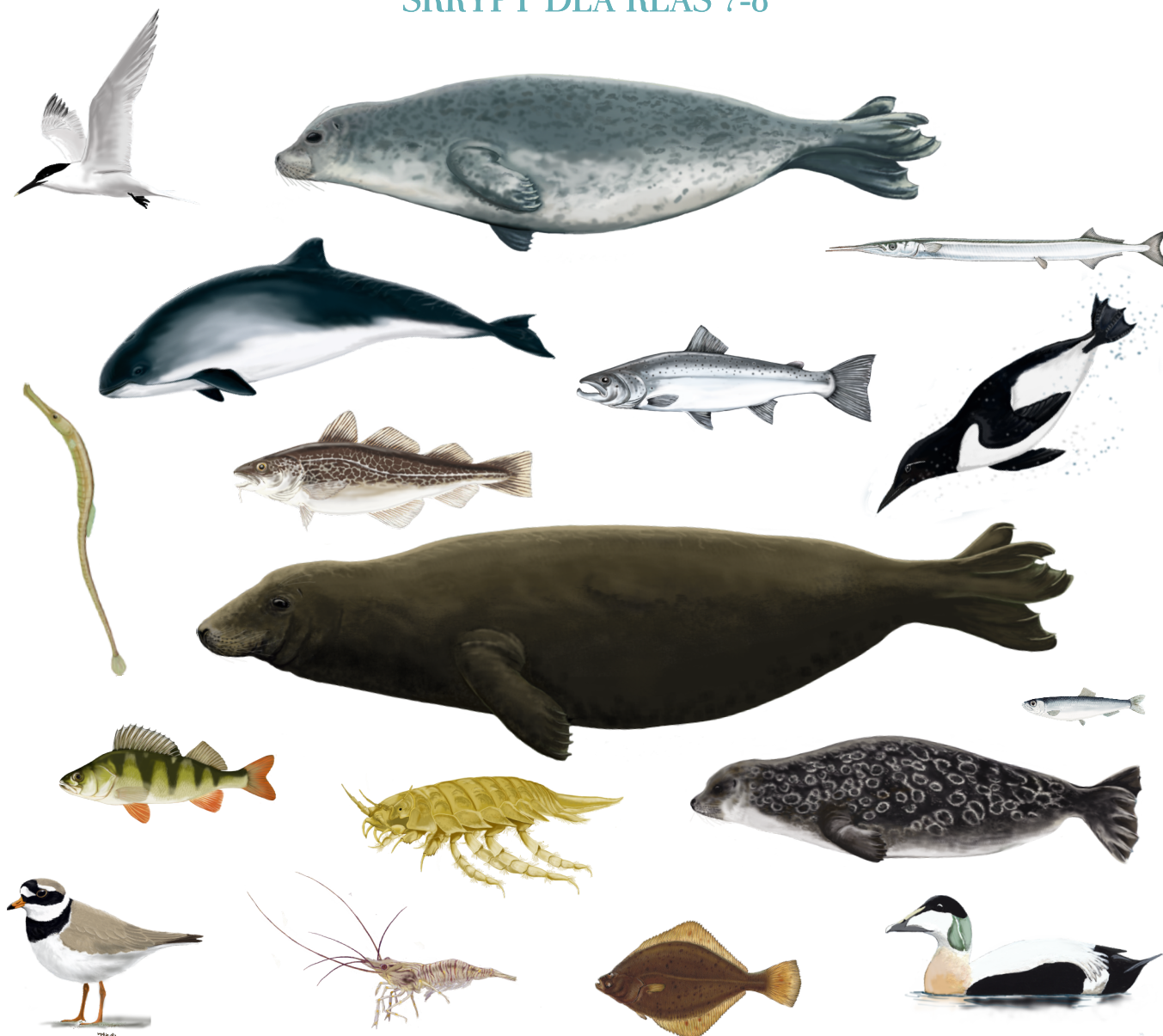


# SUPERMOCE

## MIESZKAŃCÓW BAŁTYKU

SKRYPT DLA KLAS 7-8



Projekt edukacyjny

„Smyk II: Supermoce mieszkańców Bałtyku - edukacja dzieci i młodzieży na drugim etapie kształcenia poświęcona bioróżnorodności Morza Bałtyckiego oraz zapobieganiu presji skierowanej na jego obszar przybrzeżny w tym na gatunki i siedliska chronione”



# Skorupiaki

Tekst: Justyna Kapa Ilustracje: Cezary Wójcik

**Pąkla** *Amphibalanus improvisus* to gatunek skorupiaka, którego pierwotną ojczyzną jest atlantyckie wybrzeże Ameryki Północnej. Do Morza Bałtyckiego (gdzie pierwszy raz został odnotowany w 1844 roku) najprawdopodobniej przybył przyczepiony do kadłubów statków. Jest jednym z najbardziej ekspansywnych gatunków zwierząt morskich, charakteryzującym się szeroką **tolerancją środowiskową**. Pąkla prowadzi osiadły tryb życia. W środowisku naturalnym przyczepia się do skał, kamieni oraz przedmiotów czy budowli dostatecznie długo znajdujących się w wodzie. Potrafi również bytować na żywych organizmach, muszlach ślimaków i małży, krabach, a nawet ssakach morskich. Do twardego podłoża pąkle przytwierdzają się za pomocą tzw. cementu, produkowanego przez **gruczoły cementowe** (raz przytwierdzone do podłoża nie ruszają się z miejsca do końca życia; gdy mocno porastają kadłuby jednostek pływających, mogą generować o 40% większe zużycie paliwa).

Ciało pąkli charakteryzuje się specyficzną budową: składa się z sześciu wapiennych, nachodzących na siebie płytek, które od góry zamykane są wieczkiem. We wnętrzu tego stożka znajduje się miękkie ciało pąkli, ułożone w pozycji grzbietem ku podłożu. Na zewnątrz pąkla wystawia tylko swoje odnóża, wyglądem przypominające pióropusz – taka budowa pomaga im w zdobywaniu pokarmu. Pąkle są **filtratorami**, czyli wyłapują (właśnie tymi odnóżami) drobne cząsteczki pokarmu z wody.

Są to organizmy **hermafrodytyczne** (obojnacje), u których przeważnie dochodzi do zapłodnienia krzyżowego, czyli sąsiadujące pąkle zapładniają się nawzajem. Bardzo pomocny jest tutaj penis pąkli, który może być nawet osiem razy dłuższy niż długość ciała samego zwierzęcia.



Rys. 1. Pąkle porastają zatopione kawałki drewna leżące na dnie morskim.

**Podwój wielki** *Saduria entomon* jest **reliktem bałtyckim** pochodzenia arktycznego. To największy żyjący i rozmnażający się w Bałtyku skorupiak. Długość osobników może dochodzić do 80 mm (samice są nieco mniejsze od samców). Gatunek **euryhalinowy** (bardzo tolerancyjny na zmiany zasolenia), może występować w wodach o zasoleniu 0-33‰. Podwój wielki lubi zagrzebywać się w piasku lub mule, wystawiając tylko odwłok. Potrafi pływać dzięki listkowatym i spłaszczonym **odnóżom odwłokowym**, które pełnią funkcje **skrzeli**. Pływa zawsze odwrócony brzuchem do góry, energicznie wymachując odnóżami. Po pokonaniu kilku metrów ponownie opada na dno.

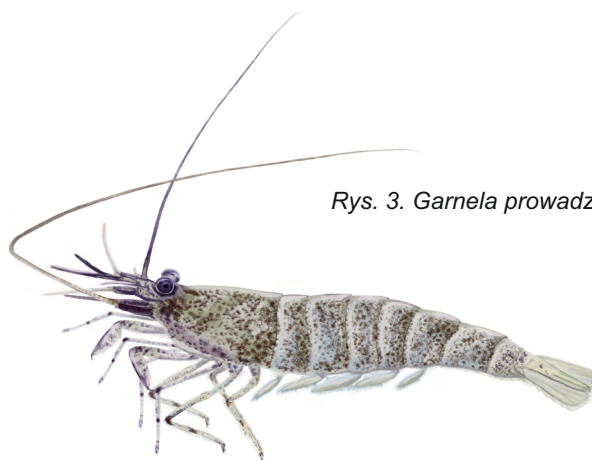


Rys. 2. Podwój wielki żywi się głównie martwymi organizmami, które wyszukuje dzięki bardzo czułemu węchowi.

Skorupiak ten jest **bardzo odporny** na niedobory tlenowe. Gdy tlenu jest bardzo mało w siedlisku, podwoje wydostają się z osadów dennych i wyginają ciało, aby ułatwić przez nie przepływ wody. Dodatkowo przyspiesza u nich akcja serca i zwiększa się przyswajalność tlenu. W wyjątkowo niskich warunkach natlenienia mogą również obniżyć swój metabolizm oraz czerpać energię z metabolizmu beztlenowego. Dzięki tym supermocom mogą przez dłuższy czas przeżyć w niekorzystnych warunkach środowiskowych.



**Garnela pospolita** *Crangon crangon* to krewetka, która w polskiej strefie brzegowej osiąga długość 70 mm (samice) i 55 mm (samce). Jest gatunkiem euryhalinowym, może żyć w zasoleniu od 5‰ do 33‰. Jest również gatunkiem eurytermicznym, bo toleruje szeroki zakres temperatur wody: od 0 do 30° C. Ciało tego skorupiaka jest spłaszczone grzbieto-brzusznie, co wiąże się z trybem jego życia. Gatunek ten znaczną część doby spędza leżąc na dnie piaszczystym, w którym się zakopuje, jedynie w nocy opuszcza swoją bezpieczną kryjówkę. Garnela jest również wyjątkowa dzięki jeszcze jednej posiadanej supermocy. Potrafi zmieniać kolor ciała w zależności od koloru osadu na którym leży. Dzieje się to dzięki specjalnym komórkom – chromatoforom, które zawierają barwniki czarno-brunatne (melanina) i żółto-czerwone (karotenoidy).



Rys. 3. Garnela prowadzi nocny tryb życia.

**Krab wełnistoszczypcy** *Eriocheir sinensis* to największy skorupiak występujący w Bałtyku. Jego pancerz osiąga szerokość nawet do 9 cm. Posiada masywne szczypce gęsto pokryte chitynowymi wyrostkami przypominającymi wełniane mufki. Jest **gatunkiem dwuśrodowiskowym**: większą część życia spędza w wodach słodkich, a następnie odbywa wędrówkę rozrodczą do wód morskich. Nie rozradza się w wodach o zasoleniu poniżej 13‰. **Jest gatunkiem obcym**. Pochodzi z wód chińskich, naturalny obszar występowania tego gatunku rozciąga się od Hong Kongu aż do Korei Północnej. Do portów europejskich został wprowadzony przypadkowo za pośrednictwem wód balastowych statków kursujących między Europą a Chinami. Po raz pierwszy jego obecność zanotowano w 1912 roku w niemieckich wodach słodkich. Dzięki bogatemu systemowi kanałów i rzek dość szybko i łatwo rozprzestrzenił się w wodach europejskich. W ciągu kolejnych kilkudziesięciu lat zasięg jego występowania objął wody praktycznie całej Europy. W Polsce po raz pierwszy odnotowano ten gatunek w Zalewie Szczecińskim w 1928 roku. Wkrótce rozprzestrzenił się wzdłuż wybrzeża Bałtyku, wchodząc do ujścia Wisły oraz do jezior mazurskich.

Występując masowo powoduje szkody w ekosystemach (wyżeranie ikry, konkurencja pokarmowa z lokalną fauną) i gospodarce człowieka (niszczenie połowu i sprzętu połowowego). Gatunek ten został uznany przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUCN/WCU) za jeden ze 100 najgroźniejszych inwazyjnych gatunków na świecie.



Rys. 4. Krab wełnistoszczypcy to największy skorupiak występujący w Bałtyku.





Jedną z supermocy tego kraba, oprócz zdolności skutecznego rozprzestrzeniania się, jest możliwość **odrastania odnóży** (wprawdzie nieco mniejszych rozmiarów od pierwotnego), w miejscu gdzie wcześniej zostało ono odrzucone np. w wyniku stresu lub ataku drapieżnika.

# Ryby



Tekst: Justyna Kapa Ilustracje: Tomasz Cofita, Andrzej Krupa, Cezary Wójcik

Ryby to grupa zwierząt, która wyróżnia się ogromnym zróżnicowaniem pod względem zachowania, budowy, fizjologii i niewyobrażalnej różnorodności form. Ryby należą do zimnokrwistych kręgowców zamieszkujących wody słodkie lub słone.

