych, chrzęstnoszkieletowych;
- powiązanie środowiska życia z rodzajem wydalanego azotowego produktu przemiany materii;
- porównanie układów wydalniczych gromad kręgowców wraz z ewolucją nerki i moczowodu (moczowód pierwotny i wtórny);
- porównanie budowy szkieletu wewnętrznego gromad kręgowców w powiązaniu ze środowiskiem życia (także z podziałem na kostnoszkieletowe i chrzęstnoszkieletowe u ryb; u płazów na ogoniaste, bezogonowe, beznogie; u gadów jaszczurka, żółw, wąż, krokodyl; ptaki - gatunek nielota i ptaka latającego)
- modyfikacje kończyn u ssaków;
- analiza budowy skóry ryby, płaza, gada, ptaka i ssaka oraz powiązanie jej z funkcją jaką pełni;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- wytwory naskórka i skóry właściwej: rodzaje łusek, włosów, piór, gruczołów.

Przy każdym gatunku gromady powinna się znaleźć animacja wyjaśniająca funkcjonowanie danego narządu/układu.

Uczeń ma także możliwość dodania innych elementów danego układu.

Przykład: uczeń najpierw ogląda płuca ptaka, później dodaje worki powietrzne itp., konieczne jest dodanie opcji wyjaśnienia funkcjonowania tych elementów razem.

Uczeń może także połączyć ze sobą elementy dwóch układów (np. do wspomnianego wcześniej układu oddechowego ptaka uczeń dokłada układ krwionośny i ogląda animację, jak te układy ze sobą współpracują).

Animacje przedstawiające działanie poszczególnych układów w większości będą wspólne dla danej gromady kręgowców, np. działanie wymiany gazowej w skrzelach będzie takie samo dla karpia, tuńczyka i rekina. Natomiast niektóre układy będą się różniły między gatunkami, np. osmoregulacja będzie różnie zachodziła u wspomnianych gatunków ryb. Należy zwrócić na to uwagę i dopasować animacje.

Uczeń ma możliwość porównania funkcjonowania poszczególnych układów po kliknięciu przycisku **Porównaj** i wybraniu gromad/gatunków, które chce porównać. Pojawia się rozwijalna lista dostępnych gatunków/gromad, które uczeń może wybrać do porównania. Jednocześnie obok siebie mogą być porównywane maksymalnie 3 gromady/gatunki.

## Mechanika materiału

### • Zestaw zasad i interakcji w materiale:

- **Skanowanie zwierząt:** Uczeń rozpoczyna od wybrania konkretnego przedstawiciela kręgowców z listy minimalnej liczby gatunków (np. karp, żaba, krokodyl, pustułka, pies). Po wyborze wykorzystuje specjalne urządzenie (skaner), aby prześwietlić zwierzę. Skanowanie generuje model 3D zwierzęcia, który pojawia się w formie hologramu.
- **Wybór narządów i układów:** Uczeń może wybrać do analizy pojedynczy narząd, cały układ lub kilka współpracujących układów. Każdy element jest dostępny w formie szczegółowego modelu 3D, który można obracać, powiększać i eksplorować.
- **Informacje o funkcjach:** Po wybraniu narządu lub układu, pojawia się krótka informacja o jego funkcji i budowie. Najważniejsze elementy są podświetlone, a kliknięcie na nie ujawnia dodatkowe szczegóły.
- **Animacje fizjologiczne:** Uczeń ma możliwość uruchomienia animacji, które pokazują funkcjonowanie wybranego narządu lub układu w kontekście jego przystosowań do środowiska życia i ewolucji. Animacje mogą różnić się w zależności od gromady kręgowców i podkreślają specyficzne cechy różnych gatunków.

### • Podstawowe zasady poruszania się po materiale:

- **Interfejs użytkownika:** Uczeń porusza się po aplikacji za pomocą intuicyjnego interfejsu, umożliwiającego łatwe przełączanie się między różnymi widokami narządów i układów. Modele 3D są w pełni interaktywne, co pozwala na manipulowanie nimi (obracanie, przybliżanie, oddalanie).
- **Skanowanie i wybór:** Uczeń najpierw wybiera gatunek, a następnie skanuje go, co prowadzi do wygenerowania modelu 3D. Następnie wybiera narząd lub układ, który chce zbadać.
- **Interakcja z modelami:** Modele 3D można obracać, powiększać i dodawać do nich inne elementy, takie jak dodatkowe układy, aby zobaczyć ich współdziałanie.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





- **Interakcje w materiale:**
  - **Zgłębianie anatomii:** Uczeń ma możliwość dogłębnego badania anatomii wybranego zwierzęcia. Można dokładnie obejrzeć wybrane narządy, ich budowę wewnętrzną oraz powiązania z innymi układami.
  - **Porównywanie ewolucji:** Aplikacja umożliwia porównywanie narządów i układów między różnymi gromadami kręgowców, co pozwala na analizę ewolucji i przystosowań do różnych środowisk. W tym celu jest dostępny przycisk np. "Porównaj". Po kliknięciu pokazuje się lista gatunków lub gromad, do których jest odpowiednia animacja - układy i zagadnienia.
  - **Eksploracja funkcji narządów:** Poprzez animacje uczeń może zobaczyć, jak funkcjonują narządy i układy w zależności od ich roli w organizmie i środowisku, np. mechanizm wentylacji płuc u ptaków czy działanie skrzeli u ryb.
  - **Łączenie układów:** Uczeń może połączyć różne układy, aby zrozumieć ich współdziałanie, np. dodanie układu krwionośnego do układu oddechowego ptaka, aby zobaczyć, jak razem uczestniczą w wymianie gazowej.
- **Sposób działania poszczególnych elementów materiału:**
  - **Model 3D:** Centralnym elementem aplikacji jest model 3D wybranego zwierzęcia. Model jest dokładnie i realistycznie odwzorowuje pod względem anatomii i proporcji, co pozwala na realistyczne przedstawienie narządów i układów.
  - **Interaktywne narzędzia:** Uczeń korzysta z narzędzi do manipulacji modelami (obracanie, powiększanie) oraz do dodawania lub usuwania układów i narządów.
  - **Animacje:** Przy każdym narzędziu lub układzie jest możliwość uruchomienia animacji, która pokazuje działanie tego narządu w praktyce. Animacje te są dostosowane do specyficznych cech różnych gromad kręgowców.
  - **Informacje edukacyjne:** Kliknięcie na podświetlony element modelu 3D wyświetla szczegółowe informacje o jego funkcji i budowie, z naciskiem na związki między strukturą a funkcją oraz na ewolucyjne przystosowania.

## Grafika

### Modele 3D:

- Prostopółka wykonania: Modele 3D powinny być szczegółowe, ale wykonane w sposób wystarczająco uproszczony, aby ograniczyć liczbę drobnych elementów. Należy skupić się na kluczowych strukturach niezbędnych do zrozumienia anatomii i fizjologii.
- Kolorystyka: Kolory używane w modelach mają pełnić funkcję edukacyjną – np. różne barwy dla narządów, układów czy ich części. Intensywne, kontrastowe kolory ułatwią orientację, ale nie wymagają zaawansowanych tekstur.
- Realistyczne proporcje: Modele powinny wiernie odwzorowywać ogólne proporcje i rozmieszczenie narządów, z zachowaniem uproszczonych kształtów tam, gdzie nie jest to kluczowe do celów dydaktycznych.

### Animacje:

- Krótkie i celowe: Animacje ilustrują wyłącznie kluczowe procesy fizjologiczne, np. przepływ krwi przez serce, wentylację płuc ptaków, działanie skrzeli. Należy unikać zbędnych szczegółów artystycznych, skupiając się na mechanizmach działania.
- Powtarzalność elementów: Tam, gdzie to możliwe, animacje są wspólne dla gatunków w obrębie jednej gromady. Na przykład mechanizm wentylacji płuc u ptaków będzie pokazany jako jedna uniwersalna animacja dla wszystkich gatunków ptaków.