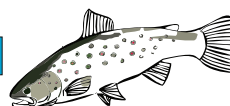
-  Żyją w najwyżej położonych górskich jeziorach i największych głębiach morskich, co daje rozpiętość ok. 14 000 m.
-  Istnieje około 32,5 tys. znanych gatunków ryb.
-  Charakteryzują się dużą rozpiętością rozmiarów: od 8,6 mm (dojrzały samiec babki *Trimmatom nanus*) do 20 m długości (rekin wielorybi *Rhincodon typus*).
-  Mogą zasiedlać wody o temperaturze od - 2 do + 50° C i znosić zasolenie nawet 100‰. W skład ich diety może wchodzić wszystko, co żyje: od bakterii aż po ssaki.

Znane są ryby latające, osiadłe, wychodzące na ląd, oddychające powietrzem atmosferycznym, pozbawione płetw... i tak można by wyliczać bez końca. Co zatem pozwala rybom żyć w wodzie? Jakie supermoce zadecydowały o tak wielkim ich sukcesie? Od pozostałych kręgowców różnią się tym, że mają płetwy i nie mają kończyn, pokrywają ciała, sposobem oddychania i wieloma innymi szczegółami.

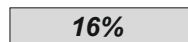
ryby



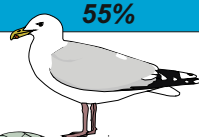
55%



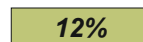
ptaki



16%



gady



12%



ssaki



8%



płazy



6%



inne



4%

Rys. 5. Współcześnie żyjące **ryby** stanowią ponad połowę wszystkich znanych żyjących obecnie gatunków kręgowców.

## Kształt ryby w dużej mierze zależy od środowiska, w jakim żyje oraz od trybu życia.

Wody szybko płynące zwykle zamieszkują ryby o niskim i wydłużonym ciele. Z kolei spokojne wody jezior z porastającą dno roślinnością zasiedlają ryby o ciele wysokim. W toni wodnej, gdzie ważna jest szybkość, optymalną formą geometryczną ciała ryb jest kształt wrzecionowaty lub przypominający torpedę, przystosowany właśnie do szybkiego pływania. Ryby żerujące przy dnie, wśród kamieni i żwirów rzek i potoków, w mule stawów i jezior mają ciała spłaszczone, obłe w przekroju. Natomiast ryby żerujące wśród roślinności podwodnej wymagają innych, dostosowanych do panujących tam warunków kształtów. Gatunki żerujące przy dnie mogą mieć kształt węzowaty (piskorz *Misgurnus fossilis*, **węgorz** *Anguilla anguilla*) albo są spłaszczone i „leżą” na brzuchu (płaszczki) lub na jednym z boków (**płastugi**). Gatunki bytujące wśród roślin przybrzeżnych są silnie bocznie spłaszczone (**płoc** *Rutilus rutilus*, **leszcz** *Abramis brama*). Gatunki głębinowe mają kształt kulisty, co umożliwia im przeciwstawianie się wysokiemu ciśnieniu. Istnieją gatunki ryb, takie jak **iglicznia** *Syngnathus typhle* czy **wężyńka** *Nerophis ophidion* (żyjące wśród podwodnych łąk Morza Bałtyckiego), o złożonych i trudnych do określenia kształtach.



Rys. 6. Węgorzyca *Zoarces viviparus* zamieszkuje siedliska przy dnie morskim.

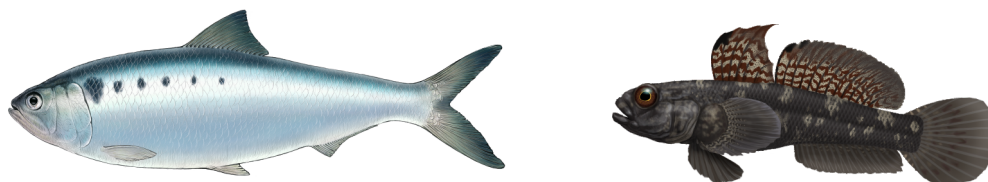


Kształt niektórych gatunków ryb może zmieniać się wraz z wiekiem. Różnice mogą być tak znaczne, że niektórzy ichtiolodzy, widząc je po raz pierwszy, opisywali te ryby jako osobne gatunki. O kształcie poszczególnych gatunków ryb decyduje nie tylko ich obrys ciała, kształt i rozmiar płetw, ale również wygląd głowy. Największą różnorodność, jeżeli chodzi o budowę rybiej głowy, obserwuje się w kształtach pysków. Inną budowę będzie miał pysk ryby drapieżnej, inną roślinożerne albo ryby szukającej pokarmu ukrytego w piasku lub mule. Przykładowo gatunki zjadające ślimaki, małże czy chronione twardym pancerzem skorupiaki posiadają zwykle krótkie, ale bardzo masywne szczęki. Ryby drapieżne mają szczęki mocne i wydłużone, uzbrojone w liczne zęby (np. **szczupak** *Esox lucius*).



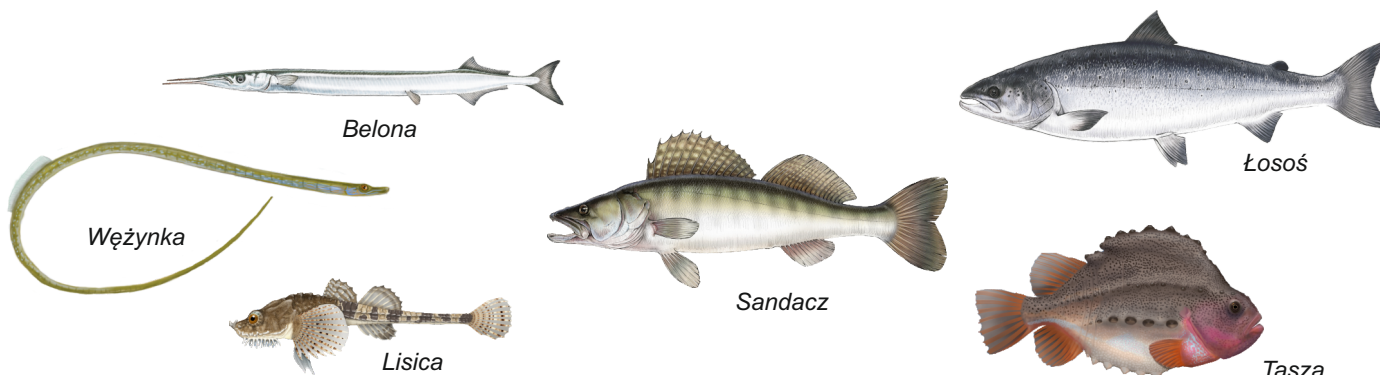
Rys. 7. Szczupak *Esox lucius* może mieć nawet 700 zębów, które pokrywają całe wnętrze paszczy. Umożliwia to temu drapieżcy pewny chwyt, a ofierze małe szanse na ucieczkę.

Wpływ na wygląd samej głowy ma również wielkość oraz usytuowanie oczu. Np. ryby żyjące w toni wodnej posiadają oczy usytuowane po bokach głowy. Natomiast te gatunki, które kryją się w piasku posiadają oczy umieszczone wysoko i blisko siebie, co pozwala im na lepszą obserwację otoczenia nad dnem.



Rys. 8. Różnice w usytuowaniu oczu jako przystosowanie do siedliska: parposz *Alosa fallax* żyje w toni wodnej, a babka czarna *Gobius niger* w strefie dna morskiego.

**Różnorodność kształtów** ciała ryb związana jest także z budową płetw, które mogą być przekształcone w specjalne narządy dotyku, kolce, przyssawki, czy znacznie powiększać swoje rozmiary. Powszechnie wiadomym jest, że płetwy służą do pływania – dla szybkiego przemieszczania się ważna jest tylko płetwa ogonowa, pozostałe płetwy pomagają w powolnym i bardzo precyzyjnym ruchu, gdy np. należy naprowadzić pyszczek na swobodnie opadający kęs pożywienia. Ponadto dzięki odpowiednim ruchom tych płetw ryby mogą zakręcać, unosić się lub opadać, a także cofać się. Od tej reguły są również wyjątki, np. płaszczyki pływają dzięki falistym ruchom płetw piersiowych, które wraz z głową i tułowiem tworzą owalny, mocno spłaszczony dysk. **Węgorze**, które nie posiadają płetw brzusznych, a ich płetwa grzbietowa i odbytowa połączone są z płetwą ogonową, pływają, wykonując ruchy wijące, podobnie do sposobu poruszania się węży, więc z płetw wielkiego pożytku nie mają.

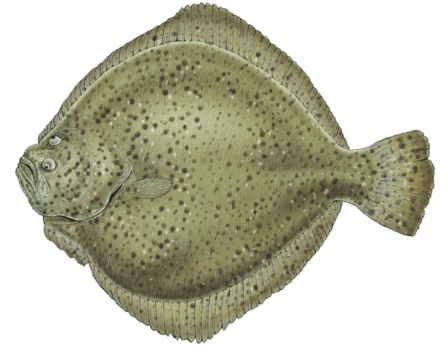


Rys. 9. Przykłady różnorodnych kształtów bałtyckich ryb.

**Która ryba pływa najszybciej?** Włócznik *Xiphias gladius* osiąga prędkość 130 km/h! Tuńczyki do 75 km/h, a barrakudy do 44 km/h. Atakujący **szczupak** może osiągnąć prędkość 25 km/h.








W niezwykle sposób przystosowały się do życia na morskim dnie **ryby płastugokształtne** *Pleuronectidae*. W wyniku przebytej metamorfozy w stadium larwalnym, leżą na jednym boku. Wiąże się to również ze zmianami anatomicznymi, zwłaszcza w budowie ich głowy. Jedno oko „wędruje” na jej drugą stronę, w wyniku czego oczy płastug znajdują się po jednej stronie ciała. Kolejną cechą wyróżniającą ryby płastugowate są silnie rozwinięte płetwy: grzbietowa i odbytowa, które okalają prawie całe ciało. Rozwój tych płetw związany jest najprawdopodobniej ze sposobem pływania, gdyż płastugi poruszają się dzięki falistym ruchom całego ciała. W Morzu Bałtyckim najpopularniejszymi gatunkami ryb płaskich są: **stornia** *Platichthys flesus*, **gładzica** *Platessa platessa baltica* oraz **skarp** *Scophthalmus maximus*.







Rys. 10. Skarp (turbot) jest przedstawicielem ryb płaskich występujących w Morzu Bałtyckim.

### Pokrycie ciała

Skóra, która jest granicą między środowiskiem wodnym a wewnętrznym ryb, w porównaniu ze skórą innych kręgowców spełnia u ryb bardzo różnorodne funkcje:

-  utrzymuje niezależność ciśnienia osmotycznego w tkankach w stosunku do otaczającej ryby wody;
-  produkuje śluz, a wraz z łuskami tworzy elastyczny pancerz, chroniący ryby przed urazami mechanicznymi;
-  zawiera szereg receptorów odpowiedzialnych za zbieranie informacji o środowisku zewnętrznym;
-  u niektórych ryb (np. u **węgorza**) pokrywa całkowite zapotrzebowanie na tlen, bez użycia skrzelii;
-  wytwarza nie tylko łuski, ale również gruczoły jadowe oraz narządy świetlne.

Pomimo tak skomplikowanych funkcji, skóra ryb jest dość prosto zbudowana, składa się z naskórka i skóry właściwej. Głównym produktem naskórka jest śluz, który:

-  chroni skórę przed atakami bakterii i grzybów oraz przed toksycznymi związkami chemicznymi;
-  zmniejsza opór ciała ryby w wodzie;
-  wytrąca lokalnie zawiesinę nieorganiczną z wody, zapobiegając w ten sposób zanieczyszczeniu listków skrzelowych;
-  dla niektórych gatunków ryb dwudysznych jest materiałem budulcowym kokonu, w którym ryby te przeczekują okres suszy.





Wytworami skóry właściwej są rozmaite twarde struktury, takie jak łuski, tarcze kostne lub kolce. Łuski praktycznie występują u większości ryb. Niektóre gatunki mają je ukryte głęboko w skórze i dla człowieka są niewidoczne. Część ryb, na rzecz nieskrępowanych ruchów, utraciła łuski. Natomiast ryby, które bytują nad dnem skalistym i są narażone na częste urazy, posiadają zazwyczaj duże i mocne łuski.



Rys. 11. Ciernik *Gasterosteus aculeatus* (po lewej) lub iglicznia *Syngnathus typhle* (po prawej) mają ciało pokryte tarczkami kostnymi (obok łusek lub zamiast nich).

### Oczy



Oko jest narządem przystosowanym do odbierania impulsów elektromagnetycznych i zbudowane jest z podporządkowanych sobie czterech składników:

-  światłoczułej siatkówki;
-  układu dioptrycznego: soczewka, rogówka, ciało szkliste oraz ciecz wodnista komór ocznych;
-  układu poruszającego soczewkę;
-  mięśni zewnętrznych oka.