### Efekty wizualne:

- Interaktywne podświetlenia: Kluczowe elementy narządów i układów są podświetlane w



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



momencie ich wyboru (np. nerka, serce, wątroba). Nie wymagają skomplikowanych animacji, a jedynie prostych efektów graficznych, takich jak zmiana koloru lub pulsowanie.

#### Interfejs użytkownika:

- Minimalizm: Intuicyjny, prosty interfejs, który pozwala użytkownikowi szybko wybierać narządy i układy. Przyciski i opcje będą przedstawione za pomocą prostych ikon i tekstów opisowych.

#### Materiały edukacyjne:

- Tekst wbudowany w grafikę: Krótkie opisy funkcji narządów wyświetlane bezpośrednio na modelu lub obok niego, w miejscu podświetlanych elementów. Teksty powinny być klarowne, dostosowane do poziomu edukacyjnego ucznia.

#### Przykładowe inspiracje

- **Complete Anatomy (3D4Medical)**  
**Kategoria:** Modele 3D anatomiczne.  
**Opis:** Zaawansowane interaktywne modele anatomiczne pozwalające na eksplorację narządów i układów ciała kręgowców.  
**Inspiracja:** Manipulacja modelem 3D, animacje ukazujące funkcjonowanie narządów oraz opcja porównywania różnych grup zwierząt.
- **Visible Body – Human Anatomy Atlas**  
**Kategoria:** Edukacja medyczna w 3D.  
**Opis:** Interaktywna aplikacja do nauki anatomii, zawierająca realistyczne modele 3D narządów.  
**Inspiracja:** Eksploracja szczegółowej budowy anatomicznej oraz opcja animowanych wyjaśnień fizjologii.
- **Empiriusz**  
**Kategoria:** Interaktywne symulacje biologiczne.  
**Opis:** Platforma edukacyjna oferująca wirtualne laboratoria i modele 3D do nauki biologii i anatomii.  
**Inspiracja:** Interaktywne wizualizacje procesów fizjologicznych oraz elementy grywalizacji wspierające naukę.

## 4. Wymagania WCAG

#### Opis dostosowania materiału celem spełnienia standardu WCAG

Zaawansowany e-materiał musi uwzględniać założenia uniwersalnego projektowania w edukacji (UDL) oraz być zgodny ze standardami dostępności cyfrowej WCAG obowiązującymi na dzień ogłoszenia naboru, standardem ATAG 2.0 oraz zapisami ustawy z dnia 19 lipca 2019 r. o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami (Dz. U. z 2019 r. poz. 1696) i ustawy z dnia 4 kwietnia 2019 r. o dostępności cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych (Dz.U. z 2019 r. poz. 848). Powinien też uwzględniać dobre praktyki, stosowane w celu zapewnienia wysokiej jakości dostępnych cyfrowo materiałów edukacyjnych.

Użytkownik ze szczególnymi potrzebami, korzystający z przygotowanego zaawansowanego e-materiału, powinien korzystać z mechaniki materiału (menu nawigacyjnego) w taki sam sposób,



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





jak wszyscy użytkownicy. Należy przygotować menu, w którym wybiera on dostosowania materiału do swoich potrzeb. W ramach wybranych dostosowań zaawansowanego e-materiału użytkownik powinien korzystać ze wszystkich zaprojektowanych funkcjonalności. Zaawansowany e-materiał powinien spełniać kryteria dostępu dla technologii dotykowych (np. ekranów dotykowych), dostępności z poziomu klawiatury czy za pomocą zewnętrznych urządzeń wejściowych (np. mysz powiększona), technologii asystujących (np. czytniki ekranu). Poszczególne ułatwienia dostępu oraz ich konfiguracja powinny być dostępne w menu przed uruchomieniem aplikacji. Powinna istnieć również możliwość zapamiętania wybranych przez użytkownika ustawień, tak aby mogła być stosowana przy kolejnych uruchomieniach aplikacji przez użytkownika.