Oczy większości ryb kostnoszkieletowych pozbawione są powiek. U nielicznych, np. u **śledzia bałtyckiego** *Clupea harengus membras* czy makreli atlantyckiej *Scomber scombrus*, występują powieki pionowe, które są przezroczystymi fałdami naskórka. Natomiast u niektórych ryb, bardzo szybko pływających, np. u cefala *Mugil cephalus* powieki są przerosnięte tkanką tłuszczową. Po stronie dolnej brzeg powieki przedniej nakłada się na powiekę tylną, a po stronie górnej powieki fałd przedni i tylny łączą się ze sobą.





Ryby kostnoszkieletowe doskonale widzą barwy. Rozmieszczone po bokach głowy gałki oczne zapewniają rybom widzenie w dwóch strefach:

-  **Strefa widzenia binokularnego**, czyli obszar widziany jednocześnie przez dwoje oczu, dzięki czemu ryba może prawidłowo ocenić odległość. Strefa widzenia binokularnego jest jednak niewielka i mieści się w zakresie od 30° do 40°.
-  **Boczne pole widzenia** każdego oka odznacza się dużą rozległością, gdzie w pionie wynosi około 150°, a w poziomie – 170°.




Oko ryby ma możliwość ustawienia ostrości widzenia (**akomodacji**) tylko dzięki specjalnym mięśniom zmieniającym położenie okrągłej soczewki względem siatkówki. Zmiany wielkości źrenicy, które obserwujemy u zwierząt lądowych, u ryb nie występują (wyjątek stanowią rekiny i płaszczki).

Bodźce wzrokowe odbierane są przez komórki siatkówki:

-  czopki, czyli niskie i grube wypustki komórek światłoczułych, odbierające bodźce przy mocnym oświetleniu,
-  pręciki, wyższe i smuklejsze od czopków, odbierające bodźce przy niższym natężeniu.

**Refrakcja fotomotoryczna siatkówki** to mechanizm, który jest szczególnie wyraźny u ryb i który najprawdopodobniej jest przystosowaniem wynikającym z braku możliwości zmiany wielkości źrenicy. Polega on na tym, że przy słabym natężeniu światła pręciki wysuwają się naprzód, pozostawiając za sobą czopki, a przy mocnym oświetleniu to czopki wysuwane są do przodu, zasłaniając pręciki. Co więcej, warstwa barwnikowa leżąca w siatkówce poszerza się, tworząc dodatkową ochronę dla pręcików.

Oczy ryb są zbudowane według anatomicznego planu opisywanego głównie u przedstawicieli innych kręgowców, przede wszystkim ssaków. Jednak środowisko wodne, charakteryzujące się ogromną zmiennością warunków świetlnych, sprzyjało powstawaniu różnych zmian w ich budowie. Przykładowo:

-  Niektóre ryby głębinowe wykształciły oczy z podwójną soczewką (jedna jest skierowana ukośnie do góry, a druga w dół) lub typu teleskopowego o bardzo dużych soczewkach.
-  Ryby żyjące na dnie olbrzymich głębin lub w wodach podziemnych jaskiń, w całkowitych ciemnościach np. *Typhlichthys subterraneus* posiadają oczy jedynie w stadium zarodkowym, a u dorosłych osobników oczy są w zaniku.
-  Pośród wszystkich ryb najosobliwiej zbudowane oczy ma ryba zwana czworookiem amerykańskim *Anableps tetraphthalmus*. Oczy tego gatunku podzielone są na dwie części, górną i dolną, każde oko ma po dwie źrenice przylegające do jednej soczewki. Górna źrenica umożliwia obserwowanie środowiska nad wodą, a dolna pod wodą.



Rys. 12. Podobnie jak u większości ryb, źrenica w oku belony nie zmienia swojej średnicy.

## Krew

Krew, która jest rodzajem tkanki łącznej, składa się z dwóch podstawowych elementów: komórek krwi i osocza. Krew w organizmie jest głównym dystrybutorem tlenu, składników odżywczych, dwutlenku węgla, hormonów, jonów i końcowych produktów przemiany materii. Ryby, w przeciwieństwie np. do ssaków (przeciętnie 6,8% krwi w stosunku do ciężaru ciała), posiadają bardzo mało krwi. Przykładowo krew karpia hodowlanego *Cyprinus carpio morpha domestica* (o masie 700 g) to zaledwie 2% (14 g). Wyjątek stanowią ryby bielankowate *Chaenichthyidae* żyjące w wodach Antarktydy. Ich krew nie zawiera czerwonych krwinek. Zatem jak rozprowadzany jest tlen w organizmie tych ryb? Brak hemoglobiny rekompensowany jest: dużą objętością osocza krwi (9% ciała ryby), które rozprowadza rozpuszczony w nim tlen; wolniejszą przemianą materii; większymi naczyniami krwionośnymi; większym sercem i jego pojemnością minutową w porównaniu do innych ryb; mniejszą lepkością krwi, mniejszym tarciem wewnętrznym; pobieraniem tlenu przez skórę (łatwym dzięki nieobecności łusek); lepszą rozpuszczalnością tlenu w wodzie i w niskich temperaturach.



Osocze jest swoistą cieczą, której skład jest bardzo dynamiczny i zależy od stanu fizjologicznego, w jakim znajduje się organizm. Pod kątem chemicznym osocze to roztwór soli nieorganicznych i białek, których wyróżnia się trzy rodzaje: albuminy, globuliny i fibrynogen. W porównaniu z krwią innych kręgowców, np. ssaków, osocze krwi ryb charakteryzuje się bardzo szybką koagulacją. Przykładowo u **okonia** *Perca fluviatilis* krzepnięcie trwa 20 sekund, u psa 2-3 minuty, a koń ma krew krzepnącą do 14 minut. Osocze krwi ryb może mieć silne toksyczne działanie na organizm ssaków, z czego doskonale zdają sobie sprawę rybacy, unikając zranienia i zanieczyszczenia rany krwią ryb. Bardzo toksycznym osoczem charakteryzuje się **węgorz** i sum europejski *Silurus glanis*, średnio toksycznym **okoń**, **jazgarz** *Gymnocephalus cernua*, **sandacz** *Sander lucioperca* i **leszcz**, a słabo toksycznym np. karp.

### Narząd słuchu, linia naboczna i pęcherz pławny

Dźwięki są stałym elementem podwodnego świata mórz i oceanów: zarówno te generowane przez organizmy morskie, jak i te będące efektem procesów geofizycznych czy ludzkiej aktywności. Dźwięk to fala podłużna przemieszczająca się w ośrodku sprężystym: gazie, cieczy lub ciele stałym. W wodzie dźwięk rozchodzi się 4.4 razy szybciej niż w powietrzu. Korzystają z niego zarówno zwierzęta morskie m.in. do orientacji w środowisku, komunikacji czy lokalizowania ofiar, jak i ludzie, wykorzystując go na przykład do nawigacji i skanowania otoczenia. Hałas wpływa przede wszystkim na ssaki morskie, ale także na inne organizmy, w tym ryby. To dla wielu osób może być sporym zaskoczeniem, bo w końcu ryby nie mają widocznych małżowin usznych. Mają one jednak narządy pozwalające na odbieranie przez nie dźwięków z otoczenia.

**Jak zatem ryby słyszą?** Ryby posiadają ucho wewnętrzne (błędnik), które zbudowane jest podobnie do ludzkiego. Pozwala ono na utrzymanie równowagi oraz określanie kierunku i odległości źródła dźwięku.

Szczególną cechą wielu ryb jest rozwinięty uchyłek przetyku – **pęcherz pławny**. Narząd ten jest swoisty dla ryb kostnych, nie posiadają go ryby chrzęstnoszkieletowe ani żadne inne kręgowce. Pęcherz pławny wypełniony jest mieszaniną gazów. Ich skład różni się w zależności od gatunku, jest również inny niż kompozycja gazów zawartych w powietrzu atmosferycznym. Przykładowo mieszanina gazów w pęcherzu pławnym okonia przedstawia się następująco: O<sub>2</sub> (14,6-16,6% całej objętości pęcherza), N<sub>2</sub>(82,5-83,2%), CO<sub>2</sub> (1,5-2,9%). Pęcherz pławny usprawnia pływanie, zmniejsza ciężar właściwy ciała ryby, stanowi ważny narząd hydrostatyczny. Może też spełniać rolę rezonatora głosowego oraz uczestniczyć w słyszeniu. Ryby posiadające połączenie ucha wewnętrznego z pęcherzem pławnym słyszą znacznie lepiej, ponieważ pełni on wtedy dodatkową rolę wzmacniacza dźwięku. Przykładowo sumik karłowaty *Ameiurus nebulosus* dzięki takiemu specjalnemu połączeniu, jakim jest w tym przypadku aparat Webera (specjalny układ kostek występuje u niektórych ryb karpiokształtnych *Cypriniformes* i sumowatych *Siluridae*), słyszy dźwięki o częstotliwości do 13 000 Hz. Strzebla potokowa *Phoxinus phoxinus* i  **karaś srebrzysty** *Carassius gibelio*, również dzięki aparatowi Webera, słyszą dźwięki od 5000 do 6000 Hz. Oprócz wspomnianego aparatu Webera istnieją jeszcze inne sposoby komunikacji pęcherza pławnego z uchem wewnętrznym, np. u dorszowatych *Gadidae*, w przedniej części pęcherza pławnego występują dwa długie ślepe wyrostki dochodzące do torebek słuchowych otaczających błędnik. Ryby, które nie mają połączenia ucha wewnętrznego z pęcherzem pławnym, słyszą znacznie gorzej, jedynie w zakresie 400-800 Hz.



Rys. 13. Linia naboczna dorsza *Gadus morhua* i wielu innych ryb zastępuje oczy w trudnych warunkach (np. ciemność, mętna woda).

Poza uchem wewnętrznym u ryb występuje także **linia boczna** (zwana czasem **naboczną**). Jest to wysoce wyspecjalizowany organ, ciągnący się zazwyczaj po bokach ciała. Receptory ruchu linii nabocznej rejestrują wszelkie zaburzenia hydrodynamiczne środowiska wodnego – ryba odczuwa ruchy wody wywołane przemieszczaniem własnego ciała. W trakcie pływania, pcha warstwy wody, które natrafiając na jakąś prze-





szkodę, odbijają się od niej, a powracająca fala pobudza receptory ruchu. Od receptorów sygnał przekazywany jest do centralnego układu nerwowego, tym sposobem informując rybę o odległości, w jakiej znajduje się od napotkanego przedmiotu. Dzięki linii nabocznej ryby mogą uniknąć zbliżającego się drapieżnika lub odnaleźć ruchomą zdobycz. Narząd ten zastępuje rybnie oczy. Dzięki temu łatwo może poruszać się w nocy lub w mętnej wodzie.

### Wpływ hałasu podwodnego na ryby

Ryby uzyskują znacznie większe ilości informacji poprzez zmysł słuchu niż przez inne zmysły. Dźwięk jest używany do komunikacji między rybami, podczas godów, wykrywania zdobyczy i drapieżników, orientacji i migracji oraz wyboru siedliska.

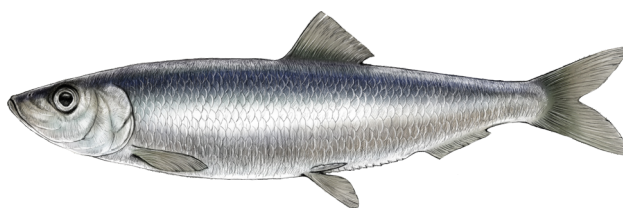
### Ryby mają głos

**Kur diabeł** *Myoxocephalus scorpius* często jest nazywany diabłem morskim ze względu na swój groźny wygląd. Mimo że w rzeczywistości nie jest niebezpieczny, ukłucie jego kolców znajdujących się na pokrywach skrzelowych, w szczególności w okresie godowym, może być bardzo uciążliwe. Jest drapieżną i bezłuską rybą, pospolicie zasiedlającą w Bałtyku płytsze wody o piaszczystym i kamienistym dnie. Żeruje na większych skorupiakach i na rybach. W okresie tarła samiec przybiera jaskrawe pomarańczowo-czerwono-żółte ubarwienie. Po złożeniu przez samicę ikry na dnie (kamieniach i podwodnej roślinności), to samce do momentu wylęgu roztaczają nad nią opiekę. Gdy czuje się zagrożony, w celach obronnych **wydaje charakterystyczne buczenie**.



Rys. 14. Kur diabeł

**Śledzie** *Clupea harengus* żyją w gigantycznych ławicach wysokich na 10-20 m i zajmujących powierzchnię kilku kilometrów kwadratowych. Mają też specyficzny sposób komunikacji, dzięki unikalnemu połączeniu pęcherza pławnego z kanałem odbytu. Kiedy śledź ściśnie pęcherz pławny, z jego odbytu wylatuje niewielka ilość bąbelków, a dźwięk im towarzyszący przypomina odgłos smażenia bekonu. Dźwięki te zostały nazwane przez naukowców Powtarzalnymi Raptownymi Dźwiękami (PRD) i są wydawane przez przestraszone śledzie (np. ścigane przez makrele), a także w celu utrzymania integralności i kierunku przemieszczania się ławicy oraz unikania drapieżników. Z drugiej jednak strony taki sposób komunikacji w ławicy śledzi ułatwia ssakom morskim (na przykład fokom) ich lokalizację. Zanim to zjawisko zostało opisane, dźwięki te w latach 90. XX wieku stały się źródłem kryzysu dyplomatycznego, gdyż szwedzka marynarka wojenna uważała, że ich źródłem są rosyjskie okręty podwodne.