Zaawansowany e-materiał powinien spełniać następujące kryteria:

1. umożliwiać użytkownikowi z różnymi potrzebami korzystać z ułatwień dostępu, na wszystkich poziomach i etapach e-materiału;
2. posiadać instrukcję dla użytkowników z różnymi potrzebami, zawierającą informacje o sposobie korzystania z ułatwień dostępu i mechanizmach poruszania się po menu, przygotowaną za pomocą tzw. prostego języka;
3. posiadać rozwiązania z zakresu dostępności, które pozwalają uniknąć QTE lub działań związanych z łączeniem przycisków (uwzględnia ustawienie pozwalające je uprościć lub pominąć/wyłączyć);
4. umożliwiać korzystanie z wirtualnej klawiatury ekranowej (jeśli materiał tego wymaga), którą można sterować za pomocą myszy lub technologii wspomagających, takich jak wzrok lub przełącznik;
5. umożliwiać skorzystanie z pomocy w sytuacjach potencjalnie trudnych, związanych z poruszaniem się po materiale;
6. użytkownik przed skorzystaniem z zaawansowanego e-materiału powinien mieć możliwość zapoznania się tutorialiem objaśniającym, jak korzystać z ułatwień dostępu;
7. mechanika zaawansowanego e-materiału powinna pozwalać na dostęp do wszystkich obszarów interfejsu użytkownika;
8. zaawansowany e-materiał powinien być dostępny za pomocą technologii asystujących, m.in. czytników ekranu, oprogramowania asystującego w technologiach mobilnych.

Jeżeli w materiale będą występowały treści nieinterpretowalne przez technologie asystujące, wykonawca zobowiązany jest zapewnić alternatywę wchodzącą w e-materiał i stanowiącą integralną całość zaawansowanego e-materiału. Bez konsultacji z ekspertami ORE nie dopuszcza się tworzenia alternatywnego (równoległego rozwiązania) dedykowanego osobom z różnymi potrzebami.

Zaawansowany e-materiał musi uwzględniać między innymi potrzeby osób:

- z ograniczeniami wzroku,
- z ograniczeniami słuchu,
- z ograniczeniami ruchu rąk i mobilności,
- z ograniczeniami możliwości poznawczych (związanymi z np. pamięcią, przetwarzaniem informacji, dysleksją),
- z zaburzeniami neurorozwojowymi i psychicznymi (np. spektrum autyzmu, ADHD, stanami lękowymi, epilepsją),
- z zaburzeniami mowy,
- korzystających z czytników ekranu.

Podczas projektowania e-materiału należy uwzględniać różne potrzeby i możliwości użytkowników ze względu na:

Ograniczenia wzroku:

- stosowanie dobrze kontrastujących kolorów, czytelnych rozmiarów i typów fontów, możliwość zmiany i indywidualnego dopasowania przez użytkownika tych elementów;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- stosowanie zawsze widocznego fokusa (przynajmniej częściowo);
- używanie kombinacji koloru, kształtów i tekstu, niestosowanie znaczenia tylko kolorem;
- umieszczanie przycisków i powiadomień w kontekście;
- stosowanie odpowiedniej wielkości, kolorów i rozmieszczenia elementów interfejsu;
- umożliwienie zmiany kolorów dla osób będących daltonistami;
- umożliwienie zmiany wielkości elementów interfejsu;
- używanie dźwięku przestrzennego i rozróżnialnych dźwięków, różnych w zależności od zdarzeń;
- umożliwienie wyboru wyglądu kursora/celownika, zmiany kształtu, wielkości, koloru, jeśli projektowana mapa interaktywna zakłada bardzo dużo obiektów;
- wyświetlanie istotnych informacji w centrum, na linii wzroku lub możliwość powiększania całości, poszczególnych elementów mapy interaktywnej;
- nawigacja i sterowanie za pomocą klawiatury;
- stosowanie tekstów alternatywnych lub audiodeskrypcji do grafik;
- elementy materiału powinny być duże i łatwe do odróżnienia oraz oddalone od siebie;
- dodanie opisów alternatywnych do obrazów i innych elementów wizualnych, które opisują treści lub funkcje;
- stosowanie dużego kontrastu między istotnymi elementami w materiale;
- użytkownicy niewidomi powinni móc skorzystać z każdej funkcjonalności materiału z poziomu klawiatury.

#### Ograniczenia słuchu:

- stosowanie prostego języka, niestosowanie figur stylistycznych i idiomów;
- zapewnienie alternatywy tekstowej każdej kluczowej informacji dźwiękowej;
- dodanie napisów i transkrypcji do treści audio i wideo;
- możliwość modyfikacji napisów, zmiana rozmiaru/koloru oraz ich włączania i wyłączania zanim pojawi się dźwięk;
- stosowanie napisów rozszerzonych informujących o dodatkowych dźwiękach i nastroju oraz postaci mówiących;
- stosowanie prostych logicznych i spójnych układów treści;
- zapewnienie możliwości osobnej regulacji dźwięku dla różnych elementów multimedialnych w mapie interaktywnej;
- zastosowanie przełącznika dźwięku mono/stereo w materiałach filmowych i audio (jeśli takie się pojawią w zaawansowanym materiale).

#### Ograniczenia ruchu rąk i mobilności:

- umożliwienie w menu materiału ustawienia dużych obszarów klikalnych;
- projektowanie obsługi za pomocą klawiatury i mowy;
- unikanie tworzenia dynamicznych treści, wymagających dużego ruchu myszy;
- nieograniczanie czasu otwarcia okien, wykonania zadań;
- zapewnienie alternatywy dla akcji, wymagających równoczesnych czynności (np. klik zamiast przeciągnij i upuść);
- zapewnienie sterowania przy użyciu prostych kontrolerów.
- unikanie stosowania bardzo precyzyjnych ruchów.

#### Ograniczenia poznawcze oraz zaburzenia neurorozwojowe i psychiczne:

- używanie prostych, stonowanych barw;
- używanie prostego języka, bez stosowania figur stylistycznych i idiomów;
- używanie krótkich zdań i punktowania;
- używanie wyjaśnienia skrótów;
- tworzenie opisowych przycisków;
- budowanie prostych i spójnych układów treści;
- wyrównanie tekstów do lewej i zachowanie spójnego układu;
- niestosowanie dużych bloków ciężkiego tekstu;
- niestosowanie podkreślania słów, niepochylenia tekstu i pisanie wielkimi literami;



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- umożliwienie zmiany kontrastu pomiędzy tłem a tekstem;
- niestosowanie ograniczenia czasowego na wykonanie zadania;
- niestosowanie presji czasowej lub związanej z możliwością wykonania tylko jednej próby wykonania zadania.

Ograniczenia związane z korzystaniem z czytników ekranów:

- opisywanie obrazów, stosownie transkrypcji, audiodeskrypcji;
- nieumieszczanie informacji tylko na obrazie lub wideo;
- nadawanie struktury treści i nieoznaczanie jej tylko rozmiarem i rozmieszczeniem tekstu;
- stosowanie liniowego logicznego układu;
- umożliwienie sterowania za pomocą klawiatury;
- tworzenie opisowych łączy.

**Powyższe wytyczne są jedynie przykładami potrzeb, jakie powinny zostać spełnione przy projektowaniu zaawansowanego e-materiału. Beneficjent konkursowy powinien zapewnić możliwie największą dostępność dla osób z różnymi potrzebami. Rozwiązania związane z zapewnieniem dostępności osobom z różnymi potrzebami Beneficjent konkursowy powinien konsultować z ekspertami ORE na poszczególnych etapach realizacji projektu konkursowego.**

## 5. Wymagania funkcjonalne i techniczne

### Kluczowe warunki funkcjonalne dla Wykonawców

**Aplikacja musi spełniać wymagania określone w dokumencie „Ogólne wymagania funkcjonalne i techniczne dla e-materiałów”.**