Rys. 15. Śledź

### Węch

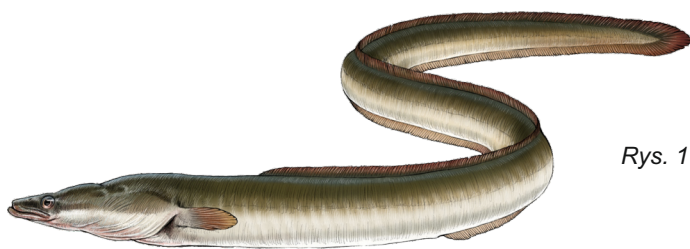
Narząd węchu odgrywa bardzo ważną rolę w życiu ryb. Konkretny zapach może alarmować o niebezpieczeństwie lub przywabić polujące drapieżniki. Ponadto rozróżnianie konkretnych substancji zapachowych pozwala na wzajemne odnajdywanie się ryb odmiennej płci w trakcie **tarła**. Węch spełnia bardzo ważną rolę w wędrówkach ryb. Węgorz charakteryzuje się bardzo czułym na pewne substancje narządem węchu, jego wrażliwość porównywalna jest nawet z powonieniem psa. Rybim narządem węchu są wyścielone specjalnym nabłonkiem dołki lub kieszonki węchowe, które u ryb kostnoszkieletowych są zlokalizowane na



grzbietowej stronie głowy, w części przedniej, pomiędzy otworem gębowym i oczami. Te gatunki ryb, które przy orientacji posługują się głównie wzrokiem i zamieszkują wody otwarte, mają węch zazwyczaj słabo rozwinięty. Natomiast u ryb dennych sam narząd jest bardziej rozbudowany, ponieważ zmysł węchu ma dla nich większe znaczenie.


### Oddychanie pod wodą


Głównym narządem oddechowym ryb są skrzela, którymi pobierają tlen rozpuszczony w wodzie. Skrzela są głównym miejscem wymiany gazowej, jednak wiele ryb, przystosowując się do ubogich w tlen środowisk, takich jak wysychające zbiorniki czy bagna, wykształciło dodatkowe narządy np. tzw. labirynt lub zmodyfikowany pęcherz pławny do korzystania z tlenu atmosferycznego. Ryby mogą także pobierać tlen z wody przez skórę (**węgorz**), jak również tlen atmosferyczny przez ściany przewodu pokarmowego (piskorz), wymiana gazowa może też zachodzić u niektórych gatunków w pęcherzu pławnym (niszczuka *Lepisosteus osseus*). Dla ryb „białokrwistych”, żyjących w zimnych wodach Antarktyki, skutecznym narządem wymiany gazowej są również płetwy. Skrzela u ryb pełnią także rolę regulatora osmotycznego organizmu i wydalają jony  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Cl}^-$  oraz szkodliwe substancje azotowe powstałe w procesach metabolicznych.



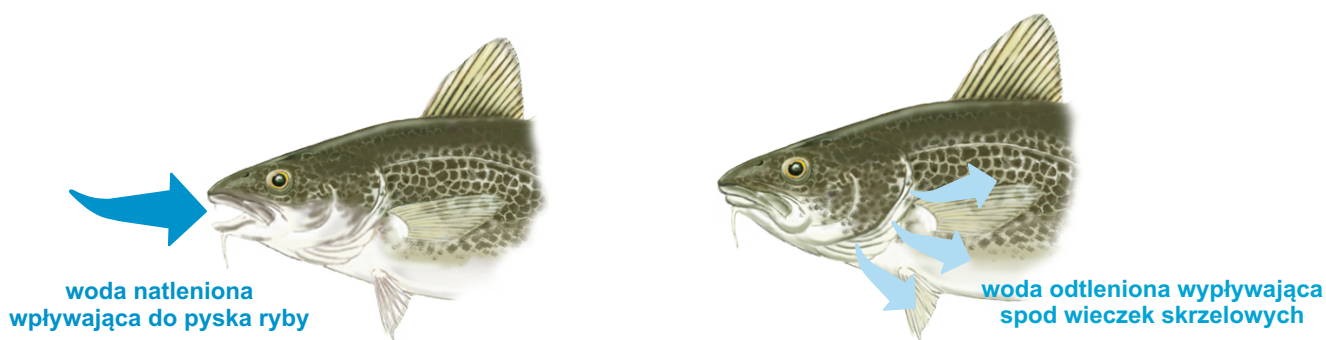
Rys. 16. Węgorek europejski *Anguilla anguilla* charakteryzuje się bardzo czułym na pewne substancje narządem węchu, a jego wrażliwość porównywalna jest nawet z powonieniem psa.

Skrzela u ryb kostnoszkieletowych składają się z łuków skrzelowych oraz osadzonych na nich, silnie ukrwionych listków skrzelowych, w których odbywa się wymiana gazów pomiędzy wodą a krwią. Istnieją dwa sposoby pobierania wody przez ryby do omywania skrzeli:

 Woda może dostawać się do jamy skrzelowej w wyniku szybkiego ruchu przy otwartym pysku i uniesionych wieczkach skrzelowych. Na przykład dla makreli jest to główny sposób oddychania. Ryba ta może zginąć wskutek uduszenia, gdy zostanie zatrzymana w miejscu.

 Drugim mechanizmem, bardzo typowym dla ryb kostnoszkieletowych, jest praca aparatu oddechowego. Na początku wdechu pysk jest otwarty, a wieczka skrzelowe ściśle przylegają do ciała ryby. Kolejno, po całkowitym wypełnieniu jamy skrzelowej wodą, pod wpływem działających jak pompa ssąca odchylających się wieczek, zamyka się otwór gębowy. Ruch, jakim jest skurcz jamy gębowej, powoduje wypchnięcie wody za skrzela, a wieczka się opuszczają.

Łączna powierzchnia listków skrzelowych jest olbrzymia. Od wewnętrznej strony są one przemywane stale strumieniami krwi, od zewnętrznej natomiast są omywane stałymi strumieniami wody. Jeżeli rybę wyjąć z wody, narząd ten przestanie działać, pomimo tego, że w powietrzu jest więcej rozpuszczonego tlenu niż w wodzie. Przyczyna jest następująca: wilgotne blaszki skrzelowe skleją się, przez co ich ogromna powierzchnia wykorzystywana podczas wymiany gazowej zostaje mocno zredukowana.



Rys. 17. Ruch wody w typowym dla ryb kostnoszkieletowych mechanizmie oddychania.

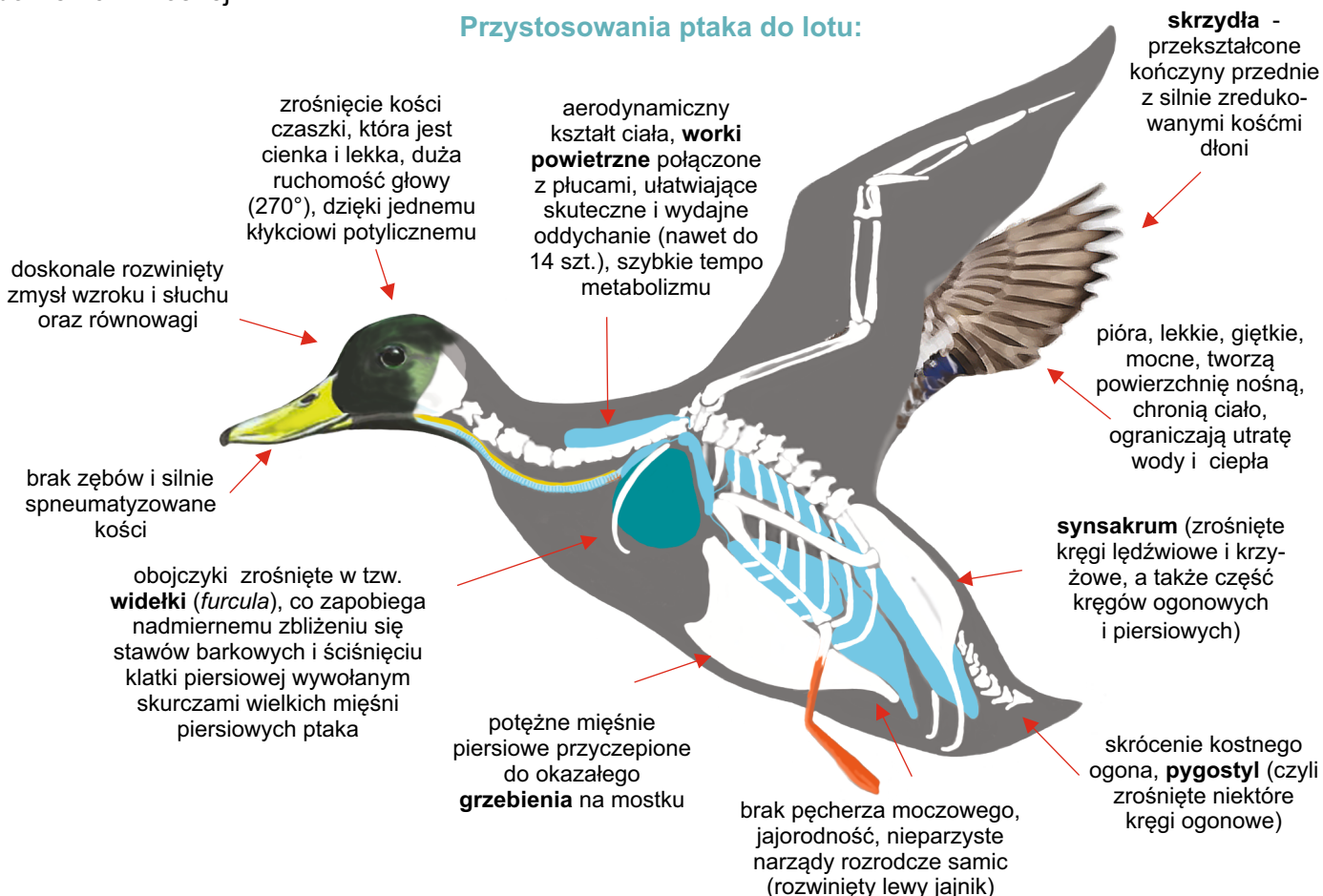


# Ptaki

Tekst: Mikołaj Koss Ilustracje: Cezary Wójcik, Mikołaj Koss

**Ptaki wodne** stanowią zróżnicowaną grupę gatunków (ponad 800), na którą składa się 30 rodzin ptaków i są one ekologicznie zależne od środowiska wodnego, od mórz i oceanów po podmokłe obszary lądowe (mokradła, rozlewiska, rzeki i jeziora). Grupy ptaków wodnych, które można spotkać nad Bałtykiem to: łabędzie, gęsi i bernikle, kaczki właściwe, siewkowce, rybitwy, alki, perkozy, kaczki morskie, mewy, chruściele, nury i grązycy. Podobnie jak u większości gatunków lądowych, ich budowa morfologiczna i anatomiczna jest wynikiem przystosowań do lotu, które związane są głównie ze zmniejszeniem ciężaru ciała i zapewnieniem powierzchni nośnej.






## Przystosowania ptaka do lotu:









## Przystosowania ptaków do życia w środowisku morskim

Życie w środowisku wodnym stawia przed ptakami trzy wyzwania: **utrzymanie temperatury ciała, przebywanie i przemieszczanie się pod wodą, zdobywanie pokarmu**. Mimo że ptaki są zwierzętami stałocieplnymi, zasiedlając środowisko wodne (morskie) muszą być przystosowane do ochrony przed utratą ciepła, unikając wychłodzenia ciała (hipotermii) na skutek wiatru czy przemoczonego upierzenia. Większość gatunków zasiedlających środowisko morskie będzie zdobywać pokarm znajdujący się pod powierzchnią wody, muszą zatem być przystosowane do nurkowania. Będą nurkować do samego dna, podejmując z niego np. małże lub ścigać ofiary bezpośrednio w toni wodnej. Ruch pod wodą podczas nurkowania jest napędzany przy pomocy ruchu kończyn tylnych i odpowiednio zmodyfikowanej stopy lub ruchu skrzydeł (alkowate). Dzioły wszystkich gatunków ptaków są odpowiednio przystosowane do zdobywania pokarmu np. chwytania ryb.

## Główne przystosowania ptaków do życia w środowisku morskim to:

-  ciało ptaków nurkujących jest bardziej smukłe i wydłużone;
-  w mniejszym stopniu spneumatyzowane kości i mniejsze worki powietrzne;
-  usuwanie powietrza zalegającego między piórami poprzez silne przyciskanie upierzenia do ciała;
-  obecność gruczołu kuprowego;
-  obecność w piórach konturowych kormoranów specjalnych promyków, które umożliwiają wpływanie wody i namakanie upierzenia;



-  magazynowanie tlenu podczas nurkowania przede wszystkim we krwi i mięśniach (ptakom nie grozi „choroba kesonowa”);
-  mięśnie zawierające duże ilości mioglobiny przechowują znacznie więcej tlenu; a krew ma podwyższoną pojemność tlenową;
-  gruba warstwa tkanki podskórnej;
-  nogi z błoną pławną, spłaszczonymi palcami lub płaskimi wyrostkami na palcach, umieszczone w tylnej części tułowia, naprzemiennie wiosłujące;
-  napędzanie ruchu pod wodą głównie przy pomocy skrzydeł u alkowatych;
-  odpowiednia budowa dzioba blaszki do odcedzania (bentofagi) lub zaostroszony, czasem zakończony haczykiem (ichtiofagi).

### Ochrona przed utratą ciepła

Ptaki chroni przed utratą ciepła grube i gęste upierzenie, które uzyskuje właściwości hydrofobowe na skutek wysycenia tłuszczową wydzieliną z gruczołu kuprowego. Pod warstwą piór okrywowych znajduje się warstwa piór puchowych, która tworzy doskonałą warstwę termoizolacyjną. Podobnie jak w wypadku ssaków morskich, pod skórą ptaka morskiego znajduje się gruba warstwa tłuszczu, która zapewnia dodatkową izolację.

### Regulacja temperatury ptasich nóg

Nogi ptaków wodnych są jedyną nieopierzoną częścią ciała, przez którą mogłaby nastąpić utrata znacznej ilości ciepła. Jest ona jednak ograniczona do minimum, dzięki obecności specjalnego układu naczyń krwionośnych w nodze ptaka. Mechanizm ten polega na zmniejszeniu gradientu temperatury między nogą a otoczeniem. Ciepła krew w tętnicach, płynąc w kierunku stóp, ochładza się, przepływając blisko żył, które odprowadzają znacznie chłodniejszą krew z nogi do ciała. Ciepło przepływa z tętnic do żył, ogrzewając krew żylną i wracając do ciała. Szacuje się, że utrata ciepła przy niskich temperaturach w nogach wynosi około 10%. Nieopierzone części nóg pełnią również funkcję przy chłodzeniu przegrzanego organizmu ptaka, na przykład latem podczas upalnych dni, dzięki dużej powierzchni stóp, ptak może obniżyć temperaturę ciała.



Rys. 19. Dzięki specjalnemu przystosowaniu nury czarnoszyje i inne ptaki wodne nie tracą zbyt wiele ciepła swojego ciała, trzymając nogi w chłodnej wodzie.

### Zdobywanie pokarmu przez nurkujące ptaki

Gatunki nurkujących ptaków wodnych możemy podzielić na dwie grupy: ichtiofagi i bentofagi.

**Bentofagi** to ptaki nurkujące do samego dna w poszukiwaniu pokarmu, którymi są głównie bentosowe bezkręgowce (przede wszystkim małże, skorupiaki), ale niektóre z nich potrafią także schwycić niewielkie ryby. Do grupy tej zaliczamy kaczki nurkujące, takie jak: lodówka, markaczka, uhla, edredon, gągoł, czernica, ogorzałka i głowienka oraz gatunek z rzędu żurawiowych – łyskę. Kaczki nurkujące koncentrują się na akwenach, których głębokość umożliwia im efektywne żerowanie, zazwyczaj bytując w płytszych wodach 3-15 m. Kaczki morskie (lodówka, uhla i markaczka) mogą nurkować na głębokość 40-60 m, nurkowanie jest jednak kosztowne energetycznie, co powoduje, że ptaki wybierają żerowanie na płytszych akwenach, bogatych w pokarm. Lodówki zazwyczaj bytują w wodach o głębokości 10-35 m, uhle podobnie: 10-30 m, markaczka i edredon preferują płytsze wody: od 5 do 15 m głębokości. Grążyce (czernica, ogorzałka, głowienka i gągoł) wołają płytsze wody przybrzeżne lub półzamknięte akweny. Czernica, ogorzałka i gągoł zimują w wodach do 10 m, głowienka wybiera wody do 6 m głębokości. Gatunkiem występującym na najpłytszych wodach jest łyska, która preferuje osłonięte wody przybrzeżne i ujścia rzek do 3 m głębokości. Analiza żołądków ptaków przyłowionych w zachodniej części Zatoki Gdańskiej należących do 8 gatunków bentofagów nurkujących (lodówki, uhli, markaczki, czernicy, ogorzałki, gągoła, edredona i łyski) wykazała, iż 80% objętości ich składu pokarmowego stanowiły małże. Najczęściej zjadanymi małżami były: małgiew piaszkołaz (24,4%), omulek bałtycki (23,5%) oraz sercówka bałtycka (18,3%). Nieco rzadziej jako pokarm był poławiany rogowiec bałtycki (13,2%).

**Ichtiofagi nurkujące** to ptaki, które aktywnie ścigają ryby w toni wodnej, np. kormorany, nury, perkozy, tracze i alkowate. Kormorany są zazwyczaj spotykane w wodach do 5 m, rzadko z dala od lądu, ponieważ po nurkowaniu muszą wysuszyć upierzenie.



Na akwenach o niskiej przejrzystości, w silnie zeutrofizowanych wodach, **kormoran** będzie żerował socjalnie. Polega to na tym, że ptaki będące z tyłu stada nurkują do dna i kierują się w stronę przodu stada, gdzie wynurzając się wypłaszają ryby chwytane następnie przez ptaki będące akurat z przodu, po czym same zajmują miejsca na przedzie stada, czekając na ryby wypłoszone przez następne nurkujące kormorany. Ponadto żerujące socjalnie stado kormoranów tworzy formację w kształcie półkola, która kieruje się ku brzegowi zbiornika. W ten sposób ryby przeganiane są ku tym miejscom w toni wodnej, gdzie z łatwością mogą być chwytane.

Najsilniej związane z obszarami otwartych wód morskich są **alkowate**, które jako jedyne podczas nurkowania wykorzystują głównie skrzydła, co pozwala im na szybkie i głębokie nurkowanie. Alka i nurzyk spotykane są głównie na wodach o głębokości 10-50 m, a ich pokarm stanowią przede wszystkim drobne ryby pelagiczne. W Bałtyku głównym pokarmem nurzyka jest szprot, stanowiąc ponad 90% liczby wszystkich zjadanych ryb, a mniej licznymi ofiarami są małe okazy śledzi i ryby dobijakowate.



Rys. 20. Przykłady ichtiofagów: perkoz rogały *Podiceps auritus*, alka *Alca torda*, szlachar *Mergus serrator* i nur rdzawoszy *Gavia stellata*

### Mewy i rybitwy

**Mewy** żywią się rybami i morskimi bezkręgowcami. Pobierają także odpadki rybne zbierane w portach przy przeładunku z kutrów rybackich lub przy kutrach na morzu. Zdobywają również pokarm, odbierając go innym zwierzętom. **Kleptopasożytnictwo** może mieć charakter między- i wewnątrzgatunkowy, m.in. przebywając wśród stad żerujących łysek i grążyc (głowienek, czernic i ogorzałek), mewy odbierają im wyławiane na powierzchnię małże, mając w ten sposób dostęp do pokarmu, który inaczej nie byłby dla nich osiągalny.

**Rybitwy**, które pojawiają się w okresie przelotów i w lęgowym, wymagają miejsc odpoczynku, takich jak piaszczyste plaże i łachy. Szczególnie ważne są dla nich piaszczyste wyspy w ujściach rzek. Rybitwy aktywnie wypatrują w locie ryb znajdujących się pod lustrem wody, a po ich lokalizacji pikują do wody, aby je schwytać. Najbardziej morskim gatunkiem jest **rybitwa czubata**, która potrafi odbywać dalekie wędrówki żerowiskowe od kolonii lęgowych nawet do ponad 50 km, zazwyczaj żerując w wodach poniżej 15 m głębokości. Ptaki pikują za ofiarami do wody z wysokości ponad 20 m. Ich głównymi ofiarami są ryby dobijakowate i śledziowate. **Rybitwa rzeczna** odbywa krótsze wędrówki żerowiskowe na odległość 20-30 km od kolonii lęgowych. Najczęściej żeruje w wodach o głębokości 15-20 m. Nad morzem jej pokarm stanowią głównie drobne ryby: dobijakowate i śledziowate, skorupiaki, a także owady wodne i lądowe. **Rybitwa białoczelna** jest najmniejszym gatunkiem spośród tej grupy. Jej wędrówki żerowiskowe są krótkie i wynoszą średnio 4 km. Osobniki tego gatunku preferują żerowanie w płytkich wodach (poniżej 1 m), a ważnym czynnikiem jest dla nich obecność szybkiego przepływu wody i strefy przyboju. W odróżnieniu od innych gatunków rybitw, często zawisają przed atakiem na ofiarę, potem pikują z wysokości 4-8 m, zanurzając się pod wodę (skrzydła pozostają nad wodą). Łowią głównie ryby dobijakowate i śledziowate, skorupiaki, wieloszczety i owady.

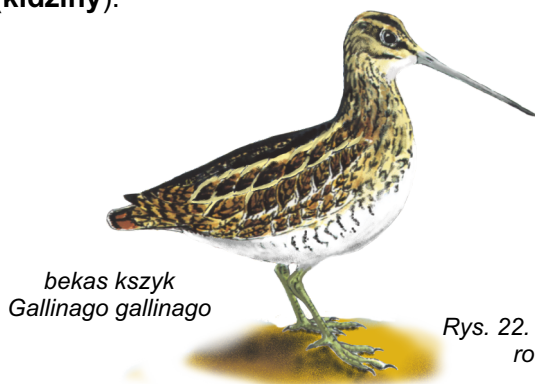


Rys. 21. Gatunki rybitw gniazdujących na polskim wybrzeżu Bałtyku: rybitwa białoczelna, rzeczna i czubata.

## Zdobywanie pokarmu przez siewkowce



Siewkowce obejmują gatunki ptaków wodnych, które lęgają się na dalekiej północy w tajdze i tundrze, a nad polskim Bałtykiem są spotykane głównie w okresie przelotu jesiennego i wiosennego, kiedy odpoczywają i żerują na plażach, wśród naniesionej falami martwej materii organicznej pochodzenia roślinnego (**kidziny**).



bekas kszczyk  
*Gallinago gallinago*

Rys. 22. Wśród siewkowców wyróżniamy dwie rodziny: siewczkowate i bekasowate.



sieweczka obroźna  
*Charadrius hiaticula*

**Siewczkowate** posiadają krótkie, dość masywne dzioby i proporcjonalnie większe oczy. Podczas żerowania lokalizują swoje ofiary wzrokiem. **Bekasowate** natomiast posiadają stosunkowo małe oczy, a ich dzioby mogą być dwu-, trzykrotnie dłuższe niż ich głowa i na ich końcu posiadają receptory dotykowe, przy pomocy których mogą sondować podłoże w poszukiwaniu ofiar (małży, nereid). Gdy ptak sonduje dziobem mokry piasek, powstaje fala ciśnieniowa w niewielkiej ilości wody znajdującej się między ziarnami piasku. Rozprzestrzenianie się tej fali jest zakłócanie przez obecność obiektów stałych, takich jak małże, które blokują przepływ wody, zaś powstające w ten sposób zakłócenie ciśnienia jest wykrywane przez ptaka. Wydaje się, że obserwowane u wielu gatunków bekasowatych sondowanie podłoża przy pomocy dzioba umożliwia im tworzenie trójwymiarowego obrazu ukrytych w podłożu cząstek pokarmu.

### Gruzoł kuprowy i jego wydzielina

**Gruzoł kuprowy** jest jedynym gruczołem skórnym występującym u większości ptaków (u kuraków obecny jest gruczoł małżowinowy). Położony jest po stronie grzbietowej ponad ostatnimi kręgami ogonowymi. Gruzoł produkuje tłustą wydzielinę, którą ptak rozprowadza po upierzeniu przy pomocy dzioba. Wydzielina gruczołu kuprowego jest złożoną mieszaniną związków organicznych, głównie wosków, których skład może różnić się w zależności od gatunku, sezonu, wieku i płci ptaków czy stosowanej diety. Funkcje wydzieliny gruczołu kuprowego wciąż są dyskutowane. Najczęściej wymienia się ochronę piór przed wilgocią i nadmiernym ścieraniem czy też ektopasożytami.

### Zmysł dotyku

U kaczek i gęsi na końcu dzioba, za podniebieniem, znajduje się szereg rowków rozchodzących się promieniście wokół zakrzywionej końcówki (dzioba). Za tymi rowkami na górnym i dolnym brzegu dzioba, jest wiele małych porów (około 30 na górze i 180 na dole), zaopatrzonych w brodawki, skupiającymi z kolei ok. 20-30 mikroskopowych zakończeń nerwów czuciowych. To **receptory dotykowe** (z dwoma rodzajami zakończeń nerwowych **ciałek Grandry'ego** i **ciałek Herbsta**), które łączą się z mózgiem za pośrednictwem sieci nerwów. W innych częściach dzioba wewnątrz i na zewnątrz również znajduje się wiele ciałek Herbsta i Grandry'ego, nie są one jednak tak gęsto upakowane. Dzięki nim blaszkodziobe są w stanie precyzyjnie odróżnić, nawet gdy nie widzą pożywienia, co nadaje się do jedzenia, a co do odrzucenia. Czy zatem krzyżówka dałaby radę oddzielić żwir od musli?

### Zmysł wzroku

Spośród wszystkich zwierząt, ptaki mają największe oczy w stosunku do wielkości ciała. Zajmują one dużo miejsca w ich czaszce. Większe oko wpuszcza więcej światła i mieści więcej światłoczułych komórek, czyli zapewnia lepsze widzenie. Zarówno rogówka, jak i soczewka mają zakrzywiony, wypukły kształt, który ułatwia skupianie fal świetlnych. Duża część zdolności rozdzielczej oka pochodzi z rogówki. Ptaki mają osobne grupy mięśni otaczających rogówkę i soczewkę. Skurcz lub rozkurcz tych mięśni niezależnie zmienia kształt rogówki i/lub soczewki, co daje ostrość widzenia (w oku ludzkim zapewnia to wyłącznie soczewka). Niektóre ptaki nurkujące mają do 10 razy większą moc ogniskowania niż ludzie, gdyż muszą pod wodą dokonywać natychmiastowych korekt, aby przełączyć się z widzenia i ogniskowania w powietrzu. Pod wodą moc skupiająca rogówki zostaje utracona, więc soczewka musi przejąć kontrolę. Soczewki stają się prawie kuliste, a tęczęwki rozszerzają się pod wodą, aby wpuścić więcej światła. Te korekty tworzą warunki optyczne dla polep-



szenia ostrości podczas zdobywania pokarmu pod lustrem wody.

Wiele ptaków nurkujących ma przezroczyste błony powiekowe (**migotka**), które działają jak wbudowane okulary pływackie. Błony te chronią również oczy ptaków przed uszkodzeniem podczas nurkowania z dużą prędkością.

### Zmysł słuchu

Ptasie głosy godowe (śpiew), głosy alarmowe (przeciwdrapieżnicze) i głosy kontaktowe (w czasie migracji) są ważne dla ich przetrwania. Ucho ptaka jest bardzo podobne do ucha ssaka z dwoma ważnymi wyjątkami. W uchu zewnętrznym nie ma małżowiny usznej (pokrytego ciałem ucha zewnętrznego), a zamiast trzech kości przenoszących wibracje ptaki mają tylko jedną – **słupek**. Kiedy fale dźwiękowe uderzają w błonę bębenkową, są przekazywane do słupka, a następnie do ślimaka, wypełnionego płynem narządu, który zawiera zakończenia nerwowe komórek włoskowatych. Komórki włoskowate poruszają się w płynie ślimakowym i przekazują informacje do mózgu. W przeciwieństwie do nas, których słuch pogarsza się wraz z wiekiem i narażeniem na głośne dźwięki, powodujące śmierć komórek włoskowatych, ptasie komórki włoskowate nieustannie się regenerują, dzięki czemu ptaki zachowują słuch przez całe życie.

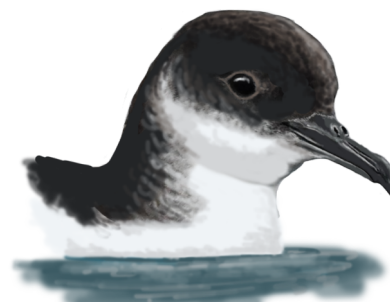
**Sowy** posiadają asymetrycznie rozstawione otwory uszne z boku głowy, pomaga to im w lokalizowaniu swoich ofiar np. norników. **Szlara**, pióra dokoła oczu, działają wraz z uszami jak mikrofon paraboliczny, doskonale zbierając dźwięk.

Zakres słyszalnych przez większość ptaków częstotliwości waha się od 1000 do 4000 Hz; ludzie słyszą od 20 do 20 000 Hz. Wartości te są charakterystyczne dla różnych gatunków ptaków. Na przykład wróbel domowy słyszy od 675 do 11 500 Hz, a sowa uszata od 100 do 18 000 Hz. Mimo że częstotliwości, przy których ptaki i ludzie słyszą najlepiej, są podobne, ptaki są bardziej wrażliwe na ton i rytm dźwięku, dzięki czemu mogą łatwiej rozróżnić dźwięki nawet w hałaśliwym otoczeniu.

### Węch u ptaków

Gatunki wykorzystujące węch podczas żerowania posiadają duże opuszki węchowe. **Rurkonose** (albatrosy, petrele, burzyki i nawałniki) wykorzystują węch w lokalizowaniu pokarmu. Istnieje niewątpliwy związek między rurkowatymi nozdrzami a wykrywaniem zapachu, chociaż ich funkcja pozostaje tajemnicą. Już od czasów komercyjnych połowów wielorybów marynarze przekonywali się, jak nieprawdopodobnie wrażliwe wydawały się być albatrosy, petrele i burzyki na zapach odpadków wielorybów.

Rurkonose żywią się krylem, kalmarami i czasem resztkami wielorybów. Wykrycie zapachu gnijącego tłuszczu wielorybiego nie jest zbyt trudne, inaczej ma się sprawa z kalmarami czy krylem. Jak zatem radzą sobie te morskie ptaki? W latach 80. ubiegłego wieku wykazano, że sproszkowany kryl rozsypany na powierzchni oceanu przyciąga uwagę petreli i albatrosów. Substancją, która to sprawia jest siarczek dimetylu (DMS). Ma on pochodzenie biogeniczne i jest uwalniany z ciała fitoplanktonu podczas zjadania go przez zooplankton, taki jak kryl.








Rys. 23. Rurkowate nozdrza widoczne na dziobie burzyka północnego *Puffinus puffinus*.

### Zmysł magnetyczny

Pole magnetyczne Ziemi dostarcza zwierzętom, które są w stanie je wyczuć, informacji nawigacyjnych zwłaszcza podczas ich wędrówki jesiennej i wiosennej. Ptaki wykorzystują pole geomagnetyczne na dwa sposoby: wektor zapewnia im kompas, a inne parametry, prawdopodobnie natężenie pola magnetycznego, wydają się być ważnym elementem „mapy” do nawigacji na duże odległości. Mechanizm chemiczny ulokowany w oku dostarcza kompasu, podczas gdy magnetyczne receptory w dziobie udostępniają mapę. Kompas może wykrywać kierunek pola magnetycznego, a mapa określa natężenie tego pola. Te dwa rodzaje informacji pozwalają ptakom dotrzeć do celu, niezależnie od tego czy droga wiedzie przez ocean czy zróżnicowane obszary lądowe.

### Jak ptaki nawigują podczas migracji?

-  orientują się względem położenia Słońca; nocą zaś według gwiazd;
-  wykorzystują szczegóły topografii terenu, migrując wzdłuż linii wybrzeży, gór i dolin rzecznych;
-  korzystają z mapy zapachowej;
-  uczą się migracji od swoich rodziców;
-  nawigują przy użyciu linii pola magnetycznego, dzięki kryształkom magnetytu w dziobie i kryptochromowi w siatkówce prawego oka.

## Wykorzystanie wiatrów i prądów konwekcyjnych podczas migracji




Mewy, wydryki i przede wszystkim rurkonose (albatrosy, burzyki, petrele i nawałniki) w czasie wezbrań sztormowych wykorzystują podmuchy wiatru nad falami, aby przemieszczać się przy niskich nakładach energetycznych, nie machając skrzydłami, a delikatnie nimi sterując. Ptaki szponiaste i bociany wykorzystują „kominy termiczne” – kolumny nagrzanego powietrza w słoneczne dni, krążąc w nich nabierają odpowiedniej wysokości, następnie wchodzi w lot ślizgowy, co pozwala im pokonać znaczną odległość, stopniowo tracąc wysokość, aż doleczą do kolejnego „komina termicznego”.

## Zapasy energetyczne podczas wędrówki

Aby sprostać wymaganiom energetycznym, które stawia przed ptakami migracja, zwiększają one wyraźnie zapasy energetyczne w organizmie oraz zmniejszają niektóre ze swoich organów wewnętrznych. Rezerwy energetyczne ptaka są magazynowane głównie pod postacią tłuszczu. Tłuszcze zawierają od 8 do 10 razy więcej energii na jednostkę masy w porównaniu do węglowodanów i białek. Kwasy tłuszczowe są zatem głównym paliwem wykorzystywanym podczas lotów migracyjnych ptaków. Silne otluszczenie stanowi paliwo lotnicze, które umożliwia odbycie długodystansowej wędrówki. Tłuszcz ten odkłada się na opierzonych częściach ciała, na brzuchu, u nasady szyi, na grzbiecie i bokach ciała.

## Rekordziści


Podziwiamy wyczyny maratończyków, lecz pozostają one daleko w tyle za osiągnięciami migrantów dalekodystansowych w świecie ptaków. Poznajmy sylwetki dwóch z nich.

 **Rybitwa popielata – najdłuższa wędrówka.** Długość całorocznej wędrówki rybitwy popielatej *Sterna paradisea* wynosi **ponad 71 000 km** i jest uznawana za najdłuższą w świecie ptaków. Na podstawie wiadomości powrotnych wiadomo, że rybitwy popielate mogą osiągać wiek ponad 30 lat.



Rys. 24. Rybitwa popielata pokonuje ogromne dystanse, a masa jej ciała przekracza tylko nieco ponad 100 gramów.

Całkowity dystans pokonywany przez rybitwę w ciągu jej życia może przekroczyć 2,4 mln km, co odpowiada 3 wyprawom na Księżyc i z powrotem! Rybitwy popielate lęgną się latem w arktycznym, całodobowym świetle dziennym. W okresie zimowym ptaki te ponownie korzystają z długich dni, tym razem antarktycznego lata (od listopada do stycznia). To sprawia, że rybitwa popielata jest zwierzęciem, które prawdopodobnie otrzymuje najwięcej światła dziennego na świecie.

 **Szlamnik – rekord przelotu bez odpoczynku.** Szlamniki *Limosa lapponica* w czasie migracji z Alaski do Nowej Zelandii pokonują w czasie jednego, nieprzerwanego ośmiodniowego lotu, **ponad 11 tys. km**. Osiągnięcie takiego rezultatu jest możliwe dzięki zgromadzonemu w ciele tłuszczowi, którego spalanie dostarcza energii. Gdy kończy się zgromadzony w organizmie tłuszcz, ptak przechodzi na spalanie białka zmagazynowanego w mięśniach. W czasie tej wymagającej wędrówki ptak traci połowę ze swojej początkowej masy ciała. Ptaki obniżają wydatki energetyczne, latając w stadach i zmieniając się na pozycji lidera, wykorzystują również prądy powietrzne, a nawet sztormy. Wydajność fizjologiczna zwiększa się na skutek zmiany wielkości narządów wewnętrznych.

Przed rozpoczęciem wędrówki znacznemu zmniejszeniu ulegają żołądek i jelita, zwiększa się masa serca nawet o 33%. Powoduje to zwiększenie wydajności działania płuc, więcej krwi przepływa z serca do płuc. Wzrasta liczba czerwonych krwinek transportujących tlen. Lecząc, szlamnik nie pije wody, bo jego organizm wykorzystuje wodę wytworzoną w czasie rozkładu tłuszczów i białek. W trakcie lotu naprzemiennie śpi jedna z półkul mózgu, podczas gdy druga czuwa. Oko odpowiadające półkuli pogrążonej we śnie jest zamknięte, podczas gdy drugie oko odpowiadające czuwającej półkuli jest otwarte.



Rys. 25. Szlamnik jest prawdziwym maratończykiem wśród wędrowniczych ptaków. Można go spotkać także na bałtyckiej plaży.





# Ssaki

Tekst: Monika Selin Ilustracje: Cezary Wójcik

**Ssaki** to zwierzęta stałocieplne należące do kręgowców, u których mózg osiągnął najwyższy stopień rozwoju. Charakteryzują się one obecnością owłosienia (włosów lub futra), które chroni organizm przed utratą ciepła, gruczołów mlekowych u samic i (z reguły) rozmnażaniem żyworodnym oraz rozdzielnością.



Rys. 26. Delfin zwyczajny *Delphinus delphis* to przedstawiciel ssaków morskich, zwierząt wtórnie przystosowanych do życia w wodzie, wykorzystujących zasoby morskie jako źródło pożywienia.

## Ssaki morskie

Współcześnie żyje ok. 130 gatunków ssaków morskich, które podzielono na trzy rzędy taksonomiczne: **walenie, syreny i drapieżne**, pochodzące od różnych przodków lądowych. **Walenie** wyewoluowały z lądowych przodków, którymi były zwierzęta kopytne ponad 50 milionów lat temu (ich najbliższym współcześnie żyjącym krewnym jest hipopotam). W tym samym mniej więcej czasie co walenie wyewoluowały **syreny**, zwane również brzegowcami. Są to jedyne roślinożerne ssaki wodne, które podobnie jak słonie wywodzą się z wymarłego rzędu kopalnych ssaków, zwanych prakopytnymi. Do rzędu drapieżne należą z kolei **płetwonogie** (foki, lwy morskie oraz mory), które wyewoluowały znacznie później, bo ok. 25 milionów lat temu. Mają one wspólnego przodka z niedźwiedziowatymi i łasicokształtnymi, co oznacza, że są spokrewnione zarówno z niedźwiedziami polarnymi, jak i wydrami. Zmiana środowiska życia tych ssaków wymagała wielu modyfikacji ich ciała, zarówno na poziomie anatomicznym, jak i fizjologicznym, aby mogły sprostać warunkom panującym w wodzie. Wiąże się to m.in. z faktem, że woda jest 800 razy gęstsza i 60 razy bardziej lepka niż powietrze, co sprawia, że bytujące w niej organizmy muszą pokonać dużo większy opór podczas przemieszczania się niż zwierzęta żyjące na lądzie. Głównymi wyzwaniami, z jakimi musi się zmierzyć pływający ssak morski są: siła wyporu oraz opór wody. Również zmiany ciśnienia hydrostatycznego, na które narażone są nurkujące zwierzęta mają wpływ na ich zdolność poruszania się i wymagają odpowiednich przystosowań.

## Jakim warunkom muszą sprostać ssaki w morskiej wodzie?



**Przewodność cieplna wody** jest ponad 20-krotnie wyższa niż powietrza, co dla żyjących lub okresowo przebywających w niej ssaków morskich oznacza wyjątkowe narażenie ich ciał na wychłodzenie. Ssaki morskie radzą sobie z wysoką utratą ciepła poprzez adaptacje fizjologiczne i morfologiczne, w tym wytworzenie futra czy grubej warstwy tłuszczu. Nurkujące zwierzęta dużo czasu spędzają pod wodą, niekiedy schodzą na znaczne głębokości, nie wypływając na powierzchnię przez kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt minut. Aby to było możliwe, potrzebują wystarczających zapasów tlenu, którego nie mogą pobrać z wody. Muszą zatem bazować na tlenie pobranym z powietrza i zmagazynowanym w ich ciele, odpowiednio nim gospodarując. Również wysokie zasolenie środowiska morskiego wymusiło adaptację układu wydalniczego nurkujących ssaków w celu utrzymania przez nie równowagi osmotycznej. Wieloryby, syreny i wydry morskie całe życie spędzają w wodzie i do takiego trybu życia musiały się dostosować. Foki i niedźwiedzie polarne z kolei żyją zarówno na lądzie, jak i w wodzie, dlatego ich ciała są przystosowane do obu tych środowisk.



W Morzu Bałtyckim występują cztery gatunki ssaków morskich: **foka szara** *Halichoerus grypus*, **foka pospolita** *Phoca vitulina*, **foka obrączkowana** *Pusa hispida* oraz **morświn** *Phocoena phocoena*. Bałtyckie ssaki spełniają ważną rolę w morskim ekosystemie: pomagają zachować jego równowagę. Jako drapieżniki regulują stan oraz kondycję stad ryb. Są również znakomitym wskaźnikiem stanu środowiska. Jak przystosowały się do życia w słonawowodnym Bałtyku? Jakie supermoce posiadły, by przemieszczać się, polować i komunikować pod wodą? Przystosowania ssaków do życia w środowisku morskim obejmują cztery zagadnienia: przemieszczanie się, nurkowanie, termoregulację i osmoregulację.

### Przemieszczanie się pod wodą

Główna różnica między ssakami morskimi i lądowymi widoczna jest w kształcie ich ciała oraz budowie kończyn. Aby sprawnie poruszać się pod wodą, ssaki morskie wykształciły szereg supermoce: zredukowały szkielet kończyn, zmieniły kształt ciała na bardziej opływowy, a same kończyny przekształciły w płetwy. Zmiana kształtu ciała na zbliżony do torpedy oraz redukcja długości kończyn, a także brak małżowiny usznej znacząco wpłynęły na zmniejszenie oporu podczas przemieszczania się pod wodą.

Poszczególne grupy ssaków morskich rozwiązały problem napędu podczas poruszania się w wodzie w różny sposób. **Uchatkowate** wykorzystują płetwy przednie, aby napędzać swój ruch. Z kolei **morsy i foki** jako narząd napędowy wykorzystują tylne płetwy, wykonując nimi ruchy boczne, podczas których tylna część ciała może się poruszać. U **waleni** ruch pod wodą generowany jest grzbietowo-brzusznymi ruchami tylnych partii części ciała, w tym płetwy ogonowej. Właśnie walenie są niemal idealnie przystosowane do poruszania się w wodzie. Jako że spędzają w niej całe swoje życie ich ciało ma kształt niemal idealnej torpedy, co sprzyja opływowości, minimalizuje opór i umożliwia wodzie swobodny przepływ wokół niego.



Rys. 28. Uchatki kalifornijskie *Zalophus californianus* wykorzystują płetwy przednie do poruszania się na lądzie i do napędzenia ruchu podczas nurkowania.

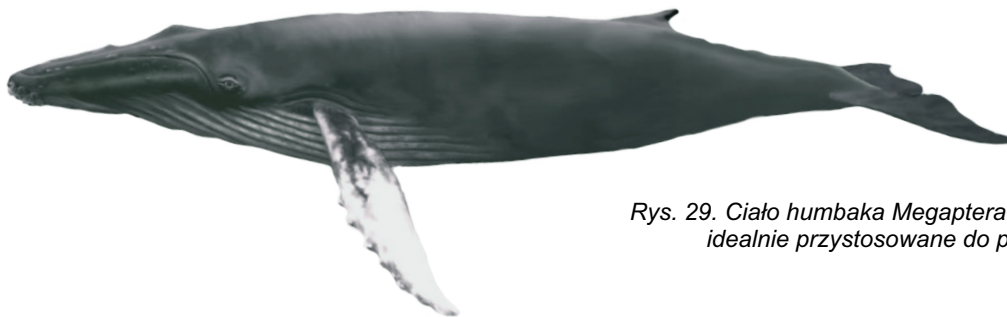
Włosy, szczecina i ucho zewnętrzne u waleni zanikły, zaś u w większości gatunków narządy płciowe i gruczoły sutkowe umieszczone są w fałdach. Szyja u tych ssaków uległa skróceniu, kończyny tylne – uwstecznieniu, zaś przednie są spłaszczone. U fok przystosowania do przemieszczania się pod wodą dotyczą kształtu ciała (opływowość), ale także braku małżowin usznych oraz kontrolowanego zamykania nozdrzy i wlotu kanału słuchowego, co zapobiega wpływaniu tam wody. Ich tylne płetwy są narządem napędowym, zaś przednie służą jako ster.

### Nurkowanie

Podczas długiego przebywania pod wodą ssaki morskie korzystają z tlenu, który uprzednio zgromadziły, pobierając go z powietrza atmosferycznego. Tlen rozpuszczony w otaczającej wodzie jest niedostępny dla nurkujących ssaków, zatem korzystają one z gazu zmagazynowanego w tkankach. Można powiedzieć, że ssaki morskie mają dwie supermoce pozwalające im na jak najdłuższe przebywanie pod wodą bez dostępu do powietrza. Pierwszą z nich jest **magazynowanie** – pobranie i przechowanie jak największej ilości tlenu przed zanurkowaniem. Schodzące pod wodę foki wypuszczają zużyte powietrze przed zanurkowaniem, by zmniejszyć wyporność. Pobrany tlen magazynują głównie w krwi (w hemoglobinie) oraz w mięśniach (w mioglobinie), a ich płuca zapadają się na skutek wzrostu ciśnienia hydrostatycznego. Ssaki morskie mają proporcjonalnie więcej krwi i większe serce niż człowiek, a ich krew jest w stanie związać i przetransportować więcej tlenu niż nasza, dzięki większej liczbie krążących w niej czerwonych krwinek (erytrocytów) oraz większej zawartości wspomnianej już hemoglobiny. Dla przykładu: u dorosłego mężczyzny ilość hemoglobiny wynosi: 13,5-17,5 g/dl krwi, u dorosłej kobiety – 11-15,5 g/dl, z kolei dla ssaków morskich te wartości są znacznie wyższe: 22 g/dl w przypadku kaszalota i 21 g/dl krwi u foki pospolitej. Podobnie wygląda kwestia proporcji objętości krwi do masy ciała: u dorosłego człowieka wynosi ona 70-80 ml krwi/kg masy ciała, zaś u wspomnianej wcześniej foki pospolitej 132 ml/kg masy ciała, a u kaszalota aż 200 ml/kg masy ciała. Pozbycie się większości powietrza z płuc przed zanurkowaniem ułatwia zejście pod wodę (zmniejsza wyporność), ale również chroni ssaki morskie przed tzw. **chorobą dekompresyjną** (choroba kesonowa).



Woda ma większą gęstość niż powietrze, a to oznacza, że również więcej waży. W związku z tym na zwierzę nurkujące pod wodą działa wyższe **ciśnienie**. Ciśnienie na powierzchni lądu równe jest jednej atmosferze (1 atm = 1013,25 hPa = średnia wartość ciśnienia na poziomie morza), zaś pod wodą zwiększa się wraz ze wzrostem głębokości. Na głębokości 10 metrów wynosi dwie atmosfery, na głębokości 20 m – trzy itd. Wzrost ciśnienia sprawia, że krążące po ciele powietrze ulega kompresji, dzięki czemu znajdujące się w nim substancje gazowe mogą przedostać się do tkanek organizmu. Kiedy ciśnienie spada, gazy te ponownie się rozszerzają i mogą stać się szkodliwe. W takiej sytuacji zwierzęciu grozi właśnie **choroba dekompresyjna**. Rozprężające się pęcherzyki gazu (zazwyczaj azotu) mogą zablokować dopływ krwi i tlenu do mózgu oraz innych ważnych organów. Zator gazowy może powodować również powstawanie skrzepów krwi w naczyniach krwionośnych. Większość ssaków morskich unika tej sytuacji, pozbywając się powietrza z płuc jeszcze przed nurkowaniem. Podczas schodzenia na znaczne głębokości wzrastające ciśnienie mogłoby również uszkodzić narządy wewnętrzne nurkującego ssaka. U fok zapobiega temu bardziej elastyczna klatka piersiowa, która została wzmocniona pierścieniami chrzęstnymi oraz włóknami mięśniowymi, a także brak zatok czaszkowych. Druga supermoc ułatwiająca długie nurkowanie to **oszczędzanie** tlenu tak, by wystarczyło go na jak najdłużej. Jest to możliwe głównie dzięki występowaniu szeregu zmian fizjologicznych, czyli tzw. **odruchu nurkowania**, który pozwala na zużycie jak najmniejszej ilości zgromadzonych wcześniej zapasów. Dzięki temu nurkujące ssaki morskie nie muszą zbyt często wynurzać się na powierzchnię i mogą dłużej pozostać pod wodą. Żeby zrozumieć, jak działa ten odruch, musimy zastanowić się, co wpływa na tempo rozprowadzania tlenu w organizmie. Tlen transportowany jest do najdalszych zakątków ciała schodzącego pod wodę ssaka dzięki krwi, płynącej w naczyniach krwionośnych. Co napędza ruch krwi? Oczywiście bijące serce. Zatem prędkość, z jaką krew roznosi tlen po organizmie zależy od tempa pracy serca, czyli od wysokości tętna. Jednym z aspektów odruchu nurkowania jest więc spowolnienie tętna (tzw. **bradykardia**), które np. w przypadku słonia morskiego spada ze 140 uderzeń na minutę do zaledwie 20 uderzeń. Atlantyckie foki szare cechuje podobna amplituda tętna podczas nurkowania: spadek ze 120 do nawet 5 uderzeń w ciągu minuty.



Rys. 29. Ciało humbaka *Megaptera novaeangliae* jest idealnie przystosowane do poruszania się w wodzie.

Odruch nurkowania opiera się również na zjawisku peryferyjnego **zwężenia naczyń krwionośnych**: żyłami i tętnicami o zmniejszonym świetle krew płynie zdecydowanie wolniej, a zatem wolniej rozprowadza tlen. Ponadto u nurkujących ssaków morskich krew dostarcza tlen tylko do najistotniejszych narządów, przede wszystkim do mózgu i serca. Warto wiedzieć, że odruch nurkowania występuje u wszystkich ssaków, z tym, że u ssaków morskich jest on silniejszy, co pozwala im dłużej pozostawać pod wodą. Kiedy nurkujący ssak zaczyna się wynurzać, dochodzi do odwrócenia w/w procesów: serce zaczyna bić szybciej (**tachykardia**), a zwężone dotąd naczynia krwionośne ulegają ponownemu rozszerzeniu.

### Termoregulacja

W morzu panuje temperatura dużo niższa niż na lądzie i zanurzone w wodzie ciało 20 razy szybciej traci ciepło. Jakich zatem sposobów używają nurkujące ssaki morskie wobec potencjalnie dużej straty ciepła na skutek bytowania w środowisku wodnym? Wykorzystują swoje supermoce: fizjologiczną i morfologiczną. Ta pierwsza polega na zwiększeniu produkcji ciepła poprzez wzrost przemiany materii, co kompensuje wspomnianą stratę ciepła w wodzie. Jest to bardzo dobre rozwiązanie na krótki czas, jednak nie najlepsze na dłuższą metę, gdyż wymaga dużych nakładów energetycznych. Z kolei głównym morfologicznym przystosowaniem jest posiadanie warstwy futra i/lub grubej podskórnej tkanki tłuszczowej, która pozwala na długotrwałe utrzymanie stałej temperatury ciała przy relatywnie niskich nakładach energetycznych.

U uchatkowatych świetną izolację termiczną zapewnia połączenie warstwy futra oraz podskórnej warstwy tłuszczu. W przypadku ssaków bałtyckich (fok oraz należących do waleni morświnów) barierę izolacyjną stanowi wyjątkowo gruba podskórna warstwa tłuszczu. Ta supermoc ma także bardzo duże znaczenie



jako rezerwuar energii, pomaga w utrzymaniu hydrodynamicznego kształtu ciała oraz znacznie zmniejsza ciężar właściwy ciała, co pozwala foce bez wysiłku utrzymać się na powierzchni wody. Niekiedy zdarza się, że nurkujące ssaki morskie muszą pozbyć się nadwyżek ciepła z organizmu (gdy jest ono produkowane przez ich ciało w nadmiarze lub gdy okresowo wzrasta temperatura wody). Wykorzystują do tego tzw. „okna termiczne”, pozwalające im ominąć izolującą warstwę futra lub tłuszczu. Są nimi słabo owłosione kończyny lub dystalne partie ciała, takie jak płetwy, w których występują specjalne naczynia krwionośne pozwalające na transport nadmiaru ciepła w organizmie w kierunku skóry, skąd jest on uwalniany na zewnątrz. Utrzymanie stałej temperatury ciała oraz zahamowanie utraty ciepła zapobiega hipotermii i jest niezwykle istotne z punktu widzenia sprawności mięśni, niezbędnych do pływania na dużych głębokościach. Warstwa izolacyjna w postaci od 3 do 7-centymetrowej (zależnie od wieku i pory roku) tkanki tłuszczowej nie tylko zapobiega utracie ciepła i pozwala utrzymać stałą temperaturę ciała (ok. 37° C) pod wodą, ale przydaje się także na lądzie. Tłuszcz tak dobrze izoluje, że śnieg czy lód pod leżącą foką nigdy nie ulegnie roztopieniu.

Podskórna warstwa tłuszczu to też źródło energii (zwłaszcza dla samic), niezbędnej podczas rozmnażania, porodu i laktacji, czyli okresu karmienia mlekiem nowonarodzonego potomstwa. Wiele gatunków ssaków morskich nie odżywia się podczas tych czynności lub robi to nieregularnie i w niewielkim stopniu, niemal całkowicie polegając na zmagazynowanej pod skórą energii, by móc przetrwać. Nowonarodzone ssaki morskie szybko przybierają na wadze i odkładają tłuszcz pobierany wraz z mlekiem matki (mleko karmiącej samicy foki szarej zawiera od 40 do 50% tłuszczu!), aby zapobiec utracie ciepła. Im szybciej noworodki zaczną samodzielnie pływać i polować, tym większe są ich szanse na przeżycie.

Rys. 30. Tkanka tłuszczowa foki tak dobrze izoluje jej ciało, że zarówno śnieg, jak i lód pod nią nie topnieje.



foka obrączkowana *Pusa hispida*

### Osmoregulacja i gospodarka wodna

Osmoregulacja to proces, dzięki któremu ssaki utrzymują stan równowagi wody i elektrolitów w organizmie. Głównym narządem odpowiedzialnym za osmoregulację są nerki, dlatego u ssaków morskich to one mają kolejną supermoc – są odpowiednio zmodyfikowane pod względem wielkości i struktury. Wysokie zasolenie wody w morzach i oceanach oraz brak wody pitnej stanowią główne osmoregulacyjne wyzwanie dla tych zwierząt. Żerowanie w słonej wodzie zaburza równowagę osmoregulacyjną i powoduje konieczność wydalania nadmiaru płynów i elektrolitów. Dlatego też nerki ssaków morskich są proporcjonalnie większe w porównaniu z nerkami ssaków lądowych. Np. nerki słonia stanowią 0,3% masy ciała tego zwierzęcia, nerki człowieka 0,4%, u finwala jest to 0,44%, a u delfina butelkonosego już 1,1% masy jego ciała. Ponadto nerki ssaków morskich są zbudowane nie z jednego, a z wielu płatów nerkowych, z których każdy działa jak oddzielna nerka (zbudowana z kory, rdzenia, kielicha i brodawki nerkowej). Im bardziej słona jest woda w siedlisku, które zasiedla ssak morski, tym więcej jego nerka ma płatów nerkowych. Mimo że niektóre zasiedlające słone wody ssaki morskie (np. foka Weddella) mogą korzystać z zasobów wody słodkiej, nie jest ona konieczna dla ich przetrwania.

### Podwodne zmysły

Światło w wodzie i powietrzu rozchodzi się w nieco inny sposób, dlatego też nurkujące ssaki musiały przystosować swój **zmysł wzroku** do optymalnego widzenia pod wodą. Do ich supermocy można zatem zaliczyć także modyfikacje w budowie oczu. Zarówno płetwonogie, jak i walenie wykształciły prawie sferyczną lub lekko eliptyczną soczewkę, aby zapewnić jak najlepszą ostrość widzenia podczas zanurzenia. W związku z faktem, że foki są zwierzętami dwuśrodowiskowymi (wodno-lądowymi) soczewka w ich oku jest dwuogniskowa, co sprawia, że dobrze sprawdza się zarówno w powietrzu, jak i pod wodą. Aby móc dobrze widzieć w obu tych ośrodkach płetwonogie dysponują umiejętnością zmiany kształtu soczewki, pozwalającą np. skurczyć ją do wielkości główki szpilki. Ponadto siatkówka w foczym narządzie wzroku jest odbłaskowa (oczy fok świecą w ciemności), co w połączeniu z dużą źrenicą i wieloma pręcikami (komórkami odpowiedzialnymi za przetwarzanie obrazu czarno-białego) w siatkówce sprawia, że foczne oczy są bardziej wrażliwe na światło niż ludzki wzrok.



Takie światłoczułe oczy doskonale sprawdzają się w ciemności i są niezbędne do polowania w nocy, w mętnej wodzie oraz na dużych głębokościach, gdzie panuje półmrok. Zmysł wzroku uzupełniany jest przez kolejne supermoce: bardzo czułe wibrisy (u fok) lub zdolność echolokacji (u walenii uzębionych).

Dla dwuśrodowiskowych zwierząt, jakimi są foki niezwykle znaczenie ma umiejętność orientacji zarówno w wodzie, jak i na lądzie. Dużą rolę w poszukiwaniu pokarmu pod wodą, oprócz słuchu i węchu, odgrywają u nich **wąsy czuciowe**, czyli **wibrisy**, umiejscowione na pysku oraz brwiach. Osadzone są w silnie ukrwionych pęcherzykach, gdzie zbiegają się zakończenia wielu nerwów, co sprawia, że są bardzo wrażliwe na jakiegokolwiek zawirowania wody. Przykładowo, foka pospolita rozpoznaje ruchy wody już na mikrometr, czyli jedną tysięczną milimetra. Dzięki wąsom czuciowym foki bezbłędnie odczytują ruchy fal i sprawnie polują. Mogą odbierać wibracje powstające w wodzie, wywołane np. przez przepływającą rybę, nawet kilka minut od momentu tego zdarzenia. Co więcej, są one w stanie ocenić, w jakim kierunku odpłynęła zdobycz i czy jest ona warta podjęcia ewentualnego pościgu. Jest to możliwe, gdyż różne gatunki ryb wytwarzają charakterystyczne wibracje, zwane śladem hydrodynamicznym, ze względu na różne style pływania, a także kształt i rozmieszczenie płetw.



Rys. 31. Dużą rolę w poszukiwaniu pokarmu (ryb, małży czy skorupiaków) pod wodą odgrywają u fok wąsy czuciowe, czyli wibrisy.

Jako że woda ma większą gęstość niż powietrze i rozchodzące się w niej fale dźwiękowe osiągają około 4,4 razy większą prędkość niż w powietrzu, dźwięk może być ważnym źródłem informacji dla wielu nurkujących ssaków. Korzysta z tego wiele zwierząt morskich m.in. w celu orientacji w środowisku, omijania przeszkód, komunikacji i lokalizowania potencjalnej zdobyczy. To właśnie na dźwięku bazuje bardzo rozwinięty u walenii uzębionych (w tym bałtyckich morświnów) zmysł **echolokacji**, zwany także **biosonarem**. Morświn wysyła serie krótkich dźwięków (klików) o wysokiej częstotliwości (ultradźwięki) wytworzonych przy pomocy tzw. fałd fonicznych umieszczonych w jamie nosowej, a wzmocnionych i ukierunkowanych w puszcze tłuszczowej zwanej melonem, znajdującej się w głowie zwierzęcia. Dźwięki te, niesłyszalne dla człowieka, odbijają się od przedmiotów w otoczeniu morświna i wracają do ciała zwierzęcia przez cienkie kości żuchwy, w której skupiane są w kolejnej poduszce tłuszczowej. Następnie kierowane są do ucha wewnętrznego i dalej do mózgu, dostarczając waleniom informacji o dnie morza, ukształtowaniu brzegu, możliwych zagrożeniach, przeszkodach i zdobyczach. Wytwarzane przez morświny dźwięki mają częstotliwość ok. 130 kHz, a zakres czułości ich słuchu wynosi od 16 do 140 kHz. Dla porównania, zakres słuchu człowieka to 0,02-20 kHz. Woda bardzo szybko pochłania światło, natomiast fale dźwiękowe rozchodzą się w niej na duże odległości. Z tej właśnie przyczyny zmysł słuchu jest w tym środowisku znacznie bardziej skuteczny niż wzrok, a oparta na ultradźwiękach echolokacja daje żyjącym w Bałtyku morświnów kolejną supermoc.



Rys. 32. Echolokacja jest bardzo ważnym zmysłem bałtyckich morświnów.

# SUPERMOCE

## MIESZKAŃCÓW BAŁTYKU

Życie w morskiej wodzie, bez dostępu do tlenu atmosferycznego i z ograniczoną ilością światła słonecznego to nie lada wyzwanie. Sprostало mu jednak wiele grup organizmów, których bytowanie na stałe lub częściowo związane jest ze środowiskiem wodnym. Są to oczywiście ryby i skorupiaki, ale także ssaki i ptaki morskie.

- Jak to możliwe, że ryby potrafią tak szybko i sprawnie przemieszczać się pod wodą?
- Jak pąkla, mimo drobnej budowy, potrafi oprzeć się prądom morskim i trwać w wybranym miejscu?
- Dlaczego garnela potrafi zmieniać barwę w zależności od koloru osadu, na którym się znajduje?
- Skąd czerpie tlen nurkująca foka?
- Jak porozumiewa się pod wodą bałtycki morświn?
- Dlaczego morskie ptaki nie mokną podczas nurkowania?

Odpowiedzi na te i wiele innych pytań dotyczących mieszkańców Bałtyku znajdziesz w przygotowanych dla Ciebie materiałach.

**Poznaj supermoce mieszkańców Bałtyku!**

STACJA MORSKA  
im. PROF. KRZYSZTOFA SKÓRY  
WYDZIAŁ OCEANOLOGII I GEOGRAFII  
UNIWERSYTET GDAŃSKI  
ul. MORSKA 2, 84-150 HEL  
tel. +48 601 88 99 40

[www.hel.ug.edu.pl](http://www.hel.ug.edu.pl)   [hel@ug.edu.pl](mailto:hel@ug.edu.pl)   [www.fb.com/fokarium](http://www.fb.com/fokarium)