- **Interaktywność i manipulacja modelem:**
  - Swobodne obracanie, powiększanie i pomniejszanie: Użytkownik musi mieć możliwość oglądania modelu z dowolnego kąta, z opcją zbliżania, oddalania oraz obracania.
  - Przesuwanie po osiach: Możliwość przesuwania modelu wzdłuż osi X, Y i Z, szczególnie przydatna dla bardziej złożonych struktur, jak np. układy anatomiczne.
  - Warstwy i sekcje: Możliwość włączania i wyłączania warstw lub sekcji modelu (np. układy mięśniowy, kostny), co umożliwia lepsze zrozumienie budowy obiektu.
  - Wybór przedstawiciela kręgowców z dostępnej bazy danych, lista w punkcie „Opis zawartości merytorycznej materiału”.
  - Wirtualne skanowanie wybranego przedstawiciela, wygenerowanie modelu 3D.
  - Możliwość wyboru pojedynczego narządu, całego układu lub kilku współpracujących ze sobą układów do analizy.
  - Animacje:
    - wyświetlanie animacji które ukazują sposób działania wybranych narządów lub układów oraz ich przystosowanie do warunków środowiskowych,
    - możliwość włączania lub wyłączania animacji, a także kontrolowania ich tempa,
    - wyświetlanie animacji pracy powiązanych ze sobą układów.
- **Nawigacja po strukturach i elementach modelu:**
  - Podświetlanie i opisywanie elementów: Po najechaniu lub kliknięciu na element modelu użytkownik powinien zobaczyć jego nazwę lub krótki opis.
  - Najważniejsze elementy każdego układu są podświetlone i oznaczone, interaktywne punkty po kliknięciu dostarczają krótkiej informacji o funkcji danego narządu lub układu.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



- Lista elementów i nawigacja do punktów zainteresowania: Funkcja umożliwiająca nawigację do wybranych części modelu, co usprawnia proces nauki.
- Tryby eksploracji i wyświetlania modelu:
  - Tryb eksploracji: Umożliwia użytkownikowi interaktywne badanie modelu bez wytyczonych celów.
  - Łatwe nawigowanie między różnymi funkcjami aplikacji.
  - Narzędzia do szybkiego przełączania między różnymi widokami modelu 3D (np. widok zewnętrzny, przekroje).
  - Funkcja porównawcza - umożliwia porównanie budowy i funkcjonowania wybranych narządów lub układów pomiędzy różnymi gromadami kręgowców – maksymalnie 3 na raz.
- Śledzenie postępów:
  - Historia przeglądanych elementów: Możliwość zapisu przeglądanych elementów modelu, co pozwala użytkownikowi wrócić do konkretnych sekcji.
- Personalizacja przez nauczyciela:
  - Dostosowanie dostępnych sekcji i warstw modelu: Nauczyciel może ustalać, które warstwy lub elementy modelu będą dostępne dla uczniów.
  - Dodatkowo nauczyciel może dostosować poziom trudności quizów, a także dodawać własne materiały edukacyjne, np. dodatkowe opisy, pytania kontrolne lub zasoby multimedialne.

#### Kluczowe warunki techniczne dla Wykonawców

**Aplikacja musi spełniać wymagania określone w dokumencie „Ogólne wymagania funkcjonalne i techniczne dla e-materiałów”.**

##### **Raportowanie i statystyki:**

- System raportowania wyników dla nauczycieli powinien umożliwiać generowanie raportów z wynikami uczniów w formacie eksportowalnym (np. PDF, CSV).
- Raporty powinny umożliwiać filtrowanie wyników według badanych układów anatomicznych, gromad kręgowców oraz poziomu trudności zadań.
- Podsumowanie wyników dla użytkownika: Po zakończeniu sesji użytkownik powinien mieć możliwość przejrzenia wyników, co wspiera proces nauki i identyfikacji obszarów wymagających powtórki.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską

