



Sladkovodné ekosystémy

Beracko, P., Bulánková, E., Stloukalová, V. (eds.)



Vydalo: Vydavateľstvo Univerzity Komenského v Bratislave v roku 2014

Učebnica vznikla s podporou Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry MŠV VaŠ SR,
KEGA 073UK-4/2012

Digitálny kľúč vznikol s podporou nadácie Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Editori:

RNDr. Pavel Beracko, PhD.

Doc. RNDr. Eva Bulánková, CSc.

Mgr. Viera Stloukalová, PhD.

Autori:

RNDr. Pavel Beracko, PhD., Doc. RNDr. Eva Bulánková, CSc., Mgr. Jana Cibulková,

RNDr. Tomáš Derka, PhD., RNDr. Daniela Kalaninová, PhD., Mgr. Igor Kokavec,

RNDr. Silvia Kubalová, PhD., Dr. Thomas Korte, Mgr. Jarmila Lešková, PhD., Mgr.

Viera Stloukalová, PhD., Doc. RNDr. Katarína Ušáková, CSc.

Foto na titulnej strane:

Prechodné rašelinisko: Eva Bulánková

Premeny Hrona: Peter Bitušík

Ilustrácie:

Pavel Beracko, Sebastian Elsemann, Veronika Holecová, Igor Kokavec

Recenzenti:

Prof. RNDr. Peter Bitušík, PhD.

RNDr. Jana Ciceková, PhD.

Sladkovodné ekosystémy

Počet strán: 309

Náklad: 100 kusov

Publikácia neprešla jazykovou úpravou

ISBN: 978-80-223-3746-5

OBSAH

ÚVOD	3
I. časť: Funkčné a štrukturálne charakteristiky vodných ekosystémov	5
Pôvod vody na Zemi (Pavel Beracko)	5
Štruktúra, základné fyzikálne a chemické vlastnosti vody (Pavel Beracko)	7
Ekosystém vodného toku (Tomáš Derka).	31
Antropické vplyvy a revitalizácia tokov (Tomáš Derka).	48
Klasifikácia povrchových vôd (Eva Bulánková)	70
II. časť: Biologické prvky hodnotenia vôd	93
Vodné rastliny (Silvia Kubalová)	93
Ryby (Igor Kokavec)	109
Prehľad vybraných sladkovodných druhov mihúľ a rýb Slovenska (Igor Kokavec).	150
Makrozoobentos (Viera Stloukalová, Eva Bulánková)	201
Metódy odberu vzoriek sladkovodných bezstavovcov (Tomáš Derka).	228
Princípy hodnotenia ekologického stavu vôd pomocou makrozoobentosu (Eva Bulánková, Viera Stloukalová)	236
III. časť: Didaktická charakteristika	261
Biologická exkurzia (Katarína Ušáková, Jana Cibulková)	261
IV. časť: Prílohy	284
Slovník základných hydrobiologických a ekologických pojmov (Eva Bulánková, Daniela Kalaninová, Thomas Korte, Jarmila Lešková)	284
Digitálny determinačný kľúč makrozoobentosu (Eva Bulánková, Viera Stloukalová, Thomas Korte)	309

ÚVOD

Eva Bulánková

Učebnica Sladkovodné ekosystémy bola napísaná pre učiteľov gymnázií s cieľom poskytnúť im ucelené a vedecky podložené informácie o živote v tečúcich a stojatých vodách a o fungovaní vodných ekosystémov. Učitelia môžu využiť tieto poznatky pri vyučovaní biológie so zameraním na tému Život a voda, pri príprave žiakov na stredoškolskú odbornú činnosť, olympiády či iné domáce a medzinárodné súťaže. Učebnica je rozdelená do štyroch častí.

V prvej časti sú stručne vysvetlené teórie o pôvode vody, podrobnejšie prebrané fyzikálno-chemické vlastnosti vody a objasnené procesy prebiehajúce vo vodných ekosystémoch prostredníctvom viacerých teórií vytvorených v limnológii. Popísané sú dôsledky rôznych antropických vplyvov a biologická klasifikácia vôd.

Druhá časť je venovaná makroskopickým zložkám bioty: vodným rastlinám, bezstavovcom a rybám. Uvedené sú aj princípy hodnotenia ekologickej kvality vôd pomocou makroskopických bentických bezstavovcov (makrozoobentosu), ktoré sú najpočetnejšou a súčasne pre učiteľov a ich žiakov dostupnou zložkou vodnej bioty.

V tretej časti sú navrhnuté didaktické postupy spracovania danej témy a v štvrtej časti sú prílohy, ktoré tvorí slovník pojmov a digitálny kľúč makrozoobentosu.

Učebnicu písali vysokoškolskí pedagogickí pracovníci a súčasne špecialisti v limnológii, ekológii a didaktike, ktorí podávajú najnovšie vedecké poznatky s uvedením literárnych zdrojov. Učitelia môžu získané vedomosti využiť nielen na hodinách biológie, ale aj chémie či fyziky alebo pri terénnych exkurziách.

Učebnica sa hodí hlavne pre tých učiteľov, ktorí absolvovali prednášky o biote a fungovaní vodných ekosystémov v kurzoch projektu Aqua, ale aj pre ostatných učiteľov boli vypracované materiály na CD nosičoch, ktoré jednoduchým a pritom odborným spôsobom uvádzajú učiteľov do všetkých tém podrobne prebraných v učebnici a budú spolu s učebnicou umiestnené na stránke Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského: <https://www.projektovecentrumprifuk.sk/aquawis/aqua>.

Tento komplex informácií o vodných ekosystémoch predstavuje na Slovensku prvú učebnicu tohto typu, ktorá sa snaží vedeckým a pritom zrozumiteľným spôsobom osloviť všetkých záujemcov o život v našich vodách a získať ich tak aj pre ochranu vodných ekosystémov.

Učebnica bola vytvorená s podporou Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry č. projek-

tu: 073UK-4/2012 a súčasne boli dopracované aj niektoré materiály vytvorené v rámci medzinárodného projektu AquaWis podporeného nadáciou Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Pri spracovaní učebnice bolo využité prístrojové vybavenie získané v rámci projektu „Centrum excelentnosti pre ochranu a využívanie krajiny a biodiverzitu“ (KRABIO, OPVaV-2008/4.1/01-SORO). V učebnici boli použité fotografie vedeckých a pedagogických pracovníkov zaoberajúcich sa výskumom vodných ekosystémov. Osobitná vďaka patrí nedávno zosnulému Dr. Nigelovi Holmesovi z Veľkej Británie za poskytnutie materiálov a fotografií vodných rastlín.

Všetkým týmto podporovateľom a autorom jednotlivých kapitol ďakuje zodpovedná riešiteľka projektu KEGA 073UK-4/2012: Život a voda – modelové aplikácie a námety k výučbe biológie na gymnáziách.

V neposlednom rade ďakujem aj tým, ktorí ma k vytvoreniu takejto učebnice motivovali svojím príkladom a umožnili mi poznávať hlbšie prírodu – svojim rodičom a starým rodičom.

I. ČASŤ: FUNKČNÉ A ŠTRUKTURÁLNE CHARAKTERISTIKY VODNÝCH EKOSYSTÉMOV

PÔVOD VODY NA ZEMI

Pavel Beracko

Planéta Zem je jediná planéta v našej slnečnej sústave s preukázateľne známym veľkým množstvom vody na jej povrchu. Voda na Zemi pokrýva až 70,8 % jej povrchu, pričom jej odhadovaný objem predstavuje približne až $1,33 \cdot 10^9 \text{ km}^3$.

V súčasnosti existuje mnoho teórií, ktoré sa snažia relevantným spôsobom vysvetliť pôvod vody na Zemi, pričom viaceré z týchto teórií, resp. hypotéz siahajú až prvopočiatkom vývoja Zeme.

Viacero teórií predpokladá, že podstatná časť vody na Zemi má mimozemský pôvod. Jedna z týchto teórií, vychádza z toho, že hlavným donorom vody na Zemský povrch boli kométy, „mokré“ asteroidy a ľadové častice. Kométy so svojím až 40% podielom vody a veľkosťami od 1 km až do 20 km považuje táto teória za hlavný zdroj vody. V neprospech tejto teórie, však hovorí výpočet počtu komét, ktorými by musel byť zemský povrch v jeho prvopočiatkoch bombardovaný. Vychádzajúc z predpokladu, že kométy obsahujú 40% podiel vody a pri ich priemernej veľkosti 10 km by na zabezpečenie takmer všetkej vody od počiatku vývoja Zeme po súčasnosť muselo dopadnúť na zemský povrch 6 360 000 komét. Pokiaľ množstvo komét, ktoré dopadnú na zemský povrch je 0,1 % z celkového množstva komét, ktoré prešli v blízkosti Zeme, potom celkový počet komét letiacich okolo Zeme by tak bol 630 000 000. Toto číslo by však predstavovalo obrovské až nepochopiteľné množstvo komét, ktoré by muselo prechádzať okolo Zeme, alebo dopadnúť na jej povrch predtým, než boli vytvorené oceány (oceány vznikali približne za 1 miliardu rokov).

Ďalšia teória reflektujúca mimozemský pôvod vody na Zemi vychádza z toho, že vo vesmíre sa pohybujú častice s obrovskou energiou – kladne nabité atómy vodíka. Prienikom

protónov vrchnou časťou atmosféry a v tejto časti zachytávaním elektrónov vznikajú atómy vodíka a následnou reakciou s atmosférickým kyslíkom vzniká voda. Podľa optimistických odhadov prívržencov tejto teórie sa počas jedného roka v hornej vrstve atmosféry mohlo týmto spôsobom vzniknúť približne 1,5 až 1,8 tony vesmírnej vody ročne, čo by v ranných štádiách vývoja zeme stačilo k vzniku takmer všetkej vody na Zemi.

Podľa niektorých prívržencov zemskeho pôvodu vody sa toto médium vytváralo pri topení a následnom postupnom tuhnutí vulkanických hornín prevažne bazaltov. Po tom, čo Zem bola v prvopočiatku jej existencie chladným telesom, nastal v jej ďalšom vývoji v zemskom plašti rádioaktívny rozpad prvkov za súčasného uvoľňovania veľkého množstva tepelnej energie. Teplo vytvorené pri rádioaktívnom rozpade prvkov bolo následne zodpovedné za topenie látok v útrobach Zeme. Látky s vyšším bodom topenia klesali smerom do stredu, kým látky ľahko tavitelné ako napr. bazalty stúpali smerom na povrch za súčasného uvoľňovania prchavých látok ako napr. dusík, síra, chlór a veľké množstvo pár. Týmto procesom tak voda prechádzala z viazanej formy na voľnú a v podobe vodných pár cez sopečnú činnosť prenikala do praatmosféry. Pri postupnom ochladzovaní Zeme dochádzalo ku kondenzácii vodných pár v atmosfére a v podobe zrážok sa voda v kvapalnom stave dostala na zemský povrch. Na základe teoretických výpočtov, bolo zistené, že vulkanickou činnosťou mohlo byť v prvopočiatkoch Zeme vyvrhnuté až okolo jedného kubického kilometra vody za rok a vyvrhnutá voda týmto procesom počas troch miliárd rokov by úplne stačila nielen na vytvorenie všetkých oceánov ale aj celej zemskej atmosféry.

Súčasný poznatky však naznačujú, že voda na Zemi pravdepodobne pochádza z viacerých zdrojov. Podľa najnovších zistení, niet pochyb o tom, že kométy, „mokré“ asteroidy, ľadové častice a vodné pary v pôvodnej zemskej atmosfére pochádzajúce z sopečných erupcií prispeli k vzniku vody na Zemi. Avšak mnohí vedci sa prikláňajú k názoru, že len tieto zdroje sami o sebe nemohli vyprodukovať také veľké množstvo vody ako sa nachádza na zemskom povrchu. Z tohto dôvodu súčasné výskumy zaoberajúce sa pôvodom vody na Zemi sa zameriavajú k hľadaniu aj ďalších potenciálnych donorov a zdrojov vody na Zemi.

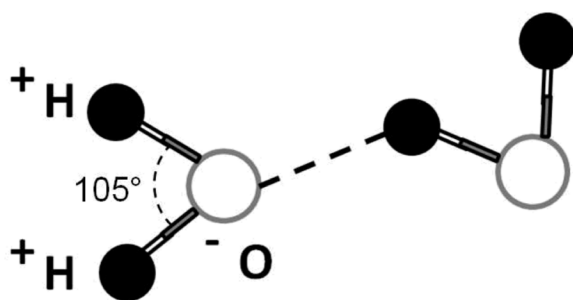
ŠTRUKTÚRA, ZÁKLADNÉ FYZIKÁLNE A CHEMICKÉ VLASTNOSTI VODY

Pavel Beracko

Štruktúra vody

Voda ako médium je z pohľadu jej fyzikálnych a chemických charakteristík značne komplikovanou zlúčeninou s veľkým množstvom jedinečných vlastností. Molekula vody je tvorená dvomi atómami vodíka napojenými kovaletnou väzbou na jeden atóm kyslíka, pričom vzájomné postavenie vodíkov zodpovedá uhlu 105° (obr. 1). V molekule vody má spoločné zdieľanie elektrónov medzi kyslíkom a vodíkom rôznu silu. Atóm kyslíka priťahuje elektróny silnejšie ako atómy vodíka, čo má za následok asymetricky distribuované náboje t.j. molekula vody je bipolárna s čiastočne pozitívne resp. negatívne nabitými okrajmi. Pozitívny okraj molekuly vody priťahuje negatívne okraje inej molekuly vody a vytvárajú sa tak vodíkové väzby medzi jednotlivými molekulami. Vzájomným spájaním molekúl sa vytvárajú priestorové zhluky, ktorých veľkosť závisí od teploty. S klesajúcou teplotou klesá pohyblivosť jednotlivých molekúl a narastá množstvo fixovaných molekúl v zhluchoch cez vodíkové mostíky (v pevnom skupenstve tak každý atóm vodíka tvorí mostík medzi atómami kyslíka).

Voda ako zlúčenina vďaka svojim fyzikálne chemickým vlastnostiam na jednej strane tvorí hlavnú a nezastupiteľnú zložku tel všetkých organizmov a na druhej strane vytvára prostredie pre život vodných organizmov. Fyzikálne a chemické vlastnosti vody v mnohých smeroch modifikujú charakter vodného prostredia, čím diverzifikujú životný priestor pre rôzne vodné organizmy, ktoré tak vytvárajú rôzne vodné biocenózy. Fyzikálne chemické faktory pôsobiace jednotlivo resp. synergicky a ich krátkodobé resp. dlhodobé zmeny nastavujú limity prostredia, ktorým sa organizmy a celé biocenózy museli prispôbiť



Obr. 1. Schéma stavby molekuly vody.

prostredníctvom špecifických morfológických, fyziologických a etologických adaptácií, tak aby v nich dokázali úspešne prežiť. V telách organizmov voda ovplyvňuje všetky procesy na úrovni biochemických a fyziologických funkcií a zároveň tvorí transportné médium pre mnohé látky podobne ako v okolitom

prostredí. Aj napriek nízkej vlastnej chemickej aktivite je vynikajúcim rozpúšťadlom mnohých plynov a koloidov. Najčastejšími v teréne meranými a v limnologických štúdiách hodnotenými fyzikálnymi parametrami vody sú teplota, priehľadnosť a merná vodivosť (konduktivita). Z ekologického hľadiska sú ďalšími významnými faktormi fyzikálne parametre formujúce charakter vodného prostredia, ako hustota, viskozita, tlak, povrchové napätie – úzko súvisiace hlavne s teplotou a existujú medzi nimi prepočetné tabuľky.

Hustota vody

Veľký rozdiel v hustote vody a vzduchu (voda je približne 775-krát hustejšia ako vzduch) má významný vplyv na veľkosť tela vodných živočíchov. Zatiaľ čo v suchozemskom prostredí je veľkosť tela limitovaná pevnosťou kostry a nosnosťou končatín pri súčasnom zachovaní dostatočnej vability organizmu, vo vodnom prostredí problém v podobe týchto „mechanických limitov“ odpadá v dôsledku toho, že hodnota ich vlastnej hustoty je veľmi blízka hodnote hustoty vody. V mnohých prípadoch teda vodné živočíchy dosahujú väčšie telesné rozmery ako ich príbuzné terestrické formy a pre zaistenie opory a pohybu nepotrebnú tak výkonné pohybové orgány a pevné kostry. Hustota vody je úzko spätá s množstvom rozpustených látok, teplotou a tlakom. Hustota vody narastá takmer priamo úmerne s obsahom rozpustených látok (napr. pri teplote vody 4 °C a pri koncentrácii 1 promile soli je hustota vody 1,001 g.cm⁻³, kým pri koncentrácii 35 promile je už hustota 1,028 g.cm⁻³). V sladkých vodách množstvo rozpustených látok bežne dosahuje hodnotu maximálne 1 g.l⁻¹, pričom v našich podmienkach je to obvykle v rozmedzí 0,1 až 0,5 g.l⁻¹. Vo vertikálnom profile vodného telesa bývajú takto chemicky podmienené rozdiely v hustote vody pozorovateľné iba u hlbokých vodných nádrží, kde to má následne dosah na stratifikáciu vodného stĺpca z hľadiska rozvrstvenia plynov ako napr. O₂, CO₂ a minerálnych živín. Na hustotu vody má výrazný vplyv samotná teplota vody, pričom v tomto vzťahu platí pozoruhodná zákonitosť. Voda má najvyššiu hustotu pri teplote **3,94 °C**, čo znamená, že teplejšia a chladnejšia voda majú nižšiu hustotu. Zmena hustoty pozdĺž celého teplotného gradientu vyskytujúceho sa vo vodných ekosystémoch však neprebíha lineárne ale so stúpajúcou teplotou výrazne narastá aj relatívny rozdiel v hustote (napr. medzi 24 °C a 25 °C je rozdiel v hustote približne tri krát väčší ako medzi 4 °C a 5 °C) (obr. 2).

Zmeny hustoty vody zapríčinené zmenou teploty vody podobne ako zmeny hustoty podmienené chemicky majú za následok reguláciu stratifikácie jednak fyzikálne- chemických parametrov a zároveň aj kolobehu živín v danom prostredí. Hustota vody je taktiež priamo úmerná tlaku (pri teplote 4 °C a tlaku 1013 kPa je hustota vody 1,0005 g.cm⁻³, kým pri tlaku 2027 kPa je hustota už 1,001 g.cm⁻³).

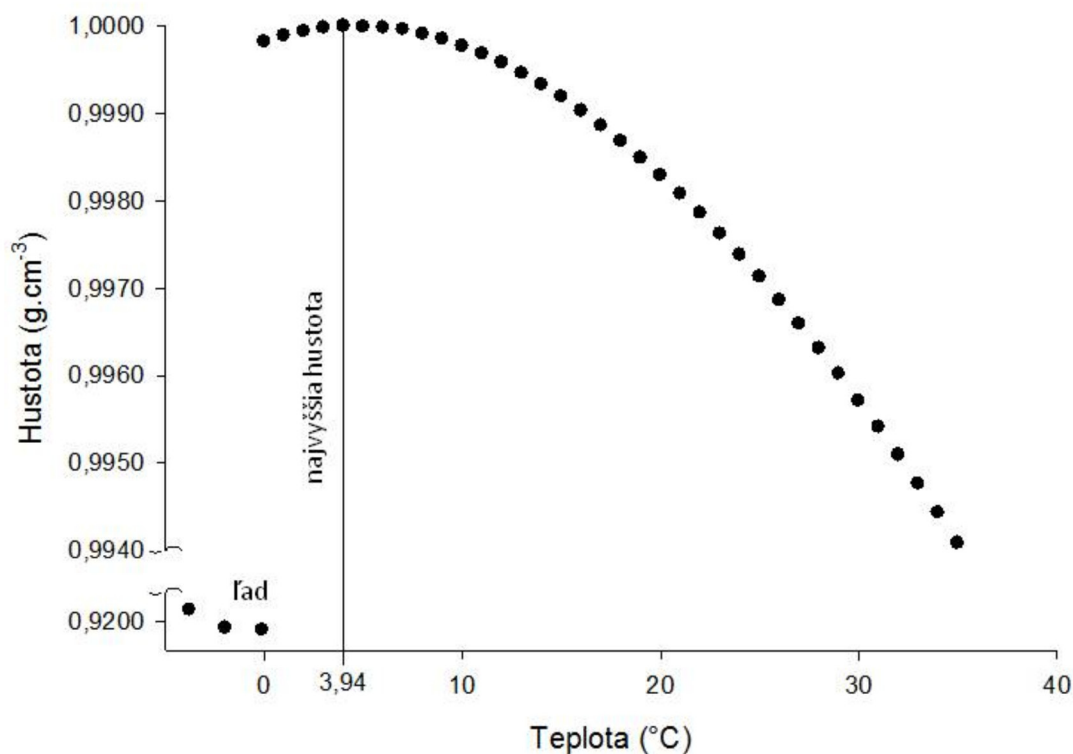
Viskozita vody

Dynamická viskozita vody alebo inak povedané vnútorné trenie predstavuje odpor, ktorý kladie voda voči vlastnému pohybu. Jednotkou tejto veličiny je pascalsekunda (1 Pa.s =

posun $1 \text{ kg vody} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$). Aj napriek tomu, že voda má približne 100 krát vyššiu viskozitu ako vzduch, možno ju považovať za mimoriadne mobilnú kvapalinu. Hodnota tejto veličiny sa mení v závislosti na teplote (Tab. 1). Voda je výrazne pohyblivejšia pri vyšších teplotách ako pri nižších, čo má za následok, že posuny povrchových vodných mäs pôsobením vetra za letných teplôt sú výraznejšie ako v zime. Kinetická viskozita ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) udáva pomer medzi dynamickou viskozitou a hustotou a charakterizuje veľkosť brzdiacich síl (trenia), ktoré pôsobia medzi vodou a organizmom. Závislosť viskozity na teplote má vo vodných ekosystémoch veľký biologický význam, pretože má výrazný vplyv na aktívne plávajúce a vznášajúce sa organizmy vo vodnom stĺpci. Teplá voda má výrazne nižšiu mechanickú unášaciu silu, organizmus rýchlejšie klesá vo vodnom stĺpci ale zároveň v nej potrebuje vydať na pohyb menšie množstvo energie ako v studenej vode.

Povrchové napätie

Na styčnej ploche medzi vodou a vzduchom vplyvom zvýšenej súdržnosti molekúl vody sa vytvára povrchové napätie. Hodnota tejto veličiny klesá s nárastom teploty a množstvom rozpustených látok vo vode. K výraznému poklesu povrchového napätia dochádza vo vodných telesách počas silných vegetačných zákalov, čo súvisí s nárastom práve obsahu organických látok. Z biologického hľadiska veľmi dôležitá povrchová blanka vytvorená v zóne kontaktu vody a vzduchu poskytuje mechanickú oporu mnohým taxónom vodných organizmov, čím vytvára vhodné prostredie pre ich život. Na túto povrchovú blanku sú navia-



Obr. 2. Závislosť hustoty od teploty vody.

Tab. 1. Percentuálny pokles viskozity s nárastom teploty.

Teplota (°C)	Pokles viskozity (%)
0	100
5	84.8
10	78.7
15	63.7
20	56
25	49.8
30	44.6

zané špecificky prispôsobené skupiny organizmov označované ako **neuston** a **pleuston**. Mikroskopické organizmy označované v limnológii ako neuston žijú v povrchovej blanke buď z vrchnej strany – epineuston alebo zo spodnej strany hyponeuston. Do skupiny organizmov označovaných ako pleuston patria okrem mnohých druhov rastlín (napr. žaburinka *Lemna*), aj viaceré vodné bezstavovce (napr. chvostoskoky rodu *Podura*, bzdochy rodu *Aquarius*, *Gerris*, *Hydrometra*, chrobáky rodu *Gyrinus* a niektoré larvy komárov), pre ktoré povrchová blanka slúži ako opora pre existenciu, pohyb a rozmnožovanie.

Merná vodivosť (konduktivita)

Voda ako médium sa stáva vodičom pre elektrický prúd vplyvom rozpustených minerálnych látok (v tomto ohľade je destilovaná voda takmer nevodivá). Merná vodivosť sa v hydrobiologickej praxi udáva v jednotkách siemens na určitú jednotku dĺžky (napr. $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$). Merná vodivosť vody je závislá od množstva rozpustených látok, ktoré sú disociované v iónoch. Vysoké hodnoty konduktivity tak môžu indikovať vysokú produktivitu vo vodnom prostredí. Známe je aj diurnálne kolísanie hodnôt konduktivity, čo vychádza zo zmien obsahu iónov využívaných v asimilačných procesoch zelených rastlín.

Reakcia vody (pH)

Vo vode určitá časť molekúl disociuje vo forme vodíkového katiónu (H^+) a hydroxylového aniónu (OH^-). V prirodzených vodách je reakcia vody determinovaná rovnovážnymi stavmi medzi kyselinou uhličitou a jej odvodenými soľami, voľným oxidom uhličitým a hydrogénuhličitanom. Pre vyjadrenie reakcie vody (kyslej alebo zásaditej) sa používa záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových katiónov udávaných v $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. Hodnoty pH sa pohybujú na škále od 1 do 14. Neutrálna voda má pH 7, čo značí že vo vode je disociovaných $10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ katiónov vodíka a teda ich počet je v rovnovážnom

stave s hydroxylovými aniónmi (pri koncentrácii 10^{-6} mol.l⁻¹ počtu katiónov H⁺ možno vodu označiť ako kyslú s pH 6, pri koncentrácii 10^{-8} mol.l⁻¹ počtu katiónov H⁺ možno vodu označiť ako zásaditú s pH 8). Kontinentálne vody s výnimkou rašelinových (pH okolo 3 spôsobené vysokým obsahom humínových kyselín) majú hodnotu pH v rozmedzí 6,5 – 8,5. Reakcia vody (pH) je dôležitým parametrom vo vodnom ekosystéme, pretože jeho hodnota je úzko prepojená s biologickou produktivitou celého systému. Intenzívne odčerpávanie CO₂ z vody cez fotosyntézu fytoplanktónu a vodnej makrovegetácie môže spôsobiť rapídny nárast pH > 10, čo v extrémnych prípadoch vedie k biogénnej dekalifikácii. Na druhej strane k prirodzenému poklesu pH vo vodnom ekosystéme môže dôjsť napr. pri rozklade ihličia, kedy sa do vodného prostredia uvoľňujú organické kyseliny. Sezónne zmeny pH môžu byť spôsobené zrážkami, kedy v zrážkovom období môže poklesnúť pH následkom toho, že dažďová voda má hodnotu pH pod 6. Organizmy znášajúce značne veľké rozpätie hodnôt pH nazývame **euryiontné**. Do tejto skupiny možno vo všeobecnosti zaradiť napr. vírniky, veslonôžky a vodné chrobáky. Za skupiny vodných organizmov, ktoré sú intolerantné k veľkým výkyvom pH možno vo všeobecnosti považovať ulitníky, perlo-očky, podenky.

Alkalinita

Z hydrobiologického hľadiska dôležitý atribút vody úzko naviazaný na pH, je jej schopnosť chovať sa ako neutralizačné (pufrovacie) médium. Neutralizačná vlastnosť vody kvantitatívne vyjadruje všeobecnú schopnosť rôznych typov vôd viazať voľné vodíkové a hydroxylové ióny bez zmeny hodnoty pH. V tejto súvislosti hovoríme o hodnotách alkalinity vody, kde alkalinita je definovaná ako jej schopnosť neutralizovať kyselinu. Tento jav sa nazýva neutralizačná (acidobázická) kapacita. Kvantitatívne najvýznamnejším pufrovacím systémom je uhličitanový systém kyseliny uhličitej a uhličitanov (obr. 3).

V systéme ide o reverzibilný proces, kde vzniknutá kyselina uhličitá reakciou vody a oxidu uhličitého sa rozpadá späť na oxid uhličitý a vodu, alebo disociuje na stabilnejší hydrogenuhličitanový anión a vodíkový katión alebo až na uhličitanový anión a vodíkový katión. Smer zmeny kyseliny uhličitej nastavuje koncentrácia H⁺ v roztoku t.j. reakcia vody. Stanovenie hodnoty alkalinity následne spočíva v stanovení obsahu solí kyseliny uhličitej (Ca a Mg). Alkalické vody majú vo všeobecnosti vyššiu biologickú produktivitu ako kyslé vody, pretože acidita v prvej fáze výrazne znižuje fixáciu dusíka a zároveň brzdí kolobeh biogénnych prvkov tým, že znižuje rýchlosť rozkladu organických látok vo vodnom prostredí. V druhej fáze, keď pH trvale klesne pod hodnotu 5,5 dochádza k uvoľňovaniu fosforu zo sedimentov dna a následne k eutrofizácii. Zníženie pH vo vodách spôsobuje tiež uvoľňovanie niektorých kovov ako je hliník, kadmium, železo a zinok z riečnych sedimentov, čo má toxický účinok na hydrobionty. Toxicita prostredia sa prejavuje napr. v poruchách tvorby telesných tekutín i vo fixácii kyslíka pri dýchaní.

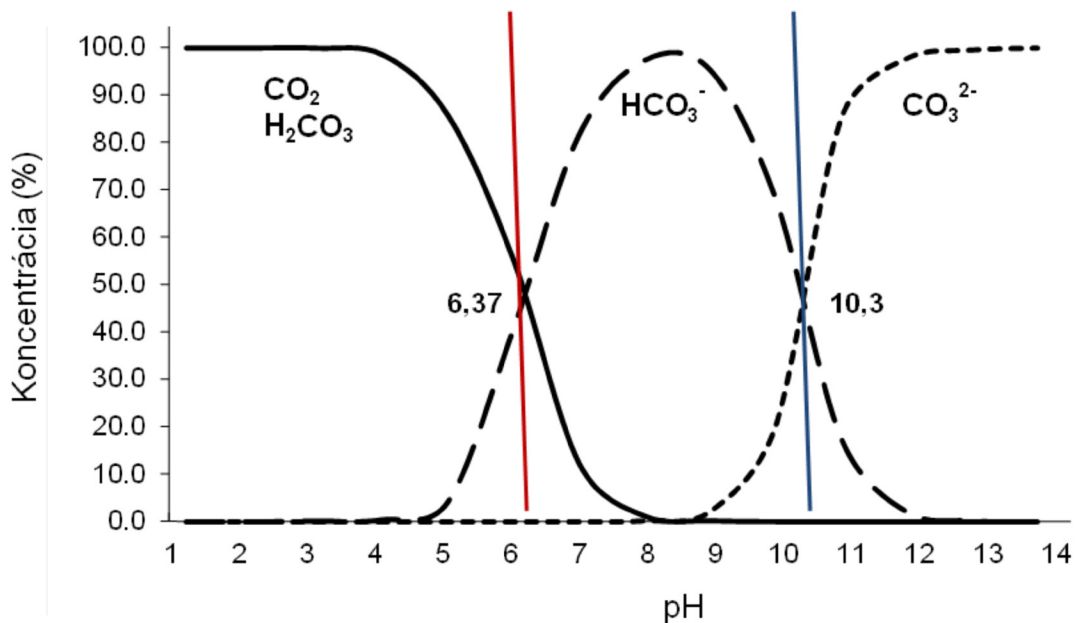
Tento proces sa v hydrobiológii označuje ako **acidifikácia** a vzniká v dôsledku nadmerného prísunu kyseliny sírovej a dusičnej (vznikajúce z ich oxidov a vody) prostredníctvom kyslých atmosférických zrážok. Dochádza pri ňom k narušeniu pufráčneho (tlmiaceho) systému vôd, čo sa následne prejaví poklesom pH a zvýšením jej kyslosti. Tieto emisie vznikajú pri spaľovaní fosílnych palív v priemyselnej i poľnohospodárskej výrobe. Podmienkou acidifikácie je tiež slabá pufráčna schopnosť povodia, napr. v sopečných a jadrových pohoriach, ktoré sú chudobné na vápnik. Acidifikáciou sa zvyšuje podiel hydrogéno-vých iónov.

Adhézia a kohézia vody

Vzájomný pomer medzi adhéziou (prilnavosť molekúl vody k pevným povrchom) a kohéziou (súdržnosť molekúl vody) má vo vodnom prostredí množstvo fyziologických a ekologických dôsledkov. Ak prevažuje súdržnosť molekúl vody nad prilnavosťou k určitému povrchu, tento povrch sa stáva nezmáčateľný (hydrofóbny). V opačnom prípade je daný povrch zmáčateľný (hydrofilný). Nezmáčateľnosť časti resp. celého tela je dôležitá pre tie vodné organizmy, ktoré dýchajú atmosférický kyslík. Ide typickú vlastnosť sekundárnych hydrobiontov (vodné chrobáky, vodné bzdochy, komáre), ktoré dýchajú pomocou špeciálnych orgánov ako napr. plastrón alebo dýchacie trubičky. Zmäčateľnosť povrchu dôležitá pre tie vodné organizmy, ktoré dýchajú kyslík tracheálnymi žiabrami priamo z vodného prostredia. Ide o primárne hydrobionty ako napr. prvoky, niektoré mäkkýše, kôrovce, ryby ale aj mnohé skupiny sekundárnych hydrobiontov ako sú larvy vodného hmyzu napr. podenky, pošvatky a potočníky.

Hydrostatický tlak

Atmosférický tlak na úrovni hladiny mora je 100 hektopascalov, čo odpovedá aj hodnote hydrostatického tlaku vo vodnom stĺpci tesne pod hladinou. S narastajúcou hĺbkou vody narastá aj tlak vytváraný na organizmus podľa schémy: 100 kilopascalov na každých desať metrov. V najhlbšom mieste na zemi (Mariánska priekopa – 11 034 m) hodnota tlaku dosahuje 110 megapascalov. Aj napriek extrémne veľkému tlakom v daných hĺbkach je toto prostredie osídlené živými formami ako napr. niektorými ostnatokožcami, máloštetinavcami, kôrovcami a dokonca rybami. Determinujúcou vlastnosťou vody umožňujúcej život v tomto extrémnom prostredí je jej len veľmi malá stlačiteľnosť. V hĺbke 4000 m čo odpovedá tlaku 40 megapascalov voda znižuje svoj objem len o necelé 2 %. Všetky telové dutiny hlbinných organizmov sú preto vyplnené vodou a voda u nich tvorí až 98 % hmotnosti. So zvyšujúcim sa tlakom narastá aj rozpustnosť oxidu uhličitého vo vode, ktorý následne zvyšuje rozpustnosť vápnika, čo má za následok redukciu kostier u hlbinných organizmov. V hydrobiológii sú vodné živočíchové znášajúce len úzke rozpätie hodnôt tlaku nazývajú **stenoblatné**. Ide o organizmy, ktoré majú telové dutiny vyplnené vzduchom. Medzi **eurybat-**



Obr. 3. Zmeny v percentuálnom zastúpení oxidu uhličitého, hydrogénuhličitanov a uhličitanov v závislosti na pH vody.

né (znášajúce široké rozpätie hodnôt tlaku) patria napr. niektoré mnohoštetinavce (*Nereis* sp.), planktonické kôrovce, larvy dvojkrídlcov (*Chaoborus* sp.).

Zákal vody (turbidita)

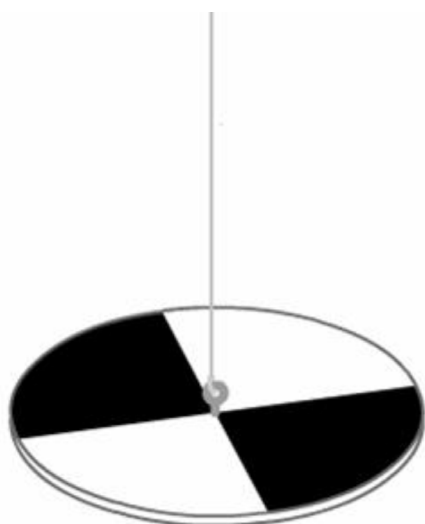
Zákal vody je jedna z významných vlastností vody, ktorá stanovuje množstvo svetla prenikajúceho naprieč vodným stĺpcom vo vodnom telese. Turbidita je teda daná množstvom rozptýlených rôznych častíc vo vodnom stĺpci a ich rozdielnou absorpciou svetla. Zákal vody sa môže zvyšovať napr. splachmi pôdy počas privalových dažďov, intenzitou erózie v povodí alebo sezónnym zvýšením rozvoja planktónu. Z biologického hľadiska zákal spôsobený anorganickými časticami znižuje cez intenzitu fotosyntézy produktivitu celého ekosystému. Organický zákal spôsobený masovým výskytom baktérioplanktónu, fytoplanktónu a organického detritu môže ako zdroj potravy pre faunu bentálu a pelagiálu podnietiť produkčné pomery v celom ekosystéme. Priehľadnosť vody v rôznych typoch vodných nádrží môže byť značne odlišná. V oligotrofných nádržiach chudobných na živiny s nízkou primárnou a sekundárnou produkciou (napr. niektoré tatranské plesá) dosahuje priehľadnosť 15 až 20 metrov. Na druhej strane pri mezo až eutrofných vodných nádržiach a jazerách dosahuje priehľadnosť len niekoľko centimetrov až 3 metre. Priehľadnosť vody sa meria tzv. Secchiho diskom (obr. 4) tak, že disk klesá naprieč vodným stĺpcom, až do hĺbky kde už nie je možné rozoznať farby v jednotlivých kvadrantoch, tj. strácajú sa rozdiely medzi čiernymi a bielymi poľami.

Farba vody

Zafarbenie vody sa v rôznych typoch vôd môže významne líšiť. Typické modré sfarbenie má voda vo vysokohorských plesách, čo súvisí s nízkym obsahom rozpustených látok. S ich nárastom klesá priepustnosť dopadajúceho svetla a zároveň sa selektuje prepúšťané farebné spektrum svetla, čo sa odráža v sfarbení vody. Na sfarbenie majú vplyv aj rozpustené humínové látky, ktoré môžu meniť farebnú škálu vody od modrej, cez žltozelenú až po rôzne odtiene hnedej. Farba vody je taktiež ovplyvnená farbou planktónnych organizmov (fytoplanktón spôsobuje svetlozelené až tmavozelené sfarbenie vody v závislosti od produkčných pomerov). Opaleskujúce sfarbenie vody v malých nádržiach spôsobujú rôzne druhy rias (*Euglena*) a prvokov, osídľujúce povrchovú blanku vody, ale taktiež v tokoch môže byť spôsobená topiacim sa snehom, typom podložia, či odpadovými priemyselnými vodami.

Tepelné vlastnosti vody a teplotný režim vôd

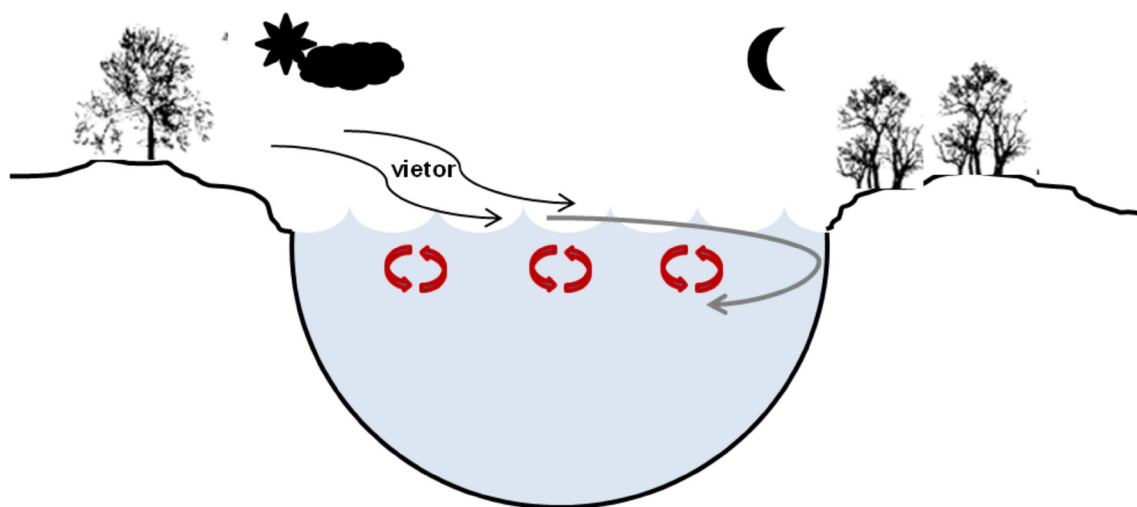
Voda prostredníctvom svojich tepelných vlastností spôsobuje, že k zmenám teploty dochádza vo vode výrazne pomalšie ako vo vzduchu a zároveň je denné a sezónne kolísanie teplôt vo vodnom prostredí podstatne menšie ako v atmosfére. Voda sa v kvapalnej forme vyznačuje veľkou mernou tepelnou kapacitou (vyššiu má len vodík a hélium). Pre nárast teploty o 1°C pri 1 kg vody s teplotou 15°C je potrebné dodať 4,186 kJ energie. Z dôvodu vysokého špecifického tepla voda vo vodných nádržiach pôsobí ako akumulátor tepla, ktorý pri ochladení okolitého prostredia postupne uvoľňuje teplo. Voda o objeme 1m^3 s teplotou 30°C v porovnaní so vzduchom akumuluje až 500–krát viac tepla. Voda má rovnako vysoké skupenské teplo tuhnutia a varu. Pre výpar 1 kg vody je potrebná energia 2255,5 kJ, kým pri konverzii 1kg vody na ľad sa uvoľní 333,7 kJ energie. Významnou vlastnosťou vody, ktorá hrá dôležitú úlohu vo vodných ekosystémoch je aj minimálny prenos tepla prostredníctvom molekulového prenosu. Takmer všetko teplo sa tak vo vodných nádržiach prenáša prostredníctvom pohybov vodných mäs (prúdenia vody). Teplotný režim odzrkadľuje proces príjmu, distribúcie a výdaja tepla vo vodnom telese. Všetko teplo obsiahnuté vo vodnom telese pochádza zo slnečnej radiácie, geotermálnych zdrojov a antropickej činnosti. Za hlavný antropogénny zdroj tepla možno považovať výpustové vody chladiacich jednotiek elektrární a vykurovacích systémov teplární. Pod geotermálnymi zdrojmi tepla rozumieme energiu,



Obr. 4. Schéma Secchiho disku slúžiaceho na meranie priehľadnosti vody.

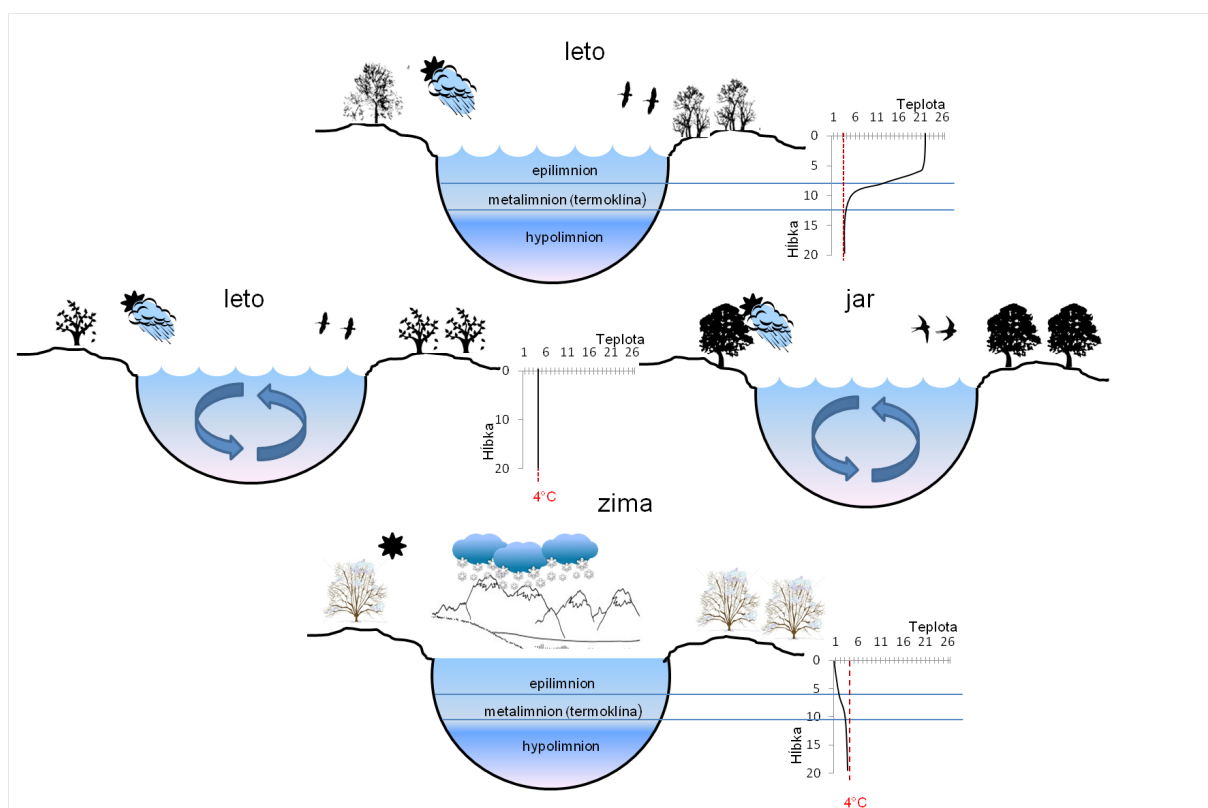
ktorá prestupuje z vnútra zeme až k zemskému povrchu a vyžaruje sa do prostredia. Táto energia vzniká pri rádioaktívnom rozpade hornín a pri pohybe litosferických dosiek, pričom sa prejavuje v termálnych prameňov alebo v spodných častiach hlbokých jazier. Nezastupiteľným a hlavným zdrojom tepla vo vodnom ekosystéme je však slnečné žiarenie resp. jeho infračervená zložka a jej absorpcia vo vrchnej časti vodného stĺpca. Straty tepla vodného telesa sa najčastejšie dejú cez vyžarovanie a odvod tepla do okolitého prostredia a odtokom oteplenej povrchovej vody. Distribúcia tepla v horných vrstvách vodnej nádrže sa deje cez konvekčné vertikálne a horizontálne driftové prúdenie. Konvekčné vertikálne prúdenie vzniká cirkadiálnym miešaním vrchných vrstiev vody, ako dôsledku ich otepľovania a ochladzovania počas dňa a noci. Cez deň sa najviac prehrieva najvrchnejšia vrstva (vrstva tesne pri hladine). Cez noc však štandardne dochádza k vyžarovaniu tepelnej energie, táto vrstva zároveň stráca aj najviac tepla. S poklesom teploty stúpa hustota vody, takže vrstva tesne pri hladine sa stáva ťažšou ako spodnejšie vrstvy a vnára sa na úroveň vrstvy s rovnakou teplotou vody. Zároveň spodnejšie vrstvy s teplejšou vodou sú vytlačované k hladine. Horizontálne driftové prúdenie vzniká mechanickou silou vetra. Trením o hladinu vyvoláva posuny vodnej masy, ktoré sa pri brehoch zanášajú hlbšie a stáčajú do protismeru (obr. 5). Intenzita a smer vetra determinujú hrúbku vrstvy a rýchlosť premiešania (pri rýchlosti vetra $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ maximálne do hĺbky 2 metre, pri rýchlosti $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až do 12 metrov).

Jarné a jesenné premiešavanie vodných vrstiev v nádržiach siaha do hĺbky, kde teplotnú stratifikáciu vodných mäs v žiadnom prípade nemôže narušiť konvekčné ani driftové prúdenie. Práve v tejto časti sa vytvára teplotná skočná vrstva nazývaná termoklina, kde teplota klesá na 1 meter hĺbky až o niekoľko stupňov. Teplotnou stratifikáciou vodných mäs vznikajú v nádržiach, jazerách, prípadne mŕtvych ramenách riek tri vrstvy: 1. epilimnion – vrchná, teplá vrstva vody, metalimnion – oblasť termokliny, 3. hypolimnion – spod-



Obr. 5. Schéma konvekčného vertikálneho a horizontálneho driftového prúdenia vody vo vodných nádržiach.

ná, studená vrstva vody dosahujúca smerom ku dnu teplotu len 4°C. Tento typ rozvrstvenia platí pre teplotne stratifikované vodné teleso počas letného obdobia (obr. 6). Tento stav sa označuje ako **letná stagnácia** vodnej nádrže. V jesennom období sa skočná vrstva znižuje a zanára do hĺbky. Vrchná vrstva vody sa ochladzuje a pri teplote 4 °C naprieč celým vodným stĺpcom dochádza ku kompletnému premiešaniu označovanému ako **jesenná cirkulácia**. Postupným ďalším ochladzovaním vrchných vrstiev vody pod teplotu 4 °C sa vytvára teplotná stratifikácia nazývaná **zimná stagnácia** vodnej nádrže, kde najchladnejšia voda sa nachádza pri hladine a teplejšia voda majúca 4 °C pri dne. **Jarná cirkulácia** má presne opačný charakter ako jesenná, kedy vrchná vrstva sa postupne otepľuje až na 4 °C a následne dochádza ku kompletnému premiešaniu vody vo vodnej nádrži. Periodické striedanie fázy stagnácie s fázou cirkulácie vodných mas vytvára vo vodných nádržiach mierneho pásma špecifické fyzikálne – chemické podmienky tohto prostredia. Počas fázy stagnácie dochádza k dlhodobej izolácii vrstiev hypolimnia, čo má z hľadiska obsahu a kolobehu látok výrazný dopad na celú biotickú zložku daného prostredia. Počet termálnych stratifikácií a cirkulácií vodných mas determinuje predovšetkým geografická a klimatická oblasť, v ktorej sú nádrže a jazerá situované. Podľa frekvencie premiešavania vodných mas rozlišujeme nádrže a jazerá: 1. **monomiktické** – jedna cirkulácia počas roka v letnom období (arktické jazerá) alebo v zimnom období (tropické jazerá), 2. **dimiktické** – k premiešavaniu dochádza dvakrát ročne na jar a na jeseň (jazera mierneho pásma), 3. **polymiktické** – s permanentným premiešavaním vodných mas (plytké jazera vyšších



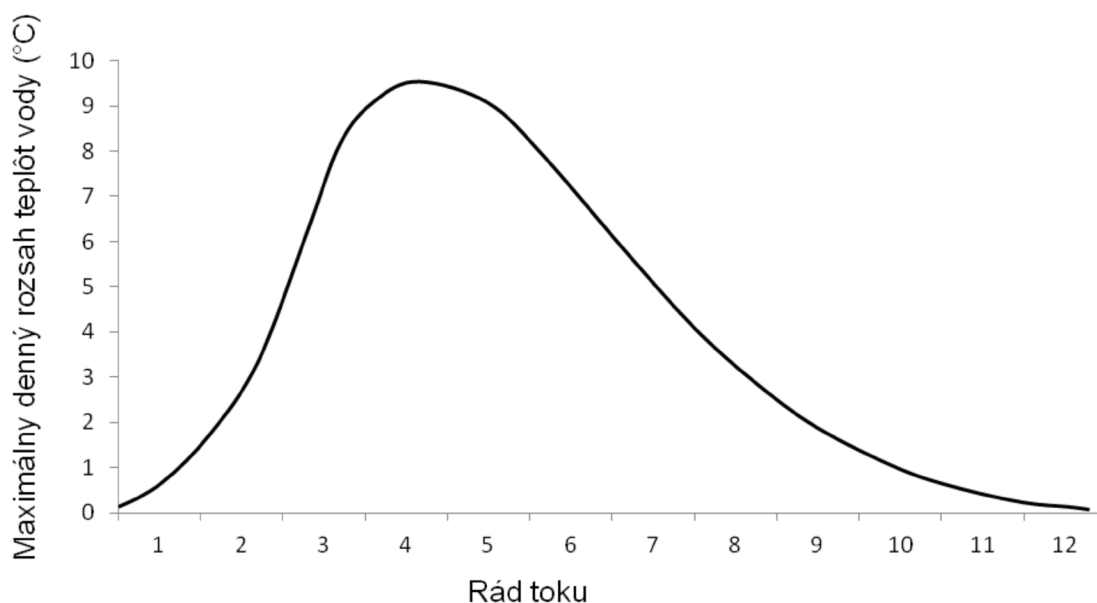
Obr. 6. Schéma teplotného rozvrstvenia a cirkulácie vodných mas dimiktických nádrží počas roka.

nadmorských výšok vo veterných oblastiach), 4. **oligomiktické** – so sporadickou cirkuláciou (tropické jazerá). Podľa toho či dochádza k premiešavaniu vody celého vodného stĺpca alebo len jeho určitej časti rozlišujeme jazerá a nádrže holomiktické a meromiktické. Pri **holomiktických** jazerách dochádza k premiešaniu naprieč celým vodným stĺpcom. Pri **meromiktických** jazerách a vodných nádržiach nedochádza k úplnej cirkulácii, takže pri dne zostáva voda bez pohybu v dôsledku jej rozdielneho chemického zloženia a hustoty. K intenzívnej cirkulácii dochádza až do značnej hĺbky hypolimnia, ale pri dne voda stagnuje aj počas niekoľkých rokov. Táto spodná vrstva sa nazýva monimolimnion a od mixolimnionu (vrstva, ktorá sa aspoň raz za rok kompletne premieša) je oddelená chemoklinou. Stagnujúca a typicky anoxická vrstva monimolimnion sa v porovnaní s mixolimnionom vyznačuje pomerne vysokou koncentráciou rozpustených látok.

Podobne ako pri stojatých, tak aj pri tečúcich vodách teplota vody závisí hlavne od geografickej polohy, nadmorskej výšky, ročného obdobia, prípadne zatienenia toku. K najväčším denným výkyvom teploty v tečúcich vodách vo všeobecnosti dochádza pri malých až stredne veľkých tokoch (obr. 7).

Rýchlosť a prúdenie vody

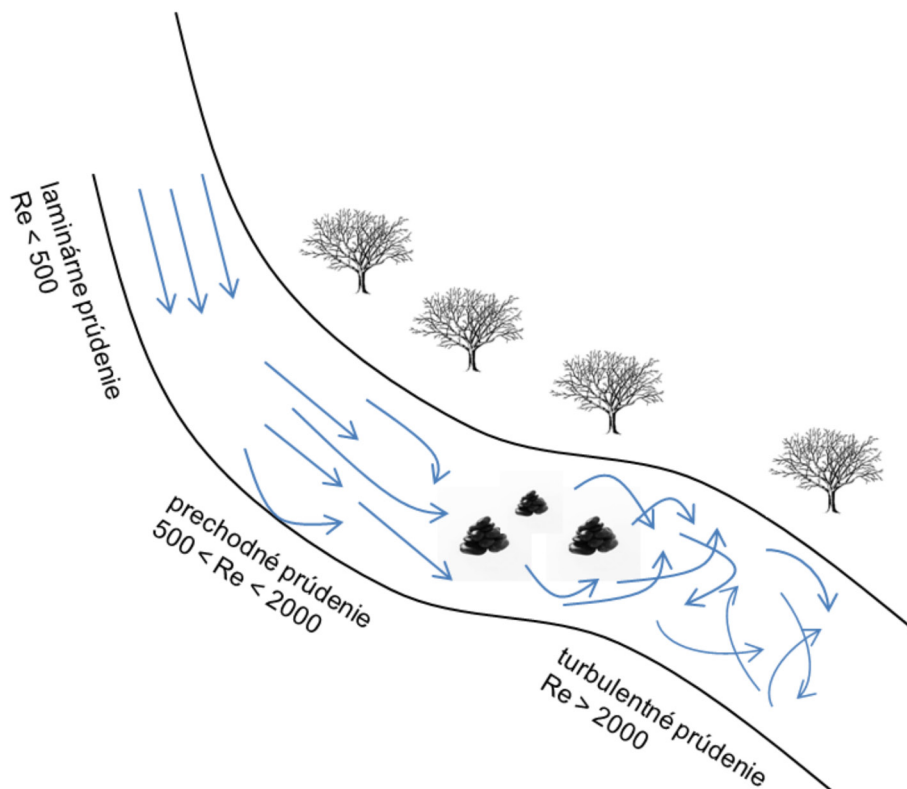
Vplyvom pôsobenia zemskej gravitácie sa voda v tokoch a prietoch vodných nádržiach pohybuje v pozdĺžnom gradiente sklonu dna. Gravitačné sily vyvolávajúce pohyb vody v smere sklonu sú však tlmené vnútorným trením (viskozita) a vonkajším trením, ktorého veľkosť závisí od drsnosti koryta. V kontaktnej zóne vody s dnom na posun vody pôsobí oveľa väčší odpor ako v ostatnom prietokovom profile, preto sa rýchlosť prúdu vody



Obr. 7. Rozsah denných teplôt v pozdĺžnom profile vodného toku.

v toku spomaľuje smerom ku dnu a k brehom (hraničná vrstva – vrstvička tesne nad dnom s takmer nulovou rýchlosťou prúdu). Najväčšiu rýchlosť prúdu dosahuje vodný tok štandardne tesne pod hladinou v miestach s najväčšou hĺbkou. Teoretický výpočet rýchlosti prúdu vody vo vodnom toku je daný Chezyho rovnicou: $V = C \cdot \sqrt{R} \cdot I$ (V – rýchlosť prúdu, C – rýchlostný súčiniteľ závislý od gravitačnej sily a trenia, R – hydraulický polomer, I – sklon). Hodnota C ($m^{0.5} \cdot s^{-1}$) závisí od veľkosti, tvaru a drsnosti stien koryta a taktiež od množstva unášaných pevných častíc. Pre výpočet C existuje viacero empirických vzorcov (Manningov vzorec, Müllerov vzorec, Agroskinov vzorec atď.). Vo vodných tokoch sa hodnoty rýchlostného súčiniteľa štandardne pohybujú od $30 m^{0.5} \cdot s^{-1}$ (plytké korytá tvorené okruhliakmi, štrkom a pieskom) až po $70 m^{0.5} \cdot s^{-1}$ (hlboké korytá s hladkým bahnitým a ílovitým dnom). Hydraulický polomer je daný pomerom plochy priečného profilu a omočeného obvodu koryta, čo znamená že jeho hodnoty sú závislé od prietoku a tvaru koryta vodného toku. Najväčšie rýchlosti prúdu vody sú štandardne zaznamenávané v horských častiach tokov s veľkým sklonom (až niekoľko $m \cdot s^{-1}$), pričom postupne v pozdĺžnom smere táto rýchlosť klesá (nížinné toky len niekoľko desiatín až stotín $m \cdot s^{-1}$). Rýchlosť prúdu výrazne ovplyvňuje erózne a sedimentačné procesy v toku, štruktúru vodných spoločenstiev a výmenu látok a energie medzi vodným a ostatným prostredím.

Podľa formy pohybu vody rozlišujeme dva základné typy prúdenia: **laminárne** a **turbulentné**.



Obr. 8. Schéma prechodu laminárneho k turbulentnému typu prúdenia vo vodných tokoch.

Tab. 2. Zmena obsahu rozpusteného kyslíka vo vode v závislosti od teploty.

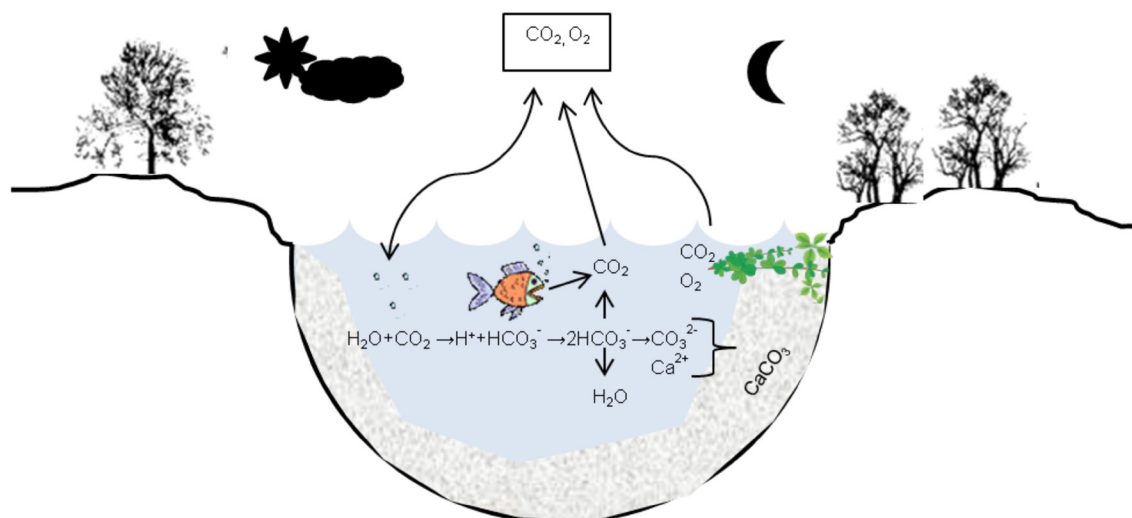
Teplota (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
Obsah O ₂ (mg.l ⁻¹)	14.16	12.37	10.92	9.76	8.84	8.11	7.53	7.04

lentné prúdenie. Pri laminárnom prúdení je pohyb vody priamočiary, kým pri turbulentnom prúdení je tento pohyb vírivý (chaotický) (obr. 8). Tieto dva typy prúdenia sú vo vodných tokoch úzko prepojené a takmer vždy sa vyskytujú spolu. Typ prúdenia sa hodnotí cez Reynoldsove číslo: $Re = V.R.\rho / \mu$, kde V je priemerná rýchlosť prúdu vody, R je hydraulický polomer, ρ je hustota a μ je viskozita vody. Hodnota $Re < 500$ charakterizuje typicky laminárne prúdenie a hodnota $Re > 2000$ typicky turbulentný pohyb vody. Laminárne prúdenie vyskytujúce sa v hraničnej vrstve je dôležité pre existenciu a pohyb bentických organizmov, kým turbulentný typ prúdenia sa podieľa na transportných procesoch toku.

Formy a kolobeh biogénnych prvkov vo vodách

Formy a kolobeh kyslíka

Kolobeh kyslíka v prírode je úzko spätý najmä s kolobehom uhlíka. Najväčšia časť kyslíka je viazaná v zemskej kôre v podobe oxidov. V atmosfére sa kyslík nachádza vo forme dvojtómvej a trojtómvej (ozón v ozónosfére) alebo v podobe oxidov napr. CO₂ a CO. Hlavný zdroj kyslíka na Zemi je fotosyntéza zelených rastlín, pri ktorej sa produkuje kyslík z oxidu uhličitého. Globálny odhad dennej produkcie kyslíka fotosyntézou terestrických rastlín je na úrovni 2,6.10¹¹ ton, kým v oceáne 0,6.10¹¹ ton. V atmosfére sa kyslík spotrebúva pri dýchaní organizmov, pri dekompozícii organickej hmoty alebo v dôsledku ľudských činností, napríklad pri spaľovaní biomasy. V hydrosfére je kyslík viazaný v uhličitanovom komplexe,



Obr. 9. Schéma kolobehu a foriem uhlíka vo vodnom prostredí.

pričom jeho hlavná časť je ako súčasť uhličitanového iónu z hydrosféry vylúčená vo forme uhličitanu vápenatého (obr. 9). Kyslíkový režim vo vodných ekosystémoch patrí k najdôležitejším parametrom determinujúcim množstvo chemických a biochemických oxidačno-redukčných procesov. Do vodného prostredia sa kyslík dostáva: 1. fotosyntetickou činnosťou vodnej vegetácie (závisí od druhu a kvantity rastlinnej zložky, od intenzity efektívneho svetla a od prítomnosti nutričov), 2. prítokom z vrchnejších úsekov toku, 3. difúziou zo vzduchu (zvyšuje sa vlnením, čerením hladiny a závisí hlavne od barometrického tlaku a teploty). S nárastom teploty klesá rozpustnosť kyslíka vo vode (Tab. 2). Súčasne s nárastom teploty sa však zvyšuje rýchlosť väčšiny biochemických procesov (vrátane tých, ktoré vedú k spotrebe kyslíka), čo v extrémnych prípadoch môže vyvolať kyslíkový stres pre niektoré organizmy. Mnohé druhy vodných organizmov sa však prostredníctvom rôznych adaptácií (dýchanie atmosferického kyslíka, nárast počtu prenášačov kyslíka v obehovej sústave) dokázali prispôsobiť zníženým kyslíkovým pomerom počas kritických období. Okrem rozpusteného kyslíka sa vo vode stanovuje percentuálne nasýtenie (%) vyjadrujúce pomer reálne nameranej a teoretickej hodnoty rozpusteného kyslíka rozpusteného pri danej teplote násobený sto. Vo vodných ekosystémoch sa odčerpávanie rozpusteného kyslíka deje prostredníctvom respirácie rastlín a živočíchov, rozkladom organickej hmoty baktériami, nárastom teploty a prechodom rôznych plynov cez vodný stĺpec.

Cirkadiálne kolísanie kyslíkového režimu (kyslíkové pulzy) spolu s pH a oxidom uhličitým odzrkadľuje intenzitu fotosyntetických procesov vo vodnom ekosystéme. V priehľadnej vode s dobre rozvinutou vodnou vegetáciou sa výkyvy obsahu kyslíka prejavujú hlavne v eufotickej vrstve. Obsah kyslíka zvyčajne dosahuje svoje maximum v neskorom popoludní a minimá v priebehu noci, kedy je kyslík odčerpávaný respiráciou rastlín a živočíchov. U stratifikovaných vodných nádrží a jazier sa rozdiely v kyslíkových pomeroch prejavujú aj naprieč vodným stĺpcom, čo je dôsledkom zmien miery produkcie a spotreby v jednotlivých vrstvách vodného stĺpca. Počas letnej stagnácie môže krivka obsahu kyslíka naprieč vertikálnym profilom vodného telesa nadobúdať viacero tvarov, napr. v závislosti od trofie (obr. 10).

1. Orthográdny typ krivky kyslíka sa vyskytuje u oligotrofných vodných nádrží. Znížený obsah kyslíka v epilimniu oproti hypolimniu je výsledkom prevahy respirácie nad fotosyntézou a vplyvu teploty na jeho rozpustnosť.
2. Klinográdny typ krivky kyslíka sa vyskytuje u eutrofných vodných nádrží. Vysoká fotosyntetická produkcia v zóne epilimnia a jej postupný pokles až k úplnému vyčerpaniu kyslíka vo vrstve tesne nad dnom. Úplné vyčerpanie kyslíka v tejto šasti je výsledkom jeho spotreby pri oxidačno – redukčných procesoch. Následne v anoxickom prostredí dochádza k anaeróbnemu rozkladu organických látok za súčasnej tvorby oxidu uhličitého, metánu a zapáchajúcich sírnych zlúčenín napr. sirovodíka.
3. Pozitívny heterográdny typ krivky kyslíka vzniká maximálnou fotosyntetickou aktivitou v spodnej časti epilimnia a hornej časti metalimnia.
4. Negatívny heterográdny typ krivky kyslíka vzniká vysokou spotrebou kyslíka v me-

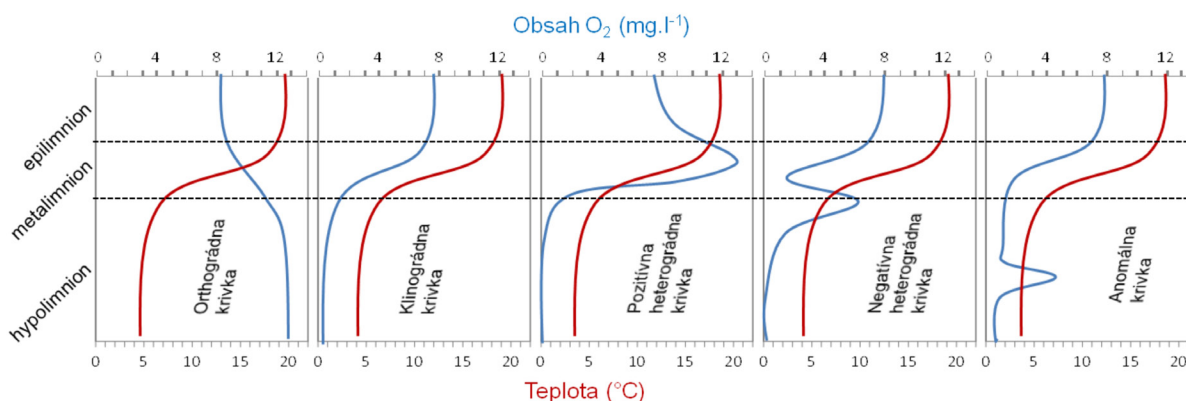
talimniu, pričom v dôsledku teplotnej stratifikácie sa inhibuje difundovanie kyslíka z epilimnia a hypolimnia.

5. Anomálny typ krivky kyslíka sa vytvára prítokom studenej vody s vysokým obsahom rozpusteného kyslíka, ktorá sa na základe jej teplotne hustotných pomerov vnára do oblasti hypolimnia.

V tečúcich vodách (hlavne u menších tokov) koncentrácia kyslíka štandardne kolíše okolo 100% hranice nasýtenia. K vysokému nasýteniu dochádza hlavne v perejných úsekoch tokov resp. pod vodopádmi. V tečúcich podobne ako v stojatých vodách dochádza k sezónnym kolísaniam obsahu rozpusteného kyslíka. Výrazný sezónny pokles obsahu vzniká napr. v zalesnených tokoch v jeseni, kedy dochádza k výraznej spotrebe kyslíka pri rozklade alochtónnej organickej hmoty (listový opad). Kyslíkový režim je dôležitým nástrojom pre hodnotenie kvality vody. Nedostatok rozpusteného kyslíka majú vodné habitaty so značným organickým znečistením. Okrem samotnej sedimentácie látok hrá obsah kyslíka dôležitú úlohu v samočistiacich procesoch.

Formy a kolobeh uhlíka

Kolobeh uhlíka ako najviac zastúpeného prvku v živej hmote je pomerne jednoduchý a veľmi úzko spojený s kolobehom kyslíka. Jeho cyklus v sebe zahŕňa výmenu uhlíka medzi atmosférou (CO_2 , CO , CH_4), hydrosférou (rozpustený oxid uhličitý, organická hmota), biosférou (živá a odumretá organická hmota) a zemskou kôrou (uhlík viazaný v sedimentoch napr. vápenec, dolomit, magnezit a vo forme fosílnych palív). Do atmosféry sa oxid uhličitý uvoľňuje pri respirácii organizmov, pri rozkladných procesoch organickej hmoty, vulkanickou činnosťou, požiarimi a ľudskou činnosťou (spalovanie biomasy a fosílnych palív). Z atmosféry je v podobe oxidu uhličitého odčerpávaný pri fotosyntéze zelených rastlín. Veľké množstvo uhlíka je viazané v telách organizmov, pretože existencia života je viazaná práve na zlúčeniny uhlíka. Do vodného prostredia sa uhlík dostáva dominantne z atmosféry, vo vode cez producentov, konzumentov a deštruentov sa dostáva naspäť do atmosféry (obr. 9). Množstvo plynného oxidu uhličitého v pomere k ostatným prvkom je

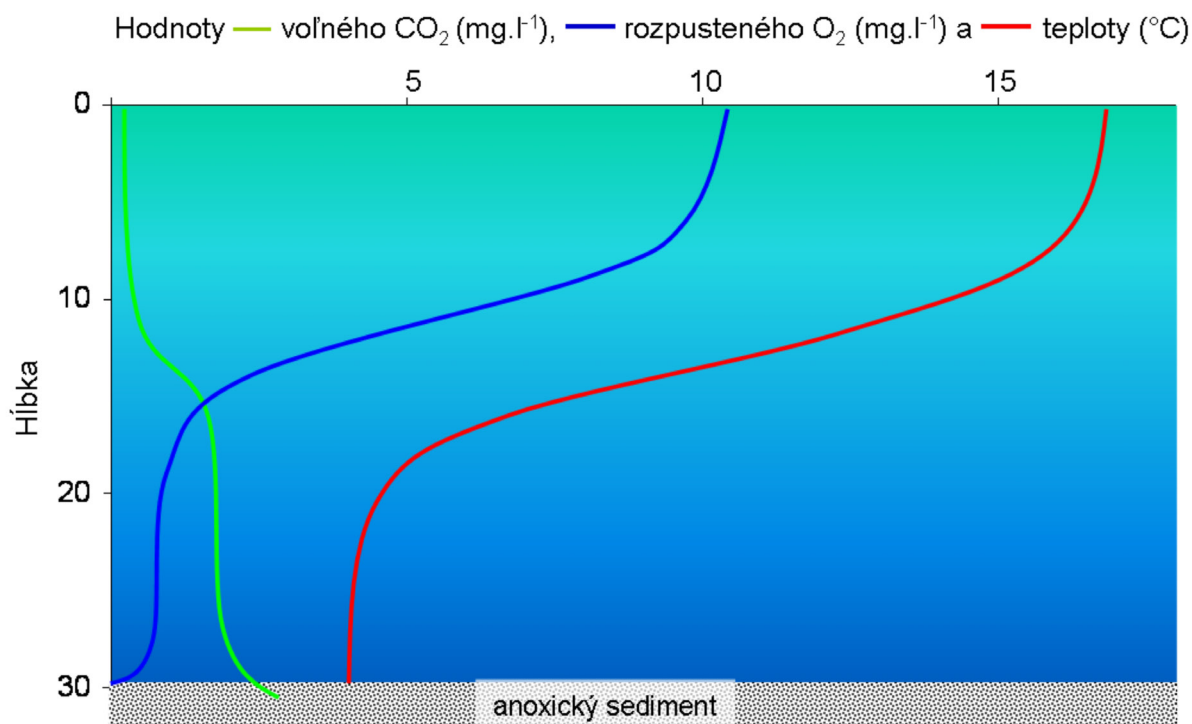


Obr. 10. Schéma zmien obsahu kyslíka vo vertikálnom profile vodného stĺpca rôznych typov vodných nádrží.

podstatne vyššie vo vode ako vo vzduchu z dôvodu jeho dobrej rozpustnosti (pri tlaku 101 kPa a teplote 0°C je vo vode obsah kyslíka 14,6 mg.l⁻¹ a 1,005 mg.l⁻¹). Jeho rozpustnosť je podobne ako u kyslíka závislá od teploty a tlaku (obr. 11). Rozpustený oxid uhličitý vstupujúci do vodného prostredia z atmosféry sa zapája do uhličitanového systému: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$. Najviac uhlíka je tu viazaného vo forme rozpustných hydrogénuhličitanov – $\text{Ca}(\text{HCO}_3^-)_2$, ktorý zelené rastliny využívajú ako zdroj uhlíka. Pri vyšších hodnotách pH vody, intenzívnej fotosynthetickej aktivite dochádza k premene hydrogénuhličitanu na uhličitan vapenatý: $\text{Ca}(\text{HCO}_3^-)_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Ten sa vyzráža ako biely povlak na povrchu listov vodných rastlín resp. vo forme kryštálikov sedimentujúcich na dne a vznikajúcich činnosťou fytoplanktónu (biogénna dekalifikácia). Straty oxidu uhličitého vo vode sa dejú cez fotosyntézu, pohyb vodných mäs a povrchovú difúziu do atmosféry. V teplotne stratifikovaných vodných nádržiach je najviac oxidu uhličitého tesne pri dne, kde vystupuje na povrch v podobe bubliniek. V povrchových tečúcich vodách obsah oxidu uhličitého obvykle dosahuje maximálne niekoľko mg.l⁻¹. V podzemných vodách dosahujú jeho hodnoty až niekoľkých desiatok mg.l⁻¹. Cirkadiálne kolísanie oxidu uhličitého zrkadlovo kopíruje kolísanie kyslíka. Obsah rozpusteného oxidu uhličitého vo vode ovplyvňuje rýchlosť metabolických procesov a rastu, vertikálnu orientáciu živočíchov a fixáciu kyslíka na krvné farbivá vodných živočíchov.

Formy a kolobeh vápnika

Vápnik v prírode sa vyskytuje predovšetkým v sedimentárnych horninách, hlavne vo for-

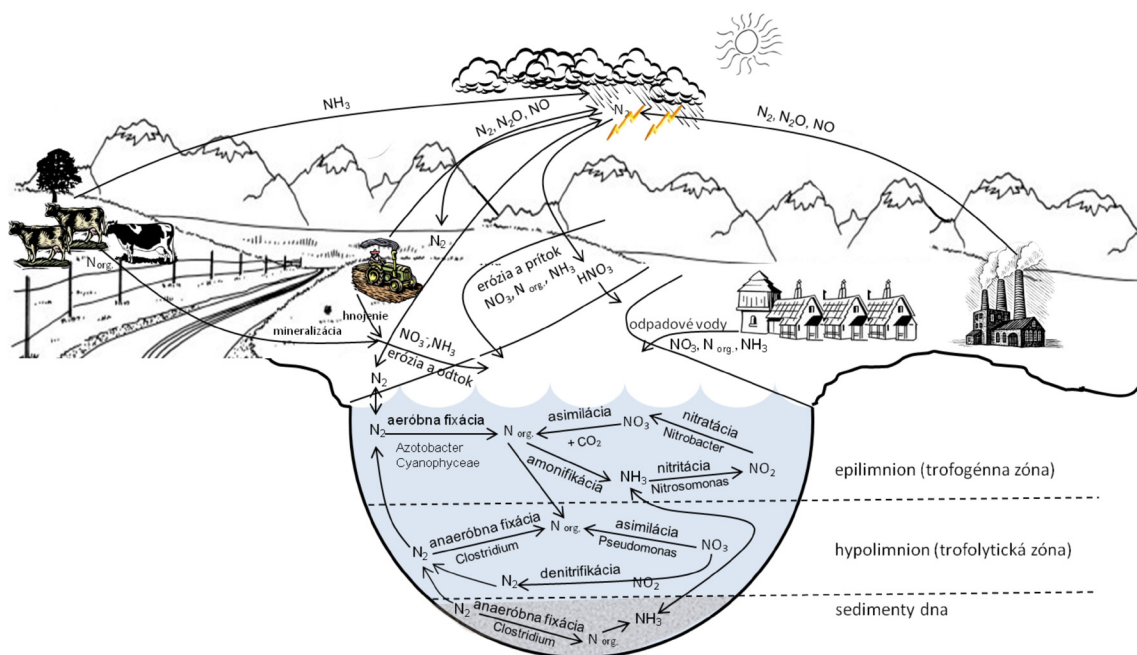


Obr. 11. Zmeny v hodnotách obsahu voľného oxidu uhličitého a rozpusteného kyslíka vo vertikálnom profile vodnej nádrže. © Pavel Beracko

me vápencov a dolomitov, ale aj v niektorých vyvretých a metamorfovaných horninách. V organizmoch suchozemského a vodného prostredia je viazaný hlavne v kostiach a iných oporných štruktúrach. Vápnik zabezpečuje dôležité spojenie medzi tektonikou, klímou a uhlíkovým cyklom. V tej najjednoduchšej forme cyklu, vápnik sa vplyvom chemického zvetrávania hornín uvoľňuje do povrchových vôd a postupne je transportovaný do oceánu, kde reaguje s rozpusteným CO_2 za vzniku vápenca. V tejto forme sa usádza na dne a podieľa sa na tvorbe nových horninových masívov. Vo vode sa vápnik vyskytuje obvykle vo forme jeho dvojmocného kationu alebo vo forme vyzrážaného uhličitanu vápenatého. Je dôležitou súčasťou pufracieho systému oxidu uhličitého a hydrogénuhličitanu. Slabá kyselina uhličítá pochádzajúca hlavne zo zrážok je neutralizovaná vo vodných ekosystémoch reakciami v nasledujúcej schéme: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3^-)_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$. Akékoľvek narušenie rovnovážneho stavu medzi iónmi vápnika a oxidu uhličitého vedie k rozpúšťaniu alebo vyzrážaniu uhličitanu vápenatého vo vodnom prostredí.

Formy a kolobeh dusíka

Dusík je spolu s kyslíkom, vodíkom a uhlíkom hlavným biogénnym prvkom, ktorý má v atmosfére až 79% zastúpenie. V prírode je dusík viazaný vo forme atmosférickej molekuly dusíka (N_2), anorganických zlúčenín (hlavne amoniak, dusitany a dusičnany) a organických zlúčenín (hlavne nukleové kyseliny, aminokyseliny). Atómy v molekulárnom dusíku sú viazané pevnou trojitou väzbou, ktorá dáva tejto forme dusíka vlastnosti inertného plynu. Kolobeh dusíka v prírode vytvára zložitý systém reakcií, ako je amonifikácia, nitrifikácia, denitrifikácia a biologická fixácia. Atmosférický dusík je v biosfére využívaný len



Obr. 12. Schéma foriem, transportu a kolobehu dusíka vo vodnom prostredí.

Tab. 3. Determinácia trofie vodného prostredia na základe obsahu celkového dusíka.

Trofický status	Oligotrofný	Mezotrofný	Eutrofný
Celkový N ($N_{org} + N_{anorg}$)	<700	700 – 1500	>1500

výnimočne a prevažná časť organizmov ho prijíma v najbežnejších anorganických a organických formách. V atmosfére z molekulárneho dusíka vznikajú prostredníctvom fotochemických a elektrochemických procesov vyvolaných kozmickým žiarením a elektrickými výbojmi rôzne anorganické zlúčeniny dusíka od amoniaku až po dusičnany. Dusík hlavne v týchto formách je fixovaný primárnymi producentmi, a tak vstupuje do biologických procesov, kde sa ďalej transformuje na organickú hmotu bielkovín a na nukleové kyseliny. Do okolitého vodného prostredia je opäť uvoľňovaný v podobe metabolických produktov (amoniak, močovina) alebo dekompozíciou odumretých organizmov. Dusík viazaný v organickej forme mineralizujú chemotrofné baktérie a v procese amonifikácie ho premieňajú na amoniak. Vzniknutý amoniak je ďalej využívaný baktériami, fytoplanktónom a nitrifikačnými baktériami v procese nitrifikácie, kde dochádza v prvej fáze k oxidácii amoniaku na dusitaný – nitritácia (zabezpečujú baktérie rodu *Nitrosomonas*) a následne k premene dusitanov na dusičnany – nitratácia (zabezpečujú baktérie rodu *Nitrobacter*). V prostredí bez prítomnosti kyslíka prebieha proces denitrifikácie, kde baktérie rodu *Pseudomonas* získavajú kyslík pre svoj metabolizmus redukciami dusitanov na amoniak až plynný dusík, ktorý sa môže difúziou cez vodnú hladinu vrátiť do atmosféry. Procesmi amonifikácie, nitrifikácie a denitrifikácie, ktoré determinujú produkčné pomery a trofický potenciál (Tab. 3) vo vodných ekosystémoch, je v plnej miere zabezpečená cirkulácia dusíka medzi vodou a atmosférou (obr. 12).

Amoniakálny dusík je prítomný vo vodných ekosystémoch v dvoch formách, t.j. disociovaný ión NH_4^+ a nedisociovaný NH_3 . Jeho množstvo sa vo vode pohybuje od niekoľkých desiatín $mg.l^{-1}$ (prirodzené povrchové a podzemné vody) cez desiatky $mg.l^{-1}$ (splaškové vody) až po stovky $mg.l^{-1}$ (odpadové vody z priemyselnej a poľnohospodárskej činnosti). Pri vysokom pH a teplote je dusík v tejto forme toxický pre vodné organizmy, hlavne ryby. Koncentrácia dusičnanového dusíka sa v prirodzených podzemných a povrchových vodách pohybuje od niekoľkých jednotiek po desiatky $mg.l^{-1}$, kým v odpadových vodách až v stovkách $mg.l^{-1}$. V prirodzených vodách dusitaný tvoria prechodový stupeň v redukcii dusičnanov alebo oxidácii amoniaku a vyskytujú sa tu maximálne v stopových množstvách. V silne znečistených tokoch a splaškových vodách môže koncentrácia dusitanov narastať až do niekoľkých $mg.l^{-1}$. Prítomnosť dusitanov v podzemných zdrojoch pitnej vody často indikuje ich fekálne znečistenie. Môžu tu však byť prítomné aj dusitaný, anorganického pôvodu vznikajúce redukciami kovov dusičnanov, preto pri analýze pitnej vody

sa robia v takom prípade aj mikrobiologické rozbory. V tečúcich vodách obsah dusíkatých látok hlavne dusičnanov počas roka kolíše v závislosti od prietoku, biologickej aktivity a množstva organických látok. Počas intenzívnejších zrážok v jarnom a jesennom období sa ich koncentrácia vo vode obvykle zvyšuje v dôsledku ich vyplavovania z okolitého terestrického prostredia. Naopak, v lete počas vegetačného obdobia ich koncentrácie klesajú vplyvom biologickej spotreby rastlín. Antropický prísun dusíka do vodného prostredia pochádza hlavne z poľnohospodárskej činnosti v povodiach (hnojenie polí dusíkatými hnojivami) a z komunálnych odpadových vôd.

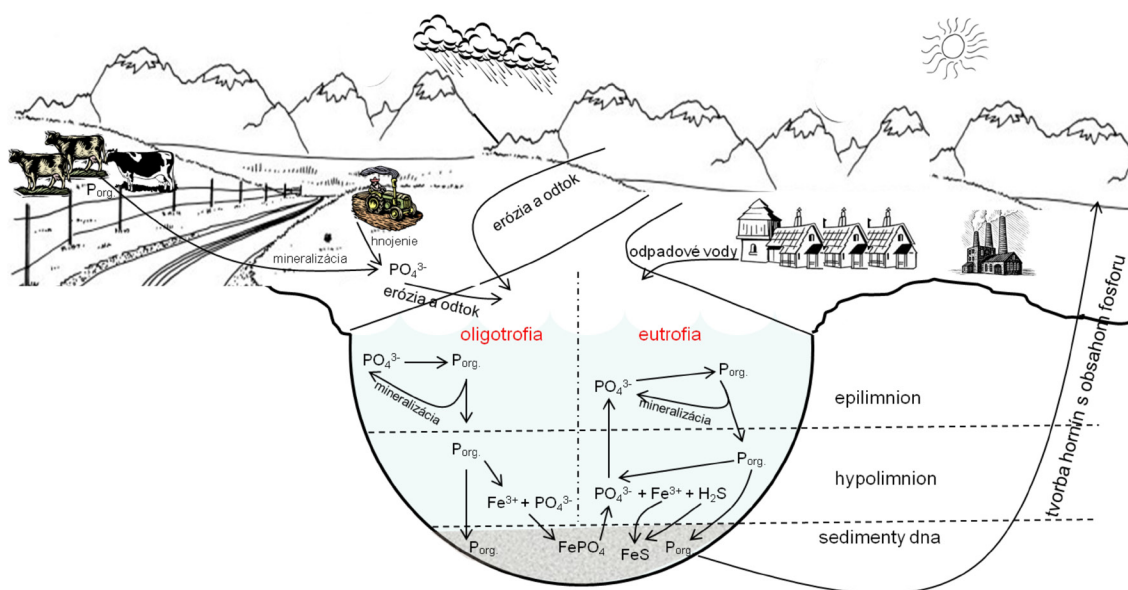
Formy a kolobeh fosforu

Fosfor ako súčasť mnohých zlúčenín má na Zemi pomerne vysoké zastúpenie. Jeho obsah v zemskej kôre sa odhaduje globálne na 1 až 1,2 g/kg. V biote oproti okolitému abiotickému prostrediu je jeho podiel dokonca ešte vyšší. V neživej zložke podiel fosforu značne kolíše v dôsledku jeho sedimentačného cyklu a využitia rastlinami. V rastlinnej biomase je pomer uhlíka : dusíka : fosforu na úrovni atómov 106 : 16 : 1 (hmotnostný pomer zlúčenín 40 : 7 : 1). V povrchových tečúcich vodách bez zjavného antropického vplyvu je atómový pomer týchto troch prvkov na úrovni 600 : 20 : 1. Ako biogénny prvok má vo vode mimoriadny význam, pretože jeho obsah často determinuje produkčné pomery vo vodných ekosystémoch. Atmosféra sa na transporte fosforu nepodieľa, pretože z prirodzene vyskytujúcich sa zlúčenín v prírode sa fosfor nevyparuje. Z hľadiska globálneho cyklu fosforu sú jeho hlavným zdrojom sedimenty a bázické horniny. V zemskej kôre je prítomný aj vo forme nerozpustných fosforečnanov vápnika, horčíka a železa. Zvetrávaním hornín sa fosfor dostáva vo forme ortofosforečnanov (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-), alebo ich zrazenín (najčastejšie ako fosforečnan železitý) do vodného prostredia. V týchto formách je fosfor postupne transportovaný do morí, kde sa usádza buď v šelfovej zóne alebo je splavený až do hlbokých častí. Určitá časť tohto fosforu sa opäť zapája do cyklu prostredníctvom trusu morských vtákov a rybolovom. V podmienkach vodných tokov, nádrží a jazier sa fosfor vo forme rozpustných fosforečnanov (ortofosforečnanov) stáva využiteľný pre baktérie, fytoplanktón a makrofyty. Prostredníctvom rastlinnej biomasy tak vstupuje aj do ďalších článkov produkčného reťazca. Po odumretí živej hmoty a jej mineralizácii v rozkladných procesoch vznikajú fosfáty (P-PO_4^{3-}), ktoré rastliny opäť využívajú – **krátkodobý cyklus**. Určitá časť týchto fosfátov sa v aeróbnom prostredí viaže v sedimentoch dna vodných nádrží v podobe nerozpustného fosforečnanu železitého – **dlhodobý cyklus**. Ak v stratifikovaných vodných nádržiach dochádza počas letnej, resp. zimnej stagnácie k úplnému vyčerpaniu kyslíka v spodnej časti hypolimnia, v sedimentoch dna sa trojmocné železo v molekule fosforečnanu železitého mení na dvojmocné. V tejto rozpustnej forme sa časť fosforečnanov uvoľňuje do vody hypolimnia a pri jarno–jesenných cirkuláciách sa transportujú do celého vodného stĺpca. Ión železa sa viaže na sirovodík za vzniku sulfidu

železa (zapáchajúce bahno). Kolobeh fosforu vo vodnej nádrži tak určuje nielen teplotná stratifikácia, ale i trofia (obr. 13). Sezónne kolísanie fosforu viazaného v ortofosforečnanoch (reaktívny fosfor) vo vode je dané obdobím rozvoja a poklesu fytoplanktónu. Počas maximálneho rozvoja fytoplanktónu jeho obsah vo vode výrazne klesá, no na druhej strane stúpa podiel partikulovaného fosforu (fosfor viazaný v biomase fytoplanktonu a baktérií). Zrkadlovo obrátený vzťah platí medzi partikulovaným a reaktívnym fosforom v čase vegetačného pokoja. V biote je fosfor viazaný v RNA, DNA a fosfoproteínoch, enzýmoch, vitamínoch, ATP a ADP. Produktivita vodného prostredia sa hodnotí cez zmeny zásob fosforečnanov a celkového fosforu, ktoré tak spolu s uhlíkom a dusíkom determinujú biologickú úživnosť vôd. Vzájomný pomer dusíka a fosforu charakterizuje, ktorý z týchto prvkov je limitujúcim nutrientom. V prípade, že pomer $N : P > 10$, tak hlavným determinujúcim prvkom úživnosti je dusík, ak však $N : P < 10$, tak produktivita systému je daná predovšetkým fosforom. V prírodných tečúcich vodách sa obsah fosforu štandardne pohybuje od niekoľkých tisín mg.l^{-1} (horné časti tokov) až po niekoľko stotín (nížinné rieky). Ľudskými aktivitami v povodiach dochádza k narušeniu prirodzeného kolobehu fosforu, ktorého obsah sa môže výrazne zvýšiť (spôsobiť až eutrofizáciu vôd) aplikáciou fosforečných hnojív a odpadovými priemyselnými a komunálnymi vodami.

Formy a kolobeh železa

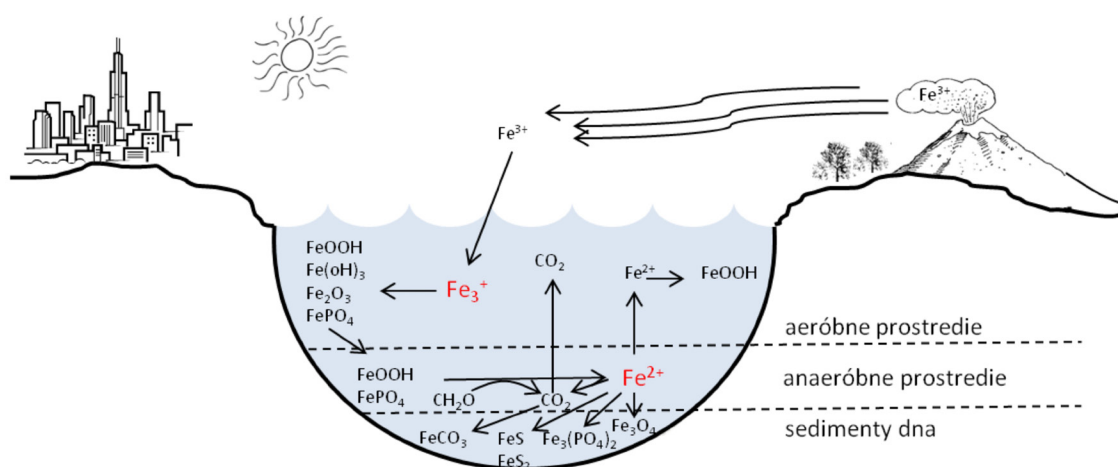
Železo ako prvok zohráva v prírode zásadnú úlohu. V živých organizmoch je dôležitá súčasť transportných farbív podieľajúcich sa na prenose kyslíka, enzýmov a proteínov. Má esenciálny význam pri fixácii atmosférického dusíka diazotrofnými organizmami (baktérie, sinice) a pri redukcii dusičnanov, čím limituje rozvoj fytoplanktónu. Rozvoj siníc vo



Obr. 13. Schéma foriem, transportu a kolobehu fosforu vo vodnom prostredí. © Pavel Beracko

vodných nádržiach môže pri nedostatku železa inhibovať rozvoj fytoplanktónu, pretože sinice majú účinnejšiu syntézu vychytávačov a prenášačov železa (siderochrómy). Železo je tak nenahraditeľným prvkom pre vodnú biotu, pričom v akvatickom prostredí dochádza v oxidačno-redučných procesoch k premenám dvojmocného na trojmocné železo a opačne (obr. 14). Rovnováha medzi binárnou a terciálnou formou železa je priamo závislá na kyslíkovom režime a pH.

V anoxickom prostredí napr. v hypolimni eutrofných nádrží dochádza k redukcii trojmocného železa na dvojmocné a do vody sa uvoľňuje veľké množstvo železa práve v dvojmocnej rozpustnej forme, ktorá je vychytávaná hlavne vodnými rastlinami a niektorými baktériami. Toto platí však len vtedy, ak sa súčasne zo sedimentu extrahuje aj sirovodík, ktorý za vzniku nerozpustného sulfidu železa viaže túto dvojmocnú formu železa. Za aeróbnych podmienok napr. v epilimni vodných nádrží sa pomer foriem železa preklápa cez proces oxidácie v prospech trojmocného železa, ktoré sa vyzráža v podobe nerozpustného hydroxidu železitého alebo fosforečnanu železitého. V dôsledku väzby železa s fosforom sa tak do úzkeho súvisu dostáva kolobeh železa s kolobehom fosforu. Pri úplnom vyzrážaní železa vo forme fosforečnanu železitého je nielen primárna produkcia, ale aj celková produktivita systému limitovaná nedostatkom fosforu v prostredí. Oxidované trojmocné železo dokážu využívať mikroorganizmy (baktérie) len pri veľmi nízkych hodnotách pH. V opačnom prípade využívajú jeho dvojmocnú formu. Aj napriek tomu sa železo zvyčajne vyskytuje vo vode v jeho nerozpustnej terciálnej forme. Okrem anorganickej formy je železo viazané vo vodnom prostredí aj v organickej forme (bielkoviny, enzýmy, respiračné farbivá). Z organických zlúčenín je železo uvoľňované rozkladnými procesmi pomocou amonizačných a proteolytických baktérii. Železo sa vo vodnom prostredí vyskytuje štandardne v nízkych koncentráciách, vyššie koncentrácie sú typické len pre rašelinné vody. V aeróbnych podmienkach pri koncentrácii minimálne $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ (minerálne pra-



Obr. 14. Schéma foriem, transportu a kolobehu železa vo vodnom prostredí.

mene bohaté na železo) sa vylučuje železo vo forme hydratovaného oxidu, čo spôsobuje červenohnedý zákal.

Formy a kolobeh síry

V ekosystéme sa síra vyskytuje v organických a anorganických zlúčeninách. V anorganickej forme je síra vo vodnom prostredí najčastejšie viazaná vo forme síranového aniónu (SO_4^{2-}). V anoxickom prostredí mikroorganizmy využívajú sírany ako zdroj kyslíka pri metabolických procesoch a následne sa síra ako súčasť enzýmov a bielkovín podieľa na tvorbe organickej hmoty. Spätnou dekompozíciou a mineralizáciou organickej hmoty v anoxickom prostredí (zodpovedné baktérie rodu *Escherichia*, *Proteus* a mikroskopické huby rodu *Aspergillus* a *Neurospora*) je v organickej forme viazaná síra redukovaná až na sírovodík. V anoxickom prostredí s nízkym pH sú zdrojom sírovodíka aj sedimenty dna bohaté na organické látky, kde je jeho vznik podmienený činnosťou fotoautotrofných baktérií využívajúcich sírany ako donor vodíka v procese fotosyntézy. Časť uvoľňovaného sulfánu je vo vrstve vody tesne nad dnom oxidovaná na síranový anión (zodpovedná sírna baktéria rodu *Thiobacillus*) a časť môže prenikať naprieč vodným stĺpcom až do atmosféry. V anoxickom prostredí určitá časť vzniknutých síranov môže byť redukovaná chemoautotrofnými baktériami rodu *Desulfovibrio* na elementárnu síru. Ako zdroj energie je sírovodík v procese oxidácie na elementárnu síru taktiež využívaný sírnou baktériou *Beggiatoa*. Na kolobehu síry sa podieľajú aj fotoautotrofné zelené a purpurové baktérie, ktoré v procese fotosyntézy využívajú vodík zo sírovodíka ako akceptor kyslíka. V atmosfére je síra viazaná v podobe siričitanových a síranových aniónov vznikajúcich hlavne pri oxidácii prirodzene uvoľnenej síry vo forme sulfánu z morí a oceánov, sopečnej činnosti, zvetrávaní hornín a pri spaľovaní fosílnych palív. Z atmosféry do vodného prostredia sa síra dostáva zrážkami, tzv. mokrým spádom (obr. 15). Obsah síranového aniónu v dažďovej vode sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 1 až 2 mg.l^{-1} , kým v tečúcich a stojatých vodách od 3 do 30 mg.l^{-1} .

Formy a kolobeh horčíka a kremíka

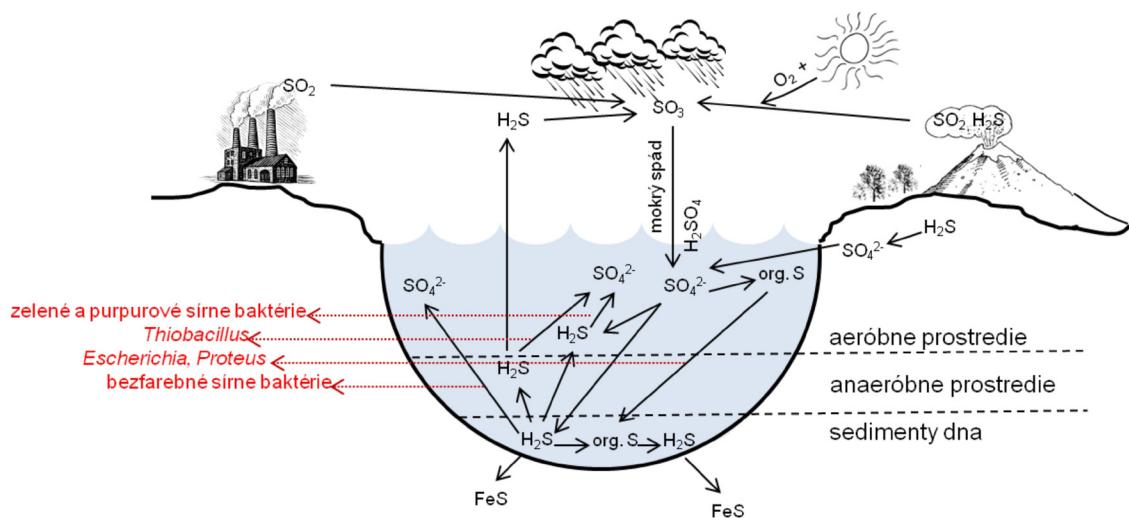
Horčík je v prírode viazaný v jej neživej a živej zložke. V abiotickej forme spolu s vápnikom tvorí komplex zlúčeniny uhličitanu vápenato-horečnatého, ktorý je hlavnou zložkou horniny dolomit. V biotickej zložke sa ako dvojmocný kation Mg^{2+} uplatňuje na prenose fosforu v energeticko-metabolickom systéme bunky: $\text{ATP} \xrightleftharpoons{\text{Mg}^{2+}} \text{ADP} + \text{energia}$. Vo vodnom prostredí sa horčík vyskytuje zvyčajne v dostatočnom množstve (až do niekoľkých desiatok mg.l^{-1}). Ako limitujúci element pre rozvoj fytoplanktónu môže pôsobiť len vo vodách s vysokým obsahom sodíka, kde je nahradzovaný práve sodíkom.

V prírode je podstatná časť kremíka viazaná v horninách s obsahom živcov. Vďaka oxidu uhličitému a vode sa prostredníctvom chemického zvetrávania uvoľňuje do vodného prostredia rozpustný oxid kremičitý. Jeho obsah sa v sladkých vodách zvyčajne pohybuje

je od niekoľkých desiatín až do niekoľkých desiatok mg.l^{-1} . Následne je kremík vo forme kyseliny kremičitej využívaný hlavne planktonickými riasami (napr. rozsievky, bičíkaté chryzomonády), ktoré majú povrchové štruktúry (schránky, cysty) impregnované oxidom kremičitým. Kremík sa podieľa aj na stavbe oporných ihlíc u hubiek (Porifera). Kremík viazaný v biotickej zložke sa následne po odumretí organizmu stáva súčasťou dnových sedimentov, z ktorých sa jeho malá časť uvoľňuje len za špecifických anaerobných podmienok. Práve tento fakt výrazne sťažuje kolobeh kremíka medzi živou a neživou zložkou vo vodnom ekosystéme.

Rozpustené organické látky

Okrem biogénnych prvkov a ich zlúčenín sa bežne vyskytujú vo vodnom prostredí látky rôzneho organického pôvodu. Sú to prevažne produkty metabolizmu, látky uvoľňujúce sa pri rozklade organickej hmoty, rôzne vitamíny a enzýmy. Niektoré tieto látky môžu vo vodnom prostredí pôsobiť pozitívne, ale aj negatívne až toxicky na ostatné organizmy. Napríklad sinice produkujú cyanotoxíny, ktoré sa hromadia zväčša vo vnútri ich buniek a do vody sa uvoľňujú až pri rozklade vodného kvetu. Cyanotoxíny u človeka vyvolávajú najmä poruchy tráviaceho traktu, rôzne alergické reakcie, ochorenie pečene, toxicky pôsobia taktiež na nervovú sústavu. Ďalšiu skupinu organických látok akumulujúcich sa vo vodných nádržiach tvoria nedokonale rozložené rastlinné zvyšky a humínové kyseliny. Schopnosť humínových kyselín viazať ťažké kovy má cez primárnych producentov výrazný dosah na produktivitu celého vodného ekosystému. V prostredí s dostatkom kyslíka vytvárajú humínové kyseliny pevné komplexy so železom a fosforom. V anoxickom prostredí sa železité zlúčeniny redukujú na železnaté a súčasne sa do vody uvoľňujú humínové látky, fosforečnany a amoniak. Vysoký obsah humínových látok vo vodnom prostredí (dystrofné jazerá a vodné nádrže) spôsobuje ich žltohnedé až hnedé sfarbenie.



Obr. 15. Schéma foriem, transportu a kolobehu síry vo vodnom prostredí.

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- Davies-Colley R., Wilcock B., 2004. Water quality and chemistry in running waters. In: Harding J., Mosley P., Pearson C., Sorrell B., (eds.). Freshwaters of New Zealand. New Zealand Hydrological Society and New Zealand Limnological Society, Caxton Press, Christchurch, 11.1 – 11.17. 31
- Drake M.J., 2005. Origin of water in the terrestrial planets. *Meteoritics & Planetary Science* 40, 4, 519–527.
- Greene, B. 2013. How Did Water Come to Earth? *Smithsonian magazine*,
<http://www.smithsonianmag.com/science-nature/how-did-water-come-to-earth-72037248/>
- Ilavský J., Barloková D., Biskupič F., 2008. *Chémia vody a hydrobiológia*. STU, Bratislava, 303s.
- Kasting J.F., 2003. The origins of water on Earth. *Scientific American*, p. 28–33.
- Lelák J., Kubiček F., 1991. *Hydrobiologie*. Karlova Univerzita, Praha, 256s.
- Wetzel R.G., 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*, 3rd Edition. Academic Press, London, 1006s.

EKOSYSTÉM VODNÉHO TOKU

Tomáš Derka

Ekosystém vodného toku

Ekosystém je štruktúrally a funkčný celok tvorený spoločenstvom organizmov, ktoré sú spolu s neživým prostredím navzájom spolu prepojené ako systém. Biotické a abiotické zložky sú spojené tokom energie cez systém a kolobehom hmoty vo vnútri systému. Vo všeobecnosti sa predpokladá, že energia zvonka je fixovaná vo vnútri systému (napr. svetelná energia je fixovaná zelenými rastlinami) a následne premenená na teplo heterotrofnými organizmami. Aktivita heterotrofných organizmov takisto uvoľňuje látky (napr. CO_2), ktoré sa opäť využijú pri fixácii energie.

Vodný tok je zložitý systém, ktorý je súčasťou krajiny, ktorou preteká a s ktorou je vo vzájomných interakciách. Od žblnkajúcich horských potôčkov po mútne nízinné rieky sa mení množstvo fyzikálno-chemických parametrov, ako sú hĺbka a šírka toku, rýchlosť prúdenia, teplota, obsah kyslíka, substrát, zákal, rozsah riečnej nivy, ktoré spolu určujú charakter jeho biocenóz (obr. 16).

Hlavné ukazovatele ekologickej integrity vodného ekosystému sú (Karr et al. 1983):

1. Zdroj energie – druh, množstvo a podiel jednotlivých alochtonných vstupov, primárna produkcia, sezónne zmeny a množstvo dostupnej energie.
2. Kvalita vody – teplota, pH, kyslíkový režim, obsah živín, organických a anorganických látok (prírodných aj syntetických), ťažkých kovov, toxických látok.
3. Vodný režim – množstvo vody, sezónne zmeny hladín, ich vzťahy k zrážkam a charakteru toku.
4. Kvalita biotopov – typ substrátu, hĺbka vody, rýchlosť prúdu, prítomnosť a množstvo úkrytov, neresísk, diverzita biotopov.
5. Biologické interakcie druhov.



Obr. 16: Premeny Hrona od malého potôčika v hornom úseku (Hron v Telgárte) až nízinnú rieku (Hron v Kamenci). Foto: Peter Bitušík

Prúdenie vody je základnou charakteristikou riečneho ekosystému. Spôsobuje, že ekosystémy tečúcich vôd sú v mnohých ohľadoch špecifické. Väčšina energie pre menšie horské vodné toky a pre nížinné toky je viazaná v terestrických systémoch v povodí, len menšia časť v samotnom vodnom toku. Pri horských tokoch sú hlavným zdrojom energie brehové porasty, u nížinných riečna niva. Energia je vždy transportovaná do toku ako alochtonná organická hmota, napr. vo forme opadaného lístia. To znamená, že procesy fixácie a uvoľňovania energie sú oddelené. Ekosystém vodného toku je teda energeticky závislý na energii dodávanej zo suchozemského (terestrického) prostredia. Ďalším špecifikom riečneho ekosystému je kolobeh hmoty vo vodnom toku. Organická hmota transportovaná z terestrického prostredia nie je spracovaná na mieste, ale je unášaná prúdom do nižších partií toku, pričom je postupne spracovávaná konzumentami. Látky získané rozkladom organickej hmoty nie sú prístupné producentom, pretože sú takisto unášané prúdom a využité môžu byť až organizmami v dolných partiách toku. Aj čo sa týka anorganickej hmoty, je systém vodného toku kontrolovaný prevažne zvonka. Sú aj situácie, keď vodný tok exportuje hmotu do povodia (napr. záplavy na nížinných riekach, ktoré zanechávajú množstvo látok mimo koryta v zaplavovanej oblasti – inundácii). Je to však hmota z väčšej časti tokom iba transportovaná, pochádzajúca z terestrického prostredia vo vyššie situovaných častiach povodia. Vodné toky sú teda energeticky aj materiálne závislé od povodia a najlepšie sa dajú pochopiť len ako súčasť celého systému povodia.

Vodné toky sú z krátkodobého aspektu veľmi premenlivé systémy. Mnohé parametre sa pravidelne alebo nepravidelne menia (trasa a tvar koryta, prietok, teplota a iné). Takéto, často náhle zmeny, majú veľký vplyv na biotu toku, avšak zmeny trasy koryta, záplavy a suchá sú prirodzenou vlastnosťou vodných tokov. Na takéto zmeny sú preto ich biocenózy dobre adaptované a z dlhodobého aspektu sú riečne ekosystémy veľmi stále. Ide o odolnosť v zmysle reziliencie, teda schopnosti systému vrátiť sa po odoznení rušivého vplyvu do pôvodného stavu.

Členenie riečneho ekosystému

Každý riečny systém pozostáva z dvoch komponentov obývaných príslušnými organizmami:

1. povrchová voda (reopelagiál) – hlavným faktorom prostredia je turbulentné prúdenie vody, hoci v lenitických častiach tokov sa môže blížiť charakteru stojatých vôd
2. riečne sedimenty tvoriace riečisko.

Ďalšie členenie vrstvy riečných sedimentov je nejednotné. Kedysi sa verilo, že riečny systém sa skladá iba z tečúcej povrchovej vody a povrchu pod ňou ležiacich sedimentov. Až v 30-tych rokoch sa objavili názory, že bentická fauna môže prenikať do sedimentov hlbšie než sa pôvodne myslelo. V 60-tych rokoch boli publikované prvé detailnejšie štúdie tohto novoobjaveného prostredia nazvaného podriečne dno (hyporeál). Povrchová vrstva dna koryta toku sa označuje aj termínom bentál. Hĺbka je rádovo niekoľko centimetrov,

skladba sedimentov závisí od podložia, spádu, rýchlosti a množstva vody. Vodný tok v úsekoch, kde má veľký spád eroduje geologické podložie. Erodovalý materiál sa postupne rozdrobuje, z kameňov sa mení na stále jemnejší štrk, piesok až bahno. Kým v horných úsekoch tokov prevláda erózia, v stredných úsekoch sa striedajú úseky erózie a depozície. Neustále prekladanie rozvetveného koryta je typická črta tzv. divočiach riek. V nížinných tokoch dominuje ukladanie sedimentov, vytvára sa mohutné štrkopieskové alúvium – riečna niva. U prirodzených vodných tokov je veľká časť povrchu koryta zaplavovaná iba periodicky, väčšina tzv. riečiskových sedimentov býva počas roka na suchu. Riečiskové sedimenty rozširujú a stabilizujú celý riečny systém. Sú nezávislé na povrchovom prietoku a koryto zaplňajú od brehu ku brehu. Jeho skladba pod povrchovo vysušenými miestami je veľmi podobná skladbe pod zaplavenými časťami. Pretože vysušené povrchové vrstvy sú neobývateľné pre vodné organizmy, ich početnosť (abundancia) je na takýchto miestach výrazne redukovaná. Dôležitou vlastnosťou občasne vysušovaných častí koryta je schopnosť zadržiavať partikulovanú organickú hmotu (POM), ktorá je u nich oveľa väčšia ako u permanentne zaplavených častí. To je veľmi významné najmä u tokov, kde nie sú vyvinuté iné zadržiavajúce (retenčné) štruktúry, ako napr. prehrádzky z naplavených kmeňov a konárov alebo členité brehy. Retenčná kapacita je veľmi dôležitý ekologický faktor v systémoch tečúcich vôd, pretože alochtónna organická hmota je hlavným energetickým zdrojom



Obr. 17: Štrkopiesková niva (alúvium) Hrona (Hron v Juri). Foto: Peter Bitušík

spoločenstva vodného toku a jej prísun je v miernych zemepisných šírkach veľmi nerovnomerný (80 % jej celkového množstva sa dostáva do vodných tokov počas septembra a októbra).

Energetické zdroje riečneho ekosystému

Organizmy obývajúce riečny ekosystém sa podľa zdroja energie a typu látok, ktoré prijímajú delia na dve principiálne odlišné skupiny: autotrofné a heterotrofné. Najdôležitejšími autotrofnými organizmami tečúcich vôd sú zelené rastliny, riasy, niektoré baktérie a sinice. Heterotrofné sú všetky živočíchy, huby a baktérie, ktoré sa živia spracovávaním mŕtvej organickej hmoty. Autotrofné organizmy spolu s mikroskopickými heterotrofnými organizmami vytvárajú v tečúcich vodách organické látky a energiu, dostupné pre konzumenty na vyšších trofických úrovniach.

Medzi **makrofyty** (pozri kapitola Vodné rastliny) radíme cievnaté rastliny, machy a niektoré riasy dosahujúce väčších rozmerov (napr. vláknitá zelená riasa *Cladophora*, obr. 18).

Perifytón sú spoločenstvá nárastov na dne a ponorených predmetoch. Obaľujú prakticky každú čiastočku substrátu a každý ponorený predmet, pokiaľ majú vhodné podmienky. Hlavnými zložkami perifytónu sú rozsievky, zlatisté riasy (Chrysophyta), červenoočká (Euglenophyta), zelené (Chlorophyta) a červené riasy (Rhodophyta) a sinice (Cyanophyta). Abundancia a druhové zloženie perifytónu sú sezónne aj lokálne premenlivé. Perifytón spoluvytvára tzv. **biofilm**, ktorý je definovaný ako biomasa mikroorganizmov a ich organických výlučkov (vo forme exocelulárnych polymérov) prilnutých na povrchu častíc substrátu. Zástupcovia všetkých skupín tvoriacich perifytón (okrem červených rias) sú aj zložkou fytoplanktónu, teda autotrofných organizmov vznášajúcich sa vo voľnej vode. Hlavnými zložkami sú rozsievky, sinice a zelené riasy. Riečny planktón (fyto aj zooplanktón) je prevažne výsledkom unášania drobných organizmov z bentosu, ramien, jazier a nádrží. Pravý riečny **planktón** sa môže vyvinúť iba v pomalých nížinných riekach, kanáloch a v tokoch zarastených makrofytmami. Aby mal dostatočný čas na kolonizáciu a reprodukciu musí byť dostatočná dĺžka toku a čas zadržania vody. Zjednodušene sa dá povedať,



Obr. 18: *Cladophora aegagropila*. Foto: © Nigel Holmes

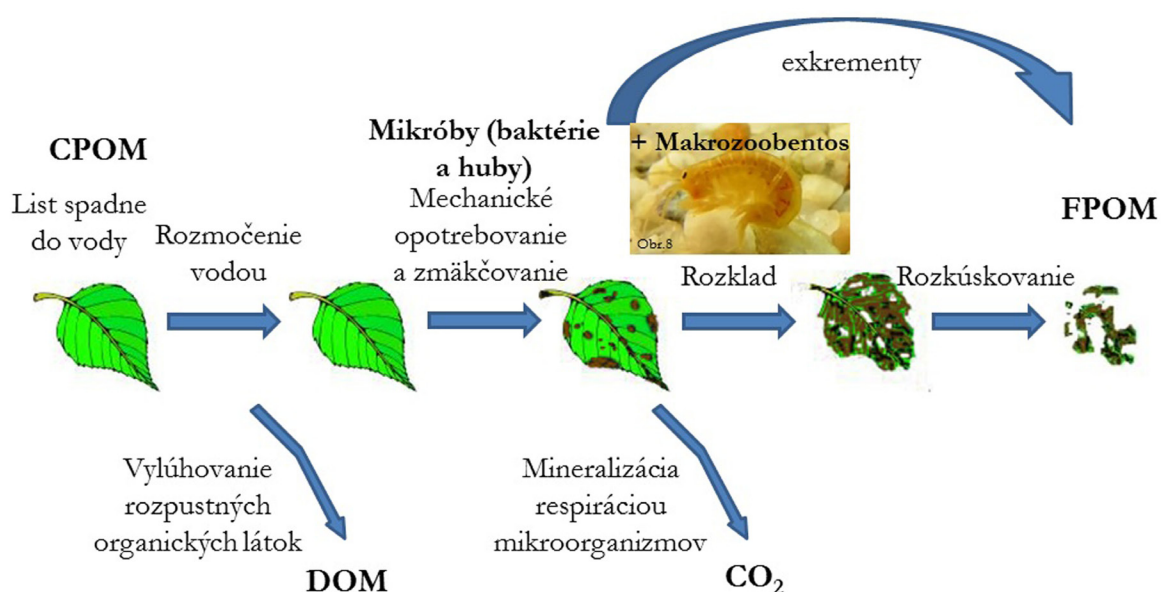
že perifytón a machy prevládajú v horných úsekoch vodných tokov, makrofyty v riekach stredných veľkostí, zátokách, ramenách a pozdĺž brehov nížinných riek a fytoplanktón sa rozvíja len vo veľkých nížinných riekach.

Významný podiel na celkovom množstve energie v riečnom ekosystéme má **neživá organická hmota**. Táto je konzumovaná dekompozítormi a detritivormi, prostredníctvom ktorých sa dostáva do vyšších trofických úrovní. Heterotrofné organizmy potrebujú pre svoju existenciu zdroj neživej organickej hmoty a prítomnosť mikroorganizmov (baktérií a húb). V riečnom ekosystéme rozoznávame tri základné veľkostné kategórie neživej organickej hmoty:

1. **Hrubá partikulovaná organická hmota** – častice nad 1 mm. Ide hlavne o listy stromov (najvýznamnejší zdroj), kvety, zvyšky makrovegetácie, drevo, výkaly živočíchov ap.
2. **Jemná partikulovaná organická hmota** – častice medzi 1 mm a 0,5 μm . Vzniká hlavne rozkladom hrubej partikulovanej organickej hmoty, ďalšie zdroje sú výlučky drobných konzumentov, odumreté telá rias, mikroorganizmov ap.
3. **Rozpustená organická hmota** – častice menšie ako 0,5 μm . Sú to extracelulárne výlučky a výluhy z rias a makrofýt, výluhy z exkrementov, organické látky splavené dažďom z vegetácie ap.

Časť týchto látok vzniká priamo v toku, časť pochádza z terestrického prostredia. Tieto zdroje výrazne prevyšujú energiu transformovanú vo vodnom toku fotosyntézou. Hlavne v malých zatienených tokoch sú možnosti fotosyntézy obmedzené, zatiaľ čo brehové porasty sú významným zdrojom alochtónnej organickej hmoty. Autotrofia prevláda iba za

Premena CPOM na FPOM



Obr. 19: Schematické znázornenie rozkladu hrubej organickej hmoty na jemnú organickú hmotu. Autor: Igor Kokavec

podmienok priaznivých pre vysokú primárnu produkciu. Môže to byť obmedzené sezónne (napr. na jar, keď sú stromy ešte bez lístia) alebo typom toku. Takýmto, na autotrofnej báze fungujúcimi systémami, sú toky v arídnych oblastiach, stepiach a savanách, nad hornou hranicou lesa, stredne veľké rieky s dnom porasteným makrofytmami a veľké rieky v čase rozvoja fytoplanktónu. Významnými autotrofmami sú aj makrofyty v príbrežnej zóne a ramenách veľkých riek. Rozpustená organická hmota je najväčšou zásobárňou organického uhlíka v tečúcich vodách. Je zdrojom energie pre baktérie, prostredníctvom ktorých sa dostáva do ďalších trofických úrovní. Všetka rozpustená organická hmota pochádza ako prírodný biologický produkt z pôdy, rastlín alebo organickej hmoty vo vode. Časť je produktom procesov prebiehajúcich v samotnom toku, ako sú vylúhovanie listov (v jeseni pochádza z tohto zdroja až 40 % rozpustenej organickej hmoty) a inej partikulovanej organickej hmoty, časť pochádza z extracelulárnych výlučkov rastlín. Asi polovica masy DOM je tvorená tvorená organickým uhlíkom. Rozpustená organická hmota obsahuje okrem rozpustených organických látok, aj menšie baktérie, vírusy a časť koloidnej organickej hmoty. Približne 10–25 % rozpustenej organickej hmoty pozostáva z identifikovateľných molekúl známej štruktúry ako sú uhľohydráty, mastné kyseliny, aminokyseliny ap. Zvyšných 50–75 % (niekedy až do 90 %) sú humínové kyseliny a fulvokyseliny. Rozpustená organická hmota je vysoko labilný zdroj, spotrebovaný vo veľmi krátkom čase (desiatky hodín, maximálne niekoľko dní).

Odstraňovanie rozpustenej organickej hmoty z vody prebieha biotickými aj abiotickými procesmi. Základné biotické procesy sú využitie mikroorganizmami, hlavne baktériami, asimilácia organického uhlíka do biomasy mikroorganizmov, konzumácia tejto heterotrofickej produkcie a jej eventuálna premena dýchaním (respiráciou) na CO_2 . Abiotickými procesmi ako rozpúšťanie, adsorpcia, flokulácia, zrážanie a fotochemická deštrukcia sa rozpustená organická hmota dostáva z roztoku a môže byť premenená na drobné čiastočky. Mikroorganizmy sú asociované s organickými vrstvičkami obalujúcimi jednotlivé častice substrátu – **biofilmom**. Sú to miesta primárneho zachytávania a spracovania rozpustenej organickej hmoty v malých tokoch, zatiaľ čo vo väčších riekach môžu byť dôležité vo vodnom stĺpci rozptýlené baktérie. Organické vrstvičky sú tvorené baktériami, hubami, riasami, prvokmi a mikroskopickými mnohobunkovcami, spoločne s exoenzymami a čiastočkami detritu, zachytenými v želatinóznej hmote polysacharidov. Viac ako 80% biomasy organického uhlíka je tvorených vrstvičkou exocelulárnych sacharidov. Táto mŕtva organická hmota predstavuje vysoko aktívny povrch, ktorý zachytáva rozpustené a veľmi jemné čiastočky organickej hmoty a tým umožňuje jej využitie živočíšnymi konzumentami. Vysoká metabolická aktivita mikroorganizmov na povrchu biofilmu je pravdepodobne spôsobená akumuláciou exoenzymov v jeho vnútri, ktorá umožňuje baktériám premeniť zdroje zo syntézy exoenzymami na mikrobiálny rast. Transformácia energie vo vnútri biofilmu zahŕňa premenu svetelnej energie na chemickú fotosyntézou rias, adsorpciu a spracovanie heterotrofického uhlíka mikroorganizmami a vnútorné transféry pros-

tredníctvom extracelulárnych výlučkov a rozkladu buniek. Kvantitatívny význam biofilmu jasne vidno z faktu, že pomer medzi organickým uhlíkom viazaným v bentickej makrofaune a celkovým organickým uhlíkom v riečnych sedimentoch bol zistený rádovo 1:105 (Leichtfried 1991).

Dynamika riečneho ekosystému

Štúdium ekosystému musí zahŕňať neživú hmotu i biotu. Štúdium toku energie (vyjadrenej ako organická hmota alebo uhlík) a tokov neživej hmoty (chemické prvky, minerálne látky alebo živiny) sú základnými oblasťami ekologického výskumu na ekosystémovej úrovni, pretože nám umožňujú poznať vzťahy medzi jednotlivými zložkami ekosystémov.

Dynamika anorganických látok rozpustených vo vode závisí od ich transportu vo vodnom stĺpci a od transportných procesov spájajúcich vodný stĺpec s dnom a brehmi vodného toku a s okolitou krajinou. Záujem biológov sa koncentruje hlavne na prvky nevyhnutné pre život, ktorých prísun potenciálne limituje metabolické procesy v tokoch. Tieto voláme **živiny**. Anorganické látky sa líšia aj svojou využiteľnosťou pre organizmy. Tzv. konzervatívne látky sú unášané vodným tokom bez toho, aby významnejšie ovplyvnili biotu. Reaktívne látky, najmä tie, ktoré regulujú metabolické procesy, sú vo vodnom toku činnosťou organizmov zadržované a dočasne ukladané. Ich dynamika môže byť výrazne ovplyvnená biotickými i abiotickými procesmi. C, N, P a Si sú najviac zastúpenými prvkami. Koncentrácie dusíka a fosforu sú nízke v neznečistených vodných tokoch. Následkom antropogénnych vplyvov, ako sú splachy priemyselných hnojív a vypúšťanie komunálnych a priemyselných odpadových vôd, je zvýšená koncentrácia živín vo väčšine veľkých riek mierneho pásma. Pomer N:P väčšinou presahuje 16:1, čo znamená, že dusík je v nadbytku. Koncentrácia dusíka a fosforu v riekach často vysoko prekračuje hodnoty, ktoré spôsobujú eutrofizáciu stojatých vôd. Ak je takáto rieka prehradená, môže dochádzať k prudkým rozvojom biomasy rias a siníc s vážnymi dôsledkami pre biotu nádrže i samotného toku pod nádržou.

Cyklus (kolobeh) živín (pozri podkap. Formy a kolobeh biogénnych prvkov vo vodách) opisuje v ľubovoľnom ekosystéme cestu jedného atómu alebo prvku zo stavu, v ktorom existuje ako rozpustená dostupná živina, cez inkorporáciu do živých pletív primárnych producentov a cestu cez niekoľko článkov potravného reťazca, až po jeho eventuálny výdaj exkréciou a rozkladom, ktorými sa znovu dostáva medzi rozpustené dostupné živiny. Vo väčšine ekosystémov prebieha tento proces na jednom mieste s minimálnym podielom transportu. V tečúcich vodách musíme vziať do úvahy aj transport. Atóm alebo prvok sa vo vodnom stĺpci nachádza ako rozpustená živina, je transportovaný na určitú vzdialenosť, potom zabudovaný do živej hmoty a eventuálne cez neživú organickú hmotu vrátený do vody ako rozpustená živina. Cyklus zahŕňa aj poprúdový transport, je teda lepšie opisovať ho ako špirálu. Transport látok pozdĺž toku nie je rovnomerný. V každom toku sú miesta so zvýšenou akumuláciou na dne (tíšiny, zátočiny), mení sa aj spolu s prietokom a zmenami

biologickej aktivity.

Podľa **konceptu špirálového kolobehu živín** (Newbold et al. 1981) je dĺžka špirály (S v metroch) súčtom transportu atómu prvku v dvoch rozličných stavoch: ako rozpustená anorganická látka vo vodnom stĺpci a ako biota.

$$S = S_w + S_B$$

S_w je dĺžka dráhy, ktorú prejde atóm ako roztok anorganickej látky (minerálna živina) odkedy sa stane dostupným vo vodnom stĺpci, až pokiaľ je prijatý a zabudovaný do tiel organizmov (biota). S_B vyjadruje dĺžku dráhy, ktorú prejde atóm v rámci bioty, než je vylúčený späť do vody a je teda dokončená jedna fáza cyklu. Biota je vo všeobecnosti spojená s dnom vodného toku ako prisadnuté mikroorganizmy, perifytón a bentické bezstavovce. Atóm prejde veľkú vzdialenosť vo vodnom stĺpci ako roztok anorganickej látky. S_w býva teda väčšie ako S_B . Nízke hodnoty S_w (krátke vzdialenosti) odrážajú väčší príjem živín (vyššiu biologickú aktivitu) a teda intenzívnejšie obiehanie atómu v danom úseku toku. Hustota špirály je ukazovateľom schopnosti vodného toku zadržať a využiť živiny. Látkový kolobeh ovplyvňuje množstvo abiotických i biotických faktorov. Vysoké prietoky znižujú možnosť príjmu živín organizmami, predlžujú teda poprúdový transport. Nízke prietoky, retenčné štruktúry v koryte, výmena medzi podpovrchovým a povrchovým tokom zvyšujú možnosti príjmu živín, skracujú S_w . Biologické odčerpávanie živín z tokov je záležitosťou najmä autotrofných organizmov a mikroorganizmov. Najväčšie je keď dosahujú veľké biomasy a populácie sú metabolicky aktívne. Živočíchy môžu konzumáciou rias a mikroorganizmov redukovať alebo stimulovať produktivitu a spotrebu živín. Mierna konzumácia (spásanie) stimuluje produktivitu a teda aj príjem živín. Väčšia konzumácia znižuje množstvo nárastov a mikroorganizmov a pravdepodobne aj príjem živín. Živočíchy ovplyvňujú dynamiku živín aj exkréciou, produkciou exkrementov, menením veľkostí častíc partikulovanej organickej hmoty, ukladaním živín do biomasy konzumentov a ich migráciami.



Obr. 20: Porovnanie dvoch úsekov potoka Vydrice s rozličnou retenčnou schopnosťou. Vľavo vyššia a vpravo nižšia retenčná schopnosť. Foto: Eva Bulánková

Riečne systémy sú veľmi otvorené. Export je najvýznamnejší proces, najmä počas zvýšených prietokov. Mimoriadne dôležitá je preto schopnosť toku dočasne zadržiavať organickú hmotu, ktorú voláme **retenčná kapacita**. Je vysoká pri nenarušených povodiach, kde je väčšina organickej hmoty transportovaná až po jej spracovaní na malé čiastočky a DOM. Retenčné štruktúry ako balvany a prehrádzky z konárov spomaľujú pohyb vody a materiálu v menších tokoch, čím zvyšujú množstvo organickej hmoty využitej konzumentami a znižujú poprúdový export. Dôležité sú rozličné biologické a fyzikálno-chemické procesy, ktorými je organická hmota zachytávaná, aby bola zabudovaná do tiel organizmov. Miesta akumulácie organickej hmoty za prekážkami v toku vykazujú vysokú aktivitu heterotrofných organizmov. Na takýchto miestach bola nameraná takmer 3-krát vyššia respirácia v porovnaní s inými sedimentami toho istého toku. Biomasa makrovertebrát bola viac ako 5-krát vyššia. Odstránenie prehrádzok z konárov na 175 metrovom úseku malého potoka viedlo k 2,5-násobnému zvýšeniu exportu organickej hmoty. Export jemnej partikulovanej organickej hmoty vzrástol 7-krát, hrubej partikulovanej organickej hmoty 2,5-krát. U rozpustenej organickej hmoty bol nárast iba mierny – 18%. Pred odstránením prehrádzok tvorila rozpustená organická hmota 70% exportovanej transportovanej organickej hmoty. Po ich odstránení tvoril podiel rozpustenej organickej hmoty iba 30%. Ako sa vodný tok zväčšuje, sú prehrádzky zriedkavejšie a ich význam klesá. Ďalšími významnými parametrami ovplyvňujúcimi retenciu sú substrát, geomorfológia vodného toku a hydraulický režim. Retenčné mechanizmy sú rozdielne pre hrubú a jemnú partikulovanú organickú hmotu. Taktiež sa odlišujú pri normálnych a zvýšených prietokoch. Ak odstránime retenčné štruktúry, vodný tok sa mení na kanál spôsobujúci, že sú všetky vstupy zo systému čo najrýchlejšie odvedené.

Drevo (kmene stromov, konáre) akumulované vo vodných tokoch vytvárajú nenahraditeľné retenčné štruktúry (Benke & Wallace 1990). Okrem toho predstavuje zdroj priestoru a potravy pre vodné bezstavovce a ryby. Vodné bezstavovce môžu konzumovať priamo drevo, častejšie však biofilmy, ktoré sa na drevených povrchoch vytvárajú a lístie, ktoré sa na dreve zachytáva. Drevo slúži ako mikrohabitat, poskytuje úkryt priamo v dreve a pod zvyškami kôry. V tokoch kde absentujú tvrdé povrchy (napr. toky s piesočnatým dnom) predstavuje jediný substrát, kde sa mnohé druhy môžu prichytiť. Prítomnosť alebo neprítomnosť dreva môže teda významným spôsobom ovplyvniť štruktúru a produkciu spoločenstiev vodných bezstavovcov aj rýb (Siemens et al. 2005).

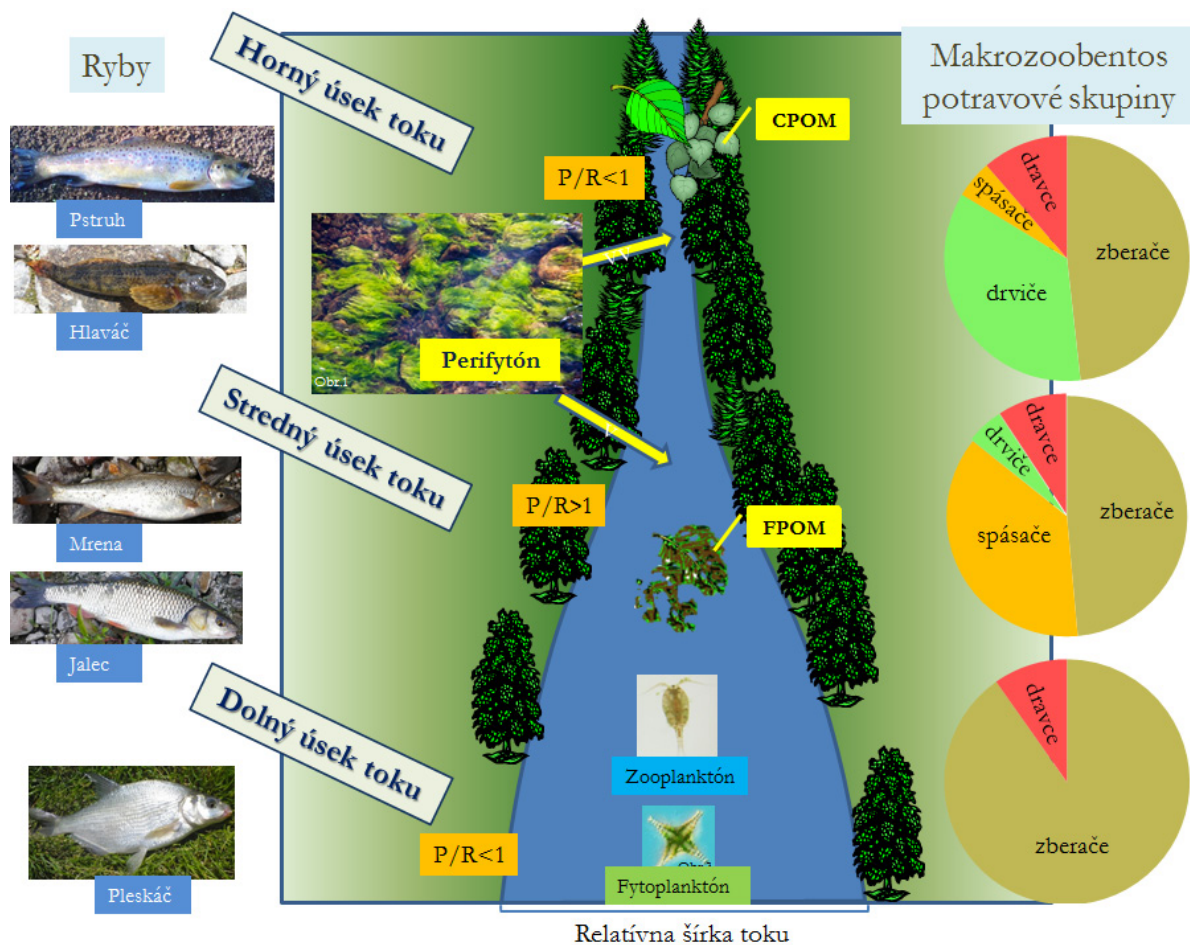
Význam jednotlivých energetických vstupov sa mení v závislosti na charaktere a veľkosti toku. V pramennom potoku v listnatom lese tvorí až 99% energetických vstupov alochtónna organická hmota, z ktorej je asi 65 % exportovanej dole prúdom. Podiel alochtónnych vstupov a autochtónnej primárnej produkcie sa v tokoch mierneho pásma mení sezónne. Primárna produkcia rastie v období, keď tok nie je zatienený korunami stromov. V arídnych oblastiach je autochtónna primárna produkcia hlavným zdrojom energie. Vo veľkých



Obr. 21: Drevo v zachovalom podhorskom toku Stužica. Foto: Eva Bulánková

nížinných riekach klesá význam prísunu organickej hmoty z vyššie položených častí povodí (Junk et al. 1989).

Koncept riečneho kontinua (River Continuum Concept – RCC), navrhnutý severoamerickými autormi (Vannote et al., 1980), je pokusom o vytvorenie modelu, ktorý by integroval geomorfologické charakteristiky toku so štruktúrou a funkciou biologických spoločenstiev. Vodné toky sú otvorené systémy. Toky od horných úsekov k dolným vykazujú viac-menej plynulé (kontinuálne) zmeny fyzikálnych faktorov (šírka, hĺbka, rýchlosť prúdenia, prietok, teplota vody, stupeň entropie). Organizmy a spoločenstvá v pozdĺžnom profile toku a v riečnej sieti sa vyvíjajú v súlade s podmienkami okolitého prostredia. Podľa teórie RCC je biologická zložka ekosystému vodného toku adaptovaná na tieto gradienty fyzikálnych faktorov a vytvára kontinuum. Pozdĺž úsekov tokov charakterizovaných viac-menej rovnakými fyzikálnymi faktormi sa utvárajú spoločenstvá organizmov, ktoré sú v rovnováhe s fyzikálnymi parametrami toku. Dochádza ku kontinuálnej výmene resp. nahradzaniu druhov, pričom celý tento proces smeruje k optimálnemu využívaniu dostupných zdrojov energie v danom priestore. Model pomáha vysvetliť napr. dôsledky úprav tokov, ktoré po zmene priečného profilu koryta a po odstránení brehovej a sprievodnej vegetácie vyvolávajú reťazovú reakciu v druhovej, hustotnej a v trofickej skladbe spolo-



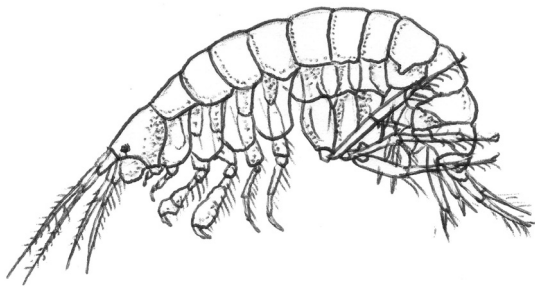
(podľa Vannote et al. 1980)

Obr. 22: Zobrazenie konceptu riečneho kontinua (RCC). Upravil: Igor Kokavec.

čerstva.

Štruktúra spoločenstva jednotlivých úsekov tokov je závislá na zdrojoch energie a forme látok, ktoré sa do systému dostávajú. Napríklad v pramenných úsekoch tokov sa do nich dostáva veľké množstvo alochtónnej organickej hmoty vo forme lístia opadaného z pobrežnej vegetácie. Hrubá mŕtva organická hmota sa postupne rozkladá na jednoduchšie zložky, ktoré sa zapájajú do ďalších častí kolobehu látok, pričom sú transportované dolu prúdom. Časť vstupných látok sa ukladá ako zásoby (napr. sedimenty), časť sa realizuje v živej biomase organizmov a ich odpadných produktoch. Takto sú ekologické pomery spodnejších úsekov tokov závislé na procesoch prebiehajúcich v horných úsekoch.

Ukazovateľmi dynamiky riečneho kontinua sú predovšetkým obsah organických látok vo vode, druhová rozmanitosť organizmov (alfa-diverzita), teplotné rozdiely a pomer hrubej primárnej produkcie-P (množstvo fotosynteticky asimilovanej energie) a respirácie-R spoločenstva (množstvo energie spotrebovanej na dýchanie organizmov). V poslednom menovanom vzťahu sú najdôležitejšími faktormi svetlo a prísun a transport látok. Pre jednotlivé úseky platí: horný úsek (toky 1. až 3. rádu) $P/R < 1$; stredný úsek (toky 4. až 6.



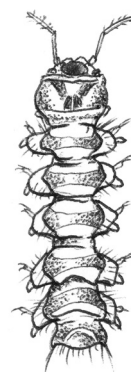
Obr. 23: Charakteristický predstaviteľ drvičov: kri-vák (*Gammarus* spp.). Kresba: Sebastian Elsemann



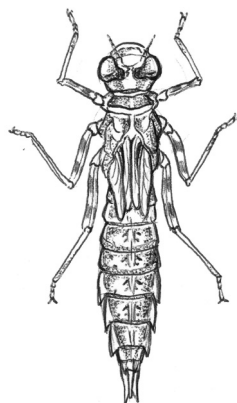
Obr. 24: Charakteristický predstaviteľ zberáčov zhrňáčov: máloštetinavec (*Oligochaeta*). Kresba: Sebastian Elsemann



Obr. 25: Charakteristický predstaviteľ zberáčov filtrátorov: muška (*Simulium*). Kresba: Sebastian Elsemann



Obr. 26: Charakteristický predstaviteľ zoškrabá-vačov: prísavkár (*Liponeura*). Kresba: Sebastian Elsemann



Obr. 27: Charakteristický predstaviteľ predátorov: larva vážky (*Odonata*). Kresba: Sebastian Elsemann

rádu) $P/R > 1$; dolný úsek (toky 7. rádu a väčšie) $P/R < 1$.

Mnohé horné toky sú ovplyvnené po-brežnou vegetáciou, ktorá zatienením redukuje primárnu produkciu a vytvára množstvo alochtónnehodetritu, ktorý je hlavným zdrojom potravy vodných or-ganizmov. K faktoru zatienenia pristu-puje aj faktor nízkej teploty vody. Spolu spôsobujú, že primárna produkcia je ob-medzená väčšinou len na riasové nárasty. Ako tok prechádza do otvorenejších údo-lí, zväčšuje sa jeho šírka, redukuje zatie-

nenie, plytká voda sa prehrieva.

V stredných úsekoch tokov s plytkou vodou maximálne vystavených slnečnému svetlu za-znamenávame najväčšiu produkciu nárastov a makrofytov. Ich celkový metabolizmus pre-

chádza z heterotrofného na autotrofný, tzn. že fotosyntetická produkcia zelených rastlín prevláda nad spotrebou organických látok pri dýchaní organizmov. Stabilný a rôznorodý substrát a kolísanie prietokov a teploty vody sú faktory spôsobujúce najvyššiu diverzitu zoobentosu v stredných úsekoch tokov.

V dolných úsekoch sa celkový metabolizmus spoločenstva opäť posúva k heterotrofii. Je to spôsobené zvýšenou hĺbkou a zákalom (veľké množstvo vodou unášaných jemných čias-točiek), čo má za následok znížený prísun svetla a tým aj zníženie fotosyntézy. Nestabilný jemný substrát neumožňuje život veľkému množstvu druhov bentických živočíchov. Veľmi dôležité je uvedomiť si, že v nížinných tokoch nastáva posun **metabolizmu** z dnových procesov do vodného stĺpca, od bentosu k planktónu a nektónu.

So zmenami metabolizmu tokov úzko súvisí význam jednotlivých **trofických funkčných skupín (gíld)** živočíchov v rôznych úsekoch. Bezstavovce môžeme rozdeliť do 4 skupín (detailnejšie pozri kapitola Makrozoobentos):

- **drviče** – živiace sa hrubou partikulovanou organickou hmotou (obr. 23),
- **zberače** – zberajúce partikulovanú organickú hmotu. Zberače sa ďalej delia na zhŕňачe (obr. 24), zberajúce partikulovanú organickú hmotu na dne a filtrátory filtrujúce partikulovanú organickú hmotu z vodného stĺpca (obr. 25),
- **zoškrabávače** – živiace sa perifytónom, resp. biofilmom (obr. 26),
- **predátory** – živiace sa inými živočíchmi (obr. 27).

V horných úsekoch tokov je metabolizmus spoločenstva založený na prísune energie z terrestrického prostredia. Prevládajú drviče hrubého rastlinného detritu (napr. kriváky, niektoré pošvatky a dvojkrídlowce). V stredných úsekoch dominujú zoškrabávače nárastov (napr. slimáky, viaceré dvojkrídlowce, podenky) a zberače jemného detritu na dne (napr. niektoré podenky, pošvatky, kriváky, tubifexy, pakomáre), pretože je tu najväčšia primárna produkcia a zároveň dostatočný prísun jemného detritu, vytvoreného v horných častiach povodí. V dolných úsekoch klesá zastúpenie tých, čo hľadajú potravu na dne a vzrastá zastúpenie filtrátorov (napr. niektoré potočníky, muškovité, lastúrniky) filtrujúcich potravu z prúdiacej vody. Je to spôsobené poklesom primárnej produkcie a jemným, nestabilným substrátom, ktorý poskytuje vhodné životné podmienky iba malej skupine na toto prostredie adaptovaných organizmov. Naopak rastie množstvo potravy voľne sa vznášajúcej vo vodnom stĺpci (planktón).

Teória RCC bola podrobená mnohým testom, ktoré poukázali aj na jej slabiny. Predpovede vytvorené na jej základe boli iba čiastočne úspešné, často nezodpovedali zisteným skutočnostiam. Pretože RCC bola vytvorená na tokoch prameniach v zalesnených oblastiach, nemôže platiť pre toky v arídnych oblastiach a pre toky prameniace v alpínskom pásme. V týchto prípadoch je metabolizmus spoločenstva založený na autochtónnej primárnej produkcii. Pritom vo veľkých nížinných riekach sú oveľa dôležitejšie interakcie rieky

s inundáciou. Kontinuita riečného systému je v prírodnom prostredí často narušená. Z prírodných faktorov pôsobiacich diskontinuálne možno spomenúť náhle zmeny reliéfu, vplyv prítokov, zmeny geologického podložia, lokálne zvláštnosti toku (štruktúra dna, tvar koryta) atď. K týmto činiteľom sa významne pripája činnosť človeka. Priehrady, regulácie tokov, likvidácia brehových porastov, odlesňovanie v povodiach či znečisťovanie vôd sú faktory pôsobiace výrazne diskontinuálne.

Koncept záplavového pulzu (Flood Pulse Concept - FPC)

Ďalším nedostatkom RCC bolo, že kládla prílišný dôraz na FPOM importovanú z vyššie ležiacich častí povodia. To vyplynulo z toho, že táto teória bola založená hlavne na výsledkoch z menších tokov v zalesnených oblastiach mierneho pásma, ktoré prechádzajú do viac-menej regulovaných nížinných riek v oblastiach dlhodobo antropicky ovplyvnených. Význam záplav na drobných tokoch je nižší, záplavy sú náhodné, krátko trvajú a úpravami tokov sa dajú zvyčajne jednoducho eliminovať. Preto bol význam záplav v prvej verzii RCC prakticky ignorovaný. Nivy veľkých nížinných riek boli študované oddelene ako mokrade niekde na pomedzí vodného a terestrického ekosystému a pri ich štúdiu chýbal holistický prístup. Až v roku 1989 Junket al. publikovali na základe osobných skúseností z výskumu na strednom toku Amazonky a Mississipikoncept záplavového pulzu, kde sa zamerali na laterálnu výmenu vody, živín a organizmov medzi riečnym korytom (resp. jazerom) a prilahlou inundáciou – riečnou nivou. Periodické vysušanie a záplavy (záplavové pulzy) sú vedúcou silou ovplyvňujúcou systém rieka - niva. Riečna niva je podľa FPC integrálnou súčasťou systému, ktorá je periodicky napájaná a odpájaná od rieky, pričom sa vytvára dynamický ekotón na pomedzí vodného a suchozemského prostredia. FPC predpovedá, že množstvo a kvalita živín v nive bude závisieť od množstva a kvality rozpustených a suspendovaných živín v rieke, avšak zároveň hovorí, že vnútorné procesy v nive a mechanizmy transferu živín medzi vodnou a suchozemskou fázou silne ovplyvňujú cykly živín, primárnu aj sekundárnu produkciu a dekompozíciu. Záplava je zároveň silným narušením (disturbanciou), ktorá vedie k pravidelnému regresnému vývoju spoločenstva, a teda udržiava ekosystém v nezrelom, avšak vysoko produktívnom stave. FPC ďalej tvrdí, že veľká časť primárnej a sekundárnej produkcie systému rieka - niva prebieha na nive, zatiaľ čo rieka je hlavne dopravným prostriedkom pre vodu a rozpustenú a suspendovanú organickú hmotu. Rieka je takisto útočiskom pre vodné organizmy počas nízkych vodných stavov a slúži ako cesta pre aktívne i pasívne šírenie organizmov. Merania na Amazonke nad Manausom ukázali, že menej ako 1% organického uhlíka pochádzalo z vyšších partií povodia. Primárna produkcia fytoplanktónu tvorila 5,4% a perifytón prichytený na makrofytoch 1,5%. 90% produkcie organického uhlíka pochádzalo z akvatických a terestrických makrofytov v litorálnej zóne a inundácii a z lístia zo zaplavovaných lesov. Z toho je zrejmé, že pri nížinných riekach sú oveľa významnejšie interakcie medzi riekou a inundáciou ako procesy v samotnom koryte a transport organickej hmoty z vyššie ležiacich častí toku. Boč-



Obr. 28: Každoročné záplavy rieky Morava sú dôležité pre život žiabronôžok (dole) a štítovcov (hore) vyskytujúcich sa na zaplavených lúkach a lesoch. Foto: Igor Kokavec

ná (laterálna) spojitosť (konektivita) rieky a jej nivy je podstatne významnejšia ako pozdĺžna (longitudinálna) konektivita vodného toku, ktorá bola kľúčová u menších vodných tokov.

Mechanizmy zabezpečujúce stabilitu riečneho ekosystému

Jedným z mechanizmov, ktorý zabezpečuje rovnováhu v tečúcich vodách je **mechanizmus osídľovacieho alebo kolonizačného kolobehu**. Tento mechanizmus umožňuje ich trvalé celoročné osídlenie a kompenzuje úbytok organizmov strhávaných a unášaných prúdom. Bez tejto kompenzácie by boli za určitú dobu všetky organizmy splavené a tok by ostal pustý. Hlavné spôsoby kompenzácie úbytku organizmov sú:

1. **Drift** – bentické organizmy neustále unášané prúdom. Súčasťou driftu sú predovšetkým skoré vývinové štádiá bezstavovcov a jedince (larvy, kukly) dokončujúce metamorfózu, z ktorých sa liahnu priamo z vodnej hladiny dospelce. Drift je vyvolaný hydrologickými faktormi, z väčšej časti je však odrazom celkovej aktivity driftujúcich organizmov za daných podmienok prostredia. Prvé osídlenie sterilného substrátu driftujúcimi živočíchmi je pozorované už po niekoľkých hodinách, definitívne zloženie spoločenstva sa ustáli po niekoľkých týždňoch.
2. **Poprúdové a protiprúdové migrácie živočíchov po dne** – dôležitá je predovšetkým tzv. pozitívna reotaxia, tzn. že živočíchy sa orientujú a pohybujú proti prúdu, k čomu sú aj morfológicky adaptované. Ďalšou významnou vlastnosťou bentosu v silne prúdivých tokoch je pozitívna thigmotaxia, t.j. snaha udržiavať permanentný styk s podkladom. Ak je živočích odplavený prúdom, snaží sa čo najskôr opäť prichytiť k podkladu.
3. **Migrácie živočíchov medzi bentálom a podriečnym dnom (hyporeálom)** – pod-

riečne dno plní okrem iného aj funkciu dočasného útočiska (refúgia) pri povodniach, pri náhlom havarijnom znečistení, vyschnutí, vymrznutí toku ap. Po odznení disturbance môže byť príslušný úsek toku rýchlo osídlený organizmami ukrývajúcimi sa v podriečnom dne.

- 4. Vzdušná kolonizácia** – predovšetkým kompenzačné lety imág hmyzu proti prúdu, ale aj poprúdové a rôznosmerné výlety imág. Lety imág proti prúdu majú za cieľ znesenie vajíčok vo vyšších častiach toku. Vajíčka a larvy z nich vyliahnuté sú potom postupne splavované prúdom, takže imágo vyletí z vody približne tam, kde jeho rodičia.

Známou schopnosťou ekosystémov vodných tokov, ktorá patrí k autoregulačnému systému, je samočistenie. Do vodných tokov sa dostáva množstvo odpadových látok, ktoré ak by neboli odbúravané, by sa smerom po prúde postupne koncentrovali, až by spôsobili úplné zrútenie ekosystému. Sem nepatria len produkty ľudskej činnosti, ale aj tzv. prirodzené znečistenie napr. alochtónnymi organickými látkami. V procese samočistenia sa za pomoci fyzikálnych, chemických a biologických procesov odpadové látky odbúravajú. Účinnosť týchto procesov závisí od mnohých faktorov, z ktorých sú najvýznamnejšie koncentrácia a prísun rozpusteného O_2 , množstvo a druh látok (organické, anorganické, toxické), teplota vody, charakter dna a aktivita organizmov dna. Najdôležitejšie fyzikálne procesy sú riedenie, premiešavanie, vylúhovanie, sedimentácia, mechanická deštrukcia a prípadne odnos pevných látok. Z chemických procesov sú to oxidácia, neutralizácia, koagulácia, fotochemický rozklad atď. Pri biologických procesoch má najdôležitejšiu úlohu činnosť mikroorganizmov, ktoré mineralizujú organické látky alebo vstupujú ako potrava do vyšších článkov potravného reťazca. Koncentrácia O_2 je veľmi významným faktorom, pretože určuje, či bude samočistenie prebiehať rýchlejšie za aeróbnych podmienok alebo pomalšie pri anaeróbnych podmienkach. Konečné produkty rozkladu odpadových látok sú využité pri tvorbe biomasy organizmov, niektoré sú v rozpustnej forme unášané vodou, časť sa ukladá do riečnych alebo morských sedimentov a časť uniká v plynnej podobe do atmosféry. Samočistenie prebieha najrýchlejšie a najúčinnnejšie v nenarušených tokoch so zachovanými prirodzenými charakteristikami koryta. Dôležitá je najmä veľkosť povrchu substrátu, ktorá je u prirodzeného dna niekoľkonásobne vyššia ako je zodpovedajúca plochy hladiny. Častice substrátu sú obalené biofilmom, na ktorom prebieha najintenzívnejšie odbúravanie znečisťujúcich látok.

Všetky spomenuté mechanizmy (procesy) dokážu veľmi rýchlo po odznení katastrofického vplyvu, počas ktorého dôjde k narušeniu ekosystému, obnoviť jeho pôvodné funkcie a rovnováhu.

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- Angermeier, P.L., Karr, J.R., 1984: Relationships between Woody Debris and Fish Habitat in a Small Warmwater Stream. Transactions of the American Fisheries Society, Vol. 113, 6: 716 – 726.
- Benke, A.C., Wallace, J.B., 1990: Wood Dynamics in Coastal Plain Blackwater Streams. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1990, 47(1): 92-99.

- Elwood, J.W., Newbold, J.D., Trimble, A.F., Stark, R.W. , 1981: The limiting role of phosphorus in a woodland stream ecosystem: effects of P enrichment on leaf decomposition and primary producers. *Ecology*, 62/1: 146 – 158.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks,R.E., 1989: The flood pulse concept in river-floodplain system, p. 110-127. In: DP Dodge [cd.] *Proceedings of the International Large River Symposium*.Can. Spec. Publ. Fish.Aquat.Sci. 106.
- Karr, J.R., Toth, L.A., Garman, G.D., 1983: *Habitat preservation for midwest stream fishes: principles and guidelines*. United States Environmental Protection Agency, Corvallis, Oregon, USA. EPA-600/3-83-006.
- Leichtfried, M., 1991: POM in Bed Sediments of a Gravel Stream(Ritrodat-Lunz Study Area, Austria). *Verh. int. Ver. Limnol.* 24: 1921–1925.
- Newbold, J.D., Elwood, J.W. , O'Neill, R.V., Vann Winkle, W., 1981: Measuring Nutrient Spiralling in Streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38, 7, 860-863.
- Newbold, J.D., Steven A. T., G. W. Minshall, Colbert E. C., T. Georgian, 2005: Deposition, benthic residence, and resuspension of fine organic particles in a mountain stream. *Limnol.Oceanogr.*, 50(5), 2005, 1571 – 1580.
- Siemens, M., 2005: Praktische Erfahrungenmit dem Einbau von Totholzzur Förderung von Fischfauna und Fischerei.*Wertermittlungsforum*, 23, 52–57.
- Soldán T. 1981: Secondary sexual characters in mayfly larvae and their evolutionary significance (Ephemeroptera). // *Acta EntomologicaBohemoslovaca* 81: 29-39.
- Vannote, R. R., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, and C. E. Cushing, 1980: The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Ward, J.W., Stanford, J.A., 1993: An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. *J. North.Am. Benthol. Soc.* 12/1: 48 – 60.
- Ward, J.W., Stanford, J.A., 1995: The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. *Regulated Rivers: Research & Management*, Vol. 10: 159 – 168.

ANTROPICKÉ VPLYVY A REVITALIZÁCIA TOKOV

Tomáš Derka

Vplyv vodných stavieb na ekosystémy vodných tokov

Prehradenie toku patrí medzi najstaršie zásahy človeka do tečúcich vôd. Priehrady sa od seba líšia podľa veľkosti, tvaru, účelu a spôsobu prevádzkovania a vplyvu na ekosystém. Líšia sa aj spôsobom vypúšťania vody, ktoré môže byť realizované z povrchovej vrstvy (epilimnia), vrstvy pri dne (hypolimnia) alebo kombinované. Nádrže určené na zásobovanie vodou musia mať veľký objem permanentne zadrživanej vody. Vodárenské nádrže a priehrady zásobujúce zavlažovacie systémy sa naplňujú v čase vyšších prietokov a voda je následne využívaná v suchom období. Priehrady s protipovodňovou funkciou kontroľujúce prietoky, sú naopak prevádzkované prevažne s malým množstvom permanentne zadrživanej vody, aby v čase vysokých prietokov boli schopné zachytiť čo najväčší objem. Vypúšťajú sa čo najskôr, tak aby boli pripravené zachytiť ďalšiu povodňovú vlnu. Plavba vyžaduje nádrže v horných častiach riek, z ktorých sa nadlepšujú prietoky v suchých obdobiach. Môžu byť dopĺňané systémami stavidiel a plavebných komôr. Priehrady nad hydroelektrárnami vypúšťajú vodu a vyrábajú energiu podľa regionálnych energetických potrieb, ktoré môžu variovať sezónne alebo aj počas 24 hodín (tzv. špičkové elektrárne). Špičkové elektrárne sú prevádzkované tak, aby produkovali maximum elektrickej energie počas energetických špičiek. V tomto čase sú organizmy pod priehradou vystavované silným stresom, spôsobenými prívalovou vlnou. Takisto litorálne spoločenstvá v nádrži sú nepriaznivo ovplyvňované výrazným kolísaním hladiny, a teda opakovaným vysúšaním a zaplavovaním časti brehov. Naproti tomu, tzv. prietočné elektrárne, kde sú prítok a odtok z nádrže približne vyrovnané, majú zvyčajne menší negatívny vplyv.

Rozdiel medzi priehradami je aj v ich veľkosti a konštrukcii. Hať je jednoduchšia a nižšia, vzdutie hladiny prehradeného toku je menšie ako pri hrádzi, ktorá je stavebne zložitejšia, vyššia a hladinu prehradeného toku vzdúva rádovo niekoľkonásobne vyššie ako hať. Podľa charakteru vzdutia a doby zdržania, t.j. času potrebného na výmenu objemu vody v nádrži rozoznávame **zdrže** a **nádrže**. Pri zdržiach sa objem vody v zdrži vymení za niekoľko hodín, maximálne v priebehu 4 dní. Pri nádržiach výmena vody nastáva po niekoľkých týždňoch alebo mesiacoch. Príkladom zdrže je Čunovská zdrž na Dunaji, ktorej objem sa vymení v priemere po 36 hodinách. Nádržou je Oravská priehrada, pri ktorej sa to uskutoční v priemere až po 3 mesiacoch. Významným rozdielom je, že kým v zdržiach sa nevytvára letná stratifikácia, nádrže sú, s výnimkou plytkých nádrží s dlhou dobou zdržania, v letnom období výrazne stratifikované. Stratifikácia však nezávisí len od hĺbky, ale

aj od turbulencie hladiny pod vplyvom vetra. Všeobecne platí, že kým zdrže sú de facto iba rozšíreným korytom rieky, nádrže predstavujú ekosystém podobný, nie však identický, s ekosystémom prirodzených jazier.

Zdrže

Zdrže ovplyvňujú pôvodné oživenie tokumenej. Nad vyššími haťami, najmä v tokoch s menším spádom, môžu vznikajú dlhé zdrže. V nich sú životné podmienky podobné toku pred vybudovaním zdrže. Rýchlosť prúdu sa mení len nepatrne, usadzovanie plavenín a splavenín je malé, charakter bentosu sa prakticky nezmení a planktón sa ešte nevytvára. V zdržiach môže nastať zmena osídlenia v podobe posunu zóny (rybieho pásma) o jeden stupeň smerom k nižšiemu pásmu, napríklad zo zóny horského potoka (pásma pstruha) na zónu podhorského potoka alebo rieky (pásma mreny).

Nádrže

Nádrže sú umelým ekosystémom, ktorý je prechodom medzi riekou a jazerom. Na rozdiel od jazier, ktoré sú zvyčajne batymetricky symetrické, s najväčšími hĺbkami uprostred a výtokom z povrchových vrstiev vody, nádrže sú hĺbkovo asymetrické, s najväčšou hĺbkou za hrádzou a výtokom prevažne z hypolimnia. Jazerá majú vytvorený litorál, pri nádržiach však litorál zvyčajne chýba, alebo je len úzky. Významný rozdiel je aj v hydrologickom režime, pretože nádrže sa vyznačujú značným sezónnym a denným rozkyvom hladín (a objemu). Na rozdiel od jazier nádrže sa oveľa rýchlejšie zaplňujú sedimentami a preto ich trvanie môže byť len krátke. Biota nádrží sa líši od bioty toku. Vytvára sa planktón, bentos má iný charakter. Po naplnení nádrže nastáva výrazná zmena fauny. Bentos spočiatku pozostáva zo zvyškov suchozemskej (terestrickej) a semiterestrickej fauny, spolu s prúdomilnými druhmi z prehradeného toku. Po niekoľkých týždňoch až mesiacoch miznú prúdomilné druhy a terestrické zložky fauny a rozvíjajú sa populácie druhov stojatých vôd (limnofilné podenky, bzdochy, vážky, chrobáky, potočníky, z pakomárov Chironomini).

Nádrže majú vplyv na vodný tok nad nádržou (menší), aj pod ňou (výraznejší). Miera ovplyvnenia a vyvolaných zmien záleží od viacerých faktorov. Z najdôležitejších treba spomenúť charakter nádrže, jej hĺbku, rozlohu, fluktuáciu hladiny a dobu zdržania, lesnatosť územia, hustotu osídlenia povodia nádrže, poľnohospodárstvo a priemyselnú výrobu, ktoré synergicky ovplyvňujú hydrologický režim a kvalitu vody prítokov nádrže a v samotnej nádrži.

Ovplyvnenie prítokov nádrže sa týka najmä zloženia rybej populácie. Z nádrže do toku trvalo alebo periodicky migrujú niektoré druhy rýb (za potravou, na neres alebo v dôsledku zhoršenia životných podmienok v nádrži), takže pôvodné rybie spoločenstvo toku sa kvantitatívne a aj kvalitatívne mení. Vyvolané zmeny môžu mať stály charakter. Značný vplyv na ichtyocenózy prítokov nádrže môžu mať introdukované, exotické, alebo aj pôvodné, ale predtým v danom povodí sa nevyskytujúce druhy rýb. Zmeny spoločenstiev rýb

môžu na princípe trofických kaskád, vyvolať zmeny aj v celom ekosystéme.

Veľmi rôznorodé je ovplyvnenie toku pod nádržou. Jej vplyv možno v extrémnych prípadoch zaznamenať i na miestach vzdialených viac než 100 km po prúde. Ide o rad zmien fyzikálnych a chemických parametrov, najmä prietokov, teplotného režimu, režimu plavenín a splavenín, v dôsledku čoho sa mení aj charakter bioty príslušného toku. Okrem toho priehrady vytvárajú prekážku pre migráciu rýb. Priehrady a najmä série priehrad, likvidujú riečne kontinuum – narúšajú poprúdový i protiprúdový transport látok a energie, ktoré sú základom fungovania riečneho ekosystému. Priehrada mení prietok a prúd na určitom úseku pod ňou. Série väčších priehrad (kaskáda, napr. Vážske kaskády) úplne mení prirodzený hydrologický režim (režim prietokov). Redukujú záplavy, čím sa stráca kontakt rieky s nivou. V suchých a teplých oblastiach sa z nádrží stráca veľké množstvo vody vyparovaním, čo prispieva k redukovaniu prietokov. Stresy z veľkých denných výkyvov pod energeticky využívanými nádržami redukujú spoločenstvo len na malý počet adaptabilných druhov (napr. niektoré riasy, pijavice, máloštetinavce, predožiačné ulitníky, nezmary a iné).

Množstvo transportovaných plavenín a splavenín je pod nádržou znížené. Tie sedimentujú v nádrži, čo vedie k postupnému zmenšovaniu jej objemu. Na priehrade pri meste Cali v Kolumbii bol takto už po 12 rokoch zmenšený objem o 80% a to aj napriek intenzívnemu a nákladnému bagrovaniu. Podobne zanesené sú napr. Krpelianska a Hričovská nádrž na Vážskej kaskáde a Čunovská zdrž na Dunaji pod Bratislavou. Pod nádržou vzniká tzv. **efekt hladnej vody**, spôsobený absenciou prísunu sedimentov z vyšších častí toku, takže sa nekompensuje odnos sedimentov z koryta pod nádržou, preto rieka eroduje vlastné dno. Postupne sa zarezáva, odrezávajú a vysušajú sa zvyšné riečne ramená. Keďže hladiny vôd v rieke a podzemných vôd v nive sú spojené, so zarezávaním rieky klesá aj hladina podzemných vôd v nive. To má za následok vysychanie pôvodných ekosystémov mäkkých lužných lesov a ich nahrádzanie suchomilnejšími formáciami s hlohom, trnkou, šípkou ap., ako sa to stalo napr. na strednom toku Váhu okolo Vážskej kaskády.

Zmeny teplotného režimu toku pod nádržami závisia od charakteru nádrže ako aj materského toku. Pretože teplota veľkého objemu vody v nádrži sa mení pomalšie ako teplota vody v pôvodnom toku, sú denné fluktuácie teploty toku pod nádržou redukované alebo eliminované. Hlboké nádrže môžu redukovať aj rozpätie sezónnych zmien teploty. Nádrže s dostatočnou hĺbkou a dobou zdržania vody sa počas teplých mesiacov teplotne stratifikujú podobne ako jazerá. Vytvára sa povrchová vrstva (epilimnion), ktorá je výrazne teplejšia ako hlbšie ležiace vrstvy vody (hypolimnion). V miernych zemepisných šírkach býva voda vypúšťaná z hypolimnia nádrží v letných mesiacoch výrazne chladnejšia oproti normálu, preto trvá vyrovňovanie teplôt na normálnu hodnotu dlhý čas a prebieha na dlhšom úseku. V dôsledku toho sa môže zmeniť ichtyocenóza toku pod nádržou o jeden stupeň k vyššiemu pásmu. Teplota vody vypúšťanej v zimnom období býva vyššia oproti nor-

málu. Pohybuje sa okolo 4°C, pretože toto je teplota, pri ktorej voda dosahuje maximálnu hustotu. Je to aj teplota vody pri dne hlbších, teplotne stratifikovaných nádrží. Výsledkom týchto zmien je redukcia amplitúdy sezónnych výkyvov teplôt. To mení aj biocenózy pod nádržou. Zvýšené zimné teploty eliminujú teplotné minimá, ktoré mnohé druhy potrebujú na ukončenie diapauzy. Znížené letné teploty zasa neumožňujú dokončiť vývin mnohým druhom. Zmeny rastu a vývinu organizmov vedú k strate synchronnosti vývinových cyklov jednotlivých druhov.

Voda vypúšťaná z hypolimnia, ako je to v prípade energetických nádrží, môže mať, najmä v lete, zmenené chemické zloženie. V prvom rade je znížený obsah kyslíka, zvýšený obsah iónov železa, mangánu a síry a množstvo baktérií. Známe sú fatálne dôsledky takýchto priehrad v trópoch, kde nedochádza k cirkulácii vody v nádrži, pri dne sú permanentne vytvorené anoxické podmienky a voda vypúšťaná z hypolimnia vytvára pod priehradami úseky riek takmer zbavené vyšších foriem života. Tieto problémy sa potom zmierňujú umelým prevzdušňovaním alebo budovaním technických prvkov v nádrži, ktoré miešajú povrchovú oksyločenú vrstvu vody s anoxickou vodou.

Ak sa vypúšťa voda z povrchovej vrstvy (epilimnia), tok pod nádržou môže byť výrazne teplejší oproti jeho pôvodnej teplote. Zelinka a Kubíček (1985) uvádzajú, že v prípade nádrží vybudovaných v horských a podhorských regiónoch, sa môže letná teplota vody zvýšiť tak, že je znemožnený život pôvodne sa tu vyskytujúceho pstruha a ďalších studenomilných organizmov tohoto pásma. Potrava prinášaná vodou z nádrže podporuje rozvoj filtrátorov (hubky, larvy potočníkov rodov *Hydropsyche* a *Polycentropus*, larvy Simuliidae), ktorých býva obrovské množstvo (až desiatky tisíc jedincov na 1m² dna).

Veľmi výrazný je vplyv na bezstavovce. Už Spence & Hynes (1971) uvádzajú, že vplyv nádrže kontrolujúcej prietoky sa dá porovnať s vplyvom mierneho organického znečistenia. Miznú pošvatky (Plecoptera), rastie podiel niektorých podeniiek (rody *Baetis* a *Caenis*), iné naopak miznú (rod *Stenonema* z čeľ. Heptageniidae). Zvýšené množstvo detritu a planktónu vyplavovaných z nádrže, podporuje nárast populácií pakomárov (Chironomidae), krv cicajúcej čeľade muškovitých (Simuliidae), chrobákov čeľ. Elmidae a potočníkov (Trichoptera) vytvárajúcich siete. Prevalha filtrátorov, hlavne potočníkov tvoriacich siete, je jav pozorovaný vo všetkých oblastiach Zeme.

Soldán (1981) zhrnul zmeny v druhovom zložení a abundancii lariev podeniiek (Ephemeroptera) na viac ako 300 sledovaných lokalitách v Československu v blízkosti údolných nádrží. Zistil, že po sprevádzkovaní nádrže sa drasticky redukuje druhová diverzita. Aj pri relatívne konštantných podmienkach nastáva enormný rozvoj biomasy niekoľkých druhov. Spoločenstvo podeniiek sa mení len veľmi pomaly. 5–10 rokov od vybudovania priehrad sa objavia ďalšie druhy, neskôr už významnejšie prenikanie nových druhov nenastáva. Vznikajú teda nové typy biotopov, v prípade riek nížin a pahorkatín biotopy „montanizované“ vplyvom studenej vody (v bývalom Československu sa na väčšine prie-

hrad vypúšťa studená voda z hypolimnia) a zvýšenia rýchlosti prúdu. Takéto biotopy poskytujú možnosť disperzie horským druhom. Nové spoločenstvo je však vždy druhovo chudobnejšie ako spoločenstvo pôvodné.

Vystavenie vajícok mnohých druhov teplotám blízko bodu mrazu a následný rýchly nárast teploty sú nevyhnutné pre prerušenie diapauzy. Eliminácia tohto signálu na ukončenie diapauzy má katastrofálne dôsledky pre biotu vodného toku. Lehmkuhl (1974) pozoroval úsek rieky Saskatchewan ovplyvnený vypúšťaním vody z hypolimnia hlbokej nádrže. Zimná teplota tu bola udržiavaná blízko 4 °C, neklesala nižšie a ani nenasledoval nárast teploty. Následkom toho bola pôvodná fauna pozostávajúca z 12 radov, 30 čeladi a 75 druhov redukovaná iba na pakomáre (čel. Chironomidae).

Ak hodnotíme vplyv vypúšťanej povrchovej vody z hľadiska zmien v organickom znečistení (saprobite), potom pri čistých tokoch nastáva zhoršenie (zvýšenie obsahu autochtónnych organických látok), pri stredne čistých (beta-mezosaprobite) zmeny prakticky nenastávajú, a pri znečistených tokoch sa stav zlepšuje. To platí iba vtedy, ak je v nádrži aktívna kyslíková bilancia. V opačnom prípade môže vzniknúť vyhnívacia nádrž, ktorá má veľmi nepriaznivý vplyv na tok pod ňou. Ak je voda vypúšťaná z hypolimnia, platí pravidlo, že väčšie a hlbšie nádrže na tokoch s horšou kvalitou vody, znižujú organické znečistenie toku pod nádržou a naopak.

Veľmi nepriaznivý stav nastáva v prípade nádrží postavených na znečistených úsekoch tokov. Sedimenty usadzované v nádrži obsahujú suspendované organické látky, ktorých rozkladom sa odčerpáva kyslík. Mechanické prevzdušňovanie vypúšťanej vody je v tomto prípade nedostatočné, čo za určitých okolností môže viesť k úhynu rýb v dôsledku nedostatku kyslíka. Veľmi nebezpečné je náhle vypustenie nahromadených kalov, napr. pri vyšších vodných stavoch alebo pri čistení (bagrovaní) týchto zdrží. V takomto prípade môže nastať katastrofálny úhyn rýb na dlhých úsekoch toku.

V súvislosti s nádržami, malými vodnými elektrárnami, ale i regulačnými úpravami tokov je dôležitá problematika zmien prietokov a s tým súvisiacich minimálnych a maximálnych prietokov. Zelinka (1983), Zelinka a kol. (1984), Kubíček (1985) sa snažili stanoviť hranicu **minimálneho biologického prietoku ($Q_{min.}$)**, pri ktorom sa zachováva základná štruktúra a funkcia ekosystému. Na terénnych modelových potokoch bolo zistené, že najnižšou hranicou je Q_{355} kedy dochádza k takmer 50% ochudobneniu autotrofnej aj heterotrofnej zložky spoločenstva. Zníženie tejto hranice prietoku znamená definitívnu prestavbu spoločenstva a zhoršenie samočistiacej schopnosti vplyvom vyššej sedimentácie, teplotných, prúdových a trofických zmien v prostredí. Stanovený minimálny biologický prietok umožňuje, po opätovnom zvýšení prietoku, rýchlu (za niekoľko týždňov) rehabilitáciu celého pôvodného spoločenstva. Podmienkou je, aby neboli narušené kolonizačné mechanizmy. Ako **optimálny biologický prietok** bol stanovený Q_{330} , ktorý umožňuje aj prežitie rybej obsádky a stačí likvidovať zvyškové znečistenie (Kubíček 1991).

Extrémnym prípadom zníženia prietokov je nulový prietok. Vplyv na spoločenstvo vodného toku závisí od mnohých faktorov – dĺžka trvania nulového prietoku, ročná doba, biologické pomery vlastného toku a jeho prítokov. Spoločenstvo sa po niekoľkohodinovom prerušení prietoku môže vrátiť do pôvodného stavu už do 14 dní, po celodennom do 3 až 4 týždňov, mesačné vysušenie koryta takmer zlikviduje bentické organizmy a regenerácia trvá 5 až 6 týždňov. Dlhšie trvajúce vysušenie koryta vyžaduje aspoň 3-mesačnú regeneráciu spoločenstva (Kubíček 1988).

Regulačné úpravy tokov

Regulačné úpravy tokov sa robili od nepamäti. Starí Egypťania už pred viac ako 4000 rokmi postavili plavebný kanál, ktorým obchádzali pereje na Níle. Sieť kanálov v dĺžke viac ako 1000 km v čínskej provincii Sečuan, datovaná do obdobia 250 rokov pr. Kr., rozvádza jarné vody z rieky Min, aby zavlažili 200 000 ha pôdy. Korytá riek sa čistili kvôli zlepšeniu splavnosti (odstraňovali sa napadané stromy, konáre ap.), budovali sa náhony na vodné mlyny, gátre, rybníky. Ako sa zdokonaľovali technické prostriedky, začalo sa aj s náročnejšími úpravami väčších riek s cieľom zlepšiť plavebné podmienky. Menšie vodné toky boli a sú podrobované tzv. hydromelioračným úpravám. Tie nadobudli v posledných desaťročiach obrovské rozmery, takže vznikli mnohokilometrové úseky tokov s úplne novými hydrologickými, hydraulickými a následne aj biologickými parametrami. Tento trend bol vo všetkých vyspelých krajinách sveta. Napr. v USA bolo v roku 1977 zregulovaných (kanalizovaných) 26 550 km vodných tokov a ďalších 16 090 km bolo na reguláciu navrhovaných. V Českej republike vykazuje známky úpravy toku 28,4% dĺžky riečnej siete. Z útvarov povrchových vôd vyčlenených na základe legislatívy EÚ je 54% klasifikovaných ako silno ovplyvnené (Němec, Hladný et al. 2006). Podľa údajov Správy o vodnom hospodárstve v Slovenskej republike v roku 2008, bola dĺžka tokov v správe vodného hospodárstva 38 217 km. Z toho upravených tokov bolo 8208,9 km a dĺžka vodohospodársky významných a vodárenských tokov (t. j. hraničných vodných tokov, vodárenských tokov, vodných tokov s plavebným využitím, vodných tokov s významným odberom vody pre priemysel a poľnohospodárstvo, vodných tokov využívaných na iné účely) predstavovala 11850 km. Ochranné hrádze boli vybudované v dĺžke 3 135,2 km. Pre zlepšenie vodohospodárskych pomerov na poľnohospodárskej pôde sa v ostatných desaťročiach vybuďovalo 7 086 km závlahových a odvodňovacích kanálov.

Regulačné úpravy tokov sa vykonávajú z rôznych dôvodov. Účelom úprav vodných tokov sú najmä úprava odtokových pomerov (zahŕňajúca protipovodňovú ochranu územia a objektov a zabránenie záplav), úprava režimu podzemnej vody pozdĺž toku, úprava a využitie pozemkov pozdĺž toku, vyústenie odvodňovacích zariadení, kanalizácie, stabilizácia koryta v priečnom i pozdĺžnom smere, obmedzenie erózie a sedimentácie v toku, odbery vody pre vodárenské, závlahové, priemyselné, rybníkárske, rekreačné a iné zariadenia, kríženie a súbegy s komunikáciami a s vedeniami, urbanizácia územia, riešenie hygienic-

kých závad, asanačné opatrenia, energetické využitie toku, ťažba nerastov a surovín.

Z ekologického hľadiska rozlišujeme tieto základné typy hydromelioračných úprav tokov (Lellák & Kubíček 1991):

- 1. Zaklenutie toku.** Je to úplné prekrytie toku do prefabrikovaných profilov, rúr a pod. Toto riešenie je najnevhodnejšie. Absencia svetla vylučuje existenciu zelených organizmov. Chýba komunikácia s hyporeálom a prepojenie na podzemné vody. Hladký povrch dna a malý prietok sú nevhodné pre rozvoj širšieho spektra organizmov vrátane rýb. V prípade znečisteného toku má dlhý kanalizovaný úsek menšiu samočistiacu schopnosť než pôvodný.
- 2. Tvrdé opevnenie celého koryta.** Nezávisle od materiálu (panely, betón, plné tvárnice, špárovaná dlažba a i.) je aj v tomto prípade komunikácia so zvodneným podložím prerušená. Charakter substrátu poskytuje existenčné podmienky len niektorým hydrobiontom. Kubíček et al. (1993) zistili viac ako trojnásobný úbytok druhov zoobentosu v panelových korytách, bez ohľadu na prietok. V priebehu roka dominujú iba dvokrídlovce ako larvy pakomárov, muškovitých a z podeniek larvy druhov z rodu *Baetis*. V betónovom koryte je pri rovnakom spáde rýchlosť prúdenia takmer päťkrát vyššia ako v prirodzenom kamenitom koryte. Likvidácia brehových porastov umožňuje silnú svetelnú expozíciu, zvyšuje teplotu vody a výpar. Podľa trofických zásob (možnosť splachov z okolia) sa zvyšuje primárna produkcia nárastov (makrofyty nemôžu zakoreniť) a niektorých ich konzumentov. Pretože chýbajú konzumenty vyšších trofických článkov, vrátane rýb, môžu sa niektoré skupiny organizmov premnožiť. Samočistiaca schopnosť takého toku je o niekoľko desiatok percent nižšia.
- 3. Úprava kamennou rovnaninou alebo iným prírodným materiálom.** Takáto úprava sa už viac blíži prírodným pomerom. Ponechaný substrát dna a vhodné brehové opevnenie umožňujú základné ekologické väzby toku s okolím a poskytujú dostatok podmienok pre existenciu rôznorodého spoločenstva. Členitejší substrát s väčšou styčnou plochou s vodou a bohatá biocenóza podporujú samočistiacu schopnosť toku. Nevýhodou je veľká svetelná expozícia a bezprostredný prísun splachov z okolia. Aj takáto úprava výrazne mení pôvodné spoločenstvo. Derka (1998) zistil po šiestich rokoch od regulácie podhorskej riečky voľne kladeným lomovým kameňom 50% redukciu počtu druhov podeniek oproti neregulovanému úseku. Po ďalších dvoch rokoch sa počet druhov zvýšil, avšak dominancia druhov bola zmenená, v porovnaní s pôvodným úsekom dominovali ubikvisti.
- 4. Úprava toku blízka prírodným podmienkam.** Čiastočná úprava toku maximálne rešpektuje pôvodný asymetrický profil koryta. Cieľom je iba spevnenie najviac ohrozených častí brehu kameňom, polovegetačnými tvárniciami a pod. Počíta sa s ponechaním alebo znovuvysadením brehových porastov. Tento spôsob úpravy sa najviac blíži prírodnému charakteru toku. Je tu optimálny teplotný a svetelný režim a splachy z okolia zadržuje vegetačná bariéra. Do tejto kategórie môžeme zaradiť aj vegetačné spevnenie brehovej časti koryta vrúbou alebo výsadbou iných drevín alebo kombinované biotechnické opevnenie.

Pri úprave toku sú dôležité **tvár a veľkosť priečného profilu koryta** tak, aby bola zabezpečená dostatočná hĺbka vody i pri malých prietokoch a členitosť dna a brehov, potrebné pre optimálne fungovanie ekosystému. Ešte náročnejšia je voľba **pozdĺžneho profilu toku**.

Regulačné úpravy tokov prinášajú popri nesporných pozitívach (ochrana pozemkov, komunikácií, sídel, ap.) aj množstvo environmentálnych problémov. Pri regulačných úpravách tokov sa menia niektoré dôležité prvky systému toku:

Substrát

Skladba dna je podmienená geologickým podložím a hydrologickými a hydraulickými parametrami toku. Substrát výrazne determinuje zloženie bentického spoločenstva. Charakter riečnych sedimentov sa od prameňa k ústiu postupne mení. Veľkosť častíc substrátu smerom po toku klesá. V prudko tečúcich tokoch prevláda kamenité dno so štrkopieskovými usadeninami, v mierne tečúcich vodách dominujú štrkopieskové a pieskovité usadeniny a v pomaly tečúcich tokoch pieskovité až pieskovito-bahnité sedimenty. Abundanciu a biomasu bentosu zvyšujú porasty machov a makrofytov.

Napadané konáre a celé kmene sú dôležitým substrátom v horných partiách tokov v zalesnených oblastiach, kde 25–50 % dna tvorí drevo alebo z neho odvodený habitat. Veľmi dôležité je aj v nízinných tokoch, kde 70% dna i viac tvorí nestabilný piesok a drevo je jediným stabilným substrátom. Tam kde sa nízinné rieky vylievajú počas záplav do lesov, je drevo dôležitou, sezónne dostupnou súčasťou habitatu. Bolo zistené, že v nízinnom toku tvoril bentos obývajúci ponorené konáre a kmene stromov viac ako polovicu celkovej biomasy bentosu a hoci piesok pokrýval 70–80 % plochy dna, iba menšiu časť celkovej biomasy tvoril bentos obývajúci piesočnatý substrát. Na život v extrémne nestabilnom



Obr. 29: Čiastočné zaklenutie toku (Gidra v Budmericiach). Foto: Eva Bulánková



Obr. 30: Tvrdé opevnenie celého koryta (potok v Lipanoch). Foto: Eva Bulánková

prostredí piesočnatých substrátov je adaptovaných len pomerne málo organizmov. Z tzv. meiofauny, definovanej ako organizmy menšie ako 0,5 mm, ktoré žijú v priestoroch medzi jednotlivými čiastočkami piesku, sú to vírniky, máloštetinavce, prvé instary pakomárov, Nematoda a Copepoda. Z makrozoobentosu tu nachádzame najčastejšie larvy dvojkřídlorcov (pakomáre), máloštetinavce, niektoré druhy podeniek. Často ide (najmä u nás) o druhy veľmi vzácne. Lokálne obmedzené drobné úpravy koryta (napr. spevnenie brehov lomovým kameňom) môžu v takýchto tokoch pôsobiť kladne (najmä v tokoch kde je nedostatok prirodzeného substrátu kmeňov a konárov), pretože vytvárajú ostrovčeky stabilného substrátu, na ktoré je viazané množstvo druhov.

Prirodzené dno poskytuje optimálne životné podmienky bentickým organizmom. Následkom úpravy koryta materiálom odlišnej kvality ako je pôvodný substrát (s čím je zvyčajne spojená aj zmena pozdĺžneho a priečneho profilu a likvidácia brehových porastov), je nahradenie pôvodných, pestrých spoločenstiev spoločenstvami nepôvodnými. Zvyčajne v nich prevládnu na úkor pôvodných druhov menej náročné, oportunistické druhy. Príkladom môže byť opevnenie brehov nížinnej rieky lomovým kameňom (Dunaj, Morava), ktorý stabilizuje brehy, čím zároveň zredukuje laterálnu eróziu. To má za následok zánik pôvodných biotopov, napr. kolmých hlinitých brehov v riečnych meandroch, na ktoré sú viazaní mnohí špecialisti. Nad vodou sú to brehule, včeláriky, samotárske blanokřídlorce, pod vodou napr. larvy vzácných podeniek *Palingenia longicauda*. Najdrastickejší spôsob úpravy je vybetónovanie koryta alebo jeho prevedenie do betónových prefabrikátov. V takýchto tokoch môže trvalo žiť len malé množstvo oportunistických druhov. Okrem toho,



Obr. 31: Úprava toku blízka prírodným podmienkam (Biela voda v Bielovodskej doline): Foto: Eva Bulánková

že takýto substrát neposkytuje habituálne podmienky pôvodným druhom, znemožňuje aj migráciu do hyporeálu. Na základe týchto skutočností nie je ťažké predstaviť si aj následky takýchto úprav pre metabolizmus toku.

Vertikálna a pozdĺžna diverzita koryta

Striedanie plytších a hlbších častí je dôležité najmä v čase nízkyh prietokov, kedy priehlbieniny na dne poskytujú útočiská rôznym organizmom (napr. rybám). Súčasne sa zvyšuje turbulentné prúdenie. Dobré je známy prípad Ipla. Ten je, vďaka minimálnej lesnatosti povodia, riekou s najväčším kolísaním prietokov počas roka. Pred reguláciou bol známy okrem iného aj bohatým výskytom veľkých sumcov. V čase nízkyh prietokov slúžili hlboké priehlbieniny v dne ako útočistia (refúgiá) rýb. Po zregulovaní toku a s tým spojenou likvidáciou vertikálnej členitosti dna, tieto refúgiá zanikli. Dnes je koryto v zregulovanom úseku monotónne, v čase nízkyh prietokov sa dá prebrodiť. Zanikli podmienky pre existenciu väčšich, hospodársky cenných druhov rýb. Namiesto toho prevládajú nenáročné biele ryby.

Striedanie úsekov s pomaly tečúcou vodou s úsekmi s rýchlo tečúcou vodou spestruje spoločnosť. Jedným z dôvodov je, že organizmy sú adaptované na rôznu rýchlosť prúdu. Rôzna rýchlosť prúdu vedie aj k rôznej skladbe substrátu dna. Rôzne druhy prefe-

rujú rôznyi substrát. V rýchlejšom prúde sa aj zvyšuje turbulentné prúdenie, čo prispieva k lepšiemu nasýteniu vody kyslíkom.

Trasa koryta

Odstránenie meandrov a napriamenie koryta tokov s určitým spádom má za následok zmenu korytotvorných procesov. Laterálna erózia je nahradená vertikálnou, s tým je spojené zahlbovanie koryta, znižovanie hladiny podzemných vôd, odrezávanie zvyšných ramien, teda celkové vysychanie nivy. Pôvodne pestré habitaty toku sú uniformizované, na čo nadväzuje uniformizovanie spoločenstiev organizmov, a teda aj zníženie biologickej diverzity.

U tokov s veľmi malým spádom nemusí viesť napriamenie koryta k vážnejším zmenám v biocenózach samotného toku. Ide o simuláciu prirodzeného odrezávania meandrov, čo je súčasťou vývoja meandrujúcej rieky. Príkladom môžu byť bohato oživené odvodňovacie kanály Žitného ostrova alebo Dunajskej delty. Negatívom je v tomto prípade najmä skrátenie trasy koryta, a teda zmenšenie plochy vodného biotopu a obvykle aj zabránenie vytvárania ďalších (mladých) meandrov.

Brehové porasty

Brehové porasty plnia niekoľko významných funkcií. Najmä v horných úsekoch sú **hlavným zdrojom potravy (energie)** pre organizmy vodného toku, keďže toky nižších rádov sú závislé na prísune alochtónneho organického materiálu. Náletový hmyz a hmyz padajúci z porastov predstavuje významnú zložku potravy rýb. Bentické organizmy sú najlepšie prispôbené na spracovanie materiálu z pôvodných druhov brehových porastov. Rýchlo sa rozkladá napríklad lístie jelší, javorov a vrb, pomaly ihličie. Alochtónny detrit je akýmsi palivom v motore ekosystému horných úsekov vodných tokov. Dôležité je jeho množstvo a kvalita. Organické látky, ktoré sa dostanú do tokov v horných partiách povodí, sú z veľkej časti transportované po prúde do nižších úsekov. Takto prísun organickej hmoty z horných tokov do riečok stredných veľkostí, v ktorých už participujú aj riasy a zakorenené cievnaté rastliny, závisí od prísunu organickej hmoty zo súše do horných tokov.

Brehové porasty plnia významnú **mikroklimatickú funkciu**. Zatieňujú tok, znižujú teplotu vody a rozsah oslnenia koryta, čím redukujú primárnu produkciu. Táto funkcia je veľmi dôležitá, pretože najmä v horných úsekoch tokov procesy prebiehajú prirodzene v podmienkach úplného alebo čiastočného zatienenia. Ak sa odstránia brehové porasty, zníži sa množstvo alochtónneho detritu, zmenia sa teplotné pomery a zvýši sa produkcia rias. Nastane radikálna prestavba trofických vzťahov. Pôvodné druhy sú vytláčané ruderalnými, oportunistickými druhmi. Znižuje sa množstvo a zvyšuje sa spotreba vylúhovaných organických látok, ktoré by za normálnych okolností boli transportované po prúde do nižších úsekov. Brehové porasty súčasne vyrovnávajú rozdiely teplôt v priebehu dňa, znižujú prúdenie vzduchu v prízemnej vrstve a zvyšujú vlhkosť na okolitých plochách. Zatičením

znižujú výpar z vodnej hladiny a zabraňujú prehrievaniu vody.

Významnú úlohu majú predovšetkým v menších tokoch prirodzené hate zo zvyškov pobrežnej vegetácie, ktoré **spomaľujú odtok**. Znižuje sa tak transport organickej hmoty, rýchlosť prúdu, zvyšuje sa diverzita mikrohabitatov. Pri ich umelom odstránení zo 170 m úseku toku 2. rádu vzrástol export organickej hmoty až o 53 % a výrazne sa urýchlila pôdna erózia. Ich význam ako aj význam ostatných retenčných štruktúr vodného toku (napr. periodicky vysušovaných častí koryta) je zrejmý z faktu, že 80% ročného vkladu alochtónnej organickej hmoty sa v miernom pásme dostáva do tokov počas dvoch jesenných mesiacov, kedy opadáva lístie zo stromov. Retenčné štruktúry vodného toku teda udržujú a distribuujú organickú hmotu v pozdĺžnom profile toku dostatočne dlho, aby mohla byť využitá organizmami. Pre vodné organizmy sú, okrem odumretých zvyškov brehových porastov, dôležité do vody voľne visiace korene pobrežných stromov. Tie predstavujú akési vertikálne rozšírenie dna a retenčnú štruktúru zachytávajúcu hlavne hrubý detrit. Osídľuje ich pestré spoločenstvo organizmov, z ktorých mnohé sú viazané najmä na toto postredie (napr. larvy vážok rodu *Calopteryx*).

Brehové porasty poskytujú vhodné **podmienky** vodným i suchozemským organizmom (vrátane mnohých ohrozených druhov) a prispievajú tak k zvyšovaniu druhovej diverzity v krajine. Počet hniezdiacich druhov vtákov viazaných na brehové porasty je oproti porovnateľným vodným tokom bez brehových porastov vyšší približne 3,5 – 4,6-krát, rýb 1,5-krát, ale biomasa rýb je vyššia až 14-krát (Stanovská 1987).

Tok s prilahlými brehovými porastami slúži ako **biokoridor** pre mnohé migrujúce organizmy a súčasne plní funkciu bariéry zabraňujúcej šíreniu niektorých iných organizmov, čo je významné najmä v prípade chorôb a škodcov.

Filtračná funkcia. Brehové porasty zachytávajú nespotrebované živiny, zvyšky biocídov a iné látky vyplavované zo susedných suchozemských plôch. Tvoria tak prirodzenú bariéru, ktorá zabraňuje prenikaniu znečisťujúcich látok do toku. Táto funkcia je významná najmä v intenzívne využívannej poľnohospodárskej krajine. Filtračný efekt závisí od viacerých parametrov. K najdôležitejším patrí sklon susedných plôch, šírka brehového porastu, jeho floristické zloženie, vertikálna štruktúra a pokryvnosť bylinného poschodia. Samočistiaca schopnosť tokov s prirodzenou brehovou vegetáciou je asi 5-krát vyššia ako tokov regulovaných a nedostatočne osadených drevinami (Stanovská 1987).

Protierózna funkcia. Brehové porasty znižujú riziko vodnej i veternej erózie a spevňujú brehy.

Stručná história modifikácie riečnych systémov

Ľudský vplyv na ekosystémy vodných tokov začal v období, kedy sa ľudia z lovcov a zberačov premenili na usadených poľnohospodárov. Zmeny krajiny spojené s odlesňovaním a jej premenou na ornú pôdu a pasienky mali nepochybne vplyv na riečne ekosystémy.

Prvé priame zásahy do vodných tokov robili ľudia určite ešte v časoch, z ktorých sa nám nezachovali žiadne písomné záznamy. Až do pomerne nedávnej doby sa regulácie vodných tokov týkali len nemnohých oblastí Zeme. V Európe boli rozmery a technológie regulácií vodných tokov mierne až približne do roku 1750, kedy začiatok priemyselnej revolúcie a vedecký pokrok vytvorili podmienky pre výraznejšie zásahy. Petts et al. (1989) rozoznávajú 4 etapy regulácií vodných tokov:

1. etapa (1750–1900) znamená regulácie väčšiny veľkých európskych riek, zamerané na zlepšenie splavnosti, protipovodňovú ochranu a využívanie inundačného územia riečnych nív. Napríklad Tisa stratila odhadom 12,5 milióna hektárov mokradí v inundačnom území a jej dĺžka sa skrátila o 340 km.

2. etapa (1900–1940) je v znamení rozvoja technológií umožňujúcich budovanie veľkých priehrad. Prvé veľké priehrady sú budované v Severnej Amerike, Európe a juhovýchodnej Ázii.

Počas **3. etapy** (1950–1980) sa v celom svete buduje množstvo priehrad. Koncom 70. rokov sa v Severnej Amerike ročne dokončuje viac ako 200 priehrad s výškou hrádze nad 15 metrov, celosvetovo je to približne 700 takýchto priehrad ročne.

V období **4. etapy** (od r. 1980 do súčasnosti) sa tempo výstavby priehrad spomalilo na okolo 500 ročne. Miesta najvhodnejšie na stavbu boli v mnohých oblastiach využité a výstavba sa preto posúva smerom k horným partiám riek. V USA (okrem Aljašky) ostalo iba 51 riek dlhších ako 100 km nezregulovaných v úseku od prameňa po hlavný prítok. Pokračuje sa ale s výstavbou veľkých priehrad v oblastiach doteraz veľmi málo zasiahnutých, ako sú veľké rieky na ďalekom severe Ameriky, Južná Amerika, subsaharská Afrika a niektoré časti Ázie. Výroba elektrickej energie v hydroelektrárňach vzrástla v Latinskej Amerike a Karibskej oblasti v rokoch 1970–1990 zhruba 5-krát. Vodné elektrárne tu produkujú viac ako 2/3 elektrickej energie. Odhady pritom hovoria, že je tu využitých len 14% technicky využiteľného potenciálu. Množstvo nedotknutých riek zostáva ešte na Aljaške, ďalekom severe Kanady a Ruska. Hoci sú priehrady asi najnápadnejším ľudským zásahom, riečne systémy sú vystavené mnohým ďalším tlakom. Odber vody na závlahy, pre potreby priemyslu, energetiky, presun vody medzi povodiami redukuje riečne toky a menia ich habitaty. Znečistenie z priemyslu, sídel a poľnohospodárstva je závažným problémom v Európe a Severnej Amerike. Tu bolo počas posledných desaťročí zredukované, naopak, v krajinách tretieho sveta sa stáva stále vážnejším problémom. Zavlečenie nepôvodných druhov organizmov spôsobuje v mnohých oblastiach zmeny druhového zloženia. Očakávané klimatické zmeny v 21. storočí už nebudú predstavovať iba diaľkový prenos emisií, ale aj zmeny teplotného a zrážkového režimu, ktoré ovplyvnia mnohé riečne systémy.

Zelinka a Kubíček (1985) uvádzajú ako najzávažnejšie negatívne prejavy regulačných úprav tokov najmä:

1. Napriamovanie dlhých úsekov tokov, zrýchľovanie odtoku a znižovanie celkovej zásoby vody v toku a v podzemí.
2. Predimenzované profily koryta, kde dochádza často k minimálnym prietokom pri nepatrnej hĺbke vody, niekedy sa dokonca všetka voda stráca.
3. Výraznejšia kulminácia povodňových vln v dolnom úseku toku pod jeho regulovanou časťou.
4. Zníženie samočistiacej kapacity toku, umocnené často tvrdým opevnením celého koryta.
5. Likvidácia brehových porastov.
6. Znížená produkcia rýb až ich absencia pre nedostatok úkrytov, potravy, neresísk a pre ďalšie nevyhovujúce existenčné podmienky (napr. silné a trvalé prúdenie, vysoké stupne, minimálna hĺbka).

Najdôležitejšie parametre riečneho koryta ovplyvňujúce populácie rýb sú podľa Luska a Halačku (1993) tieto:

1. Pozdĺžna a priečna diverzita – je dôležitá diverzita mikrohabitatov, vyhovujúcich ekologickým nárokom rôznych druhov rýb (prúdy, prahy, tíšiny, pomaly tečúce úseky, plytčiny, hĺbočiny, zátočiny, ramená atď).
2. Heterogenita a granulácia substrátu dna (štrk, kamene, balvany, piesok, nánosy detritu, bahno, organické substráty).
3. Stabilita dna – hoci je dno dynamickým prvkom, je potrebná istá úroveň stability, vyžadovaná rybami.

Najvýznamnejšie environmentálne dôsledky výstavby zdrží, nádrží, a regulačných úprav tokov komplexne sumarizuje Lisický (1991):

1. **Priestorová homogenizácia vodného telesa** (najčastejšie vodného toku). Namiesto reťazca rôznorodých pestrých biotopov vzniká z rôznych dôvodov (bezpečnosť, úspory, pohodlnosť, ekologická negramotnosť) jednotné, napriamené, tvrdo opevnené koryto s nečlenenou brehovou líniou, vylúčením plytčín, likvidáciou striedavo zatápaných a obnažovaných plôch, bez pobrežnej lavice s litorálnou vegetáciou a s ďalšími okypteniami. Dôsledkom takejto úpravy koryta je monotónnosť prúdenia, chýba striedanie prúdivých a pomalších úsekov, úkryty s pomalším prúdením. To vyvolá prudké ochudobnenie druhového zloženia biocenózy. Vymiznú špecializované a náročné druhy, rozmnožia sa ubikvisty a burinné druhy.
2. **Časová homogenizácia.** Vodná nádrž, aj v prípade, že to nie je jej hlavné poslanie, vyrovnáva prietoky. Vylúčenie povodňovej dynamiky z inundácie, často spojené so znemožnenou laterálnou eróziou, spúšťa mechanizmus sukcesie, ktorá v konečnom dôsledku zlikviduje iniciálne, pionierske štádiá, typické pre lužnú krajinu. Ak sa vodný režim stabilizuje tak, že ani plytké bočné ramená v priebehu roka nevysychajú, strácajú sa typické lužné rastliny (napr. truskavec – *Hippuris vulgaris*). Zmeneným neprirodzeným režimom záplav, alebo ich vylúčením, prichádza lužný les o množstvo živín a fytofilné ryby (štika, kapor, lieň, sumec) o miesta na neresenie. To sa prejaví na produkcii biomasy celého ekosystému.
3. **Destabilizácia koryta.** Vo veľkých nádržiach sedimentujú plaveniny a zastavuje sa pohyb splavenín. Energia, ktorá bola potrebná na ich transport je teraz k dispozícii a na úseku toku pod nádržou potom vzniká efekt „hladnej vody“. Rieka získava

chýbajúci materiál eróziou vlastného koryta a zahľbuje sa. Drénuje okolitú krajinu, hladina podzemných vôd klesá, priľahlé územie trpí nedostatkom vody, ramená vysychajú. Situáciu možno riešiť zmenšením spádu pod priehradou, ak sa však nepredĺži tok, odsúva sa problém k najbližšiemu stupňu na rieke. Predĺžiť tok v danom priestore však možno iba meandrovaním, čo môže byť komplikované, ak bola už predtým inundácia zúžená ohrádzovaním. Situácia sa dá riešiť aj umiestnením zdršňujúcich prvkov na dno, ktoré zabraňujú odnosu štrku alebo sypaním štrku bagrovaného v priehradách do tokov pod nimi, ako sa to robí v Nemecku na Rýne. Znížená rýchlosť prúdu v nádrži vyvoláva aj ďalšie neprirodené riešenie – snahu zaústiť prítoky rieky až pod stupeň, pretože majú schopnosť vytvárať si vlastnými splaveniami v nádrži deltu a odtláčať prúdnicu hlavného toku k náprotivnému brehu a erodovať ho.

4. **Rozbitie systému rieky a jej ramien.** Odrezávanie bočných vôd od hlavného koryta, najprv na hornom a potom aj na dolnom konci, sa deje na všetkých regulovaných riekach. Na menších riekach býva motivované intenzifikáciou využívania krajiny, na veľkých riekach sústredením prietokov pre plavbu v hlavnom koryte. Tento zásah vedie k zvýšeniu povodňového nebezpečenstva najmä na dolných tokoch, u veľkých riek sa po odstavení ramien výrazne ochudobní druhové bohatstvo rýb. Ich biomasa je v ramenách až desaťnásobne vyššia ako v hlavnom toku a mnohé ryby zvyknú migrovať z rieky do ramien a naopak (podustva, hrúz, boleň, pleskáče, ostriež, belička, plotica a ďalšie). V ramenách komunikujúcich s tokom býva nielen viac druhov rýb, ale aj väčší podiel vzácnych druhov. Ramená sú radikálne oddelené pri derivačnom type vodných diel. Tie síce môžu zachovať ramennú sústavu, ale pretože sa v bývalom koryte ponecháva len zlomok pôvodného prietoku (tzv. sanačný prietok), spojenie je definitívne prerušené. Ramená potom zvyčajne postupne zazemňujú a zaniikajú (často za výrazného prispenia človeka), alebo sa ich charakteristiky unifikujú prepojením a napájaním z derivačného kanála. Trvale pomalým a malým prietokom nastáva kolmatácia a melioračný účinok ramien sa obmedzí na úzky pobrežný pruh bývalého lužného lesa. Lepšia je situácia, ak v dne ramien existujú vývery podzemnej vody, stekajúcej pod povrchom z okolitej vyššie položenej krajiny.
5. **Úplná likvidácia inundácie riečnymi stupňami.** Zánik ramien vnútrozemskej delty zaplavením (v prípade, že tok je prehradený pod ňou), alebo vysušením, ak priehrada je nad ňou. Zvyšky ramien za hranicou zavzdutej inundácie za môžu zachovať dotáciou vody, ale majú nepôvodný charakter. Je to atrapa lužného ekosystému. Ak bývalá inundácia predstavuje najnižšie miesto v krajine, dotujú tieto ramená bývalé prítoky vzdutej rieky, ktoré nimi pretekajú až po najbližší stupeň, kde môžu zaústiť. Iný spôsob je odber vody zo vzdutej hladiny v rieke a napúšťanie zvyškov ramien samospádom. Skúsenosti z takýchto riešení na hornom Rýne a rakúskom úseku Dunaja ukázali, že dynamika pôvodného lužného ekosystému sa takto zlikvidovala a vznikol jednotný monotónny odvodený ekosystém. Napriek celoročnému dostatku vody sa nepodarilo zabrániť vysychaniu veľkej časti lužného lesa a ústupu citlivých pôvodných druhov.
6. **Zmena kvality podzemnej a povrchovej vody.** V závislosti od konkrétneho technického riešenia môžu vodné diela vyvolať zhoršenie kvality vody v nádrži, v jej odtoku, ako aj v podzemnej vode. Základnou príčinou týchto zmien je zmenená kyslíková bilancia v nádrži, závislá najmä od rýchlosti prietoku a množstva suspendovaných i sedimentovaných organických látok, od rozkladu zatopenej biomasy a produkcie

kyslíka v samom vodnom telese. V nádržiacich je obmedzená schopnosť nasýtenia kyslíkom pri kontakte so vzduchom. Napriek aktívnej kyslíkovej bilancii pri hladine, môže najmä v hlbších, teplotne stratifikovaných nádržiacich, v hĺbke niekoľkých metrov (hypolimnion) dochádzať ku kyslíkovým deficitom. Pri infiltrácii takejto vody cez dnové sedimenty sa objavujú komplikácie s využitím podzemnej vody ako pitnej, spojené s problémami s rozpúšťaním a vyzrážaním železa a mangánu. Vodné dielo môže kvalitu podzemnej vody negatívne ovplyvniť aj tým, že stabilizuje jej hladinu, čím sa ochudobní jej nasycovanie kyslíkom, možné len pri pulzovaní hladiny podzemnej vody v substráte. Občasné vystúpenie podzemnej vody až na povrch má priaznivý vplyv na pôdu (najmä v lužnom lese), ktorá sa pri zaklesnutí vody pasívne obohacuje vzduchom. Nadbytok dusičnanov a fosforečnanov pochádzajúcich z okolitej poľnohospodárskej krajiny, alebo z komunálnych odpadových vôd, spôsobuje v nádržiacich prudký rozvoj biomasy rias a siníc, tzv. vodného kvetu. Ich rozkladom sa vyčerpá obsah kyslíka, čo vždy znamená hromadný úhyn rýb. Anaeróbne podmienky podporujú vznik botulotoxínu a sprostredkovane úhyn vodného vtáctva. Problémy s eutrofizáciou a zarastaním sú známe aj z melioračných kanálov. Na odstránenie premnožených makrofytov sa vysádzajú ázijské bylinožravé ryby. Tie síce likvidujú makrofyty, zvýšené množstvo exkrementov však podporuje silný rozvoj rias. Na ich likvidáciu možno vysadiť ďalšiu exotickú rybu – tolstolobika. Ten žerie riasy, ale nie sinice, ktoré potom obsadia v eutrofizovaných podmienkach aj ekologickú nikú uvoľnenú riasami.

7. **Problém so zmenami v prúde a kvantite vody.** Vodohospodárske stavby vyvolávajú lokálne a často i regionálne zmeny pôvodného hydrologického režimu. O vyrovnávaní, resp. extrémnom kolísaní prietokov a ich dôsledkom pre ekosystém sme sa už zmienili. Z ochrannárskeho hľadiska je zamokrenie sprevádzajúce napúšťanie mnohých priehrad pozitívnym javom. Bohužiaľ, práve tieto zmeny sa zvyknú najdôslednejšie odstraňovať. Dôvodmi sú zachovanie bezpečnosti vodného diela, alebo zachovanie intenzity využitia poľnohospodárskej krajiny. Nezriedkavými následkami opačného druhu sú zaklesnutie hladiny podzemnej vody a strata vody v krajine. Vyvoláva ich zníženie až prerušenie infiltrácie, zmena intenzity alebo smeru prúdenia podzemnej vody a zámerný alebo vyvolaný drénový efekt. Tieto javy vystupujú obyčajne už počas stavby a následne bývajú korigované len v prípade, ak by vyvolali hospodársku škodu (napr. strata na poľnohospodárskej produkcii). Po takomto vysušení krajiny sa často realizuje výstavba komplikovaných a nákladných zavlažovacích sústav.
8. **Zdravotnícke problémy** (u nás našťastie exotické). Veľké priehrady a rozsiahle zavlažovanie spôsobili už nejednu epidémiu. Najznámejšou je masové rozšírenie schistosomiázy (bilharziózy) po vybudovaní Asuánskej priehrady v Egypte a nádrže Kainji v Ghane na rieke Volta. Vektory parazita spôsobujúceho ochorenie (ulitníky rodu *Bulimus*) dostali nový ideálny priestor na množenie a od čias napustenia nádrží trvá intenzívny chemický a menej úspešný biologický boj.
9. **Prienik cudzích prvkov.** Veľké vodné stavby a im predchádzajúce stavenisko vytvárajú priaznivé podmienky pre prienik cudzích prvkov do narušeného prírodného prostredia. Ide najmä o agresívne cudzokrajné druhy rastlín, buriny a synantropné živočíchy. Ak sa takýto zásah uskutoční v exkluzívnom prírodnom prostredí (napr. národnom parku), treba za takéto cudzie nežiadúce prvky považovať aj intenzívnu rekreáciu a pytliactvo (to najmä v rozvojových krajinách Afriky a južnej Ázie).

Veľké vodné stavby vyvolávajú okrem environmentálnych aj celý rad ďalších problémov: ohrozenie archeologických alebo etnografických hodnôt, sociálne stresy pôvodného obyvateľstva (presídľovanie alebo vytváranie bariér), porušovanie ľudských práv v súvislosti so záberom pôdy a presídľovaním pôvodného obyvateľstva (známe sú prípady hraničiace s jeho genocídou), zvýšenie seizmicity, ohrozenie územia pod priehradou v prípade pretrhnutia hrádze atď.

Znečisťovanie vodných tokov

Vodné toky (do menšej miery i jazerá) slúžili, a dodnes často slúžia, ako recipients „odpadov metabolizmu“ našej civilizácie. Zdroje znečisťovania môžeme podľa miesta vzniku rozdeliť na bodové a plošné. Medzi prvé zaradujeme napr. vyústenie kanalizácie s komunálnymi odpadovými vodami alebo priemyselné odpadové vody vypúšťané do toku. Plošné zdroje znečistenia sú také, ktoré znečisťujú vody na plochách v mierke povodí, celých oblastí, prípadne globálne zdroje. Hoci znečistenie môže byť vypúšťané bodovo, napr. z komína, znečisťujúce látky sa šíria vzduchom a recipients znečisťujú plošne vo forme znečistených zrážok. Iným zdrojom plošného znečistenia sú napr. splachy z polí, ktoré môžu do vodných tokov a jazier prinášať živiny (N, P), pesticídy alebo čiastočky pôdy odplavované pôdnou eróziou. Znečisťovanie vodných tokov a jeho vplyv na riečny ekosystém je veľmi komplexná problematika, ku ktorej existuje množstvo špecializovanej literatúry. Tu si stručne zhrnieme iba najdôležitejšie typy a zdroje znečistenia.

Najstarším a najrozšírenejším typom znečistenia vôd je **znečistenie nadmerným množstvom organických látok**. Jeho hlavnými zdrojmi sú splaškové komunálne vody, poľnohospodárstvo (úniky živočíšnych fekálií a siláže), odpadové vody z potravinárskeho, papierenského a textilného priemyslu.

Komunálne odpadové vody sú tvorené najmä odpadovými vodami z domácností. Často sa miešajú s priemyselnými odpadovými vodami a vodami z dažďovej kanalizácie. **Priemyselné odpadové vody** môžu mať veľmi rôznorodé zloženie v závislosti od typu výroby, z ktorej pochádzajú. Zloženie splaškových vôd z domácností závisí od spôsobu života a životnej úrovne obyvateľov, produkujúcich tieto vody. V splaškových vodách sa nachádzajú nerozpustené látky (piesok, hlina, kúsky papiera, textílii a organických zvyškov potravy a výkalov). Obsahujú aj množstvo tukov a povrchovo aktívnych látok (tenzidov a detergentov) z čistiacich a pracích prostriedkov. Významnou zložkou sú aj mikroorganizmy, často patogénne, ktoré sa však odstránia takmer úplne pri biologickom čistení. Obsahujú veľké množstvo organických látok podliehajúcich mikrobiálnemu rozkladu, vtedy ich označujeme ako hnilobné odpadové vody. Takéto vody vznikajú aj v potravinárskom priemysle. Pri rozklade organických látok sa odčerpáva kyslík z vody. V prípade vzniku anoxických podmienok nastupujú anaeróbne procesy, pri ktorých v redukčnom prostredí vznikajú toxické látky ako sírovodík a amoniak.

Eutrofizácia je proces, pri ktorom sa zvyšuje obsah živín, predovšetkým dusíka a fosforu vo vodách. Ten má za následok zvýšenie primárnej produkcie planktónu (najčastejšie siníc tvoriach vodný kvet) a fytobentosu (rozsievok, vláknitých rias, siníc a makrofýt). Na zvýšenie primárnej produkcie, je okrem zvýšenej koncentrácie živín, často potrebný súbeh iných faktorov – zadržanie, oteplenie, preslnenie vody, ku ktorým dochádza pri budovaní vodných nádrží, reguláciách tokov a likvidácii brehových porastov. V zimnom období rastlinná biomasa odumiera a rozkladá sa. Na rozklad je potrebné veľké množstvo kyslíka, ktorého obsah vo vode sa znižuje. Kritické situácie nastávajú najmä, keď sa hladina pokryje ľadom. Vtedy nastáva deficit kyslíka, prípadne až anoxické stavy. Tieto limitujú výskyt organizmov náročnejších na kyslík (napr. lariev hmyzu dýchajúcich z vody tracheálnymi žiabrami, ale aj mnohých druhov rýb). K podobným procesom dochádza najmä v nížinných tečúcich vodách (kanály, riečne ramená, jazerá) aj v lete, keď je voda prehriata a ťažko sa fyzikálne nasycuje kyslíkom. Cez deň, keď prebieha intenzívna fotosyntetická produkcia, je kyslíka vo vode dostatok až nadbytok. Avšak v noci, kedy sa kyslík spotrebúva na dýchanie rastlín a živočíchov a mikrobiálny rozklad biomasy, môže dochádzať ku kyslíkovým deficitom a občasným masívnym úhynom najmä bentickej, málo pohyblivej fauny, ako sú lastúrniky.

Acidifikácia (okyslenie) vôd je jav, ktorý vznikol spolu s priemyselnou revolúciou a spaľovaním fosílnych palív, najmä uhlia, už v 19. storočí. Významne sa začal prejavovať zhruba od polovice 20. storočia. Zdrojom znečistenia sú imisie obsahujúce prach s veľkým množstvom kyslých solí a plyny obsahujúce uhľovodíky a oxidy síry (SO_2) a dusíku (NO_x , N_2O , NO , NO_2). Hlavnými producentami týchto látok sú zariadenia na produkciu tepla a elektrickej energie, cestná doprava je generuje najviac NO_x . Tieto látky reagujú vo vode za vzniku kyseliny siričitej, sírovej a dusičnej, ktoré sa dostávajú na zem vo forme tzv. kyslých dažďov. Kyslé dažde sa dostávajú do vody a do pôdy, čím sa významne znižuje ich pH. Acidifikáciou boli najviac postihnuté priemyselné oblasti v Európe, odkiaľ sa však znečisťujúce látky šírili vzdušnými prúdmi na veľké vzdialenosti. Takto spôsobili znečistenie aj v oblastiach ďaleko od zdroja znečistenia, napr. acidifikáciu tatranských plies alebo jazier v Škandinávii. Stupeň acidifikácie závisí aj od pufrovacej kapacity horninového podlažia. Náchylnejšie sú oblasti s výskytom kyslých hornín ako žuly, granodiority, kremenné piesky. Naopak odolnejšie sú vápence a dolomity, ktoré majú veľkú neutralizačnú schopnosť. Znížené pH priamo negatívne ovplyvňuje vodné ekosystémy. Má však aj za následok uvoľňovanie toxických zlúčenín medi, zinku a hliníka. Organizmy majú rôznu toleranciu k acidifikácii. Citlivé sú tie, ktoré obývajú vodné prostredie permanentne a majú vápenaté schránky a kostru (mäkkýše, kôrovce). Tolerantné sú skupiny, ktoré majú suchozemské štádium, najmä hmyz, napr. larvy vážok, chrobákov alebo niektorých dvojkrídlavcov. V posledných desaťročiach došlo k výraznému zníženiu emisií spôsobujúcich kyslé zrážky, takže v Európe dochádza k postupnej obnove acidifikáciou postihnutých vodných tokov a jazier. Týka sa to aj tatranských plies.

Ťažké kovy sa prirodzene vyskytujú v prírodnom prostredí a ako stopové prvky sú mnohé nevyhnutné pre fungovanie organizmov. Vo vyšších koncentráciách sú však toxické. Patrí sem asi 40 prvkov. Zvyčajne sa vyskytujú v rôznych zlúčeninách, ktoré sa môžu transformovať na organokovové zlúčeniny, ktoré sú zvyčajne ešte toxickejšie. Väčšina má schopnosť akumulovať sa z vody do sedimentov a do organizmov, kde sa následne akumulujú v článkoch potravných reťazcov. Najrizikovejšie sú z tohto aspektu Cd, Hg a Pb. Zdrojmi ťažkých kovov sú hutníctvo, chemický priemysel, spaľovanie uhlia obsahujúceho ťažké kovy, automobilizmus (Pb) a poľnohospodárstvo, kde sa napr. osivo morí zlúčeninami ortuti. Významným zdrojom ťažkých kovov je baníctvo, kde dochádza ku kontaminácii banských vôd pri styku s horninovým prostredím alebo vôd prenikajúcimi haldami hlušiny. Tieto následne kontaminujú vodné toky, čo pozorujeme aj na Slovensku v oblastiach, kde prebiehala banská činnosť, napr. v Štiavnických vrchoch.

Pesticídy sú chemické biocídne látky, ktoré sa používajú najmä v poľnohospodárstve a lesníctve na ochranu rastlín proti škodcom (insekticídy), burinám (herbicídy) a plesniam (fungicídy). Používajú sa organické aj anorganické látky. Aplikujú sa formou roztočku, plynu, aerosolov alebo poprašku. Väčšinou sú toxické a zdraviu škodlivé. Do vodného prostredia sa dostávajú najmä z atmosféry, zrážkami, splachmi z polí a z odpadových vôd. Pesticídy nie sú špecificky účinné na vybraný druh alebo skupinu organizmov, ale negatívne ovplyvňujú až likvidujú aj necieľové organizmy. Pesticídy majú vo vodnom prostredí akútne alebo chronické toxické účinky, ktorými priamo ovplyvňujú organizmy. Ich redukcia alebo likvidácia vplyva na ďalšie organizmy, napr. elimináciou potravy pre dravce alebo zmenou habitatu po zlikvidovaní vodných rastlín herbicídami. Odumreté rastliny sa môžu ďalej rozkladať, čím ovplyvňujú napr. obsah kyslíka vo vode. Niektoré pesticídy sa, podobne ako ťažké kovy, akumulujú v prostredí. Najznámejšími sú chlórované uhľovodíky. Prvým masovo vyrábaným a používaným bol DDT. Od 40-tych rokov 20. storočia bol používaný ako kontaktný insekticíd. Neskôr sa prišlo na jeho akumuláciu v potravných reťazcoch a množstvo negatívnych vedľajších účinkoch, takže bol takmer všade zakázaný. Oveľa toxickejšie sú organofosfáty, avšak ich výhodou je, že sa neakumulujú, ale rozkladajú. Najmodernejšie insekticídy sú regulátory rastu hmyzu, ktoré buď inhibujú syntézu chitínu alebo zabraňujú metamorfóze juvenila na dospelca (analógy juvenilných hormónov).

Ropné látky sa do vôd dostávajú najmä z komunálnych a priemyslových odpadových vôd. Mediálne známejšie havárie, pri ktorých sa do prostredia naraz dostane veľké množstvo ropy či jej derivátov, tvoria iba malú časť celkového množstva ropných látok kontaminujúcich vodné ekosystémy. Rozliata ropa vytvára povrchovú škvrnu, ktorá sa postupne šíri a stenčuje. Prchavé (volatilné) zložky evaporujú, čím sa zvyšuje hustota a viskozita ropnej škvrny. Hustou a viskozitu škvrny zvyšuje aj rozpúšťanie rozpustných zložiek. Ropa sa stáva ťažšou ako voda a klesá do hĺbky. Ropné látky podliehajú aj emulgácii a časť sa adsorbuje na nerozpustné látky. Ropné emulzie klesajú na dno, rozpúšťajú sa, inkorporujú

do sedimentov alebo hromadia na pobreží. Film, ktorý ropné látky vytvárajú na hladine, znemožňuje rozpúšťanie atmosferického kyslíka vo vode. Ropné látky sú toxické pri koncentráciách v jednotkách až desiatkach mg.l^{-1} , avšak senzorické vlastnosti vody znehodnocujú už pri koncentrácii $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$. Ropné látky majú na vodné organizmy priamy toxický vplyv, prípadne ich zadusia, keďže ropa znemožňuje respiráciu a fotosyntézu. Pokrývajú telá stavovcov, zlepujú perie, srst', ktoré strácajú izolačné vlastnosti, vtáky nedokážu vzlietnuť. Ryby prijímajú s vodou aj ropné látky, ale v čistej vode ich aj rýchlo odbúravajú.

Suspendované látky sú anorganické a organické látky, ktoré sa vo forme partikul vznikajú vo vodnom stĺpci, kde spôsobujú zvýšenú turbiditu (zákal). Ten znižuje prienik svetla vodou a tým aj fotosyntézu, prípadne teplotu vody. Do tokov a nádrží sa dostávajú pri stavebnej činnosti v tokoch, z pôdnej erózie, banských vôd. Suspendované látky pri zníženej rýchlosti prúdu sedimentujú, čo vedie k zanášaniam nádrží a vodných tokov a k zmene charakteru dna. Drobné čiastočky sedimentu upchávajú medzizrnové priestory v pôvodnom hrubšom štrkovitom substráte, čím sú eliminované bentické bezstavovce, ktoré ich obývajú. Negatívne ovplyvňujú aj vývin a prežívanie ikier najmä lososovitých rýb a ich mlade. Suspendované látky abráziou negatívne ovplyvňujú nárasty (perifyton), bentické bezstavovce aj ryby. Viazu na seba kontaminanty (ťažké kovy, pesticídy) a živiny (fosfor), ktoré sa následne akumulujú v sedimentoch. Odtiaľ sa zasa môžu uvoľňovať, čo ovplyvňuje chemické zloženie vody.

Revitalizácia

Revitalizáciu môžeme definovať ako súbor opatrení vedúcich k obnoveniu alebo náprave prirodzených funkcií antropogénne alebo inak poškodených ekosystémov, spoločenstiev či biotopov. Riečne ekosystémy boli v minulosti postihnuté množstvom antropogénnych vplyvov (znečistenie, regulácie, odlesňovanie), ktoré navyše často pôsobili súčasne. V rozvinutých krajinách začali tento problém riešiť už od 70. rokov minulého storočia. Prvým predpokladom úspešnej revitalizácie je znížiť alebo eliminovať znečistenie vody vo vodnom toku. V prípade tzv. bodových zdrojov znečistenia (napr. komunálne a priemyselné odpadové vody vypúšťané do toku) ide o technický problém, ktorý sa dá vyriešiť čistením odpadových vôd v čistiarni. Podobné to je v prípade exhalátov spôsobujúce kyslé dažde. Predstavujú plošný zdroj znečistenia, avšak ich zdroje sú bodové. Tento problém bol v zásade vyriešený v 80. a 90. rokoch minulého storočia inštaláciou filtrov na komíny elektrární a fabriek a odstavením mnohých znečisťovateľov, ktorých prevádzka bola nerentabilná. Náročnejšie to je v prípade plošných zdrojov znečistenia, napr. splachov hnojív a pesticídov z polí alebo zvýšenej pôdnej erózie. Tu je potrebné množstvo komplexných opatrení ako sú zmeny krajinnej štruktúry (delenie veľkých pozemkov vetrolamami, zasakovacími pásmi, medzami, zachovanie a obnova brehových porastov vodných tokov), zmeny lesohospodárskych postupov a zmeny agrotechnických postupov (osevné plány, používanie

hnojív a pesticídov, spôsoby obrábania pôdy). Na Slovensku došlo za ostatných 25 rokov k redukcii znečistenia vodných tokov. Okrem priaznivého chemického stavu je však pre fungovanie zdravého riečneho ekosystému nevyhnutný aj priaznivý morfológický stav vodných tokov. Vo vyspelých krajinách západnej Európy, Severnej Ameriky, v Austrálii ap. už niekoľko desiatok rokov prebieha náprava v minulosti zregulovaných tokov a odstraňovanie priehrad po uplynutí doby životnosti, resp. vypršaní vodoprávneho povolenia. Vodným tokom je vracaná nielen čistá voda, ale aj pôvodná morfológia a hydrologický režim. Realizáciou revitalizačných opatrení sa snažíme priblížiť takému stavu danej lokality, aký by bol vznikol samovoľným vývojom bez narušenia v minulosti. Cieľom je obnova riečneho ekosystému ako celku tak, aby sa z neho stal stabilný riečny ekosystém. Bohužiaľ, na Slovensku je iba málo príkladov realizácie takýchto projektov. Väčšinou sa obmedzujú na likvidáciu priečných migračných bariér na menších tokoch, či revitalizáciu mokradí. Namiesto toho zažíva boom rozvoj tzv. malých vodných elektrární (MVE), ktoré sú nesprávne považované za environmentálne prijateľné riešenie. Na Slovensku bola schválená stratégia, podľa ktorej bude možné vybudovať až 365 MVE. Ich vplyv na riečny ekosystém závisí od umiestnenia a technickej realizácie. Takéto masové zásahy do vodných tokov nepochybne prinesú negatívny synergický efekt, veď len na Hrone je plánovaná MVE s priečnou haťou v priemere každých 5 km. Ďalšími príkladmi sú necitlivé realizácie protipovodňových úprav, pri ktorých sa používajú dávno prekonané postupy minulého storočia (tvrdé opevnenie koryta, priečne prahy, likvidácia brehových porastov) namiesto dobre známych prijateľnejších riešení s menším dopadom na fungovanie riečneho ekosystému.

Zoznam použitej a doporučenej literatúry

- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2010: Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 s.
- Allan, J.D., Castillo, M.M., 2009: Stream Ecology. Structure and function of running waters. Second Edition. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 436 s. Derka, T., 1998: Effect of regulation of submontane river on mayfly communities (Insecta, Ephemeroptera). *Biologia*, Bratislava, 53, 189–194.
- González del Tágano, M., García de Jalón, D., 1998: Restauración de Ríos y Riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar, Ediciones Mundi-Prensa, España, 319 s.
- Lehmukhl, D.M., 1984: Thermal regime alteration and vital environmental physiological signals in aquatic organisms, p. 216 – 222. In: Gibbons J.W. and Sharitz R.R. (Eds.). *Thermal Ecology*. I.N.T.I.S. Conf. 730505.
- Lellák, J., Kubíček, F. 1991: *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Karolinum, Praha, 256 s.
- Macura, V., Kohnová, S., Ivančo, R., Izakovičová, Z., Barančok, P., Varšavová, M., Kalivoda, H., Račko, J., Ružičková, H., Bedrna, Z., Kalivodová, E., Moyzeová, M., 2000: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 274 s.
- Kubíček, F., 1985: Vliv malých průtoků na biocenózy tekoucích vod. Zborník VII konferencia Československej limnologickej spoločnosti, Nitra, 300–301.
- Kubíček, F., 1988: Vliv nulových průtoků na biocenózu toku. *Studia oecologica*, 1, 27–36.
- Kubíček, F., 1991: Problematika minimálních průtoků ve vztahu k biotě a zejména k makrozoobentosu tekoucích vod. Sborník 5. determinačního kurzu PĚF MU v Brně., 26–31.
- Lellák, J., Kubíček, F., 1991: *Hydrobiologie*. Univ. Karlova, Karolinum, Praha, 260 s.
- Lisický, M.J., 1993: Renaturácia a revitalizácia, významné aktivity v ochrane prírody a starostlivosti o krajinu. *Životné prostredie*, 3, 117–119.
- Moss, B., 1998: *Ecology of Fresh Waters. Man and Medium, Past to Future*. Third Edition. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 557 s.
- Němec, J., Hladný, J. a kol., 2006: *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 253 s.

- Petts, G.E., Möller, H., Roux, A.L. (Eds.), 1989: Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe. John Wiley and Sons Ltd. Chichester, 355 s.
- Sabater, S., Elozegi, A. (Eds.), 2013: River Conservation: Challenges and Opportunities. Fundación BBVA, Bilbao, Soain, 399 s.
- Stanovská, D., 1987: Funkcie brehových porastov. – In Funkce břehových porostů v krajinném prostředí, sborník referátů, VŠZ, Brno, LF, s. 114 – 119.
- Šíbl, J., Derka, T., Holubová, K., Klementová, E., Macura, V., Holčík, J., 2002: Revitalizácia vodných tokov. Druhé rozšírené vydanie. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 208 s.
- Šlezinger, M., 2010: Revitalizace toků. Příspěvek k problematice úprav vodních toků. Vysoké učení technické v Brně, VUTIUM, 255 s.
- Soldán, T., 1981: Vliv přehradních nádrží a regulace toku na složení fauny jepic (Ephemeroptera) na ovlivněných biotopech. Celošt. zool. konf. "Spoločenský význam zool. výskumov pri ochrane a tvorbe ŽP." Bratislava : 79 – 83.
- Spence, J.A., Hynes, J.B.N., 1971: Differences in benthos upstream and downstream of an impoundment. J. Fish. Res. Bd. Canada, 28, 35–43.
- Štěrba, O., Měkotová, J., Bednář, V., Šarapatka, B., Rychnovská, M., Kubíček, F., Řehořek, V., 2008: Říční krajina a její ekosystémy. Univerzita Palackého v Olomouci, 391 s.
- Zelinka, M., 1983: K problematice minimálních průtoků z ekologického hlediska. Vodní hospodářství B, 33, 5, 135–136.
- Zelinka, M. a kol., 1984: Produkční poměry v parmovém úseku toku. Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purkyn. Brunensis, Biologia, 258, 5–91.
- Zelinka, M., Kubíček, F., 1985: Základy aplikované hydrobiologie. Praha, SPN, 250 s.

KLASIFIKÁCIA POVRCHOVÝCH VÔD

Eva Bulánková

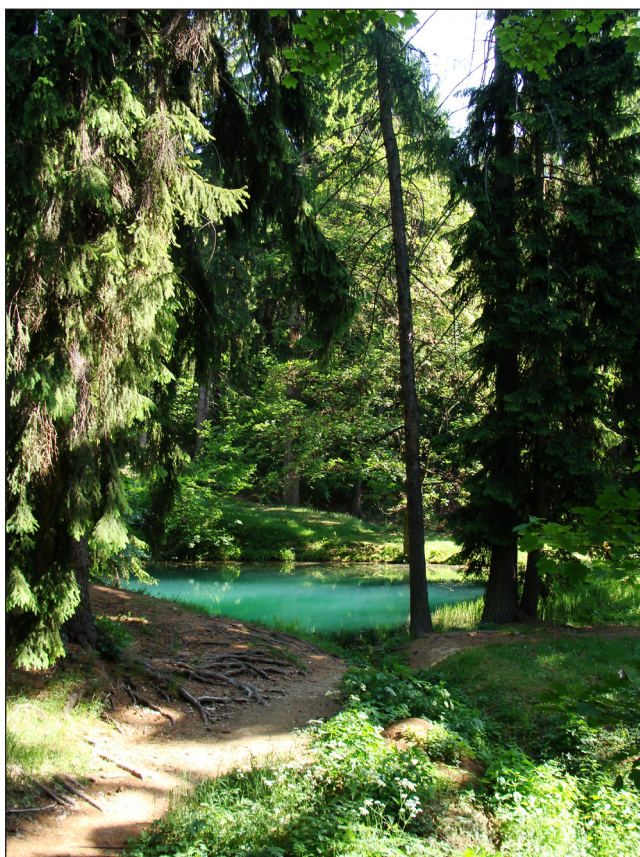
Vodné ekosystémy predstavujú rôzne typy tečúcich i stojatých vôd. Existuje mnoho definícií na rozdelenie povrchových vnútrozemských vôd, z ktorých tu predstavíme len tie najaktuálnejšie a týkajúce sa členenia vôd na základe výskytu vodných živočíchov.

V zmysle definície Rámcovej smernice o vodách (RSV 2000/60 ES), povrchová voda predstavuje vnútrozemskú vodu, okrem podzemnej vody; brakické vody a pobrežnú vodu. „Vnútrozemská voda“ znamená všetku stojatú alebo tečúcu vodu na zemskom povrchu a všetku podzemnú vodu smerom k pevnine od základnej čiary, od ktorej sa meria šírka pásma výsoštných vôd (Smernica 2000/60/ES, 2000).

Pri vytváraní klasifikácií biotopov Slovenska sú ako kritérium rozdelenia väčšinou použité fytoecologické spoločenstvá (Stanová & Valachovič 2002). Na zoologické členenie sa však táto kategorizácia vodných biotopov nedá vždy použiť, pretože pri charakteristike vôd sú rozhodujúce aj iné vlastnosti prostredia ako podmienky pre rastlinné spoločen-

stvá, predovšetkým prúdenie vody, teplota vody, substrát a iné. Preto na klasifikáciu povrchových vôd Slovenska používame rozdelenie biotopov vôd v zmysle zoologického členenia podľa Ružičkovej et al. (1996).

Povrchové vnútrozemské vody sa rozdeľujú na základe prúdenia vody na vody stojaté (lentické, lentic) a tečúce (lotické, lotic). **Stojaté vody** sa vyznačujú absenciou prúdenia vody, čo predurčuje niektoré ich fyzikálno-chemické vlastnosti, ktorými sa výrazne líšia od tečúcich vôd (pozri kapitola 1). Podľa toho, či je voda trvale prítomná v stojatých vodách alebo len 3 – 4 mesiace v roku, ich delíme na **trvalé (permanentné) stojaté vody** a **periodické (temporárne) vody**. Prirodzené stojaté vody sú ja-



Obr. 32: Tajch (Malá vodárenská nádrž). Foto: Eva Bulánková

zerá, ktoré vznikli väčšinou činnosťou ľadovcov a umelé vznikli činnosťou človeka. Podľa RSV 2000/60ES je definícia jazier širšia, zahŕňa aj umelé vodné telesá: „Jazero znamená útvar stojatej vnútrozemskej vody“. Ľadovcové jazerá v Tatrách sa nazývajú plesá, umelo vytvorené jazerá v dôsledku banskej činnosti sú **tajchy** z nemeckého Teich (obr. 32).

Podľa nadmorskej výšky sa jazerá delia na vysokohorské, nachádzajúce sa v nadmorskej výške nad hranicou lesa (od 1800 m n.m.), patria k nim plesá v Tatrách. Horské jazerá ležia v nadmorskej výške 1 800 – 800 m n.m. a okrem Tatier sú aj v Spišskej Magure. Podhorské jazerá sú zriedkavejšie, ležia v nadmorskej výške 800 – 300 m n.m., patria sem napríklad Vihorlatské jazerá.

Na základe obsahu živín sa jazerá, ale aj ostatné vody delia na:

- dystrofné: obsah fosforu: $\leq 0,05 \text{ mg.l}^{-1}$
- oligotrofné, obsah fosforu: $0,005 - 0,01 \text{ mg.l}^{-1}$
- mezotrofné, obsah fosforu: $0,01 - 0,03 \text{ mg.l}^{-1}$
- eutrofné, obsah fosforu: $0,03 - 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$
- hypertrofné, obsah fosforu: $\geq 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$

Dystrofné stojaté vody sú vody s nízkym obsahom fosforu, nízkym pH (3,5 – 5,5), voda je do hneda sfarbená z humínových kyselín, ktoré sú vylúhované z rašeliny, na dne je hnedé, nepáchnuce bahno. Patria sem jazerá horského až podhorského stupňa, napr. Jamské pleso (obr. 33).



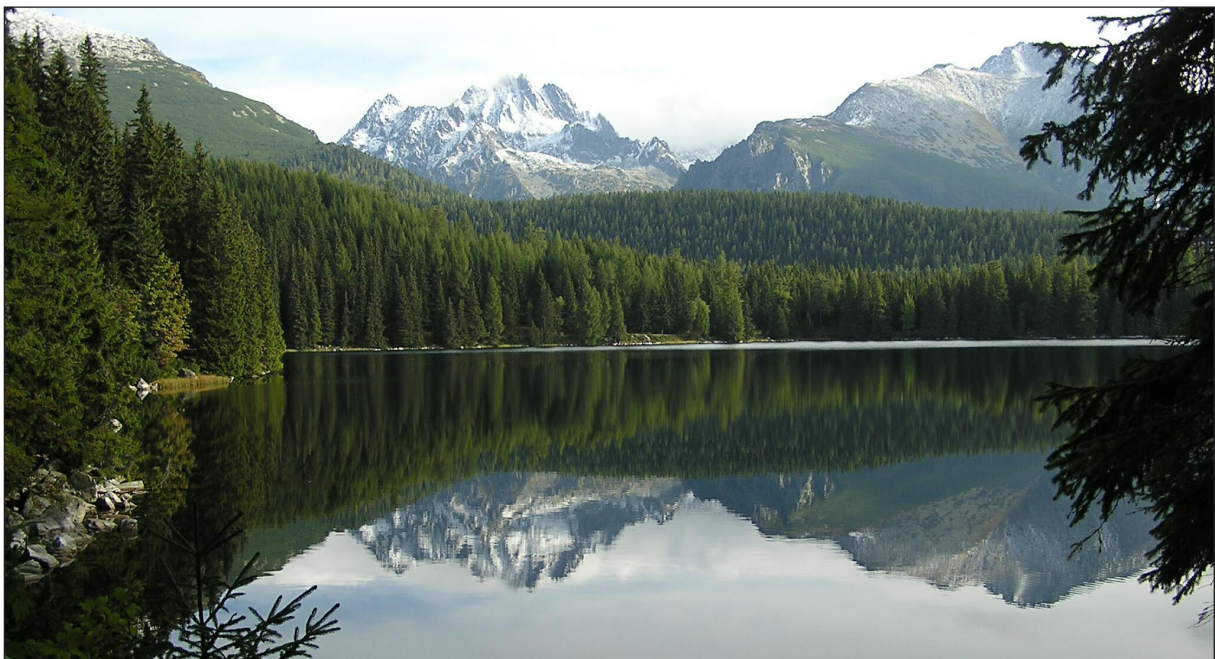
Obr. 33: Horské jazero (Jamské pleso vo Vysokých Tatrách): Foto: Eva Bulánková

Oligotrofné stojaté vody sa vyznačujú tým, že obsahujú málo celkového dusíka a fosforu, $\text{pH} \leq 7$, na dne je asi 60% nasýtenie kyslíkom. Predstavujú ich hlavne vysokohorské tatranské plesá nad hranicou lesa v nadmorskej výške od 1800 m n.m., sú hlboké a majú malý prísun organických látok z povodia. Patria sem vysoko priehľadné tatranské plesá (obr. 34), ale aj novovyťažené štrkoviská naplnené podzemnou vodou, pokým nezarastú. Oligotrofné stojaté vody majú menej fytoplanktónu a zooplanktónu a z bentických bezstavovcov v plesách žijú chladnomilné druhy.

Mezotrofné stojaté vody (obr. 35) môžu byť mierne sfarbené do zelena planktonickými riasami, pH majú o niečo vyššie ako 7, priehľadnosť je vysoká. Predstavujú častokrát chránené biotopy s pôvodnými a chránenými druhmi fauny i flóry. Postupne sa prirodzenou alebo človekom podmienenou sukcesiou, kedy sa celý proces urýchľuje, zmenia na eutrofné vody.



Obr. 34: Oligotrofné tatranské pleso. Foto: Peter Bitušík



Obr. 35: Mezotrofné tatranské pleso (Štrbské pleso). Foto: Ferdinand Šporka



Obr. 36: Eutrofizované staré rameno (Lantov). Foto: Eva Bulánková

Eutrofné stojaté vody majú vodu značne sfarbenú riasami, preto sú málo priehľadné, v lete niekoľko pár desiatok centimetrov, v zime je priehľadnosť vyššia a pH výrazne vyššie ako 7. Dno tvorí vrstva organického bahna. Typické eutrofné stojaté vody sú plytké, s dostatočným prísunom organických látok (obr. 36) nachádzajúce sa v nižších nadmorských výškach. Prežívajú tu veľakrát aj vo veľkej početnosti druhy, ktoré nie sú náročné na obsah kyslíka vo vode, ako napr. vodné bzdochy, eurytopné vážky a chrobáky.

Hypertrofné stojaté vody (obr. 37) sú často v lete a na jeseň pokryté zeleným sinicovým kvetom, takže svetlo neprenikne dovnútra. To znemožňuje rast vodných rastlín, ktoré by vodu okysličovali. Sinice produkujú toxické látky, v dôsledku nedostatku kyslíka sa z vody uvoľňujú toxické plyny ako sírovodík a metán. V tomto prostredí vedia prežiť len larvy dvojkrídlcov z rodu *Chaoborus*, ktoré znášajú úplný nedostatok kyslíka. Na základe výskytu charakteristických vodných dvojkrídlcov nazval nemecký vedec Thienemann (1954) hypertrofné stojaté vody ako chaoborové, eutrofné ako chironomové a oligotrofné ako tanytarsové.

Počas sukcesie ekosystému prechádza jazero či iný typ stojatej vody jednotlivými štádiami od oligotrofného až po eutrofné, až sa zmení na mokrad' a neskôr na les. Tento proces trvá niekoľko storočí v závislosti od veľkosti jazera a môže byť urýchlený činnosťou človeka, napr. výrubom pobrežnej vegetácie, čo zvýši prísun živín a urýchli sa proces eutrofizácie. K takejto eutrofizácii dochádza v kratšom čase hlavne u malých stojatých vôd.



Obr. 37: Hypertrofná voda. Foto: Eva Bulánková

K trvalým plytkým stojatým vodám podľa klasifikácie biotopov Slovenska v zmysle zoológického členenia patria **močiare**, definované ako plytké, trvalé, podzemnou, pramennou alebo zrážkovou vodou naplnené terénne priehlbiny, ktoré silne zarastajú makrofytami (Bitušík et al. 1996). Močiare na rašeliniskách sú rašeliniskové, nerašeliniskové močiare sú charakterizované ako plytké terénne depresie v posledných fázach zazemňovania, zarastajúce makrofytami. Vyskytujú sa najčastejšie popri cestách, železničných tratiach a protipovodňových hrádzach. Rašeliniská môžu byť zásobované zrážkovou vodou (z gréckeho: ombro = dážď, trophos = živiť), tieto nazývame ombrotrofné. **Rašeliniská** zásobované podzemnou a povrchovou vodou nazývame minerotrofné. Prechodné rašeliniská (obr. 38) tvoria prechod medzi minerotrofnými a ombrotrofnými rašeliniskami. Typické oligotrofné ombrotrofné rašeliniská sú vrchoviská nachádzajúce sa vo vyšších nadmorských výškach. Ich pH je 3 – 4,5, majú nepatrný obsah uhličitanov (Ca v sušine $\leq 0,5$ %) a minerálnych látok. Rozšírené sú na Orave, vo Vysokých Tatrách, na Liptove a Spiši. Z rastlín ich charakterizuje rašeliník (*Sphagnum* sp.), ktorý sa rozhodujúcim spôsobom podieľa na tvorbe rašeliny a mäsožravé rosičky okrúhlolisté (*Drosera rotundifolia*), kľukva drobnoplodá (*Oxycoccus microcarpus*), brusnica barinná (*Andromeda polifolia*) a ostrice. Tieto extrémne biotopy vyhovujú máloktorým bezstavovcom, medzi ktoré patria vážky z rodu *Leucorrhinia* (obr. 39).

Minerotrofné rašeliniská sa nazývajú slatiny, nachádzajú sa v nižších nadmorských výškach, pH: 4 – 8, majú vysoký obsah minerálnych látok a môžu byť bohaté alebo chudobné na vápnik. Slatiny bohaté na vápnik (Ca v sušine $\geq 2\%$) sú eutrofné, poskytujú potravu



Obr. 38: Prechodné rašelinisko (Orlovské vršky). Foto: Eva Bulánková



Obr. 39: Dystrofná voda s rašeliníkom (vľavo) a jeho charakteristická vážka: *Leucorrhinia dubia* (vpravo). Foto: Eva Bulánková



Obr. 40: Poriečna jarná mláka (niva Moravy). Foto: Eva Bulánková

mnohým druhom bezstavovcov, napr. v rašelinisku Abrod bolo zistených okolo 430 druhov vyšších rastlín (Stanová & Viceníková 2003). Slatiny chudobné na vápnik sú veľmi zriedkavé v Európe v dôsledku odvodňovania a eutrofizácie. Nachádzame ich najmä v severnej časti územia Slovenska v podhorských až horských polohách (Šeffero­vá et al. 2011). Patria k nim tzv. kyslé lúky na Orave, Liptove a Spiši (Háberová 1996).

Podľa obsahu živín rozlišujeme taktiež oligotrofné, mezotrofné a eutrofné periodické vody. Z ochrannárskeho aspektu cennými periodickými vodami sú mláky. **Jarné mláky** vznikajú v terénnych depresiách po jarnom topení snehu. Obývajú ich chránené bezstavovce: kôrovce, masove sa vyskytujú komáre a chrobáky, nevyskytujú sa v nich ryby (<http://www.youtube.com/watch?v=JRRBljj1DRA>). **Poriečne mláky** (obr. 40) sa nachádzajú v blízkosti potokov a riek, odkiaľ sa do nich dostáva voda po záplavách alebo z priesakových vôd. Majú podobné faunistické zloženie ako jarné mláky.

Letné a jesenné mláky nachádzame na podobných miestach ako jarné mláky, vytvárajú sa po letných výdatných dažďoch. Z faunistického hľadiska sú zaujímavými biotopmi aj telmy, z ktorých sú u nás najčastejšie dendrotelmy (vyhĺbeniny v stromoch naplnené vodou, obr. 41) a litotelmy (vyhĺbeniny v kameňoch naplnené vodou). Fytotelmy predstavujú nádržky s vodou v pazuchách listov (obr. 41) či kvety bromélii v dažďových lesoch. V týchto mikrohabitatoch žijú hlavne prvoky a niektoré vodné dvojkrídlovce mikroskopickej veľkosti. Činnosťou človeka vznikajú antropotelmy, ktoré môžu predstavovať napr.



Obr. 41: Dendrotelma (vľavo) a fytotelma (vpravo) Foto: Jozef Oboňa

fontány alebo rezervné kolesá veľkých nákladných áut. V takýchto antropotelmách došlo aj k prenosu komára *Aedes albopictus* z Afriky do južného Francúzska, kde komáre spôsobili vírusové ochorenie dengue (Halgoš & Bulánková 2001).

Medzi periodické vody sú zaradené v Biotopoch Slovenska aj **mokrade**. Pojem mokrade je používaný v rôznom význame. Ramsarská definícia mokradí vytvorená v rámci Ramsarskej konvencie prijatej v roku 1971, je veľmi široko ponímajúca, odrážajúca celosvetový záber dohovoru. V tomto zmysle sú mokrade územia s močiarimi, slatinami, rašeliniskami a vodami prírodnými alebo umelými, trvalými alebo dočasnými, stojatými aj tečúcimi, sladkými, brakickými alebo slanými, vrátane územia s morskou vodou, ktorej hĺbka pri odlive nepresahuje 6 metrov. Užšia, v našich podmienkach používaná definícia mokradí znie: „Mokrade tvoria prechodné územie medzi suchozemskými a vodnými ekosystémami, kde je hladina podzemnej vody zvyčajne pri povrchu alebo ho pokrýva plytká vrstva vody (menej ako 2 metre). Musia mať tieto vlastnosti: sú zaplavované alebo nasýtené vodou, sú tam prítomné mokradové rastliny (hydrofyty a hygropyty), ktoré rastú na hydro-morfnych pôdach (<http://www.seps.sk/zp/daphne/knihy/mokrade/>).

Na Slovensku máme 14 mokradí zapísaných v **Zozname mokradí medzinárodného významu** (<http://www.sopsr.sk/webs/MokrSlov/>):

1. Parížske močiare/Paríž marshes (zapísané 2.07.1990 / rozloha 184,0 ha)

Predstavujú ich rozsiahle močiare a zárazy trsti *Phragmites australis* v plytkej depresii potoka Paríž v juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny a Podunajskej pahorkatiny, ktoré sú významnou hniezdnou lokalitou vodného vtáctva, boli tu zistené aj vzácne druhy vážok (David 2003).

2. Šúr (zapísané 2.07.1990 / rozloha 1 136,6 ha)

Prírodná rezervácia Šúr predstavuje komplex rôznych vzácných biotopov. Jelšový slatinný les je najväčší a najzachovalejší nielen na Slovensku, ale aj v strednej Európe. Je obklopený zamokrenými lúkami a pasienkami, tokmi, kanálmi, vodnými plochami a zvyškom nížinného teplomilného dubovo-brestového lesa v depresii západnej časti Podunajskej roviny pozdĺž východných svahov Malých Karpát na juhozápadnom Slovensku. V oblasti sú cenné biotopy pôvodných, vzácných a ohrozených druhov rastlín a živočíchov.

3. Senné – rybníky/Senné fish-ponds (zapísané 2.07.1990 / rozloha 424,6 ha)

Prírodná rezervácia Senné predstavuje jednu z najvýznamnejších migračných trás vtákov na Východoslovenskej rovine.

4. Dunajské luhy/Danube floodplain (zapísané 26.05.1993 / rozloha 14 488,0 ha)

Patrí sem 80 km úsek hlavného toku medzi Bratislavou a Zlatnou na Ostrove, spolu s ramenami. Územie je tvorené lužnými lesmi, močiarimi a mokrými lúkami, ktoré poskytujú biotop pre mnohé vzácne a ohrozené druhy rastlín a živočíchov.

5. Niva Moravy/Morava floodplains (zapísané 26.05.1993 / rozloha 5 380,0 ha)

Patrí sem slovenský úsek rieky Morava medzi Brodským a ústím do Dunaja a najcennejšia časť nivy pri hraniciach s Českou republikou a Rakúskom so zachovalými a vyvinutými komplexami tokov, kanálov, ramien, močiarov, periodických mlák, mokrých lúk a pasienkov, lužných lesov a pod.

6. Latorica (zapísané 26.05.1993 / rozloha 4 404,7 ha)

Územie zahŕňa časť medzihrádzového priestoru rieky Latorica od hraníc s Ukrajinou po sútok s Laborcom v južnej časti Východoslovenskej roviny, so spleťou ramien, periodicky zaplavovaných biotopov, s príslušnými lužnými lesmi a aluviálnymi lúkami a pasienkami. Zastúpené sú vzácne a zriedkavé vodné a močiarne biocenózy nížinných biotopov, kde sa vyskytujú chránené druhy živočíchov, ako napr. z rýb jeseter malý (*Acipenser ruthenus*).

7. Alúvium Rudavy/Rudava River Valley (zapísané 17.02.1998 / rozloha 560,0 ha)

Tvorí ju časť neregulovaného toku rieky Rudava, ktorá preteká cez viete piesky Záhorskej nížiny na západnom Slovensku, a časť toku Rudávky. Alúvium Rudavy predstavuje zachovalý komplex meandrujúcich tokov a príslušných mokradí s výskytom chránených druhov.

8. Mokrade Turca/Turiec wetlands (zapísané 17.02.1998 / rozloha 466,9 ha)

Tvorí mozaiku mokradových ekosystémov rôzneho typu v Turčianskej kotline. Vytvára ich rieka Turiec s meandrujúcim korytom s málo narušeným vodným režimom, so zachovalou vegetáciou, ktorá spolu s viacerými prítokmi podmieňuje existenciu cenných priľahlých mokradí. Z hydrobiologického hľadiska bolo toto územie podrobne preskúmané Krnom et al. (1996) ako aj inými autormi (makrofyty popísali Oťahelová & Hrivnák 2009).

9. Poiplie (zapísané 17.02.1998 / rozloha 410,9 ha)

Predstavuje zvyšok rozsiahlejšieho mokradového ekosystému povodia Ipl'a na juhu stredného Slovenska, nadväzuje na rozľahlejšie mokrade v Maďarsku. Vyskytujú sa tu zraniteľné a ohrozené druhy rastlín a živočíchov a ich spoločenstvá s dobrým stavom populácií a s vysokou diverzitou

10. Tisa/Tisa River (zapísané 04/12/04; rozloha 735 ha)

Nachádza sa v južnej časti Slovenska a zahŕňa 6 km úsek Tisy a jeho nivy. Zaznamenané tu boli chránené druhy vtákov a rýb, ako napr. jeseter malý (*Acipenser ruthenus*).

11. Mokrade Oravskej kotliny/Wetlands of the Orava river basin (zapísané 17.02.1998 / rozloha 9 264,0 ha)

Lokalita zahŕňa fragmenty pôvodných rozsiahlych lesných i nelesných rašelinísk a močiarov Oravskej kotliny. Patrí sem aj zoologicky zaujímavé umelo vytvorené vodné teleso Oravská priehrada.

12. Rieka Orava a jej prítoky/ Orava River and its tributaries (zapísané 17.02.1998 / rozloha 865 ha)

Patrí sem časť riečného systému podhorského charakteru v povodí Oravy na severnom Slovensku, ktorý patrí z hľadiska diverzity pôvodnej bioty, ako aj z hľadiska prirodzeného charakteru abiotických zložiek k najzachovalejším a najvýznamnejším ekosystémom svojho druhu v strednej Európe.

13. Jaskyne Demänovskej doliny/ Caves of the Demänovská Valley (zapísané 17/11/06; rozloha 1,448 ha)

Jaskyne sú súčasťou Národného parku Nízke Tatry a predstavujú najdlhší jaskynný systém na našom území (35 044 metrov) zahrňujúci 9 prepojených jaskýň a ďalších malých jaskýň. Územie predstavuje podzemné mokrade, s výskytom jedinečných druhov živočíchov.

14. Domica (zapísané 02.02.2001 / rozloha 621,8 ha)

Predstavuje jedinečný príklad prírodného typu podzemnej mokrade v rámci celej Európy s veľkým hydrologickým významom. Na území žijú vzácne, zraniteľné a ohrozené druhy organizmov viazané na špecifické podmienky podzemných krasových vôd.

Ochrana, obnova a zlepšenie stavu mokradí sú zahrnuté do cieľov Rámcovej smernice o vodách. Rámcová smernica o vodách ustanovuje rámec ochrany vnútrozemských po-

vrchových vôd, ktorý: „zabráni ďalšiemu zhoršovaniu, ochráni a zlepši stav vodných ekosystémov, s ohľadom na potrebu vody suchozemských ekosystémov a mokradí, ktoré sú priamo závislé od vodných ekosystémov.“

Aj keď Rámcová smernica o vodách neobsahuje žiadnu definíciu mokradí, stanovenými environmentálnymi cieľmi a ich realizáciou zvyšuje ochranu mokradí na celom území Európskej únie.

V tab. 1 sú zmysle publikácie Janáka et al. (2006) vymedzené typy ekosystémov menované v Rámцovej smernici o vodách, ktoré môžu mokrade zahŕňať.

Tab. 1: Typy ekosystémov podľa Rámcovej smernice o vodách, ktoré možno považovať za mokrade.

Typ ekosystému podľa RSV	Zodpovedajúce typy mokradí
Suchozemské ekosystémy priamo závislé od podzemnej vody	pramene, slatiny a vrchoviská, slaniská, mokré lúky a pasienky, obnažené dná, lesné a krovité močiare, lužné lesy, jaskyne s podzemnými tokmi alebo stojatou vodou
Hydromorfologické prvky v záplavovej, pobrežnej alebo prílivovej zóne útvarov povrchových vôd	porasty vodných rastlín, lužné lesy, vysokobylinná nivná vegetácia, aluviálne lúky, porasty trsti a vysokých ostríc, obnažené dná, dočasné jazierka, vnútrozemské delty, prílivové oblasti
Malé prvky povrchovej vody neindentifikované ako vodné útvary, ale prepojené s útvarmi povrchovej vody	pramene, slatiny a vrchoviská, dočasné jazierka, mokré lúky a pasienky, lesné a krovité močiare, trstové a ostricové močiare, obnažené dná, porasty vodných rastlín
Rieky, jazerá, prechodné vodné a pobrežné vodné útvary	potoky a rieky, plesá, jazerá, mŕtve ramená, rybníky, poldre, riečne delty a pobrežné zóny
Ekosystémy výrazne ovplyvňujúce kvalitu alebo množstvo vody zásobujúcej útvary povrchových vôd alebo povrchové vody napojené na útvary povrchových vôd	všetky typy mokradí

Význam mokradí možno zhrnúť nasledovne:

- prispievajú k zvyšovaniu diverzity bioty,
- chránia pred eróziou,
- zmierňujú vplyvy povodní a sucha,
- odstraňujú chemické látky zo sedimentov z nív a vôd,
- zlepšujú výdatnosť podzemných vôd,
- ich prítomnosť napomáha dosiahnuť trvalo udržateľný manažment povodí,

- patria k prírodným zdrojom pitnej vody (pramene),
- stabilizujú miestne klimatické pomery, hlavne teplotné, vlhkostné a zrážkové,
- majú estetickú a rekreačnú funkciu,
- majú ekonomický význam ako zásobárne dreva, rašeliny, rastlinnej hmoty.

Podzemné vody, ktoré podmieňujú prítomnosť mokradí, sú zo zoologického hľadiska pomerne málo preskúmané, ich faunu tvoria predovšetkým máloštetinavce, lastúrniky, rôznožce a pakomáre.

V súčasnosti je venovaná veľká pozornosť aj **jazierkam** (angl. pond), ktoré v zmysle definície (www.pondconservation.org.uk) predstavujú vodné teleso o rozlohe od 1 m² až do 2 hektárov, ktorom je voda aspoň počas 4 mesiacov v roku. Môžu byť umelo vytvorené človekom, ale aj prirodzene, napr. odrezaním meandra toku. Žije v nich veľké množstvo druhov bezstavovcov i stavovcov, z ktorých mnohé patria medzi chránené druhy. Z hľadiska zaradenia do Biotopov Slovenska (Bitušík et al. 1996) patria medzi viaceré typy stojatých vôd, ako sú vodné nádrže, jarné a letné mláky, poriečne ramená či staré ramená.

Dôležité je aj odlíšenie mokradí a jazierok od hlbokovodného prostredia, v ktorom je hĺbka vody väčšia ako dva metre. Je to maximálna hranica umožňujúca život rastlinám zakoreneným na dne a s listami na povrchu vody.

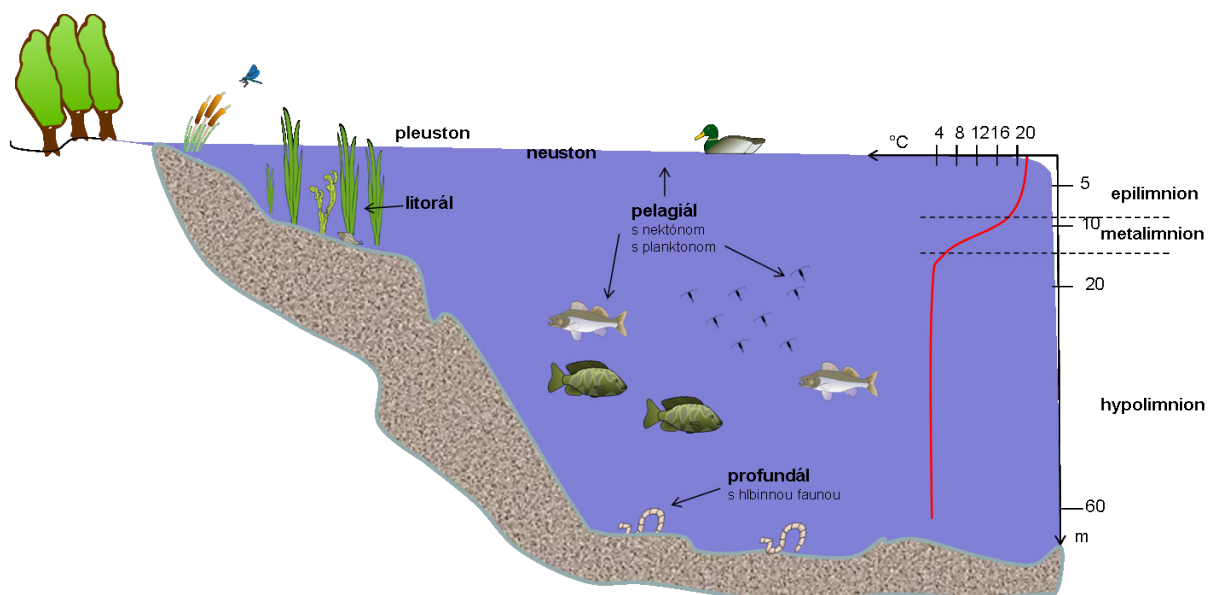
K stojatým vodám sú zaradené aj **staré ramená** (paleopotamál, paleopotamal, obr. 36). Pôvodne boli meandrom toku, ktorý sa v dôsledku prirodzeného vývoja alebo činnosťou človeka úplne oddelil od rieky. Dotované sú podzemnou vodou, prípadne priesakovými kanálmi.

Činnosťou človeka vznikli **umelé stojaté vody**, ako sú vodné nádrže, štrkoviská či rybníky, ktoré je treba obhospodarovať, aby sa dali využívať na účely, na ktoré boli vytvorené.

Vodné nádrže poznáme:

1. veľké (priehrady) s objemom nádrže ≥ 1 milión m³, vybudované hlavne na energetické, vodárenské a rekreačné účely. Na Slovensku je v súčasnosti vybudovaných 54 veľkých vodných nádrží, jednou z posledných je napr. Čunovo
2. malé (priehrady) s objemom nádrže ≤ 1 milión m³. Na Slovensku je v súčasnosti vybudovaných 231 malých vodných nádrží, slúžia na odber vody, závlahy, ako protipožiarne nádrže či na chov rýb
3. rybníky vybudované len za účelom chovu rýb.

Umelé alebo prírodné jazera (v zmysle RSV 2000/60 ES) obývajú odlišné biologické spoločenstvá v závislosti od toho, pokiaľ preniká svetlo. V plytkej pobrežnej zóne (litorál, z lat. litoris: pobrežie) preniká svetlo až na dno, preto tu rastú vodné rastliny, ktoré poskytujú vhodný úkryt pre mnohé bentické bezstavovce a ryby. Oblasť voľnej vody sa nazýva pelagiál (z gréckeho pélagos – otvorené more). Spoločenstvo pelagiálu tvorí planktón (baktérioplanktón, fytoplanktón a zooplanktón) a nektón (predovšetkým ryby, plávajúce vo vodnom stĺpci, napr. beličky). Každé jazero má dno (**bentál**) obývané živočíchmi (**bentosom**).



Obr. 42: Zóny a spoločenstvá jazera v priečnom reze. © Pavel Beracko

Vysvetlivky: profundál – predstavuje hlbšie dno: do hornej vrstvy profundálu preniká svetlo (eufotická), do spodnej (afotická) nepreniká svetlo, ostatné výrazy pozri kapitola: Štruktúra, základné fyzikálne a chemické vlastnosti vody.

Na obr. 42 je znázornený priečny rez jazerom s charakteristickými zónami a spoločenstvami.

Podľa Rámcovej smernice o vode (Smernica 2000/60/ES, 2000) sa jazerá podľa nadmorskej výšky delia na:

1. vysoko položené: > 800 m
2. jazerá strednej polohy: 200 až 800 m
3. nížinné: < 200 m.

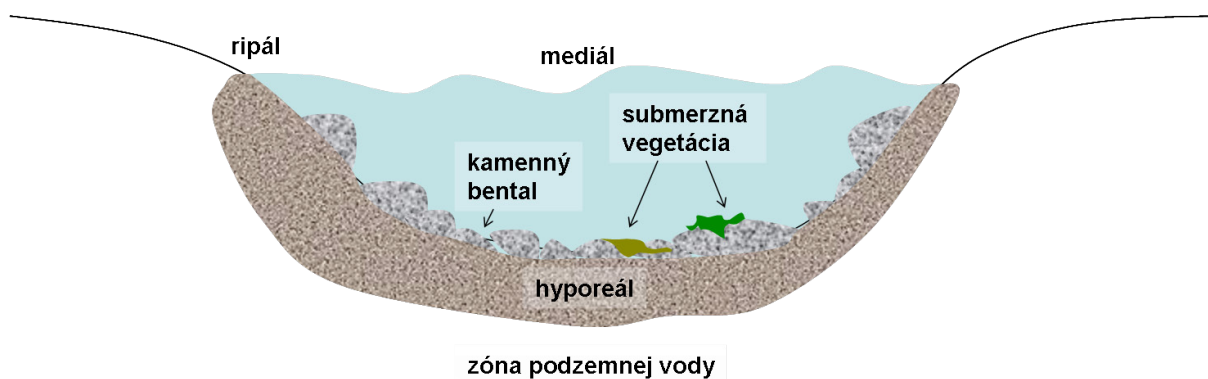
Podľa hĺbky sa delia na:

1. plytké: < 3m
2. stredne hlboké: 3 až 15 m
3. hlboké: > 15 m.

Podľa rozlohy (veľkosti plochy povrchu):

1. malé: 0,5 až 1 km²
2. stredne veľké: 1 až 10 km²
3. stredne veľké: 10 až 100 km²
4. veľké: > 100 km².

Geologické zloženie môže byť vápencové, kremičité alebo organické.



Obr. 43: Zóny tečúcej vody v priečnom reze. © Pavel Beracko

Životné prostredie tečúcich vôd môžeme rozdeliť na tri súvisiace vrstvy:

1. povrchovú vodu (reopelagiál, odpovedá pelagiálu jazier), ktorú tvorí pobrežné pásmo (ripál) a stred (mediál)
2. dno koryta toku (bentál), tvorené rôznymi sedimentami, predstavujúce podklad (substrát) pre vodnú biotu – bentos, dno siaha do hĺbky niekoľkých centimetrov
3. podriečne dno (hyporeál), t.j. hlbšia vrstva dna s infiltrovanou riečnou vodou, ktorá je trvalo oživená bentickými organizmami, siaha až do hĺbky niekoľkých metrov. Pod poriečnym dnom sa nachádza ekosystém podzemných vôd, ktorý obvykle nie je oživený (Lelák & Kubíček 1991)

Prúdenie vody spôsobuje v tečúcich vodách zmenu fyzikálno-chemických vlastností toku v podĺžnom smere, čo sa odráža aj v zmenách zloženia spoločenstiev vodnej bioty. Na toto poukázali vedci už v minulom storočí, keď Illies (1961) rozdelil tok na 3 časti : pramenisko (krenál, crenal), horský a podhorský tok (ritrál, rhithral) a nížinný tok (potamál, potamal).

Prameniská predstavujú výver podzemných vôd na povrch (epikrenál, epicrenal) a ich bezprostredný odtok – pramennú stružku (hypokrenál, hypocrenal). Poznáme pramene, ktoré vytvárajú slabo prietochnú studničku (limnokrén, limnocren obr. 46), alebo voda tečie dolu svahom (reokrén, lat. rheocren, obr. 44) či vytvára mokrad' (heleokrén, lat. heleocren – obr. 45). Teplota v prameniskách je počas celého roku blízka teplote vzduchu. Predstavuje dôležitý abiotický faktor ovplyvňujúci spoločenstvo prameňov. Ďalším dôležitým faktorom je geologické podložie. Hlavne vápenité (krasové) pramene sa vyznačujú vyššou biodiverzitou a predstavujú unikátne biotopy so vzácnymi druhmi živočíchov, ku ktorým patria endemity. Podľa nadmorskej výšky môžeme deliť prameniská na prameniská nížin a podhorského stupňa vyskytujúce sa do nadmorskej výšky 800 m, ich priemerná ročná teplota sa pohybuje od 7 – 12 °C. Chladnejšie sú prameniská v horskom a vysokohorskom stupni s priemernou ročnou teplotou 3 – 6 °C. Najvyššiu teplotu majú termálne pramene (od 18 – 70 °C), preto v nich môžu prežívať len termofilné sinice, riasy a výnimočne aj exotické druhy rýb (Krno 2009).

Horské toky (epiritrál, epirhithral) (obr. 47) sa nachádzajú v nadmorskej výške nad 800 m n. m. Dno je tvorené balvanmi a skalami, teplota sa pohybuje v rozpätí 5 – 10 °C, prúde-



Obr. 44: Reokrén (Dolina 7 prameňov v Belianskych Tatrách). Foto: Eva Bulánková



Obr. 45: Heleokrén (Vysoké Tatry). Foto: Eva Bulánková



Obr. 46: Limnokrén (Šalviový prameň vo Vysokých Tatrách). Foto: Eva Bulánková



Obr. 47: Horský tok (Javorinka, Vysoké Tatry). Foto: Eva Bulánková

nie prevláda turbulentné, čo zabezpečuje hydrobiontom dostatok kyslíka.

Podhorské toky (metaritrál, metarhithral) ležia v nadmorských výškach 200 – 800 m, na dne sú menšie skaly a štrk, voda tečie s menšou rýchlosťou, lebo toky majú menší spád. Maximálna priemerná mesačná teplota je v rozpätí od 10 – 17 °C. Podľa veľkosti (resp. plochy povodia) rozlišujeme podhorské potoky, ktoré sú menšie, šírka nepresahuje 5 metrov, hĺbka v prúde nepresahuje 1 m. Teplota sa pohybuje v rozpätí 10 – 15 °C, podiel prúdovej (plytčiny, angl. riffles) a pokojnej (priehlbiny, angl. pools) časti toku je 4:1 (obr. 48).

Väčšie podhorské rieky (obr. 49) majú šírku toku nad 10 m a plochu povodia nad 100 m², sú hlbšie, pričom hĺbka v prúde presahuje 1 m. Maximálna priemerná mesačná teplota je v rozpätí od 15 – 17 °C, podiel plytčín a priehlbín je 2 : 1.

Nížinné toky (potamál, potamal) sa nachádzajú v nadmorskej výške do 200 m n.m. a majú malý spád (do 2 promile), substrát toku je jemný, tvorený štrkom a pieskom, príp. nánosmi bahna pri znečistených tokoch. Priemerná mesačná teplota je vyššia ako 17 °C, v nížinných potokoch siaha do 20 °C a v nížinných riekach môže byť vyššia ako 20 °C.

Nížinné potoky sú užšie ako 10 metrov a na okrajoch, ale aj v strede môžu byť husto zarastené vodnými rastlinami, vyskytuje sa tu často trstina, pálky a ostrice (obr. 50).

Nížinné rieky sú širšie ako 10 m a nie sú husto zarastené makrovegetáciou, čo súvisí hlavne s veľkou dynamikou toku (obr. 51). Okrem hlavného toku k nim priradujeme aj celoročne komunikujúce bočné ramená (eupotamál, eupotamal), t.j. voda je v nich prietočná po celý rok.

Slepé ramená (parapotamál, parapotamal) patria tiež k tečúcim vodám, pretože jedným koncom komunikujú s hlavným tokom. Pôvodne boli meandrami rieky, ale v dôsledku prirodzenej či antropickej sukcesie sa toto spojenie s hlavným tokom počas väčšej časti roka prerušilo. Prietok ramena sa obnovuje len počas vysokých stavov vody v hlavnom toku. Pravidelné preplachovanie v čase zvýšených stavov vody nedovoľuje veľký rozvoj vodných rastlín, ktoré sú vyvinuté hlavne v príbrežnej zóne, kde rastie napr. trstina (*Phragmites australis*), okrasa okolíkatá (*Butomus umbellatus*), ostrice (*Carex* sp.) a iné. Okrem planktónu je tu bohato zastúpený aj makrozoobentos a ryby.

Mŕtve rameno (plesiopotamál, plesiopotamal) má komunikáciu s hlavným tokom na oboch koncoch prerušenú. Spojenie býva obnovené iba v čase vysokých prietokov v hlavnom toku, kedy sa voda obohacuje o živiny. Okrem tohto obdobia voda v mŕtvom ramene neprúdi a vytvára tak podmienky stojatej vody. Vyskytujú sa tu preto druhy preferujúce stojatú vodu, ale aj mierne prúdiace. Žije tu tiež veľa druhov obojživelníkov, plazov a vtákov.

Vzhľadom na vysokú diverzitu biotopov patria slepé i mŕtve ramená k miestam s najväčšou rozmanitosťou živočíchov i rastlín (obr. 52).



Obr. 48: Podhorský potok (Vydrica). Foto: Eva Bulánková



Obr. 49: Podhorská rieka (Hron pri Valaskej). Foto: Peter Bitušík



Obr. 50: Nížinný potok (Močiarka). Foto: Eva Bulánková



Obr. 51: Nížinná rieka (Hron v Kamenici). Foto: Peter Bitušík



Obr. 52: Mŕtve rameno (Číčov) Foto: Eva Bulánková

Periodické tečúce vody sú v našich podmienkach väčšinou menšie vysychavé toky, ktoré majú vodu na jar a na jeseň, v lete vysychajú. V takýchto biotopoch dokážu prežiť len niektoré druhy makrozoobentosu, ktoré sa zahrabávajú do podriechneho dna alebo je ich vývoj krátky a prispôsobený vysychaniu.

Kryál (cryal) predstavujú periodické vysokohorské toky napájané roztápajúcim sa ľadovcom alebo snehovým poľom. Maximálne ročné teploty nepresahujú 4 °C. V týchto extrémnych podmienkach sa darí malému počtu druhov s vyššou početnosťou. Zastúpené sú hlavne vodné dvojkrídlovce, chýbajú tu predátory (podobne ako v periodických mlákach a poriečnych vodách).

Regulované toky (obr. 53) sú toky upravené činnosťou človeka, pričom môže byť spevnené celé koryto, kedy dochádza k strate kontaktu medzi okolitým podložím a tokom. To sa negatívne prejavuje v zložení vodných živočíchov, z ktorých v takom prostredí prežívajú len eurytopné druhy. Ak sú spevnené len brehy, ide o menší zásah a druhové spektrum vodných bezstavovcov je väčšie. Najmenej negatívne je spevnenie len vybraných erózných častí koryta, kedy ostatné časti koryta poskytujú prirodzené podmienky pre rozvoj bentických bezstavovcov i stavovcov.

Kanály sú vytvorené človekom (obr. 54). Ide o umelé vodné telesá. Rozlišujeme kanály slúžiace na vodnú dopravu, závlahové, odvodňovacie a derivačné. V závislosti od toho je aj rozdielne zloženie živočíchov či rastlín, ktoré ich osídľujú. Väčšinou ide o eurytopné



Obr. 53: Zregulovaný tok (Gidra v Budmericiach). Foto: Eva Bulánková

či menej citlivé druhy, pretože napriamené kanály neposkytujú vhodné podmienky pre citlivé druhy. Sukcesiou však dochádza k diverzifikácii prostredia, v nánosoch sedimentov sa vyvíjajú vodné rastliny, ktoré poskytujú vhodné podmienky pre mnohé druhy makrozoobentosu a rýb. V takýchto melioračných kanáloch (odvodňovacích a zavlažovacích) sa môžu vyskytovať aj chránené druhy rýb (Hajdu & Kováč 2002) a vážok (Šíbl et al. 2002).

Zdrže sú budované v korytách tokov ako nádrže na vzdúvanie vody, preto predstavujú prechod medzi tokmi a priehradami. Charakteristické je pre nich krátkodobé kolísanie vodnej hladiny a sedimentácia nánosov. Zdrže predstavujú významné biotopy hlavne pre vtáky, napr. Hrušovská zdrž predstavuje významné zimovisko divých husí.

Pri hodnotení ekologického stavu tečúcich vôd sa zaraďujú toky do jednotlivých typov podľa typizácie vypracovanej v súlade s požiadavkami Rámcovej smernice o vodách 2000/60 ES. Prvým kritériom na rozdelenie tokov do jednotlivých typov sú ekoregióny Slovenska: karpatský a panónsky. Podľa nadmorskej výšky sa toky delia do 3 stupňov: vysoko položené v nadmorskej výške ≥ 800 m, strednej polohy od 800 do 200 m n.m. a nížinné ≤ 200 m n.m. Na základe plochy povodia sa delia toky na malé (s plochou povodia od 10 – 100 km²), stredné (plocha povodia od 101 – 1000 km²) a veľké toky (s plochou povodia ≥ 1000 km²). Takto bolo na Slovensku vyčlenených 22 typov tokov, ktorých osídlenie makrozoobentosom na vybraných monitorovaných lokalitách bolo popísané v publikácii Mišíková et al. 2010.



Obr. 54: Kanál (Hričovský kanál). Foto: Eva Bulánková

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- Bartík, I., Trubenová, K., Haviar, M., 2008: Katalóg typov povrchových vôd SR: referenčné lokality. VÚVH, SHMÚ, 22 s.
- Bitušík, P., Bulánková, E., Černý, J., Fajmová, E., Halgoš, J., Kodada, J., Krno, I., Šporka, F., Vranovský, M., 1996: Tečúce vody. In: Ružičková, H., Halada, L., Jedlička, L., Kalivodová, E. (eds.), 1996. Biotopy Slovenska. Príručka k mapovaniu a katalóg biotopov. 2. prepracované vydanie ÚKE SAV, Bratislava, 192 s.
- Háberová, I., 1996: Rašelinné a slatinné biotopy, 100–104. In: Ružičková, H., Halada, L., Jedlička, L., Kalivodová, E. (eds.), 1996. Biotopy Slovenska. Príručka k mapovaniu a katalóg biotopov. 2. prepracované vydanie ÚKE SAV, Bratislava, 192 s.
- Halgoš, J., Bulánková, E., 2001 : Vplyv klimatických zmien na štruktúru zoocenóz. In: Národný klimatický program Slovenskej republiky, Zv. 11 : Nové scenáre klimatickej zmeny a ich využitie . Bratislava : MŽP SR, SHMÚ, s. 83 –87.
- Hajdú, J. Kováč, V., 2002: Ichtyofauna vybraných vôd Žitného ostrova. Folia faunistica Slovaca, 7: 75 – 81.
- Illies, J., 1961: Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 46, 205–213.
- Janák, M., Moisi, P., Mrekva, L., Tamás, E. A. , Vogrin, Wolf, J., 2006: Úloha mokradí v manažmente riečnych povodí. Dunajské environmentálne fórum, 4 s.
- Krno, I. (ed.), 1996: Limnology of the Turiec river basin. (West Carpathians, Slovakia). Biologia (Bratislava) 51 (Suppl. 2): 1–122.
- Krno, I., 2009: Limnológia tečúcich vôd. Univerzita Komenského, Bratislava, 73 s. .
- Lelák, J., Kubíček, F., 1991: Hydrobiologie, UK Praha, 257 s.
- Mišíková Elexová, E., Haviar, M., Lešťáková, M., Ščerbáková, S., Bitušík, P., Bulánková, E., Čejka, T., Čiamporová – Zaťovičová, Z., Derka, T., Hamerlík, L., Illéšová, D., Kodada, J., Košel, V., Krno, I., Mláka, M., Novikmec, M., Šporka, F., 2010: Zoznam zistených taxónov na monitorovaných lokalitách vodných útvarov povrchových vôd Slovenska. Časť 1: Bentické bezstavovce. Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (Bratislava). Vol. 18, No. 1 (2010), Univerzita Komenského, Bratislava, 335 s.
- Négre Ph., Petelet-Giraud E., Sgouridis F., 2005: EUROWET, Integration of European Wetland research in

- sustainable management of the water cycle. Significance of wetlands in the water cycle. European commission, 23 s.
- Rovný, R., Bulánková, E., 214: Stojaté vody a ramená. Dostupné na internete: <http://www.youtube.com/watch?v=JRRBlj1DRA>. [09.10.2014].
- Ružičková, H., Halada, L., Jedlička, L., Kalivodová, E. (eds.), 1996. Biotopy Slovenska. Príručka k mapovaniu a katalóg biotopov. 2. prepracované vydanie ÚKE SAV, Bratislava, 192 s.
- Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000 ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky – SK a EN verzia. Úradný vestník európskych spoločenstiev, dostupné na internete: <http://www.vuvh.sk/rsv2/> [21.10.2014]
- Stanová V. (ed.), 2000: Rašeliniská Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 194 s.
- Stanová V., Viceníková, A. (eds.), 2000: Biodiverzita národnej prírodnej rezervácie Abrod. Stav, zmeny a obnova. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 270 s.
- Stanová, V., Valachovič, M., (eds.) 2002: Katalóg Biotopov Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 225 s.
- Šefferová Stanová, V., Dítě, D., Janák, M., 2011: Manažmentový model pre slatinné rašeliniská. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie a Botanický ústav SAV, Bratislava.
- Šíbl, J., Seginková, A., Bulánková, E., 2002: Príspevok k poznaniu fauny vážok (Odonata) melioračných kanálov Žitného ostrova. Entomofauna carpathica, 14, 1 – 2: 12 – 15.
- Thienemann, A. F., 1956: „Leben und Umwelt: Vom Gesamthaushalt der Natur „; Hamburg.
- www.pondconservation.org.uk [16.10.2014]
- <http://www.sopsr.sk/natura> [16.10.2014]
- <http://www.sopsr.sk/publikacie/ramsar.pdf> [16.10.2014]
- <http://www.sopsr.sk/webs/MokrSlov/>[16.10.2014]
- <http://www.fyzickageografia.sk/geovedy/texty/texty.html> [26.11.2014]

II. ČASŤ: BIOLOGICKÉ PRVKY HODNOTENIA VÔD

Ekologický stav vôd sa vyjadruje hodnotením pomocou biologických prvkov, fyzikálno-chemických vlastností a hydromorfológie tečúcich vôd. Podľa RSV 2000/60 ES medzi biologické prvky kvality patria makrofyty, fytoENTOS a fytoplanktón, bentické bezstavovce a ryby. Predstavujú hlavné zložky bioty tečúcich vôd, ktoré ďalej popíšeme s výnimkou fytoENTOSu a fytoplanktónu, ktorý môžu využiť na hodnotenie tečúcich vôd len vysokošpecializovaní odborníci. Makroskopické biologické prvky: makrofyty, bentické bezstavovce a ryby majú rozličnú indikačnú hodnotu, makrofyty sa dajú najlepšie vyžiť na posudzovanie nížinných tokov, bentické bezstavovce sú dobrými indikátormi hlavne horských a podhorských tokov a ryby zas nížinných tokov. Na hodnotenie tokov sa pre žiakov hodia bentické bezstavovce, ktoré sa dajú pomerne ľahko odoberať a určovať do úrovne čeladi. Poznanie ostatných biologických prvkov dopĺňa znalosti o vodnej biote tečúcich vôd a získané znalosti sa dajú využiť aj na iné účely ako je hodnotenie tokov.

VODNÉ RASTLINY

Silvia Kubalová

Vodné rastliny ako primárne producenty biomasy a kyslíka sú významnou súčasťou akvatických ekosystémov. Pojem „vodné rastliny“ chápeme v širšom zmysle, nielen ako druhy z ríše Plantae, ale všetky organizmy bez ohľadu na ich taxonomickú príslušnosť, schopné fotosyntézy (napr. cyanobaktérie, riasy, machorasty, cievnaté rastliny), ktoré žijú vo vodnom prostredí. Mnohé z nich na prvý pohľad unikajú našej pozornosti, pretože sú to jednobunkové organizmy identifikovateľné len pomocou mikroskopu.

Vodné rastliny, ktoré sú viditeľné voľným okom, sa všeobecne označujú termínom **vodné makrofyty**. Okrem cievnatých rastlín a machorastov k nim patria aj riasy s mnohobunkovou stielkou, napr. chary.

Vodné makrofyty sú rozšírené od trópov až po chladné oblasti sveta, osídľujú rôzne typy akvatických biotopov (sladkovodné, morské, stojaté, tečúce) a mnohé z nich sú cenoticky

významné druhy, tj. formujú vlastné spoločenstvá, v ktorých sú dominantnou zložkou.

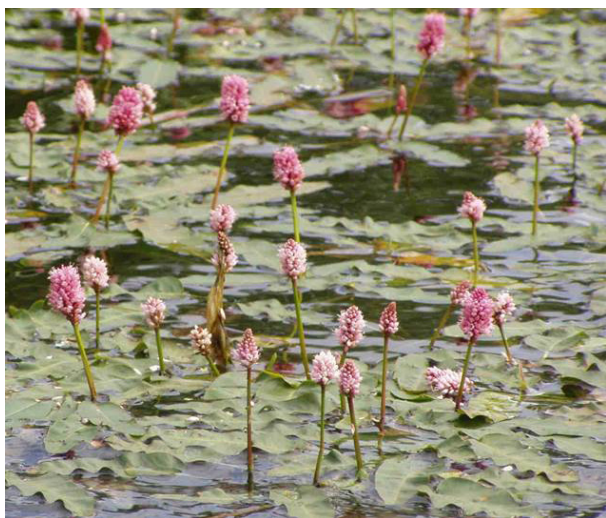
Makrofyty môžeme rozdeliť na dve hlavné životné formy: hydrofyty a helofyty.

Hydrofyty sú rastliny, ktorých existencia je priamo viazaná na vodné prostredie. Rastú buď ponorené pod vodou, v tom prípade ich označujeme termínom **submerzné**, alebo plávajú na hladine, vtedy ich nazývame **natantné**. Hladina vody v akvatických biotopoch prirodzene kolíše až do tej miery, že občas dochádza k obnaženiu dna – niektoré hydrofyty sa tomuto extrému prispôsobili tak, že dokážu vytvárať tzv. **terestrické formy**. Príkladom hydrofyty schopného prežiť na mokrom bahne je močiarka okrúhla (*Batrachium circinatum*).

Helofyty sú rastliny, ktoré majú väčšiu časť tela vynorenú z vody a väčšinu života dokážu prežiť aj mimo vodného prostredia, len na mokrom až vlhkom pôdnom substráte. Rastliny vynorené z vodného prostredia označujeme aj ako **emerzné**. V prípade trvalejšieho zaplavenia ich stanovišť dokážu niektoré helofyty vytvoriť **akvatickú formu**, z našich druhov napr. horčiak obojživelný (*Persicaria amphibia*) – obr. 55.

V odbornej literatúre sa môžeme stretnúť s rôznym členením makrofytov podľa životných, resp. rastových foriem. V súčasnosti sa najmä v podunajských štátoch používa členenie v zmysle Kohlerovej metódy mapovania makrofytov (Kohler & Janauer 1995, www.midcc.at):

- **akropleustofyty**: druhy voľne plávajúce na hladine;
- **submerzné pleustofyty (mezopleustofyty)**: druhy voľne ponorené (avšak nezakorenené v substráte);
- **submerzné zakorenené makrofyty (rizofyty)**: ponorené druhy zakorenené v substráte;
- **rizofyty s plávajúcimi listami**: druhy zakorenené v substráte, ktorých listy plávajú na hladine;
 - **amfifyty**: druhy, u ktorých sa na stanovišti v rovnakom čase cca polovica populácie vyskytuje vo vode a druhá polovica mimo vody;
 - **helofyty**: emerzné močiarné druhy, pričom väčšina populácie rastie mimo vody.



Obr. 55: Akvatická forma horčiaka obojživelného (*Persicaria amphibia*). Foto: © Nigel Holmes

Medzi hlavné abiotické faktory, ktoré ovplyvňujú osídľovanie vody rastlinstvom, patria: výška hladiny a jej kolísanie, rýchlosť prúdenia a priehľadnosť, teplota vody, obsah živín vo vode a v substráte, zatienenie okolitou brehovou vegetáciou.

V súvislosti s množstvom vody na danom stanovišti zaviedol Hejný (1960) pojem **ekofáza**, vyjadrujúci stupeň zavodnenia akvatického biotopu. Rozlíšil štyri nasledovné ekofázy:

1. **hydroekofáza** – prostredie hlbkej vody;
2. **litorálna ekofáza** – prostredie plytkej vody;
3. **limónna ekofáza** – substrát nasýtený vodou, ktorá v závislosti od mikroreliefu koryta miestami vystupuje na povrch;
4. **terestrická ekofáza** – vysychajúci substrát po dlhodobjšom obnažení.

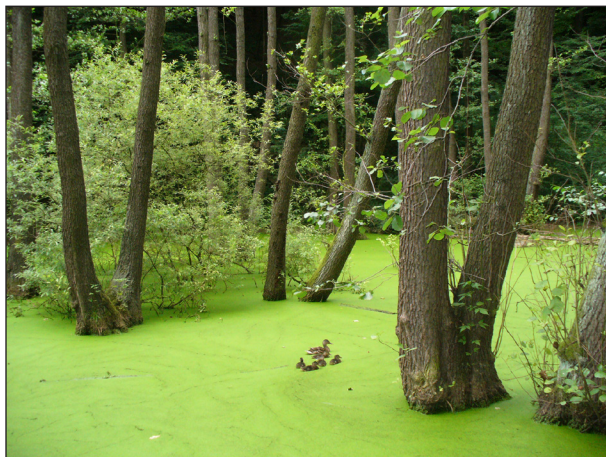
Uvedené ekofázy (bud' všetky alebo len niektoré z nich) sa môžu vystriedať na jednej lokalite v rámci jednej vegetačnej sezóny, sú teda odrazom dynamiky jej vodného režimu. V tom istom čase môže byť na jednej lokalite naraz viacero uvedených ekofáz, poskytujú nám teda aj obraz o morfológii koryta skúmaného vodného telesa.

Vodné makrofyty sú vhodnými bioindikátormi ekologického stavu najmä z hľadiska trofie vody, tj. indikujú množstvo živín (najmä dusíka a fosforu) rozpustených vo vode, resp. uložených v substráte.

Hoci každý druh je adaptovaný na určitý rozsah hodnot abiotických faktorov prostredia, vo všeobecnosti možno povedať, že väčšina našich vodných makrofytov je viazaná na vody plytšie (hlbka do 2 m), stojaté alebo pomaly tečúce, teplé, so stredným až vysokým obsahom živín. S najväčším počtom druhov sa preto môžeme stretnúť v nížinnej krajine južných častí Slovenska.

Ďalej sa budeme podrobnejšie venovať makrofytom, ktorých existencia mimo vodného prostredia je až na pár výnimiek takmer nemožná, tj. hydrofytom.

Hladina stojatých vôd býva pokrytá drobnými voľne plávajúcimi druhmi, najčastejšie sú to zástupcovia podčeláde Lemnoideae (čelád' Araceae) – obr. 56: žaburinka menšia (*Lemna minor*) – obr. 57, žaburinka pluzgierkatá (*Lemna gibba*)– obr. 58, spirodelka mnohokoreňová (*Spirodela polyrhiza*) – obr. 57



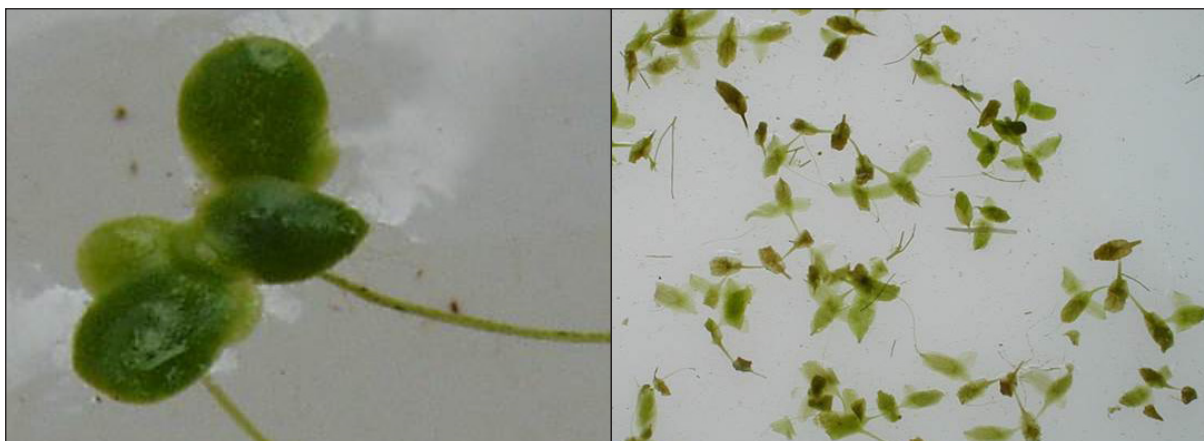
Obr. 56: Žaburinkami pokrytá hladina periodickej vody, na ktorej plávajú kačice vyhládávajúce túto chutnú potravu (Železná studnička). Foto: Eva Bulánková

, drobul'ka bezkoreňová (*Wolffia arrhiza*). Napriek tomu, že tieto rastlinky vyzerajú ako okrúhle až oválne lístky, v skutočnosti listy nevytvárajú a to, čo vidíme, sú sploštené stonky.

Na ich spodnej strane vyrastá jeden koreňok (rod *Lemna*), zväzoch koreňokov (rod *Spirodela*) alebo koreňok chýba (rod *Wolffia*). Žaburinka menšia a spirodelka mnohokoreňová sú naše najbežnejšie druhy voľne plávajúcich makrofytov a veľmi často ich nájdeme



Obr. 57: Vľavo: žaburinka menšia (*Lemna minor*), vpravo spirodelka mnohokoreňová (*Spirodella polyrhiza*), Foto: © Nigel Holmes



Obr. 58: Vľavo: žaburinka pľuzgiernatá (*Lemna gibba*), vpravo žaburinka trojbrázdová (*Lemna trisulca*), Foto: © Nigel Holmes

rásť spoločne. So žaburinkou pľuzgierkatou sa môžeme stretnúť vo vodách silne eutrofných až hypertrofných, jej výskyt indikuje organicky znečistené vodné prostredie. Spoločivo ju spoznáme podľa zvláštneho pletiva, ktoré sa nachádza na spodnej strane sploštenej stonky a tvorí ho zhluk veľkých priesvitných buniek, pripomínajúci pľuzgierik.

V plytkých, teplých, silne eutrofných vodách rastie žaburinka trojbrázdová (*Lemna trisulca*) – obr. 58, ktorá je na rozdiel od svojich príbuzných rastúcich na hladine jemnejšia a priesvitnejšia, jej sploštená stonka pripomína končistý lístok so stopkou.

Drobulky (rod *Wolffia*) sú považované za najmenšie kvitnúce rastliny na svete, ich veľkosť dosahuje len cca 2 mm. Naša drobulka bezkoreňová patrí k veľmi vzácnym druhom, v rámci Slovenska rastie len na niekoľkých lokalitách.

Okrem uvedených druhov sa občas môžeme stretnúť aj s inými rastlinami plávajúcimi na hladine. Jednou z nich je mrkvatec plávajúci (*Ricciocarpos natans*) – obr. 59, drobná pečevka s lupeňovitou, výrazne ryhovanou stielkou. Na jej spodnej strane vyrastá veľké



Obr. 59: Pečeňovka mrkvavec plávajúci (*Ricciocarpos natans*). Foto: © Nigel Holmes

množstvo stužkovitých pakorienkov (rizoidov). Je to machorast, ktorý preferuje zatienené vody, a v prípade extrémneho poklesu hladiny dokáže zakoreniť na vlhkom substráte.

V teplých vodách nížin sa vyskytuje papraď salvínia plávajúca (*Salvinia natans*). Tvorí krátke stonky, na ktorých praslenovito vyrastajú listy. Z každého praslena vidíme na hladine dva oválne listy rastúce oproti sebe, tretí list z praslena je premenený na zväzok korieňkov, ktorý je ponorený pod hladinu. V čase rozmnožovania vyrastajú medzi korieňkami drobné okrúhle útvary nazývané sporokarpiá. V sporokarpiách sú ukryté výtrusnice. Ďalším charakteristickým znakom salvínií sú chlípky (trichómy) vyrastajúce na povrchu listov, ktorých úlohou je odpudzovať vodu.

Niekoľko druhov nezakorenených hydrofytov nájdeme aj pod hladinou, kde sa voľne vznášajú vo vodnom stĺpci. Patrí medzi ne napr. pečeňovka mrvka plávajúca (*Riccia fluitans*) – obr. 60, ktorej lupeňovitá stielka je široká iba 1 mm, avšak bohato sa vidlicovito rozkonáruje, takže pod hladinou vytvára charakteristické zhľuky, dobre známe aj akvaristom, ktorý mrvku často pestujú. V prírode ju nájdeme zriedkavejšie na zatienených stanovištiach.

Podobne ako jej príbuzný mrvkatec plávajúci dokáže zakoreniť na mokrom substráte.

Medzi rastliny voľne rastúce vo vode patria aj známe mäsožravé druhy rodu bublinatka (*Utricularia*) – obr. 61. V našej flóre je tento rod zastúpený 6 druhmi, niektoré nájdeme v chladných vodách chudobných na živiny, iné rastú v teplých, mezo- až eutrofných vodách. Vodné bezstavovce lovia pomocou špeciálnych mechúrikov, ktoré vznikli premeneňou listových úkrojkov a pripomínajú bublinky. Funkčná pasca má viečko s citlivými chlípkami a je v nej podtlak, takže keď korisť narazí do chlípok, je doslova nasatá dovnútra aj



Obr. 60: Pečeňovka mrvka plávajúca (*Riccia fluitans*).
Foto: © Nigel Holmes

s vodou. Po naplnení sa mechúrik uzavrie. Celý tento proces „lovu“ trvá približne 15 tisícín sekundy. Bublínky sú nápadné najmä v čase kvitnutia; keďže sú hmyzoopelivé, ich výrazné kvety sú vynorené nad hladinu.

K voľne rastúcim druhom možno zaradiť aj zástupcov rodu rožkatec (*Ceratophyllum*), hoci tieto rastliny sú už chabo upevnené v substráte jemnými koreňmi. Rožkatec ponorený (*Ceratophyllum demersum*) – obr. 62 patrí k našim najrozšírenejším hydrofytom. Znáša pomerne široký rozsah ekologických podmienok. Jeho telo je inkrustované uhličitanom vápenatým, preto je na do-

tyk pevný a drsný. Okrem neho sa u nás vyskytuje rožkatec pohrúžený (*Ceratophyllum submersum*) – obr. 63. Napriek tomu, že preferuje silne znečistené vody, je veľmi vzácný, známy je len z niekoľkých lokalít. Na rozdiel od rožkatca ponoreného je veľmi jemný a mäkký. Rozlišovanie oboch druhov je náročnejšie, rožkatec ponorený má listy 1–2 krát delené a na jeho plode sa nachádzajú 2 dlhé bazálne ostne; rožkatec pohrúžený má listy 3krát delené a plod bez ostňov.

Väčšina hydrofytov patrí medzi druhy zakorenené v substráte. Aj napriek tomu sa mnohé z nich vyhýbajú rýchlo tečúcim vodám. Hoci sú ich telá ponorené vo vode, u niektorých sa



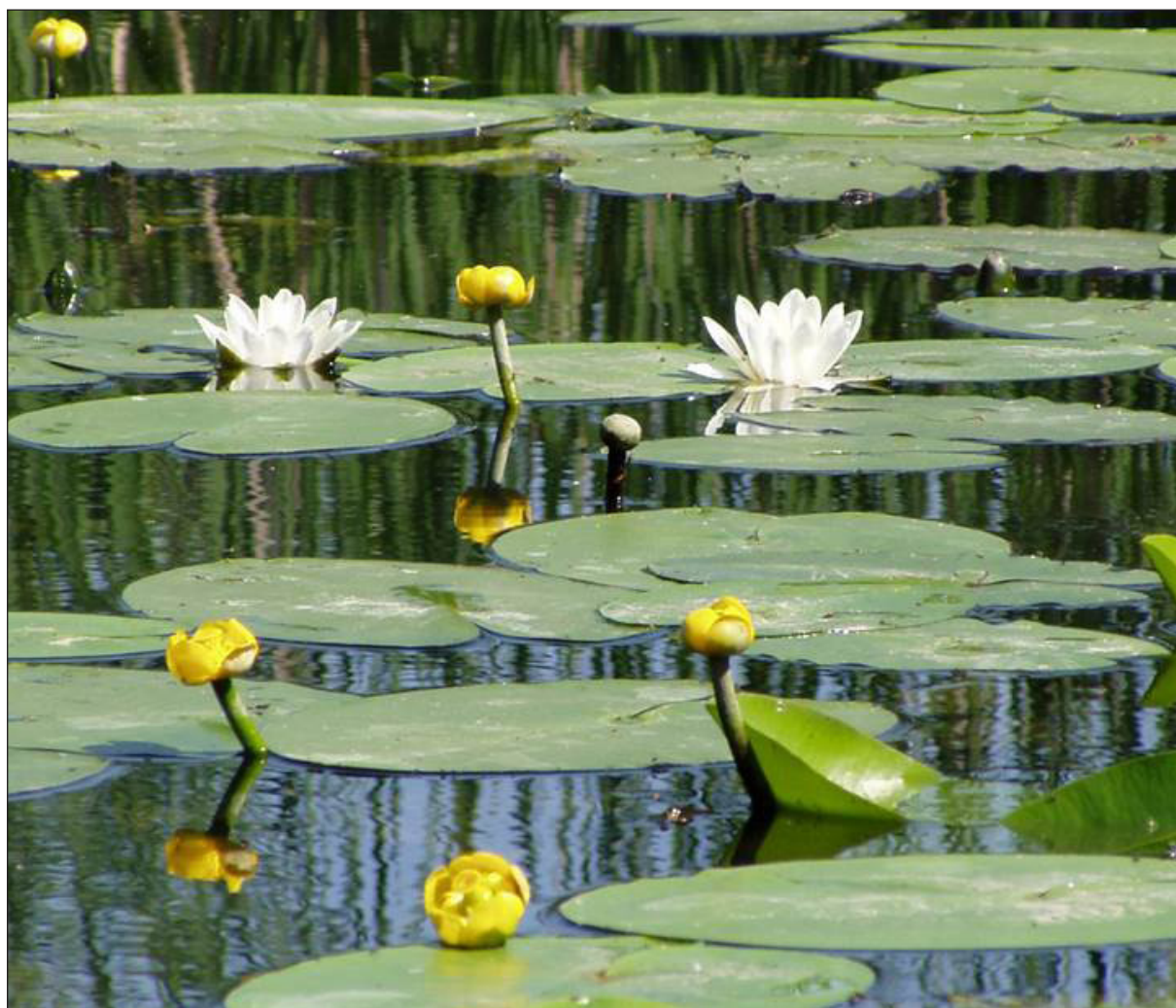
Obr. 61: Bublínatka (*Utricularia* spp.). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 62: Rožkatca ponorený (*Ceratophyllum demersum*). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 63: Vľavo listy rožkatca pohrúženého (*C. submersum*), vpravo rožkatca ponoreného (*C. demersum*). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 64: Kvitnúce lekno biele (*Nymphaea alba*) a leknica žltá (*Nuphar lutea*). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 65 : Vľavo : List lekna bieleho, dole : listy leknicie žltej (vpravo tzv. šalátové listy). Foto: © Nigel Holmes



môžeme stretnúť s listami a kvetmi plávajúcimi na vodnej hladine, resp. vynorenými nad ňu.

Najznámejšími druhmi vodných rastlín, ktorých veľké listy a kvety sú položené na hladine, sú lekno biele (*Nymphaea alba*) a leknica žltá (*Nuphar lutea*) – obr. 64.

V čase kvitnutia si ich určite nepomýlime, aj ich názov nám prezrádza, že kvety lekna sú tvorené väčším počtom bielych korunných lupienkov, v kvete leknicie nájdeme päť nápadne žltých kališných lístkov, korunné lupienky sú redukované a ukryté vo vnútri kvetu. Ak práve nekvitnú, rozoznať ich od seba je trochu náročnejšie, najistejším znakom je listová žilnatina, u lekna sú bočné žilky na okrajoch listov sieťovito pospájané, u leknicie sa nespájajú, ale končia v listových okrajoch. Pri pohľade z brehu si väčšinou nevšimneme aj ďalší rozdiel, leknica vytvára i druhý typ listov, ktoré celé zostávajú ponorené pod vodou, preto majú jemnú, akoby pokrčenú čepel'. Z tohto dôvodu sa im zvykne hovoriť aj „šalátové“ listy – obr. 65.

Takémuto javu, keď rastlina vytvára viacero typov listov, hovoríme **heterofýlia**. Lekná



Obr. 66: Listy leknovca štítnateho (*Nymphoides peltata*) so žaburinkou. Foto: © Nigel Holmes

Obr. 67: Vodnianka žabia (*Hydrocharis morsus-ranae*). Foto: © Nigel Holmes

a leknice sú v substráte zakorenené hrubým podzemkom, ktorý je aj spolu s listovými stopkami vyplnený vzdušným pletivom, nazývaným **aerenchým** – toto pletivo pomáha listom nadnášať sa vo vode a zabezpečuje prísun vzduchu do podzemných orgánov. S lekniceou si môžeme na prvý pohľad pomýliť ďalší druh s podobným typom rastu, leknovec štítnatý (*Nymphoides peltata*) – obr. 66. Je to však druh, ktorý taxonomicky prislúcha do inej čeľade, podobnosť s leknovitými rastlinami je teda len výsledkom prispôsobovania sa podobným ekologickým podmienkam. Listy leknovca sú oveľa menšie a ak sa na ne dobre pozrieme, všimneme si ich vlnkovitý okraj. Jeho kvety sú tiež nápadne žlté, ale na rozdiel od leknice sú korunné lupienky špicaté, s rozstrapkanými okrajmi. Napriek tomu, že leknovec tvorí bohato rozvetvené poplazy a dokáže prežiť aj na mokrom bahne, patrí k našim najvzácnejším vodným rastlinám.

Mnohí ľudia si s leknovitými rastlinami mýlia aj vodnianku žabiu (*Hydrocharis morsus-ranae*) – obr. 67, predpokladajú, že ide o mladé jedince lekna. Nie je to však tak, mladé listy lekna sú ukryté pod vodou a rozvinú sa, keď dosiahnu hladinu. Listové ružice zložené



Obr. 68: Rezavka aloovitá (*Stratiotes aloides*). Foto: © Nigel Holmes

z malých okrúhlych listov (cca 5 cm), voľne plávajúce na hladine a navzájom pospájané poplazmi určite patria vodnianke. Ak sa na list pozrieme proti svetlu, uvidíme, že hlavné listové žily sú rovnomerne pospájané priečnymi žilkami, takže žilnatina pripomína rebrík. V lete môžeme v strede ružice nájsť drobné biele kvietky, zložené z troch okvetných lístkov.

Vodnianka spolu s príbuzným druhom rezavka aloovitá (*Stratiotes aloides*) – obr. 68 patrí medzi jednoklíčnolistové rastliny,

taxonomicky teda tiež nie je príbuzná s leknovitými rastlinami. Rezavka aloovitá patrí medzi vzácne hydrofyty. Je to veľmi nápadná rastlina, ktorú si vďaka jej listovým ružiciam určite nepomýlime s iným druhom. Jej listy sú totiž dlhé, úzke a končisté, s výrazne pílkovitým okrajom, a na rozdiel od predchádzajúcich druhov, nie sú na hladine položené, ale vynorené nad ňu. Vodnianka aj rezavka majú síce korene, ale nie sú uchytené v substráte.

Druh s nápadnou listovou ružicou je aj kotvica plávajúca (*Trapa natans*). Jej charakteristické kosoštvorcové listy majú horné okraje zubaté a listové stopky sú výrazne nafúknuté. Hoci kvety sú nenápadné, plod je neprehradnutelný, je to pomerne veľký oriešok (cca 3 – 4 cm) s nápadnými ostrými trnitými výbežkami. Oriešky kotvíc sú jedlé, v niektorých krajinách sa tieto rastliny aj pestujú pod názvom vodný gaštan. V stojatých vodách Východoslovenskej nížiny sa môžeme stretnúť ešte s jedným zaujímavým druhom, ktorého listy plávajú na hladine. Tieto listy sú totiž zložené zo štyroch lístkov, takže pripomínajú štvorlístok pre šťastie a patria papradi marsilea štvorlístá (*Marsilea quadrifolia*). Marsileu nájdeme v plytkých vodách s výrazne kolísajúcou hladinou, pretože kvôli rozmnožovaniu potrebuje istý čas rásť aj mimo vody. Výtrusnice ukryté v červenohnedých sporokarpiách dokáže vytvárať len v terestrickej forme.

Početne najvýznamnejšou skupinou vodnej flóry v našej prírode je čeľaď Potamogetonaceae (červenavcovité). Rod *Potamogeton* (červenavec) je zastúpený viacerými druhmi, niektoré preferujú chladnejšie a na živiny chudobnejšie vody, iné rastú v teplých, na živiny bohatých vodách. Z praktických dôvodov ich delíme na tzv. úzkolisté a širokolisté druhy. Širokolisté červenavce sú pomerne ľahko identifikovateľné, napr. červenavec kučeravý (*Potamogeton crispus*) dostal svoje meno podľa zvláštne okrajov listov, červenavec pre-



Obr. 69: Červenavec kučeravý (*Potamogeton crispus*) a červenavec prerastenolistý (*Potamogeton perfoliatus*). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 70: Červenavec plávajúci (*Potamogeton natans*) a červenavec hrebenatý (*Potamogeton pectinatus*). Foto: © Nigel Holmes

rastenolistý (*Potamogeton perfoliatus*) – obr. 69 nemá listové stopky, báza listov srdcovito objíma stonku, červenavec plávajúci (*Potamogeton natans*) – obr. 70 tvorí hrubé kožovité listy plávajúce na hladine podobne ako listy lekna. Problém s rozpoznávaním nastáva pri úzkolistých druhoch, pretože ich lístky sú široké len asi 2 mm, a v prípade, že nemáme k dispozícii plodné jedince, určiť ich vieme len podľa ukončenia žilnatin v špičke listu. Z týchto úzkolistých druhov ľahko spoznáme iba červenavec hrebenatý (*Potamogeton pectinatus*) – obr. 70, ktorý ako jediný má listovú pošvu s jazýčkom (podobne ako trávy). Ostatné úzkolisté červenavce pošvy netvorí, majú však tzv. palist – rúrkovitý blanitý útvar vyrastajúci tesne nad listom a objímajúci stonku.

S červenavcami sú príbuzné druhy červenačka hustolistá (*Groenlandia densa*) – obr. 71 a zanichelka močiarna (*Zannichellia palustris*) – obr. 71, oba však majú listy protistočné, čím ich spoľahlivo odlišíme od červenavcov, ktoré majú listy vždy striedavé. Červenačka patrí k mimoriadne ohrozeným hydrofytom, vzhľadom pripomína širokolisté červenavce a hoci rastie na nížinách, dáva prednosť chladnejším vodám. Zanichelka sa podobá na úzkolisté červenavce, okrem postavenia listov ju vieme od nich odlíšiť aj podľa plodov – zobáčikatých nažiek.

Červenavcovité rastliny patria okrem zopár výnimiek medzi zakorenené submerzné hydrofyty. Pod vodou nájdeme aj rásť aj nepôvodný invázny druh vodomor Nuttalov (*Elodea nuttallii*) – obr. 72 pochádzajúci zo Severnej Ameriky. Do našich vôd sa dostal pravdepo-



Obr. 71: Červenačka hustolistá (*Groenlandia densa*)– vľavo a zanichelka močiarna (*Zannichellia palustris*) – vpravo. Foto: © Nigel Holmes



Obr. 72: Vodomor Nuttallovo (*Elodea nuttallii*). Foto: © Nigel Holmes

dobne vďaka akvaristom a napriek tomu, že nedokáže vytvárať plody, veľmi úspešne sa rozmnožuje vegetatívne.

Neprehliadnuteľnými submerznými druhmi sú riečňanky riečňanka prímorská (*Najas marina*) a riečňanka menšia (*Najas minor*). Ich subtílny vzhľad ostro kontrastuje s výrazne zubatými okrajmi listov. Pomerne početne je u nás zastúpený aj rod močiarka (*Batrachium*) – obr. 73. Na jeho príbuznosť s iskerníkovitými rastlinami upozorňujú drobné biele kvietky vynorené nad hladinu, listy sa už však prispôbili vodnému prostrediu, ich úkrojky sú nitkovité, niektoré druhy vytvárajú aj natantné listy plávajúce na hladine. Močiarky sú známe tým, že v prípade nepriaznivého vodného stavu dokážu



Obr. 73: Kvitnúca močiarka (*Batrachium*, synonymum *Ranunculus*). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 74: Vľavo stolístok klasnatý (*Myriophyllum spicatum*) a vpravo prasleň stolístka prasleňovitého (*Myriophyllum verticillatum*). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 75: Perutník močiarny (*Hottonia palustris*). Foto: © Nigel Holmes



Obr. 76: Chara (*Chara* spp.). Foto: © Nigel Holmes

vytvárať aj terestrické formy. Niektoré druhy sa adaptovali na prostredie rýchlo tečúcej vody v tokoch vyšších nadmorských výšok, kde vytvárajú rozsiahle porasty, napr. močiarka riečna (*Batrachium fluitans*). Hojným druhom v teplých nížinných vodách je močiarka okrúhla (*Batrachium circinatum*).

K najrozšírenejším submerzným hydrofytom patrí stolístok klasnatý (*Myriophyllum spicatum*) – obr. 74. Listy stolístkov vyrastajú v praslenoch a sú perovito delené. Stolístok klasnatý má v praslene po štyri listy, jeho farba je hnedozelená, články stonky sú dlhé, preto vytvára dojem riedko olistenej rastliny. Príbuzný druh stolístok praslenatý (*Myriophyllum verticillatum*) – obr. 74 je veľmi vzácnym,

v praslene vyrastá po päť listov, rastlina má sviežo zelenú farbu a veľmi krátke stonkové články, takže na rozdiel od s. klasnatého vyzerá jej olistenie hustejšie.

Medzi vzácné druhy patrí aj perutník močiarny (*Hottonia palustris*) – obr. 75, rastlina príbuzná prvosienkam, ktorá z našich vodných rastlín kvitne ako prvá už skoro na jar. V tom



Obr. 77: Rašelínik (*Sphagnum* spp.).
Foto: © Nigel Holmes

čas je neprehliadnuteľná, tvorí husté strapce bielych kvetov. V letných mesiacoch rastliny klesajú ku dnu.

Medzi makrofyty sa zaraďujú aj makroskopické riasy z čeľade Characeae (charovité) – obr. 76. Tieto riasy majú stielku diferencovanú na nepravé orgány, v substráte sú prichytené pakorienkami (rizoidmi), stonka je článkovaná a prาสlenovito sa rozkonáruje na bočné konáriky (fyloidy). Niektoré druhy majú články stoniek obalené jednou vrstvou buniek – kôrou a sú inkrustované uhličitanom vápenatým. Napriek najdokonalejšie vyvinutej stielke patria tieto riasy ku konkurenčne slabším druhom, zvyčajne sa na stanovišti objavujú medzi prvými a neskôr sú vytlačené cievnatými rastlinami. Sú veľmi citlivé na zvýšenú koncentráciu minerálnych hnojív.

V texte sme sa už zmienili o niektorých vodných machorastoch, dôležité je tiež spomenúť rod rašelinník (*Sphagnum* spp.) – obr. 77, do ktorého patrí cca 150–200 druhov. Rašelinníky sú významnými rastlinami vrchovísk, kde tvoria hrubé vrstvy rašeliny. Vody vrchoviskových rašelínisk sú mimoriadne chudobné na živiny, vďaka čomu je aj pH vody veľmi nízke. Rašelinníky sa kyslému vodnému prostrediu s nedostatkom živín prispôbili do tej miery, že dokážu selektívne absorbovať aj minimálne množstvo bázických iónov, čím môžu pH vody znížiť až na hodnotu 3. Vysoký stupeň acidity a nedostatok kyslíka znemožňujú existenciu mnohých organizmov vrátane dekompozítorov, tj. rozkladačov odumretej hmoty. Organický materiál sa nerozkladá, postupne sa kumuluje a vzniká rašelina. Rašelinníky plnia aj významnú hydrologickú funkciu: v ich palístkoch sa nachádzajú dva typy buniek, úzke živé chlorocysty a veľké odumreté hyalocysty. Hyalocysty sú prázdne a dokážu absorbovať vodu. Rašelinníky sú tak schopné prijať cca 15–30 krát vyššie množstvo vody ako je hmotnosť ich sušiny.

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- Hejný, S., 1960: Ökologische Charakteristik der Wasser- und Sumpfpflanzen in den slowakischen Tiefebene(n) (Donau- und Theissgebieten). – Vydavateľstvo SAV, Bratislava. 487 pp.
- Holmes, N., 2011: Higher Plant Guide. Environment Agency, Bristol. Power Point presentation, 231 slides.
- Holmes, N., 2011: River Bryophyte Guide. Bryophyte Identification Guide. Environment Agency, Bristol. Power Point presentation, 6 slides.
- Kohler, A. & Janauer, G.A., 1995: Zur Methodik der Untersuchungen von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. – In: Steinberg Ch., Bernhardt H. & Klapper H. [eds], Handbuch angewandte Limnologie, p. 1–22, Ecomed Verlag, Lansberg/Lech. Dostupné na internete: www.midcc.at [07.10.2014].

RYBY

Igor Kokavec

Ryby ako bioindikátory

Ryby sú veľmi dôležitými zložkami vodných biotopov. Najmä kvôli svojej veľkosti a viditeľnosti boli používané na posudzovanie zdravia vodných ekosystémov už v dávnej minulosti. Jazerá, rieky a moria s početným a druhovo rozmanitým spoločenstvom rýb (ichtyocenózou) indikujú zdravé životné prostredie pre všetky organizmy. Zloženie a štruktúra ichtyocenózy môže reflektovať rôzne vplyvy zapríčinené či už ľudskou činnosťou alebo prirodzenými (napr. sezónnymi) zmenami, počasím a pod. V ideálnych prípadoch sa tieto (zväčša negatívne) vplyvy prejavujú v menej vážnych formách a to zmenou štruktúry spoločenstva alebo početnosti populácie niektorých druhov, v extrémnych prípadoch dochádza k masívnemu úhynu rýb vplyvom vysokej kontaminácie vôd toxickými látkami, nízkym obsahom kyslíka, či postupnému znižovaniu početnosti spojenej so stratou optimálnych podmienok alebo vhodných neresísk.

Štruktúra ichtyofauny vodných útvarov môže pomerne presne a predvídateľne odzrkadľovať takmer všetky typy antropogénnych zásahov vrátane eutrofizácie, acidifikácie, chemického znečistenia, regulácie tokov, priečných stavieb, fragmentácie, tiež nadmerného lovu alebo introdukcie nepôvodných druhov.

Ryby ako bioindikátory v sebe pri posudzovaní zdravia vodných tokov spájajú niekoľko výhod (podľa Barbour et al. 1999):

- ryby sú dobrými indikátormi dlhodobějších (niekoľko rokov) vplyvov a širokého spektra podmienok prostredia, pretože sa aktívne pohybujú a majú relatívne dlhý životný cyklus,
- ryby stoja na vrchole potravného reťazca vo väčšine vodných útvarov a sú konzumované ľuďmi, čo sú dôležité faktory pre hodnotenie ekologického stavu vyjadrujúceho znečistenie,
- migrujúce druhy rýb sú indikátormi konektivity alebo fragmentácie vodných tokov,
- spoločenstvo rýb vo všeobecnosti zahŕňa druhy, ktoré reprezentujú rozličné potravné typy, ktoré majú tendenciu akumulovať vplyvy nižších trofických úrovní a ekologických procesov,
- štruktúra ichtyofauny je odrazom komplexného zdravia vodného prostredia z časového a priestorového hľadiska,
- ryby je pomerne ľahké odloviť a určiť do druhu, či zmerať priamo v teréne a násled-

- ne vypustiť späť do vody nepoškodené,
- biológia, environmentálne požiadavky, životné cykly a informácie o distribúcii rýb sú dobre známe a dostupné,
- migrácie a iné pohyby rýb môžu pri bioindikácii predstavovať problém, podobne ako aj nasádzanie a nadmerný rybolov.

Väčšina tradičných bioindikačných metód bola založená na zmenách v priestorovom zložení (distribúcii) rýb pozdĺž vodného toku rozčleneného na riečne zóny. V súčasnosti bolo za účelom hodnotenia zdravia vodných útvarov vytvorených niekoľko metrick, ktoré používajú kvantitatívne aspekty štruktúry spoločenstva rýb, ich zdravia a správania sa ako miery environmentálnych podmienok vodných biotopov.

Rámcová smernica o vode (RSV) zaraďuje ryby do kategórie biologických prvkov kvality. Na základe štruktúry spoločenstva rýb je možné odvodiť ekologický stav povrchových vôd v zmysle implementácie a uplatňovania RSV. Cieľom výskumu ichtyofauny je podať čo najpresnejší opis druhovej diverzity, abundancie a vekovej štruktúry populácie rýb v konkrétnom úseku vodného toku.

Pre dosiahnutie presných a porovnateľných výsledkov je rozhodujúcim predpokladom používanie štandardizovaných metód odberu, spracovania a vyhodnotenia materiálu. Po prijatí RSV bolo úlohou členských krajín vypracovať, otestovať a zaviesť do praxe metódu, ktorá by dokázala vyhodnotiť ekologický stav tečúcich vôd na základe stavu ichtyofauny. Medzi takéto metódy patrí ukazovateľ EFI (European Fish Index) a jeho prepracovaná verzia EFI+. Na Slovensku sa používanie indexu EFI stretlo s viacerými problémami a index EFI+ nebol aplikovateľný. Preto sa začalo s vývojom ukazovateľa, ktorý mal potenciál presnejšie odrážať ekologický stav vodných tokov na Slovensku vzhľadom na osobitné prírodné, historické a kultúrne špecifiká. FIS (Fish Index of Slovakia) porovnáva údaje zistené pri terénnom prieskume s referenčným (modelovým) spoločenstvom jedného z 23 typov tokov na Slovensku.



Obr. 78: Vľavo – lov rýb elektrickým agregátom pri terénnom prieskume, vpravo – určovanie a meranie rýb. Foto: Michaela Partlová a Igor Kokavec.

Na výpočet ukazovateľa FIS sa využívajú nasledujúce metriky zoradené podľa ekologických vlastností druhov (Kováč, 2010):

Metrika	Ekologická vlastnosť
1. Relatívna denzita bentických druhov	afinita k habitatu
2. Relatívna denzita reofilných druhov	
3. Relatívna denzita litofilných druhov	nároky počas reprodukcie
4. Relatívna denzita fytofilných druhov	
5. Relatívna denzita insektivorných druhov	potravné nároky
6. Relatívna denzita piscivorných druhov	
7. Relatívna denzita potamodromných druhov	migračná vlastnosť
8. Relatívna abundancia lososovitých druhov	taxonomická príslušnosť
9. Relatívna denzita invázných druhov	invázny potenciál
10. Index ekvitability	vlastnosť spoločenstva

Štruktúra spoločenstva rýb sa používa aj na klasifikáciu rôznych typov stojatých vôd. Ichtyocenóza stojatých vôd reflektuje ich morfológiu, trofický status, teplotnú a kyslíkovú stratifikáciu a stupeň rozvoja pobrežnej zóny.

Životné prostredie rýb

Ryby možno z hľadiska ich adaptácií a ekologických nárokov na vplyv a pôsobenie rozpustených solí vo vode (salinita) rozdeliť do nasledujúcich skupín:

- I. Morské ryby** – žijú a rozmnožujú sa v slanej vode a nedokážu prežiť v sladkej a brakickej vode, pokiaľ nemajú vyvinuté osmoregulačné mechanizmy,
- II. Sladkovodné ryby** – trvalo žijú v sladkej vode, v brakickej alebo morskej vode sa nevyskytujú,
- III. Diadrómne ryby** – vyvíjajú sa a rastú buď v morskej vode a dospelé jedince migrujú do sladkej vody alebo opačne,
- IV. Ryby brakických vôd** – žijú v málo slaných vodách morí v blízkosti ústí riek, prípadne v poloslaných okrajových moriach (Baltické more) alebo vnútrozemských moriach (Kaspické more). Sú medzi nimi stále, nemigrujúce druhy, ale aj potamodromne (polotážné) druhy. Mnohé sladkovodné druhy rýb majú populácie žijúce aj v brakickej vode, ktoré v čase rozmnožovania migrujú proti prúdu riek na väčšie vzdialenosti.

Sladkovodné druhy môžeme podľa preferovaného typu biotopu rozdeliť do nasledovných skupín (Holčík & Hensel 1972):

1. **reofilné druhy** – žijúce prevažne v tečúcich vodách, napr. pstruh potočný (*Salmo trutta fario*), mrena severná (*Barbus barbus*), nosál sťahovavý (*Vimba vimba*), hlaváče (*Cottus*), lipen tympiánový (*Thymallus thymallus*) a pod.,
2. **limnofilné druhy** – žijúce prevažne v stojatých vodách, napr. karas zlatistý (*Carassius carassius*), sumec veľký (*Silurus glanis*), slnečnica pestrá (*Lepomis gibbosus*) a pod.,
3. **eurytopné druhy** – žijúce v rozmanitých typoch vôd napr. kapor rybničný (*Cyprinus carpio*), úhor európsky (*Anguilla anguilla*), štika severná (*Esox lucius*), a pod.

Habitat

Zloženie ichtyocenózy vodných biotopov sa v mnohých prípadoch posudzuje aj na základe funkčných rolí jednotlivých druhov. Ekologická funkcia určitého druhu je synonymom pre ekologickú niku, ktorá zahŕňa potravu, trofickú pozíciu (v potravinovom reťazci), environmentálne a mikrohabitatové požiadavky. Charakterizovaním a meraním zložiek a veľkostí ník ich môžeme porovnávať medzi druhmi. Zmeny v zložení a veľkosti druhových ník tak môžu odzrkadľovať rôzne vplyvy.

Habitat ako dynamický priestor definovaný fyzikálnymi a chemickými premennými je dôležitou súčasťou ekologickej niky. Výber habitatu je založený na špecifických požiadavkách druhov. Ryby sa v riečnom systéme vyskytujú v rôznej výške od dna (vertikálne členenie)



Obr. 79: Horský potok je vhodným habitatom pre obmedzený počet druhov. Okrem pstruha potočného sa tu môžeme stretnúť s hlaváčom pásoplutvým, prípadne čereblou pestrá. Foto: Igor Kokavec

a vzdialenosti od brehu (laterálne členenie) (Welcomme, 1985):

I. Ryby perejí (rýchlo tečúcich úsekov)

- a) adaptované na život v turbulentne prúdiacej vode,
- b) žijúce medzi skalami.

II. Ryby tíšin (pomaly tečúcich úsekov)

- a) žijúce v blízkosti hladiny, menších rozmerov, strieborne sfarbených s vrchnými (dorzálnymi) ústami,
- b) žijúce v strede vodného stĺpca, s väčším prúdnicovým telom, strieborným sfarbením a koncovými (terminálnymi) ústami,
- c) žijúce v blízkosti dna s nevýraznou farbou tela, vyklenutým chrbtom a spodnými (ventrálnymi) ústami.

III. Ryby záplavových území (inundácií)

- a) žijúce len v zaplavenom území,
- b) žijúce v zaplavenom území alebo v rieke,
- c) žijúce len v rieke,
- d) žijúce v močiaroch s vyvinutým pomocným dýchaním,
- e) príležitostne žijúce v močiaroch bez pomocného dýchania.

Výber habitatu je dynamická vlastnosť, ktorá podlieha určitým zmenám v závislosti od veku, veľkosti, pohlavia, reprodukčnej zdatnosti, geografickej polohy a environmentálnych podmienok. Distribúcia druhov rýb v smere od prameňa po ústie podlieha gradientu abiotických faktorov. Rieku tak možno v pozdĺžnom (longitudinálnom) profile rozdeliť na rybíe pásma, ktoré v určitých prípadoch môžu zodpovedať riečnym zónam, prípadne rádu toku.

Rybíe pásma nesú názvy podľa charakteristických druhov rýb žijúcich v daných podmienkach vzhľadom na ich ekologické nároky (sklon dna, rýchlosť prúdu, šírka a hĺbka koryta, teplota, obsah kyslíka a veľkosť a štruktúra sedimentu). Poznáme štyri typy rybích pásiem vodných tokov od prameňa po ústie (Huet, 1959):

- I. Pstruhové pásmo:** rýchle turbulentné prúdenie; bohato okysličená, chladná a čistá voda (max. 10 – 16°C); balvany, skaly, hrubý štrk na dne; šírka koryta do 10 m; takmer žiadna vegetácia okrem machov; zodpovedá zóne horského potoka a podhorského potoka; ryby morfológicky a behaviorálne adaptované na život v rýchlo tečúcej vode; pstruh potočný (*Salmo trutta fario*), hlaváč pásoplutvý (*Cottus poecilopus*), čereblá pestrá (*Phoxinus phoxinus*)
- II. Lipňové pásmo:** striedanie rýchlych prúdov (perejí) a dlhších tíšin; väčšia hĺbka-



Obr. 80: Pstruhový potok Ipolitica. Foto: Igor Kokavec



Obr. 81: Lipňový úsek rieky Poprad. Foto: Daniel Gruľa

koryta; voda dobre okysličená, čistá, chladná (max 18°C); okruhliaky, štrk, piesok; šírka koryta silne varíruje (10 – 50 m); objavujú sa vláknité riasy; zodpovedá prechodu medzi podhorským potokom a podhorskou riekou; ryby pstruhového pásma s lipňom tymiánovým; (*Thymallus thymallus*), jalcom hlavatým (*Squalius cephalus*), podustvou severnou (*Chondrostoma nasus*), hlavný predátor hlavátka podunajská (*Hucho hucho*)

III. Mrenové pásmo: silné prúdy striedajú hlboké tíšiny; voda mierne zakalená, teplota značne varíruje (max. do 20°C); dno štrkovité až piesčité, v tíšinách bahnité; meandrovitý tok spôsobený podmývaním brehov; objavujú sa makrofyty; zodpovedá spodnému úseku podhorskej rieky a prechodu do nížinnej rieky; ryby lipňového pásma a časť rýb pleskáčového pásma, charakteristická ryba mrena severná (*Barbus barbus*) a ďalšie reofilné kaprovité ryby napr. nosál' sťahovavý (*Vimba vimba*), iné kaprovité ryby, predátori – štika severná (*Esox lucius*) a ostriež zelenkavý (*Perca fluviatilis*).

IV. Pleskáčové pásmo: pomaly tečúce, meandrovité, tvoria systémy ramien a kanálov; značná hĺbka, vysoká turbidita (zákal); v lete veľmi teplé (max 24°C) s poklesom kyslíka; obsah kyslíka vyšší pri hladine; dno štrkopieskové až bahnité; pri brehoch a v plytčinách riasy a makrofyty, rozvoj planktónu; zodpovedá nížinnej rieke; limnofilné ryby mrenového pásma, charakteristické pleskáče (*Abramis*), kapor rybničný (*Cyprinus carpio*), lieň sliznatý (*Tinca tinca*), plotica červenooká (*Rutilus rutilus*) a pod., dravé ryby predchádzajúceho pásma a zubáče (*Sander*), sumec veľký (*Silurus glanis*).

V závislosti od typu rybieho pásma pozorujeme zmenu populácií dravých rýb z chladnomilných druhov a relatívne nízkej diverzity v horných úsekoch k teplomilným druhom a vyššej diverzite v dolnom úseku. Väčšina predátorov horných úsekov je zoobentofágnych (pstruh potočný, hlaváč pásoplutvý). V stredných úsekoch k nim pribúdajú rybožravé druhy (štika severná, hlavátka podunajská) a v dolných úsekoch nachádzame navyše aj plankónožravé druhy (pleskáče), ktoré reflektujú podmienky stojatých vôd.

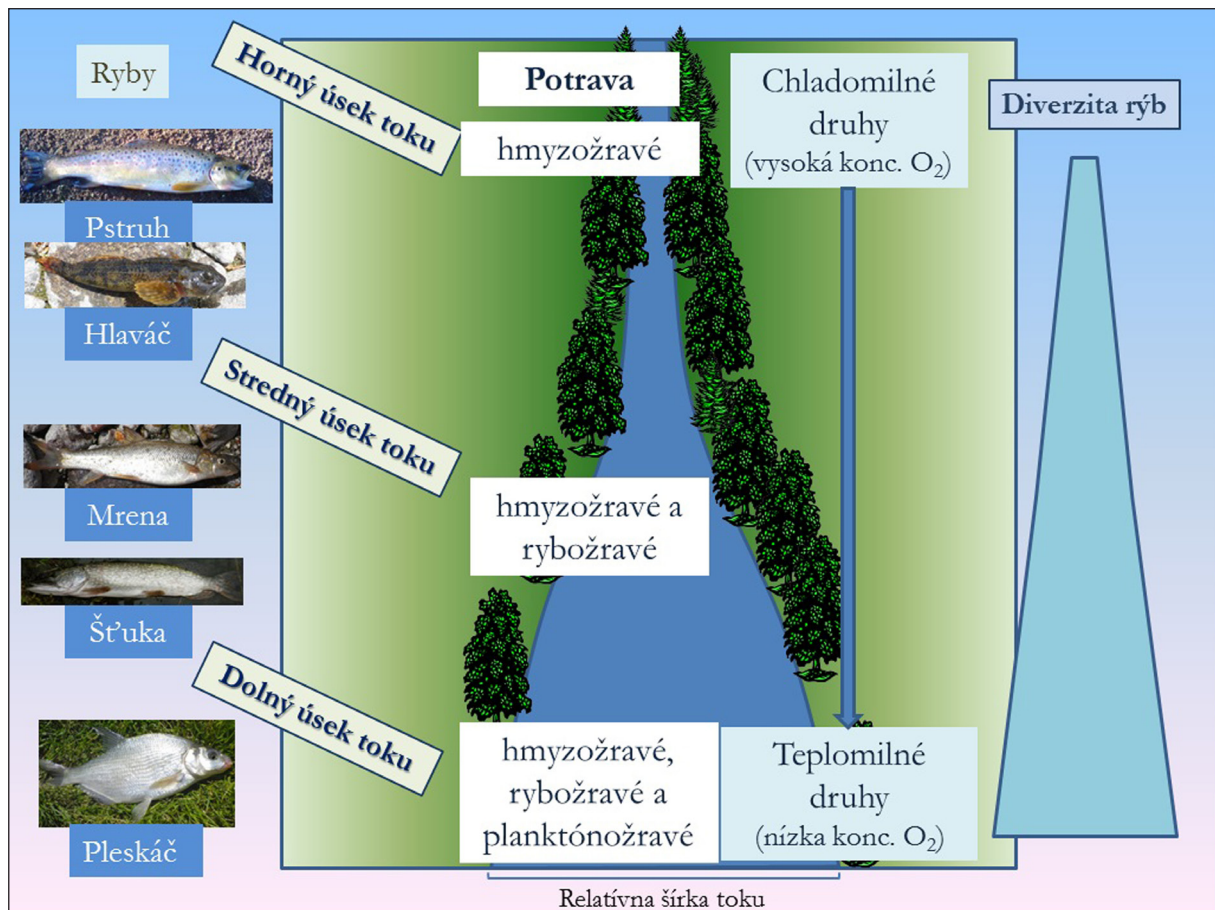
Pstruhové pásmo je kvôli malej šírke a nízkym prietokom relatívne mimo ohrozenia ľudskou činnosťou, až v lipňovom pásme dochádza v našich podmienkach k silnému antropogénemu tlaku. Určiť presné hranice rybích pásiem sa nedá jednoznačne stanoviť, na-



Obr. 82: Mrenový charakter rieky Slatina. Foto: Igor Kokavec



Obr. 83: Pleskáčové pásmo rieky Slatina pri vstupe do VN Môtová. Foto: Igor Kokavec



Obr. 84: Schematické znázornenie zmien ekologických vlastností spoločenstva rýb jednotlivých riečnych úsekov podľa Teórie riečného kontinua. Upravené podľa Vanotte et al. 1980

kol'ko sa parametre toku nemenia náhle, ale plynule a dochádza k vzájomnému prelínaniu jednotlivých pásiem. Menšie vodné toky v horskej a podhorskej zóne nemusia vo svojom priebehu nikdy dosiahnuť ani nasledujúce lipňové pásmo a ich charakter je až do ústia inej rieky čisto pstruhový. Iným príkladom je Malý Dunaj, ktorý má od svojho začiatku už mrenový charakter. So všetkými štyrmi pásmami sa preto môžeme stretnúť len vo väčších riekach ako Váh a Hron.

Priehrady a malé vodné elektrárne narúšajú tento prirodzený priebeh vodných tokov a spôsobujú, že na krátkom úseku nad priehradou vznikne napr. uprostred pstruhového toku vzdutie (zdrž) s pomaly prúdiacou vodou charakteru pleskáčového pásma, čo má značný vplyv nielen na ichtyocenózu toku (viac v kapitole Antropogénne vplyvy na spoločenstvá rýb).

Substrát je kritickou zložkou habitatov, nakoľko predstavuje úkryt pred prúdom, poskytuje potravu a je miestom pre neres. Väčšina sladkovodných rýb si vyberá na neres hrubší kamenný substrát vo vyššie položených úsekoch, ktorý poskytuje ikrám ochranu pred predátormi a dostatok kyslíka (viac v kapitole Rozmnožovanie rýb).

Ichyocenóza stojatých vôd je závislá najmä na ich morfolologickej štruktúre. V stojatých



Obr. 85: MVE s pleskáčovým charakterom toku nad (vľavo) a pod (vpravo) priehradou. Pôvodný charakter mrenového pásma nadobúda až vo väčšej vzdialenosti. Foto: Igor Kokavec

vodách sú hlavnými faktormi hĺbka a veľkosť jazera, ktoré determinujú ďalšie abiotické podmienky. Jackson & Harvey (1993) neobjavili žiadnu koreláciu medzi spoločenstvom rýb a chemizmom vody pri výskume 40 jazier v Kanade. Veľké, hlboké jazerá sa odlišovali od plytkých jazier vyššou druhovou pestrosťou najmä chladnomilných druhov rýb (teplotná stratifikácia).

Stojaté vody poskytujú nasledovné typy habitatov (Wooton, 1992):

- I. **plytká, litorálna zóna** na okraji stojatých vôd; býva dobre okysličená a charakteristické sú sezónne výkyvy teplôt (epilimnion);
- II. **pelagická zóna** nad termoklínou je podobná predchádzajúcej zóne, avšak bez vplyvu substrátu a makrovegetácie;
- III. **pelagická zóna pod termoklínou** s chladnou vodou (hypolimnion);
- IV. **bentická zóna** chránená pred vplyvmi počasia a teplotnými zmenami, je tu riziko hypoxie.

Ryby a abiotické faktory vodného prostredia

Ryby obývajú určitý vyhradený geografický priestor. Pre niektoré druhy môže byť tento priestor pomerne rozsiahly (morské ryby napr. tuniak), iné ryby sa môžu vyskytovať len na malom území (endemické sladkovodné druhy ostrovov ako Nový Zéland (cca 40 druhov) alebo Hawaii (cca 30 % z celkového počtu)). Pri evolúcii druhov zohrávajú významnú rolu fyzické bariéry. Či už nepreniknuteľný vodopád, extrémne silný prúd alebo more zabezpečili genetickú izoláciu populácií a umožnili špecializáciu a vznik nových druhov. Kombináciou evolúcie, izolácie a rôznych biogeografických podmienok (tzv. heterogenitou prostredia), najmä ekosystémov sladkých vôd, vznikla pravdepodobne väčšina z približne 14000 sladkovodných druhov čo je takmer 43 % z celkového počtu druhov

rýb na Zemi. Zaujímavé je, že z celkovo 515 čeladí len deväť zahŕňa viac ako 400 druhov, z ktorých je sladkovodných až 66 % (Nelson, 2006). Výsledkom týchto procesov je pestrá paleta rôznych funkčných tvarov (morfológických adaptácií), životných cyklov, správania, fyziologických adaptácií a ekologických interakcií.

Sladkovodné ryby žijú v dynamických fyzikálnych aj chemických podmienkach, ktoré zohrávajú významnú rolu pri ich distribúcii a abundancii. Vodné toky sú v zmysle teórie riečného kontinua (Vanotte et al. 1980) systémom, v ktorom sa abiotické podmienky menia plynule (kontinuálne) v smere od prameňa po ústie. Plynulé zmeny fyzikálnych a čiastočne aj chemických parametrov vyvolávajú u vodných organizmov rôznu odozvu a môžu pôsobiť pozitívne alebo negatívne. V harmónii s meniacimi sa životnými podmienkami dochádza teda k plynulej výmene druhov v spoločenstve v závislosti od ich ekologických nárokov.

Množstvo rozpusteného kyslíka, teplota vody, rýchlosť prúdu a substrát na dne sú najdôležitejšími a zároveň limitujúcimi faktormi tečúcich vôd, ktorým sa organizmy (aj ryby) museli prispôbiť. Niektorým druhom rýb sa darí v širokej variabilite environmentálnych podmienok a predstavujú úspešné, široko rozšírené druhy (napr. u nás jalec hlavatý), iné druhy sú schopné rozmnožovať sa len v úzkych, špecifických podmienkach (napr. úhor európsky). Vo všeobecnosti, prostredie, ktoré sa vyznačuje extrémnymi alebo naopak chudobnými hodnotami limitujúcich faktorov umožňuje výskyt nízkeho počtu druhov, zatiaľ čo prostredie s komplexnejším zložením podporuje širokú diverzitu druhov.

Kyslík (O₂)

Kyslík sa do vody sa dostáva: 1. difúziou z atmosférického vzduchu, pričom jeho rozpustnosť a koncentrácia závisia od atmosférického tlaku, salinity, prúdenia a teploty vody, 2. fotosyntézou zelených rias a vodných rastlín. Žiabre rýb a príslušné adaptácie súvisiace s dýchaním zabezpečujú efektívne využívanie aj minimálnej koncentrácie kyslíka vo vode. Ryby môžeme z hľadiska náročnosti na obsah kyslíka vo vode rozdeliť na druhy vyžadujúce (Krno 2009):

- a) **vysokú koncentráciu kyslíka** – polyoxybiontné (>7 mg/l) – žijú v rýchlo tečúcich úsekoch horských a podhorských tokov a riek, napr. pstruh potočný (*Salmo trutta fario*), hlaváče (*Cottus*), čereblá pestrá (*Phoxinus phoxinus*), lipeň tymiánový (*Thymallus thymallus*), podustva severná (*Chondrostoma nasus*),
- b) **strednú koncentráciu kyslíka** – mezooxybiontné (2–7 mg/l) – žijú v mierne tečúcich podhorských a nížinných úsekoch a niektoré v stojatých vodách, napr. pleskáče (*Abramis*), plotica červenooká (*Rutilus rutilus*), ostriež zelenkavý (*Perca fluviatilis*), hrebeňačky (*Gymnocephalus*),

c) **nízku koncentráciu kyslíka** – oligoobybiontné (<2 mg/l) – v nížinných riekach, ramenách a stojatých vodách, napr. kapor rybníčný (*Cyprinus carpio*), karasy (*Carassius*), lieň sliznatý (*Tinca tinca*).

Sladkovodné útvary ako mŕtve ramená, močiare, prípadne nížinné vodné toky môžu v kombinácii s vysokou teplotou vody a bakteriálnou činnosťou (rozkladné procesy) zapríčiniť hypoxické (veľmi nízka koncentrácia kyslíka) až anoxické (bez kyslíka) podmienky a spôsobiť úhyn rýb.

Niektoré druhy rýb, napr. gupka dúhová (*Poecilia reticulata*), sú na nedostatok kyslíka vo vode morfológicky prispôbené dorzoventrálne sploštenou hlavou a malými, vrchne orientovanými ústami. Pomocou týchto adaptácií dokážu efektívne dýchať z povrchovej, na kyslík bohatej vrstvy vody.

Ryby so zvyšujúcou sa teplotou prostredia zvyšujú aj svoju metabolickú aktivitu, a v konečnom dôsledku aj spotrebu kyslíka. Pretože koncentrácia kyslíka sa vo vode so stúpajúcou teplotou znižuje, prostredie s vysokou teplotou spôsobuje väčšine rybám stres a práve tento druh stresu pravdepodobne podnietil evolúciu vo vývoji **dýchania atmosférického vzduchu**. Štruktúrne adaptácie pre príjem atmosférického kyslíka sú však u rýb značne rozdielne. Väčšina vzduch dýchajúcich rýb potrebuje na zadržanie vzduchu dutinu. Táto dutina mohla vzniknúť modifikáciou existujúceho orgánu alebo vznikom novej štruktúry. Orgány, ktorými ryby prijímajú vzdušný kyslík rozdeľujeme do 3 kategórií (Graham 1997):

1. deriváty tráviacej rúry (pľúca, plynový mechúr, žalúdok, črevo),
2. modifikácie súčastí hlavy a hltanu (žiabre, ústa, hltan, operkulum),
3. existujúce dýchacie orgány (koža, žiabre).

Všetky druhy rýb dýchajúce atmosférický vzduch majú zachovanú funkciu žiabier a kože pre príjem kyslíka z vody. Preto väčšina rýb patrí do skupiny rýb dýchajúcich atmosférický kyslík **fakultatívne**, ktoré prídavné dýchacie štruktúry používajú v prípadoch zníženej koncentrácie O₂ vo vode. Ryby dýchajúce vzduch **obligátne** bez prístupu k vzdušnému kyslíku zahynú. Do tejto skupiny patria niektoré dvojdyšníky (Dipnotetrapodomorpha), napr. bahník americký (*Lepidosiren paradoxa*) a niektoré lúčoplutvovce ako arapaima veľká (*Arapaima gigas*).

Z našich druhov rýb sa s dýchaním atmosférického vzduchu stretávame u blatniaka tmavého (*Umbra krameri*) (plynový mechúr), úhora európskeho (*Anguilla anguilla*) (koža + plynový mechúr), číka európskeho (*Misgurnus fossilis*) a slíža severného (*Barbatula barbatula*) (sliznicou čreva) (podľa Graham 1997).

Karas zlatistý (*Carassius carassius*), podobne aj karas striebřistý (*Carassius auratus*) sú výborne adaptované na hypoxické a anoxické podmienky najmä vďaka účinnému **anaerób-**

nemu metabolizmu, pričom dĺžka prežitia závisí od teploty prostredia. Tolerancia anoxie u *C. carassius* pri 16°C bola niekoľko hodín a pri 5°C takmer 2 mesiace (Blažka 1958).

V hlbokých jazerách a priehradách hrá dôležitú úlohu teplotná stratifikácia. S hĺbkou sa znižuje nielen teplota, ale aj koncentrácia kyslíka v závislosti od ročného obdobia. V mier-
nom geografickom pásme a vyšších nadmorských výškach sú limitujúce dve situácie: 1. zníženie koncentrácie kyslíka v plytkých vodách s vysokou mierou mikrobiálneho rozkla-
du vodnej vegetácie v letnom období, 2. zníženie koncentrácie kyslíka a zvýšenie koncent-
trácie toxických látok (metán, sírovodík) následkom rozkladných procesov pod vrstvou
ľadu na hladine v zimnom období. Problém s úhynom rýb v zime sa rieši pílenním ľadu. Cez
vypílené otvory tak môžu unikať toxické plyny a do vody sa dostáva kyslík z ovzdušia.

Teplota

Ryby sa zaraďujú medzi studenokrvné živočíchy, čo nie je správny termín označujúci ich teplotu tela. Teplota tela rýb (a ich aktivita) závisí od teploty okolitého prostredia (**ekto-
termné, poikilothermné**), ktorá sa môže pohybovať v rozmedzí 3 – 45°C. Je to spôsoben-
é tým, že voda, ktorá omýva žiabre nezabezpečuje len výmenu dýchacích plynov, ale aj
odovzdáva svoju teplotu krvi, ktorá následne prúdi do tela ryby, kde ešte môže dôjsť k jej
ohriatiu o 0,6 – 1°C.

Okrem toho poznáme u veľkých, aktívne plávajúcich morských rýb (tuniak, marlin, mečúň
a pravdepodobne aj manta dvojrohá) tzv. **heterotermiu**. Okysličená krv zo žiabier pre-
chádza orgánom, ktorý si svoju teplotu vyrába (obsahuje termogeneračné tkanivo) napr.
pohybové svalstvo, črevo, mozog alebo oči, a dochádza k jej ohriatiu. Teplota tela je o nie-
koľko stupňov vyššia ako okolitá voda a zostáva u týchto druhov relatívne stabilná aj pri



Obr. 86: Kapry sa počas teplých jesenných dní vyhrievajú pri hladine. Foto: Igor Kokavec

migrácii z teplejšej povrchovej vody do hlbších a chladnejších častí.

Teplota vodných telies v našej zemepisnej šírke varíruje nielen v priebehu roka, ale aj vplyvom striedania dňa a noci, v závislosti od geografickej polohy, okolitej vegetácie a vstupu spodných vôd. Teplota (a od nej závislá koncentrácia rozpusteného kyslíka) významne ovplyvňuje pozdĺžnu distribúciu rýb vo vodných tokoch.

Vo všeobecnosti sa teplotná tolerancia jednotlivých druhov rýb pohybuje v pomerne malých intervaloch a nižšie teploty bývajú lepšie znášané ako vyššie. Horná hranica, za ktorou nastáva smrť, je pre naše druhy rýb maximálne 37°C a dolná minimálne 0,3°C.

V riekach a jazerách mierneho pásma rozlišujeme dve skupiny rýb (Wooton 1994): I.

chladnomilné:

- neznášajú vyššiu teplotu ako 25°C,
- dokážu sa aktívne kŕmiť aj pri teplote < 10°C.

II. teplomilné:

- tolerujú teploty do 30°C,
- len tolerantnejšie druhy dokážu prijímať potravu pri teplote < 10°C.

Rôznorodosť životného prostredia vodných ekosystémov má za následok adaptácie niektorých druhov rýb na extrémne teplotné podmienky. Sladkovodný druh z radu kaprozúbkotvarých (Cyprinodontiformes) *Cyprinodon macularius* je schopný prežiť takmer 45°C teploty v Arizonskej púšti najmä vďaka behaviorálnej termoregulácii súvisiacej s postupnou aklimatizáciou. Iné druhy kaprozúbkotvarých žijú iba rok a svoje vajíčka uchovávajú v 15 cm hĺbke bahna, kde relatívne chránené prečkajú obdobie sucha do nasledujúceho obdobia dažďa. V afrických púšťach sa sezónnym suchám dokázali ryby prispôbiť rozmanitým spôsobom napr. africké sumce (Clariidae) sú schopné (vďaka dýchaniu atmosférického vzduchu) opustiť vysychajúce močiare a prejsť aj 200 m pri hľadaní vodnatejších vodných telies, alebo sa zahrabať aj niekoľko metrov do dna. Na druhej strane morské ryby z čeľade Notothenioidae sú adaptované na prežitie v chladných vodách Antarktídy obsahom nemrznúcej zložky v krvi (glykopeptidy) a neutrálnym vztlakom, ktorý im umožňuje žiť vo vodnom stĺpci bez veľkého výdaja dôležitej energie.

Teplota vody je významným faktorom štartujúcim množstva druhov u rýb obdobie ťahu na neres a rozmnožovania a vplýva aj na inkubačnú dobu vyvíjajúcich sa zárodkov (pri vyššej teplote sa čas do vyliahnutia plôdika skraca). Okrem toho od teploty vody závisí aj potravná aktivita rýb, látková premena a celkový zdravotný stav.

Na jeseň, keď sa teplota vody znižuje, zvyšujú ryby potravnú aktivitu a pripravujú si energetické zásoby na obdobie zimnej letargie. V priebehu zimy mnohé druhy migrujú do hlbokých a pokojných úsekov a zdržujú sa pri dne. Pohyb, príjem potravy a ostatné metabolické procesy obmedzia na minimum, avšak potrebujú určitý príjem kyslíka. Takéto úseky,

kde ryby každoročne zimujú sú vyhlásené za zimoviská, označujú sa tabuľami a platí tam zákaz lovu rýb (napr. Váh v Piešťanoch, Hron vo Zvolene a pod.).

Svetlo

Vrodenu zložkou správania sa rýb je fotoreakcia, ktorá je významná najmä v období bezprostredne po vyliahnutí. Vyliahnuté zárodky fytofilných alebo pelagických druhov rýb sa orientujú smerom k svetlu (pozitívna fototaxia, fotokinetická reakcia), čo je adaptácia zabezpečujúca ochranu pred predátormi a výber miesta s najvýhodnejšími podmienkami pre dýchanie. Naopak, vyliahnuté zárodky ostrakofilných a litofilných rýb, tiež napr. mieňa sladkovodného, sumca západného, pichľavky sivej a pod. aktívne vyhľadávajú úkryty (negatívna fototaxia, fotokinetická reakcia). U väčšiny druhov sa v neskoršom období ich reakcia na svetlo mení dočasne alebo trvale.

Striedanie dňa a noci súvisiace so zmenou intenzity slnečného svetla má výrazný efekt na biológiu rýb a priamo ovplyvňuje ich aktivitu. Ryby môžeme na základe vzťahu ku svetlu rozdeliť na (Helfman 1986):

- a) **diurnálne** (denné, svetlomilné) ryby, ktoré prijímajú potravu najmä cez deň, napr. štika severná (*Esox lucius*), hrúzy (*Gobio*),
- b) **nokturnálne** (nočné, svetloplaché) ryby, ktoré zháňajú potravu prevažne v noci, napr. úhor európsky (*Anguilla anguilla*), niektoré sumcovité (Siluridae),
- c) **diurnálne aj nokturnálne** druhy rýb, ktoré prijímajú potravu periodicky cez deň aj v noci napr. slnečnica pestrá (*Lepomis gibbosus*), pstruhy (*Salmo*), kapor rybničný (*Cyprinus carpio*),
- d) **krepuskulárne** (súmravné, svetloplaché) ryby, ktoré sú aktívne najmä počas východu



Obr. 87: Sumček čierny – detail hlavy s 8 fúzami. Foto: Igor Kokavec

a západu slnka, napr. zubáč veľkoustý (*Sander lucioperca*),

- e) **bez zjavnej periodicity**, napr. murény (Muraenidae), makrely a tuniaky (Scombridae).

Nočné ryby (napr. sumčeky) majú vzhľadom k pomeru tela veľmi malé oči a pri vyhľadávaní potravy sa spoliehajú na iné zmysly (fúzy, bočná čiara). Druhy rýb žijúce trvalo v tme ako tetra slepá (*Astyanax mexicanus*) stratili schopnosť



Obr. 88: Hlaváč pásoplutvý je dobre prispôsobený mramorovaným sfarbením tela okolitému prostrediu. Foto: Igor Kokavec

vidieť. Pozorujeme u nej viacero morfológických a behaviorálnych adaptácií napr. zväčšenie a zvýšenie počtu hlavových neuromastov, zväčšenie čelustí, zvýšenie počtu chuťových receptorov, mierny uhol medzi telom a substrátom, ktoré im pomáhajú prekonávať prekážky a vyhľadávať potravu na dne v úplnej tme. Zubáče majú špeciálne adaptovanú sieťnicu na lov v slabých svetelných podmienkach (za súmraku a v noci). Tapetum lucidum je vrstva sieťnice, ktorá odrážaním svetla a následnou adsorpciou tyčinkami zvyšuje jej citlivosť.

Ďalšie adaptácie súvisiace s distribúciou svetla pod hladinou zohrávajú dôležitú úlohu pri maskovaní rýb. Rovnomerná redukcia svetla s hĺbkou a rovnomerné vertikálne zoslabovanie sú primárne faktory, ktoré majú vplyv na sfarbenie rýb spolu s kamuflážnymi stratégiami, kde zohráva úlohu okolité prostredie.

Neviditeľnosť rýb môže byť podporená tromi mechanizmami: kontrastným sfarbením, striebornými bokmi a priehľadnosťou. **Kontrastné sfarbenie** tela rýb sa mení z tmavého na chrbte k bledému na bruchu, čo je v protiklade s distribúciou svetla vo vode. Rušiaci efekt zapríčiňuje, že ryba pri pohľade zvrchu splýva s tmavým sfarbením dna a pri pohľade zospodu splýva so svetlom z oblohy. **Strieborné boky** pôsobia vo vode ako zrkadlo a odrážajú svetlo rovnakej intenzity ako okolité prostredie. Patria sem početné a komerč-

ne dôležité druhy napr. makrely, tuniaky, sardinky a zo sladkovodných belička európska alebo boleň dravý. Relatívna **priehľadnosť** robí z niektorých druhov rýb žijúcich vo veľmi čistých vodách v blízkosti hladiny majstrov v maskovaní napr. sumec sklovitý (*Kryptopterus bicirrhis*) a niektoré tetry (Characidae). Okrem toho sa u väčšiny rýb v larválnom a juvenilnom štádiu vyskytuje priehľadnosť a ich pigmentácia sa vyvinie neskôr.

Rýchlosť prúdu a hustota vody

Voda je asi 800 krát hustejšia a 50 krát viskóznejšia ako vzduch, a pohyb v nej si vyžaduje oveľa väčší výdaj energie, navyše, kapacita kyslíka vo vode je o 95 % nižšia ako vo vzduchu (cca 1 %). Odpor vody pozostáva z dvoch zložiek: 1. viskózný odpor – trenie medzi telom ryby a vodou ovplyvňované hladkosťou a veľkosťou povrchu a tvarom tela, tvarom plutiev a produkciou slizu, nezávisí od rýchlosti, 2. inerciálny odpor – tlak vody zapríčinený jej pohybom, ktorý narastá s rýchlosťou a je spojený najmä s tvarom tela rýb.

Základným vrozeným správaním rýb v podmienkach tečúcich vôd je ich tendencia plávať a orientovať sa proti prúdu vody (pozitívna reotaxia). To im umožňuje pohybovať sa v prostredí a vyberať si optimálne zóny zodpovedajúce ich ekologickým nárokom počas rôznych etáp životného cyklu.

Medzi najlepších plavcov spomedzi rýb patria druhy prispôsobené životu v tečúcich vodách a dravé ryby a torpédovitým tvarom tela oválneho prierezu s mohutným svalstvom chvostovej plutvy. Najrýchlejšou našou rybou je pstruh potočný dosahujúci krátkodobu rýchlosť až 5 m/s, nasleduje jalec maloústý (2,4 m/s) a štika severná (2,1 m/s), tiež hlaváčka podunajská a mrena severná.

Geografické a abiotické podmienky významne ovplyvňujú distribúciu druhov rýb medzi riečnymi systémami a ich morfológické adaptácie, preto je vhodné rozlišovať medzi dvomi hlavnými riečnymi spoločenstvami (Welcomme 1985):

- I. spoločenstvo **horskej a podhorskej zóny** (ritrál, > 200 m.n.m.): ryby s prúdnicovitým tvarom tela, mierne vyklenutým chrbtom a splošteným bruchom, napr. pstruhy (*Salmo*) a hlaváče (*Cottus*),
- II. spoločenstvo **nížinej zóny** (potamál, < 200 m.n.m.) (Wooton 1992):
 - a) prúdnicovitý tvar, mierne laterálne sploštený, prispôsobený na takmer neustále plávanie, napr. plotica červenooká (*Rutilus rutilus*),
 - b) krátke telo, veľmi sploštené s väčšími párovými plutvami pre lepšiu manévrovateľnosť a zrýchlenie, napr. pleskáče (*Abramis*),
 - c) predĺžený tvar tela pre rýchlu akceleráciu, napr. štika severná (*Esox lucius*),
 - d) dorzolaterálne sploštenie tela u sumcov, napr. sumec veľký (*Silurus glanis*) žijúcich v blízkosti dna,

e) predĺžené, štíhle telo, napr. úhor európsky (*Anguilla anguilla*).

Osobitnou kategóriou sú spoločenstvá **stojatých vôd** (Wooton et al. 1992):

1. v blízkosti brehov (plytká, litorálna zóna):
 - i. vysoké, laterálne sploštené telo s dobre vyvinutými prsnými a brušnými plutvami pre lepšiu manévrovateľnosť, napr. slnečnica pestrá (*Lepomis gibbosus*),
 - ii. predĺžený tvar tela pre rýchlu akceleráciu, napr. štika severná (*Esox lucius*),
2. v otvorenej vode (pelagická zóna): ryby s prúdnicovitým tvarom tela, rovným chvostovým stebлом a vykrojeným chvostom, napr. sled' riečny (*Alosa pseudoharengus*),
3. na dne (bentická zóna): ryby s dorzoventrálne sploštenou, širokou hlavou a predĺženým telom.

Podľa tvaru, pohybu a funkcie pohybových orgánov rozdeľujeme ryby do **pohybových (lokomočných) typov** podľa toho, ktoré časti tela sa akým spôsobom a v akej miere podieľajú na pohybe. Rozlišujeme viacero lokomočných typov, v tejto práci sú uvedené základné typy bez podkategórií:

1. prostredníctvom trupu a chvosta (úhory),
2. prostredníctvom zadnej časti tela a chvosta (väčšina rýb),
3. prostredníctvom plutiev (nepárové – nožovce alebo prsné – trňovce).

Ryby a biotické faktory vodného prostredia

V prostredí, ktoré svojimi abiotickými podmienkami vyhovuje ekologickým nárokom daným druhom rýb v určitom type vodných ekosystémov, budú biotické vzťahy (interakcie) faktorom určujúcim distribúciu rýb v habitatoch alebo mikrohabitatoch. Biotické interakcie jedincov s jedincami rovnakého druhu nazývame **vnútrodruhové interakcie**. Interakcie s inými organizmami (od mikroorganizmov po teplokrvné stavovce) sa nazývajú **medzidruhové interakcie**. Charakter vzťahov závisí od množstva faktorov, napr. množstvo druhov, s ktorými ryby zdieľajú životné prostredie, abiotické podmienky prostredia, veľkosť ryby a ontogenetické štádium.

Predácia

Väzba predátor – korisť medzi druhmi v spoločenstve má priame a nepriame vplyvy na distribúciu a veľkosť populácie koristi. Medzi **priame vplyvy** patrí okamžitá úmrtnosť alebo oddialená úmrtnosť následkom poranení. Predačný tlak spôsobuje zmeny v osídľovaní habitatov a **nepriamo** tak ovplyvňuje rast a rozmnožovanie koristi, pretože ju núti opustiť prostredie s optimálnymi podmienkami. Odozva spojená s predáciou je na úrovni populácie zvyčajne závislá od jej hustoty a varíruje s vekom koristi. Zväčšovanie populácie dravcov môže kompenzovať rastúcu populáciu koristi. Naopak, zväčšovanie počtu koristi



Obr. 89: Väčšiemu ostriežovi zelenkavému sa za hlavou objavuje výraznejší hrb. Takto veľká ryba už loví menšie ryby, aj vlastného druhu. Foto: Igor Kokavec

znižuje riziko a vplyv predácie. Riziko predácie sa mení s veľkosťou ryby (koristi) a závisí tiež od hustoty dravcov, miery konzumácie potravy a pravdepodobnosti vyhnutiu sa útoku. Kanibalizmus je u rýb pomerne rozšírený a poznáme dospelé druhy rýb živiace sa nielen nižšími štádiami (interkohortový kanibalizmus), ale aj rovnako starými jedincami (intra kohortový kanibalizmus). Predácia je hlavný faktor úmrtnosti ikier a lariev rýb, ktorá môže byť väčšia ako 99 %. U niektorých druhov gupiek sa vyvinuli antipredačné adaptácie v závislosti od hustoty predátorov. V lokalitách s nízkym predačným tlakom majú samčeka oveľa výraznejšie a farebnejšie bodky na chvostovej plutve.

Kompetícia

Kompetícia (súperenie, konkurencia) sa objavuje pokiaľ dvaja konzumenti vyžadujú na uspokojenie svojich potrieb zdroj, ktorý sa vyskytuje v nedostatočnom množstve. Kompetítori sa v určitom prípade nemusia nikdy stretnúť, v iných prípadoch vyvoláva kompetícia agresívne správanie voči iným jedincom. Predmetom kompetície môže byť potrava, najvhodnejšie miesto pre lov koristi, odpočinok, a úkryt pred dravcami. Keď dva rôzne druhy súperia o rovnakú korisť ide o allopatrickú konkurenciu, pokiaľ je rozdiel vo veľkosti konzumovanej koristi alebo v mieste lovu tej istej koristi (mikrohabitate) hovoríme o sympatrickej konkurencii. Introdukované (a invázne) druhy rýb sú v potravnej, priestorovej a reprodukčnej kompetícii s prirodzenými druhmi, vytláčajú ich z pôvodných habitatov a spôsobujú pokles ich početnosti.

Zubáče sa vyskytujú v rovnakých typoch vôd ako šťuky a navzájom by si mohli konkurovať. V ich ekológii ale existujú rozdiely, ktoré konkurenčný boj zmierňujú: 1. zatiaľ čo šťuky lovia viac v blízkosti brehu a porastov, zubáče uprednostňujú vodný stĺpec alebo dno hlbších úsekov, 2. šťuky dokážu loviť aj ryby dosahujúce takmer ich veľkosť, korisť zubáča nepresahuje veľkosť 10 – 15 cm.



Obr. 90: Ryby majú parazity aj spomedzi bezstavovcov. Pijavica chobotnatka pstruhová (*Piscicola respirans*) parazitujúca na lipňovi tymiánovom. Foto: Michaela Partlová

Parazitizmus

Parazitizmus je vzťah, kedy jeden organizmus využíva vo svoj prospech iný organizmus ako zdroj živín a energie. Zástupcovia troch čeľadí (úhory – Synapobranchidae, sumce – Trichomycteridae a ryby z čeľade Carapidae) sú vnútorní paraziti rýb a iných živočíchov. Úhor *Simenchelys parasiticus* sa zavŕtava do svalstva bentických rýb napr. halibuta. Niektoré druhy rýb spadajú do kategórie niekde medzi parazitizmom a predáciou, napr. cichlida (*Perissodus*) sa živí šupinami svojej koristi. Parazitickým druhom mihúľ je v našich vodách mihuľa potiská (*Eudontomyzon danfordi*), ktorá ako dospelá parazituje na tkanive a telových tekutinách rýb.

Mutualizmus

Kompetícia, predácia a patogény znižujú možnosť úspešnej reprodukcie a zvyšujú úmrtnosť, avšak existuje typ vzťahu, ktorý je obojstranne prospešný. Mutualizmus je charakteristický pre kôrovce a ryby, ktoré odstraňujú vonkajších parazitov z tela iných organizmov. Ide prevažne o morské ryby (napr. niektoré druhy z čeľade piskatcovité – Labroidae), ktoré sa vyznačujú charakteristickým sfarbením (tmavé, hrubšie pruhy, prípadne hrubý pruh pozdĺž tela), podľa ktorých ich hostitelia rozoznajú. Navyše sú kvôli svojej funkcii imúnne voči predácii, pretože mnohé dravce (murény, barakudy) sú ich „klientmi“.

Komenzalizmus

Komenzalizmus predstavuje vzťah, pri ktorom jeden druh (organizmus) profituje (komenzál), zatiaľ čo populácia iného druhu (organizmu) nie je nijak komenzálom ovplyvnená. Ryby zahrabávajúce sa do substrátu (raje, kaprovité z čeľade Catostomidae) nasledujú ryby, ktoré sa krmia bezstavovcami rozvírenými pri zahrabávaní. Podobnú stratégiu majú ryby sprevádzajúce mreny severné, ktoré sa krmia splavenými bentickými organizmami pri rozrušovaní dna.

Mutualizmus, komenzalizmus alebo parazitizmus?

V niektorých prípadoch je obtiažne určiť charakter vzťahov medzi dvoma organizmami, nakoľko sa môže meniť vzhľadom k ich veku a veľkosti.

Samička lopatky dúhovej (*Rhodeus sericeus*) kladie ikry prostredníctvom kladielka cez vyvrhovací otvor do žiabrovej komory lastúrnikov, napr. korýtok (Unionidae). Samček vypustí mlieč v blízkosti prijímacieho otvoru a k oplodneniu dôjde vo vnútri lastúrnika. Oplodnené ikry sú tak chránené pred predátormi a inými nežiaducimi vplyvmi. V prípade mutualizmu by prospech zo vzťahu mal byť obojstranný a na oplátku by lopatky mali byť hostiteľmi lariev (glochídií) lastúrnikov. Viacero výskumov však potvrdilo, že glochídie uprednostňujú iné druhy rýb, prípadne opustia lopatky pár dní po infekcii. V posledných rokoch sa vzťah medzi týmito druhmi považuje za parazitický, čo podporujú nasledovné tvrdenia: 1. lopatky dúhové nie sú hostiteľmi lariev lastúrnikov, 2. embryá vyvíjajúce sa na žiabrach lastúrnikov znižujú rýchlosť ich rastu. Parazitický vzťah podporuje aj pozorovanie embryí brániacich voľnej cirkulácii vody cez žiabre, čo má negatívny efekt na dýchanie a príjem potravy a dokonca môžu poškodzovať žiabrový epitel lastúrnikov. Embryá lopatiek dúhových zvyšujú príjem kyslíka lastúrnikmi, z tohto hľadiska môžeme ich vzťah považovať za kompetíciu (viac o lopatke dúhovej na str. 178).

Potrava rýb

Potrava zaisťuje rybám energiu pre priebeh všetkých životne dôležitých procesov a stavebné látky pre ich rast. Množstvo, kvalita a druh potravy sú limitujúce faktory pre hustotu a štruktúru rybej osádky v jednotlivých typoch vôd. Pri vysokej hustote rýb a nedostatku potravy musia ryby prijímať „núdzovú“ dávku, ktorá zaisťuje dostatok energie pre základné životné funkcie, avšak nedochádza k rastu. Rast je možný až po prijatí väčšieho množstva potravy (produkčnej dávky).

Pre porozumenie ekologických funkcií rôznych druhov v spoločenstve bol vytvorený koncept gíld. **Gilda** je súbor druhov, ktorý využívajú určitý environmentálny zdroj podobným spôsobom a je teda založená viac na ekologickej ako taxonomickej príbuznosti (Root 1967). Potrava je environmentálnym zdrojom, a koncept gíld klasifikuje ryby do funkčných potravných skupín.

Potravné gildy (skupiny) našich druhov rýb a mihúľ (podľa Balon 1975 a Krno 2009):

- **rybožavé** / ryby / štika severná
- **zoobentofágne** / makrozoobentos / lipeň tymiánový
- **zooplanktónožravé** / živočíšny planktón / pleskáč siný
- **nešpecializované mäsožravé** / hmyz, ryby / pstruh potočný
- **fytoplanktónožravé** / rastlinný planktón / tolstolobik pestrý
- **makrofytofágne** / časti rastlín, riasy / červenica ostrobruchá
- **mikrofytofágne** / nárasty rias / podustva severná
- **všežravé** / rôzna potrava / jalec hlavatý
- **parazitické** / ektoparazity rýb / mihuľa potiská



Obr. 91: Extrémne spodné postavenie úst jesetera malého je znakom, že potravu nachádza na dne. Foto: Ladislav Pekárik

Mnoho druhov rýb rôznych taxonomických skupín je však schopných prispôbiť svoj „jedálny lístok“ aktuálnej potravinovej ponuke. Zmena potravného zdroja môže byť trvalá alebo dočasná a môže sa meniť v závislosti od veku ryby a času (v priebehu dňa, sezóny, roka a pod.). Schopnosť využívať najviac dostupný (najvýhodnejší) potravný zdroj v určitom čase sa nazýva trofická prispôbivosť (Gerking 1994). Koncept potravných gíld sa u rýb preto stretáva s mnohými nevýhodami a charakterizuje preferovanú potravu dospelých jedincov.

Morfológia tela rýb (napr. orientácia ústneho otvoru) dokáže vypovedať o tom, akým spôsobom a akou potravou sa jednotlivé druhy živia. Podobne aj zmyslové systémy rýb sú prispôbené

environmentálnym podmienkam pri zháňaní potravy.

Príjem potravy (potravová aktivita) rýb úzko súvisí so svetlom a teplotou vody. Dravé ryby lovia korisť buď tak, že stoja v stĺpci alebo blízko úkrytov a čakajú kým sa k nim priblíži (štika severná, sumec veľký), alebo ju aktívne vyhľadávajú (napr. boleň dravý). Lososovité ryby (pstruhy, lipne) sa živia prevažne driftom – bentickými bezstavovcami strhnutými prúdom, sezónne však môžu v ich potrave dominovať dospelé štádiá. Mnoho kaprovitých rýb sa živí aktívnym lovom bezstavovcov z dna.

Rozmanitosť zdrojov potravy viedla k diverzite potravných typov a tiež k špeciálnym adaptáciám na príjem semien rastlín, orechov, ovocia, kvetov, listov, suchozemského hmyzu alebo stavovcov. Ryba tambaqui (*Colossoma macropomum*), žijúca v povodí rieky Amazonka, má stoličkovité (molariformné) zuby, ktorými dokáže rozdrviť tvrdé škrupiny orechov. Ďalšou adaptáciou sú dlhé a jemné žiabrové paličky na zachytávanie zooplanktónu najmä u mladých jedincov.

Najväčšie sladkovodné ryby reprezentujú takmer všetky potravné kategórie. Veľké percento najväčších rýb je rybožravých napr. paveslonos čínsky (*Psephurus gladius*, 500 kg) sumec západný (*Silurus glanis*, 306 kg), arapaima veľká (*Arapaima gigas*, 200 kg) alebo aligátoria ryba *Atractosteus spatula* (137 kg). Sumec druhu *Pangasianodon gigas* (350 kg) žijúci v rieke Mekong a vyza amuská (*Huso dauricus*, 1000 kg) žijúca v rieke Amur sa živia



Obr. 92: Pstruh potočný loviaci vodný hmyz. Foto: Igor Kokavec

organickým detritom. Medzi veľké ryby môžeme zaradiť aj všežravú kaprovitú rybu *Catla catla* z Indie a rastlinožravú *Colossoma macropomum*. Sladkovodná raja *Himantura chao-phraya* (600 kg) je zoobentofágna.

Migrácie rýb

Pojmom migrácia rozumieme smerovaný pohyb väčšiny populácie medzi dvomi rozdielnymi habitatmi (Begon et al. 2006).

Prosperitu migrujúcich druhov môžeme posudzovať na základe veľkosti ich populácie a úspešnosti rozmnožovania. Výhoda migrácie za vhodným substrátom a podmienkami na neres a vývin mladých jedincov prevažuje nad stratami energie následkom pohybu a predácie.

Podľa rôznej funkcie rozlišujeme štyri typy migrácií (Northcote 1978; Lucas et al. 2001):

- I. migrácia za účelom rozmnožovania,
- II. migrácia za potravou,
- III. migrácia pri hľadaní útočiska, napr. vyhľadávanie zimoviska,
- IV. migrácia po premiestnení (po strhnutí prúdom – štika severná, pleskáč vysoký, po vysadení do nepôvodného habitatu – úhor európsky).

Na základe salinity a vyvinutých osmoregulačných mechanizmov poznáme ekologické skupiny rýb podľa toho, či celý život žijú v sladkej alebo morskej vode, prípadne dokážu

prežiť v oboch typoch prostredia. Migrácie môžeme podľa toho rozdeliť na (Lucas et al. 2001):

- I. **oceánodrómnne** – v rámci morí a oceánov; tuniaky (*Thunnus*), treska (*Gadus murhua*),
- II. **potamodrómnne** – v rámci sladkých vôd; napr. podustva severná (*Chondrostoma nasus*), nosál sťahovavý (*Vimba vimba*), jeseter malý (*Acipenser ruthenus*),
- III. **diadrómnne** – medzi sladkovodným a morským prostredím. Diadrómnne druhy môžeme rozdeliť podľa toho v akom prostredí sa živia a rastú a kam dospelé jedince migrujú za rozmnožovaním na:
 - a) **anadrómnne** – väčšinu života žijú v morskej vode, kde zháňajú potravu a rastú a ako dospelé jedince migrujú do sladkých vôd za rozmnožovaním. Prostredie, v ktorom sa anadrómnne ryby živia a rastú (morská voda) sa líši od prostredia, v ktorom prebieha rozmnožovanie (sladká voda), napr. losos atlantický (*Salmo salar*), lososy *Oncorhynchus*, jeseter ostronosý (*Acipenser oxyrinchus*),
 - b) **katadrómnne** – väčšinu života žijú v sladkej vode, kde zháňajú potravu a rastú a ako dospelé jedince migrujú do morí za rozmnožovaním. Prostredie, v ktorom sa katadrómnne ryby živia a rastú (sladká voda) sa líši od prostredia, v ktorom prebieha rozmnožovanie (morská voda), napr. úhor európsky (*Anguilla anguilla*),
 - c) **amfidrómnne** – larválne štádia migrujú po vyliahnutí zo sladkých vôd do mora, kde zháňajú potravu a rastú. V skoršom juvenilnom štádiu migrujú znovu do sladkých vôd, kde sa ďalej živia, rastú, dospievajú a rozmnožujú. Prostredie, v ktorom sa am-



Obr. 93: Podustvy migrujúce na neres. Foto: Daniel Grula

fidrómne ryby živia, rastú aj rozmnožujú je rovnaké (sladká voda), napr. býčko čierouústy (*Neogobius melanostomus*).

Horné úseky riek sú charakteristické dobrým okysličením a silným prúdom, ktorý bráni usadzovaniu sedimentov na dne. Tiež je tu nižšia diverzita druhov a malý počet predátorov, ktoré by sa živili ikrami a larvami rýb. Kombinácia týchto faktorov je pravdepodobne stimulom pre migráciu mnohých riečnych druhov rýb do vyšších úsekov v období rozmnožovania.

Tvorba krdľov je najmä v období rozmnožovania veľmi dôležitým aspektom. Množstvo rýb v krdli zvyšuje šance na úspešný neres z hľadiska rizika predácie, prekonávania bariér a ďalších negatívnych faktorov brániacich v migrácii.

Správanie je výsledkom vnútorných a vonkajších podnetov, ktoré spolu vzájomne pôsobia a vyvolávajú u organizmov odpoveď. Vznik a zachovanie migračného správania je podnecované vzájomne pôsobiacimi environmentálnymi faktormi, ktoré môžu byť vnútorné (endogénne) (napr. genetické faktory, hlad, samonavádzanie) a vonkajšie (exogénne) (svetlo, teplota vody, kvalita vody, prietok, počasie, dostupnosť potravy).

Samonavádzacia schopnosť dospelých jedincov ich naviguje do prostredia, v ktorom sa ako plôdik vyliarli, a ktoré poskytuje najvhodnejšie podmienky na rozmnožovanie v čase, keď v mieste neresu budú prítomné aj ostatné dospelé jedince. Samonavádzanie funguje u niektorých druhov aj spätne, z neresiska do miest, kde sa predtým vyskytovali a kde sú najlepšie podmienky na rast a dostatok potravy. Takéto post-reprodukčné správanie bolo zaznamenané napr. u mreny severnej a lipňa tymiánového.

Rozmnožovanie rýb

Úspech jednotlivých druhov v priebehu evolúcie je založený na schopnosti prenášať genetickú informáciu budúcim generáciám. Aby bol prenos génov úspešný musia sa stretnúť jedince rovnakého druhu oboch pohlaví, hoci niektoré druhy rýb žijú v dospelosti samotársky. V období rozmnožovania sa mení správanie týchto jedincov a začínajú aktívne vyhľadávať jedince opačného pohlavia. Zoskupenie reprodukčne aktívnych rýb vyvoláva teritoriálne správanie a výber vhodného jedinca na neres. V tomto období sú ryby obzvlášť zraniteľné a dostupné predátorom. Niektoré druhy rýb sa po neresi starajú o potomstvo v rôznej miere.

Všetky u nás žijúce druhy rýb sa za normálnych okolností vyznačujú v dospelosti oddeleným pohlavím (**gonochorizmus**). Zrelé pohlavné bunky (ikry samíc a mlieč samcov) sú pri neresi vypustené voľne do vody, kde nastáva **vonkajšie oplodnenie**. **Hermafroditizmus** je u rýb pomerne vzácny a má dve formy: 1. simultánny hermafroditizmus, kedy sú obidve pohlavia prítomné u jedinca; 2. sekvenčný hermafroditizmus, pri ktorom dochádza k postupnému striedaniu pohlaví počas života (Baruš et al. 1995). Navyše u rýb poznáme



Obr. 94: Oblíbené miesta neresu kaprov a pleskáčov sú brehy pokryté hustou vegetáciou, ktoré sú na jar pri vyššej vodnej hladine čiastočne ponorené. Foto: Igor Kokavec

partenogenetizmus – vývin ikier bez oplodnenia. Populácia karasov striebriстых (*Carrasius auratus*) je v niektorých prípadoch zložená len zo samičích jedincov. Pri neresi iných kaprovitých rýb sa samice karasov začnú neresiť spolu s nimi. Rozdiel je v tom, že spermia samca iného druhu nesplynie s ikrou karasa, ale len „aktivuje“ bunkové delenie a vznikajú ďalšie samice (**gynogenéza**). Okrem vonkajšieho oplodnenia sa u rýb (niektoré sumcovité, kaprozúbkovité, živorodky atď.) vyskytuje **vnútorné oplodnenie**. Na vnútorné oplodnenie sa samčekom vyvinuli rozmanité štruktúry na prenos spermií do tela samičky, napr. gonopodium.

Väčšina rýb je **iteroparných** tzn., že dokážu opakovane (viac ako jedenkrát) prinášať nové potomstvo. Poznáme však aj **semelparné** ryby, ktoré sa rozmnožujú len raz za život (lososy, úhor európsky) a potom umierajú. Rozdiel je v počte rozmnožujúcich sa jedincov a energie, ktorú do rozmnožovania investujú, u semelparných > 70 %, u iteroparných < 60 % telesných zásob.

Niektoré druhy rýb sa môžu neresiť po určitých dávkach (seriálový neres), iné vypustia ikry naraz (totálny neres). Samička pichľavky sivej (*Gasterosteus aculeatus*) je schopná neresiť sa až desaťkrát počas jednej sezóny. Každé hniezdo tak môže obsahovať ikry tvoriace až 20 % jej hmotnosti. Stratégia seriálového neresu spočíva v nadprodukcii ikier, čo je pre samičku nebezpečné, pretože počas novej produkcie dochádza k veľkému výdaju energie a spomaleniu až pozastaveniu rastu. Štika severná (*Esox lucius*) produkuje ikry len pár dní pred neresom a ďalšia znáška je možná až v nasledujúcej sezóne (o rok).



Obr. 95: Odlov dospelých podustiev v rieke pomocou sietí a odoberanie pohlavných buniek do pripravených nádob. Foto: Daniel Gruľa

Ďalšou stratégiou je okrem už vyššie spomínanej tvorby krdlov aj množstvo ikier produkovaných samicami. Toto množstvo sa pohybuje v rozmedzí niekoľko tisíc (lososy) až po viac ako milión (mieň sladkovodný). Vonkajšie oplodnenie a vývin jedincov so sebou nesie riziko a obrovské straty. Keďže sú samčie spermie aktívne len krátky čas a k oplodneniu dochádza voľne vo vode sú s týmto spôsobom rozmnožovania spojené veľké straty v počte neoplozených ikier. Z celkového počtu nakladených ikier sa tak vyľahne len minimálny počet rybej mlade, ktorá je navyše ešte ohrozovaná najmä predáciou.

Aby sa zabránilo týmto stratám začalo sa s umelým výterom rýb, na ktorý je v súčasnosti odkázané prežitie mnohých druhov v niektorých vodných tokoch, či nádržkách. Na oplodnenie ikier sa najčastejšie využíva metóda „suchého“ výteru rýb, pri ktorej sa najprv samice (ikernačke) odoberú do misky ikry jemným stláčaním brucha a následne sa pridá samčí mlieč (inseminácia). Po pridaní vody dôjde k oplodneniu, ikry sa premyjú a inkubujú v liahňach. Prístroje na liahnutie vytvárajú ideálne podmienky pre vývoj plodov a liahnutie plôdika, preto je potrebné dbať predovšetkým na správnu kvalitu a teplotu vody, ako aj odoberať neoplozené a kaziace sa ikry. Problémom v minulosti bolo vystihnúť zrelosť pohlavných buniek v rovnakom období pri rovnakých pohlaviach, čo sa v súčasnosti rieši podaním gonádotropného hormónu. Metóda je veľmi účinná a oplodnenosť ikier sa pohybuje v rozmedzí 75 – 95 %.



Obr. 96: Pohlavný dimorfizmus u čerebľi pestrej – samičky s výrazným červeným bruškom. Foto: Daniel Gruľa

Sekundárne pohlavné znaky sa u rýb prejavujú v dvoch formách: **pohlavný dimorfizmus** (rozdiel v proporciách tela medzi pohlaviami) a **pohlavný dichromatizmus** (rozdiel v sfarbení). Sexuálny dimorfizmus je u niektorých druhov kaprovitých pomerne slabo viditeľný a samce sa dajú rozpoznať najmä v období trenia podľa tzv. neresových vyrážok, pestrejšieho sfarbenia a štíhlejšieho tvaru tela (**sezónny dimorfizmus**).

Výrazný je pohlavný dimorfizmus u čerebľi pestrej, kedy samčeka rozoznáme od samičky podľa prítomnosti sýtejšieho a pestrejšieho sfarbenia, tmavých škvŕn na bokoch tela a výraznej neresovej vyrážky. Štika severná a ostriež zelenkavý nemajú žiadne rozoznateľné pohlavné znaky. **Permanentný dimorfizmus** môžeme pozorovať u dospelých jedincov lososovitých rýb (napr. pstruhy). Samec pstruha potočného má hákovite zahnutú spodnú čelusť, ktorá zasahuje až za oko. Hlava samcov je viac predĺžená ako hlava samíc. Samice majú hlavu vpredu viac zaoblenú, telo je širšie a nižšie s objemnejším bruchom. Sfarbenie samcov je tmavšie tónované a za hlavou sa u väčších jedincov objavuje hrb.

Naše druhy rýb možno rozdeliť do **reprodukčných gíld** podľa vyhľadávaného neresového substrátu a miery rodičovskej starostlivosti na (Holčík & Hensel 1972; Baruš et al. 1995; Krno 2009):

I. Nehniezdiče

a) neochraňujúce ikry

- pelagofilné – neresia sa v prúde tokov, ikra sa vyvíja unášaná prúdom, preto sa mladí týchto druhov nenachádzajú v miestach neresu dospelých rýb, ikry obsahujú tukové kvapky (šablľa krivočiara, tolstolobiky, amur biely),
- litopelagofilné – podobné adaptácie ako predošlé druhy, avšak ikry sú lepkavé len určitú dobu, neskôr sú unášané prúdom, larvy sú pelagické (mieň sladkovodný),
- litofilné – zahŕňa druhy neresiace sa na kamenný substrát, kde sa vyvíjajú ikry aj mladí, ikry nie sú lepkavé, larvy sú bentické (mrena severná, jalec hlavatý),
- fytofilné – obsahuje druhy neresiace sa na živé alebo odumreté rastliny a na dočasne zaplavený suchozemský porast, ikry sú silne lepkavé (kapor rybničný, karasy, čík európsky),
- psamofilné – vytierajú sa na piesčité substrát dna, ikry sú lepkavé (slíž severný, hrúzy),
- indiferentné – kladú ikry na ponorené rastliny, ak nie sú prítomné tak na iné ponore-

né predmety, kamene a pod., príbuzné litofilnej skupine ale prítomnosťou lepkavých žliaz na ikrách aj fytofilnej skupine (ostriež zelenkavý, plotica červenooká).

b) neochraňujúce ikry ale ukrývajúce neres

- litofily – neresia sa do štrkovitého dna, v ktorom si vopred vyhlbia jamku (hniezdo), po neresi ikry prekryjú slabšou vrstvou piesku a štrku (lososovité, kolok),
- ostrakofily – druhy ukrývajúce ikry do lastúrnikov (lopatka dúhová).

II. Strážce – ochraňujúce ikry

a) vyhľadávače

- litofily – druhy vyhľadávajúce štrkovité dno, po neresi samec stráži ikry, ovieva ich a zbavuje sedimentu (býčkovité),
- fytofily – neresia sa na vodné rastliny a ikry sú strážené samcami (sumec, blatniak).

b) hniezdiče

- indiferentné – ikry kladie na rôznyi substrát v plytčinách do hniezd, samce ich strážia (slnečnica pestrá).
- fytofily – neresia sa v miestach s potopenými konármi alebo ponorenými koreňmi, kde samec aj samica vytvoria plytké neresové jamky (zubáč veľkousty) alebo samček buduje z rastlín hniezdo a spevňuje ho lepkavým výlučkom z obličiek (pichľavka siná), samce strážia ikry aj mlad,
- speleofily – ikry kladie samička na klenby a bočné steny menších skalných dutín, ikry stráži samec (hlaváč pásoplutvý).

Načasovanie neresu sa u jednotlivých radov a aj u populácií druhov žijúcich v iných lokalitách značne líši a závisí najmä od teploty vody, prietoku a nadmorskej výšky. V zimných mesiacoch (december až február) sa trú miene, skoro na jar hlavátka podunajská a štika



Obr. 97: Podustvy sa neresia v plytkej, rýchlo prúdiacej vode na kamenné dno. Foto: Daniel Gruľa

severná, na prelome jar/leto sa neresí väčšina kaprovitých rýb, neskôr v máji až auguste napr. mrena severná a lieň sliznatý a v jesenných mesiacoch (október – november) začína neres pstruh potočný.

Antropogénne vplyvy na spoločenstvá rýb

Biologická diverzita sladkovodných ekosystémov zažíva väčší pokles ako je tomu u väčšiny suchozemských ekosystémov. Vodné organizmy sú ohrozované množstvom faktorov. Tie môžeme rozdeliť do piatich kategórií: degradácia habitatu, znečistenie, druhové invázie, nadmerný lov a klimatické zmeny.

Priehrady

Výstavba priehrad a jej vplyv na životné prostredie sú jednou z najväznejších a rozsiahlych narušení zapríčinených človekom. Priehrady narúšajú pozdĺžnu kontinuitu riečnych ekosystémov a spôsobujú fragmentáciu. Rieka pod priehradou je ovplyvňovaná zmenami vodného režimu (prietokov), teploty, obsahu kyslíka a sedimentácie, čo narúša ekologickú rovnováhu, ovplyvňuje biocenózu toku a spôsobuje zmeny v jej štruktúre.

Spoločenstvo rýb môže byť výrazne ovplyvnené vplyvom prehradenia toku. Pre ryby, ktoré migrujú za účelom rozmnožovania sú to bariéry, ktoré im nedovoľujú prejsť na neresiská. Druhová diverzita nad priehradou tak môže byť v prípade druhov migrujúcich medzi morom a sladkou vodou (diadrómnych) výrazne nižšia a závisí od nadmorskej výšky a vzdialenosti od mora.

Vybudovaním priehrad na rieke Yangtze v Číne došlo k poklesu početnosti potamodrómneho jesetera *Acipenser sinensis*, rozdeleniu (fragmentácii) populácie jeseterakórejského *Acipenser dabryanus* a zmenšeniu populácie paveslonosa čínskeho (*Psephurus gladius*) (Dudgeon 2000). U štyroch hospodársky významných potamodrómnych druhov kaprovitých rýb (amur biely (*Ctenopharyngodon idella*), tolstolobik biely (*Hypophthalmichthys molitrix*), tolstolobik pestrý (*Hypophthalmichthys nobilis*) a amur čierny (*Mylopharyngodon piceus*)) rieky Yangtze bol zaznamenaný výrazný pokles početnosti a zmeny v distribúcii. Naopak, zvýšila sa početnosť kapra rybníčného a sumca *Silurus asotus* (Yi et al. 2010).

Výstavba priehrad na rieke Warta v Poľsku je príčinou lokálneho vyhynutia nosáľa stáhovavého (*Vimba vimba*) a podustvy severnej (*Chondrostoma nasus*). Najviac sa vplyv priehrady prejavil v spodných úsekoch, kde kvôli vysokým prietokom a „preplachovaniu“ priehrady dochádzalo k porušovaniu substrátu dôležitého pre neres a k celkovému vymiznutiu litofilných druhov rýb (Penczak et al. 1998).

Okrem toho sa veľké množstvo mladých (juvenilných) jedincov rýb pri migrácii dolu prúdom zahynie alebo sa zraní pri prechode priepustami alebo turbínami hydroelektrární. Podobne sú ohrozované dospelé úhory migrujúce do mora.

Vybudovanie priehrady má za následok zmenu spoločenstva riečnych (lotických) biotopov na spoločenstvo stojatých (lentických) vôd. V priehradách sa darí introdukovaným, nepôvodným druhom rýb. Pri výskume v Japonsku bol zistený negatívny vplyv priehrad na populáciu lososovitých a hlaváčovitých druhov a pozitívny na kaprovité a ostračkovité druhy rýb (Han et al. 2008).

Poulet (2007) pri štúdiu vplyvu priehrad na ichtyocenózu rieky v podhorskej zóne juhozápadného Francúzska objavil viac ako 50 % podiel introdukovaných druhov. Prirodzené druhy ako pstruh potočný, slíž severný, mrena severná, jalec hlavatý, čerebl'a pestrá a pod. sa vyskytovali až vo väčšej vzdialenosti od priehrady. Nepôvodné druhy (napr. štika severná, ostriež zelenkavý, zubáč veľkoústý, plotica červenooká, karas striebřistý, kapor rybničný) boli najpočetnejšie v priehrade a najväčšia diverzita rýb bola zaznamenaná hneď pod priehradou. Došlo k celkovej zmene ekologických skupín z prevažne reofilných, hmyzožravých, pôvodných druhov na eurytopné a limnofilné, rybožravé a všežravé introdukované druhy.

Bohatšie druhové zloženie a početnosť rýb pod priehradou môže byť dôsledkom prerušenia ich migračnej trasy pri plávaní proti prúdu v prípade nefunkčného alebo nevybudovaného rybovodu.

Teplota vypúšťanej vody však môže byť v niektorých prípadoch limitujúcim faktorom, kedy je pod priehradou diverzita rýb najnižšia. Hlboké priehrady vypúšťajúce chladnejšiu vodu z hypolimnia môžu v súčinnosti s ďalšími faktormi (rýchly prietok, viac kyslíka a pod.) vyvolať zmenu zo spoločenstva teplomilných druhov rýb (kaprovité, ostračkovité,



Obr. 98: MVE v Hronskej Dúbrave s vybudovaným rybovodom. Foto: Igor Kokavec



Obr. 99: MVE vo Zvolene zabraňuje migrácii rýb proti prúdu. V dôsledku toho sa pod jednotlivými bariérami hromadia ryby, čo využívajú rybári. Tieto úseky sa tak stávajú neresiskom a zároveň zimoviskom rýb a podliehajú v tom období ochrane.

ostriežovité a sumčekovité) na chladnomilné druhy (napr. hlaváčovité a pstruhy) (Quinn & Kwak 2003). Vypúšťanie chladnej vody narúša rozmnožovací cyklus rýb, spôsobuje úhyn pôvodných druhov a priaznivo vplýva na prežitie introdukovaného pstruha dúhového (Helfman et al. 2009). Opačne je to pri vypúšťaní teplejšej vody z epilimnia v zóne podhorských potokov a riek v letnom období, čo môže mať v extrémnych prípadoch vplyv vyššej teploty ($> 2^{\circ}\text{C}$) za následok pokles druhovej diverzity v úseku pod priehradou a jej postupné zvyšovanie v nižších úsekoch (Lessard & Hayes 2003). Hayes et al. (2006) zistili pokles početnosti pstruha potočného a sivoňa amerického pod hydroelektrárnou s vysokým ($> 2^{\circ}\text{C}$) vplyvom na teplotu vody.

Odlesnenie

Vodné ekosystémy zahŕňajú nielen rieky alebo jazerá, kde vodné organizmy žijú, ale aj podzemnú vodu a okolitú krajinu. Odlesnenie za účelom využitia okolitej krajiny (poľnohospodárstvo, priemysel, výstavba sídiel) a štruktúra a kvalita brehových porastov ovplyvňujú vodné telesá v mnohých smeroch.

Nadmerná sedimentácia je najväčší dôsledok odlesňovania, ktorá spôsobuje úbytok populácií pôvodných druhov rýb tým, že obrusuje ich žiabrové tkanivo, znižuje tak schopnosť osmoregulácie a respirácie, čo sa prejavuje v spomalení rastu.

Výskumom vplyvu odlesnenia na spoločenstvo rýb v Apalačských vrchoch bol zaznamenaný pokles početnosti bentických druhov rýb na úkor zvýšenia početnosti sedimentovo-tolerantnejších a invázných druhov, čo je následkom poklesu pestrosti habitatov. Celkovo



Obr. 100: Čiastočne odlesnený úsek rieky pod elektrickým vedením. Foto: Igor Kokavec

došlo k zníženiu početnosti litofilných druhov, ktoré neodstraňujú nánosy sedimentu zo svojich ikier (pstruh potočný a dúhový, čereble (*Rhinichthys*), hlaváč *Cottus bairdi* a všetky ostriežovité) (Jones et al. 1999).

Ďalším vplyvom odlesňovania je nedostatok hrubého organického materiálu (konáre, kmene a listy) ako dôležitého zdroja energie vodných ekosystémov. Okrem toho je napadané drevo vo vodných tokoch skôr habitatom ako potravou a jeho redukcia sa môže prejaviť aj v poklese druhového spektra rýb.

Posledné vplyvy, ktorý uvádzam sú zvýšenie teploty a slnečnej ultrafialovej (UV) radiácie redukciou zatienenia vyrúbaním brehových porastov. Holtby (1988) zaznamenal celoročné zvýšenie teploty potoka Carnation Creek v Britskej Kolumbii vplyvom odlesnenia, čo viedlo k skoršiemu vyliahnutiu lososov kižuč (*Oncorhynchus kisutch*) a ich rýchlejšiemu rastu. Mladé lososy tak migrovali do mora skôr, čo malo za následok nižšiu mieru prežívania. Vystavenie rýb zvýšenej UV radiácii spôsobuje poškodenie kože a očí. Mladé (juvenilné) jedince a ikry sú na UV žiarenie veľmi citlivé a zvýšená radiácia môže byť príčinou ich vyššej úmrtnosti.

Introdukcie

Nepôvodné druhy sa v procese introdukcie človekom dostali do vodných ekosystémov mimo svojho pôvodného areálu rozšírenia. Pokiaľ sú organizmy schopné v novom prostredí zvyšovať svoju početnosť a sú potenciálnym rizikom pre prirodzene sa vyskytujúce druhy označujeme ich ako **invázne druhy**.

Ryba introdukovaná do revíru, v ktorom sa pred tým nevyskytovala, hoci je v danej krajine pôvodná, sa označuje termínom **transplantovaný** alebo **translokovaný druh**. Rybe, ktorá pochádza z inej krajiny hovoríme **exotický druh**.

Nepôvodné a invázne druhy sú úspešné v antropogénne narušených ekosystémoch vplyvom straty pôvodných habitatov, fragmentácie, zmien hydrologického režimu, klimatických zmien, nadmerného lovu a znečistenia.

Dôvodov prečo človek vypúšťa nepôvodné druhy rýb do vodných útvarov je niekoľko: potrava (kapor rybníčný, pstruh dúhový), okrasa (karas striebřistý, kapre koi), redukcia vegetácie (amur biely, tolstolobiky), redukcia komárov (gupka dúhová, slnečnica pestrá), športový rybolov (ostračka veľkoústa, pstruh dúhový), únikom z chovní (tilapia), vypustením akváriových rýb či neúmyselne (hrúzovec sieťovaný). Väčšina týchto druhov bola do vôd introdukovaná pre určitú funkciu, ktorú mala v ekosystéme vykonávať, avšak zároveň predstavuje invázne druhy, ktoré sú významným ekologickým problémom mnohých krajín.



Obr. 101: Všetky úhory európske sú do našich vôd umelo nasádzané. Do povodia Dunaja však nebol introdukovaný a pravdepodobne sa sem dostával z rieky Rýn buď pozemnou cestou medzi prameňmi alebo podzemnými priestormi. Na naše územie mohol prirodzene migrovať len povodím rieky Visly, čo dnes zneumožňujú priečne stavby.



Obr. 102: Pstruhy dúhové sú chované v rôznych jazierkach s prísunom čerstvej, chladnej a dobre okysličenej vody. Je obľúbenou konzumnou a športovou rybou avšak jeho nasádzanie do pstruhových potokov vytvára konkurenciu pre pôvodného pstruha potočného. Foto: Michaela Partlová



Obr. 103: Veľkosť jedincov invázneho hrúzovca sietovaného je závislá od hustoty populácie. V habitatoch, ktoré čerstvo osídlili vynakladajú viac energie do rozmnožovania a dosahujú menšie rozmery. Po úspešnom kolonizovaní biotopu a dostatku zdrojov presmerujú energiu do rastu. Foto: Kristína Švolíková

V Európe sa zo 134 druhov rýb až 74 zaraďuje medzi nepôvodné (exotické) druhy. Z rýb vyskytujúcich sa aj na Slovensku sú to napríklad tolstolobiky, amur biely, hrúzovec sieťovaný, sumčeky, pstruh dúhový, sivoň americký, slnečnica pestrá a pod.

Tolstolobiky aj amury boli do našich vôd nasadené s cieľom lepšie využívať ich potravinovú ponuku a redukovať vodnú flóru (biomeliorácia). U nás sa rozmnožovať nedokážu, v iných krajinách však predstavujú problém a sú zaradené medzi invázne druhy. Schopnosť amurov redukovať prebujnenú vegetáciu bola užitočná, kým nezačal zbavovať rastlinstva rozsiahle úseky vodných tokov, čím mnohé prirodzené druhy rýb stratili pôvodné neresiská. V súčasnosti sa vysádza do uzavretých vôd.

Za invázne druhy na území Slovenska považujeme tie, ktoré nie sú na našom území pôvodné, vyznačujú sa vysokým reprodukčným potenciálom a schopnosťou expandovať a úspešne prenikajú do prirodzených spoločenstiev. Patrí sem karas striebristý (*Carassius auratus*), hrúzovec sieťovaný (*Pseudorasbora parva*), sumček čierny (*Ameiurus melas*), pichľavka siná (*Gasterosteus aculeatus*), slnečnica pestrá (*Lepomis gibbosus*), býčkovec amurský (*Peccottus glenii*) a štyri druhy býčkov – piesočný (*Neogobius fluviatilis*), čierouústy (*Neogobius melanostomus*), nahotemenný (*Neogobius gymnotrachelus*) a hlavatý (*Neogobius kessleri*).

Ekologický vplyv nepôvodných druhov na prirodzené spoločenstvo organizmov sa odohráva v rôznych stupňoch biologickej organizácie (Cucherousset & Olden 2011):

- I. genetická úroveň (hybridizácie medzi pôvodným a nepôvodným druhom),
- II. úroveň jednotlivca (zmena správania, telesných proporcií, vitálnych funkcií prirodzených druhov),
- III. úroveň populácie (prenos chorôb a parazitov, zmenšovanie a fragmentácia populácie prirodzených druhov),
- IV. úroveň spoločenstva (vyhynutie druhov, zmena pomeru druhového zloženia, zmena potravinovej siete),
- V. úroveň ekosystému (modifikácie biochemických cyklov, toku energie, zmena podmienok habitatov „inžinierskymi“ druhmi). Inžinierske druhy sú organizmy schopné vytvárať, meniť alebo zachovávať habitaty tým, že spôsobujú zmeny biotických aj abiotických podmienok, ktoré môžu priamo alebo nepriamo ovplyvňovať dostupnosť zdrojov pre iné organizmy.

Znečistenie

Škodlivé látky sa do vodných ekosystémov dostávajú vo forme sedimentov alebo v rozpustenej podobe, úmyselne alebo neúmyselne, krátkodobo (nepravidelne) alebo dlhodobo. Rozlišujeme dve formy znečistenia:

- I. organické (fenol, insekticídy, herbicídy) a anorganické (ťažké kovy, chloridy, kyanidy,



Obr. 104: Bodový zdroj znečistenia pochádzajúci z podniku na výrobu mliečnych výrobkov zvyšuje kyslosť vody a spôsobuje eutrofizáciu spodných úsekov, napriek tomu sa v týchto miestach s obľubou zdržiavajú nenáročné jalce hlavaté, pre ktoré je to významný zdroj potravy. Foto: Igor Kokavec

amoniak) látky ovplyvňujúce ryby **priamo**,

II. organický odpad produkovaný domácnosťami a poľnohospodárstvom ovplyvňujúci ryby **nepriamo**, jeho rozkladom baktériami a následnou deoxygenáciou.

Znečistenie vo forme **kyslého dažďa** spôsobuje znižovanie pH vody pod hodnotu 5,6 obsahom kyselinotvorných oxidov dusíka a síry. Veľkým problémom sa kyslý dážď stáva v tých vodných tokoch, ktorých podložie je chudobné na vápnik a nedochádza tak k neutralizácii. Okrem toho kyslé prostredie vyhovuje baktériám, ktoré mobilizujú toxické kovy ako olovo a hliník. Najvyššia koncentrácia kyselín je v rozpustenom snehu, ktorý predstavuje pre ryby a iné vodné organizmy najväčšiu hrozbu. Kyslé dažde sú v Nórsku a ďalších severoeurópskych krajinách zodpovedné za vymiznutie značnej populácie lososa atlantického a pstruha potočného z tečúcich aj stojatých vôd (Baker & Christiansen 1991). Na základe pozorovaní postupnej acidifikácie jazera Lake 223 v Ontariu bolo možné stanoviť hraničné hodnoty pH, pri ktorých dochádza k vymiznutiu niektorých druhov rýb, napr. sivoň *Salvelinus namaycush*, 5,59; *Catostomus commersonii*, 5,02; čerebl'a *Pimephales promelas*, 5,93 a jalec *Margariscus margarita*, 5,09 (Wooton 1992).

Eutrofizácia je problémom najmä pomaly tečúcich a stojatých vôd. Zvýšenie koncentrácie najmä fosforečnanov a dusičnanov podporujú rast a rozvoj vodnej flóry (zooplanktónu, rias aj makrofýt). V súčinnosti so zvýšeným rozkladom rastlinnej hmoty vodu ochudobňujú o kyslík a zvyšujú obsah sírovodíka a metánu, čo spôsobuje úhyn rýb.

Sedimenty priehrady Zemplínska šírava a povodia Laborca sú kontaminované toxickými polychlórovanými bifenyli (PCB), ktoré sa tam dostali pri výrobe vo fabrike Chemko Strážske v rokoch 1959 – 1984. PCB látky majú mnoho negatívnych dôsledkov na človeka a môžu spôsobovať o. i. napr. autoimunitné, kardiovaskulárne a nádorové ochorenia. PCB sa akumulujú najmä v bahnitom dne s vyšším podielom organickej hmoty ako v sedimentoch s prevahou piesočného substrátu. Tieto látky sa z vody a sedimentov dostávajú do tiel živých organizmov, kde sa zabudovávajú do tukového tkaniva. Pri hodnotení stupňa kontaminácie rýb vo vodách michalovského okresu boli hodnotené vzorky svaloviny štyroch druhov dravých (štika severná, zubáč veľkoústý, jalec hlavatý, pstruh potočný) a troch druhoch nedravých rýb (kapor rybníčný, karas striebřistý pleskáč vysoký). Koncentrácia PCB u rýb v skúmanej oblasti bola 15 (u kapra rybníčného) až 220 (u štky severnej) násobne vyššia v porovnaní s priemernými hodnotami v ostatných regiónoch Slovenska. Podiel prekročených limitov koncentrácie PCB z odobratých vzoriek rýb presiahol 76 %, pričom najvyššie hodnoty boli zistené u karasa striebřistého a vysoké hodnoty u štky severnej, pleskáča vysokého a zubáča veľkoústeho. Preto bola Zemplínska šírava vyhlásená za revír bez privlastnenia si úlovku (chyt' a pust') a ľuďom sa neodporúča konzumovať ryby z tejto priehrady. Vysoké hodnoty kontaminácie sedimentov boli však namerané aj v rieke Laborec pod Strážskym kanálom a priamo v ňom, kde tento zákaz neplatí. Dlhodobý monitoring (2002 – 2005) ukázal kolísanie obsahu PCB v jednotlivých druhoch rýb ako aj v sedimentoch, preto je potrebné prijať opatrenia, ktoré zabránia rozširovaniu kontaminácie a dekontaminovať najhoršie postihnuté oblasti (Zmetáková & Šalgovičová 2006; Danielovič et al. 2009; Hucko & Dercová 2009).

Zoznam použitej literatúry

- Allan, J. D., Castillo, M. M. 2007. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. 2 vyd. Dordrecht: Springer.
- Arnal, C., Verneau, O., Desdèvises, Y. 2006. Phylogenetic relationships and evolution of cleaning behaviour in the family Labridae: importance of body colour pattern. *J. Evol. Biol.*, 19: 755–763
- Baker, J. P., Christiansen, S. W. 1991. Effects of acidification on biological communities in aquatic ecosystems. In: Charles, D. G. Acidic deposition and aquatic ecosystems: regional case studies, pp. 83–106. New York: Springer-Verlag.
- Balon, E. K. 1985. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32(6): 821–864
- Baras, E., Lambert, H., Phillipart, J. 1994. A comprehensive assessment of the failure of *Barbus barbus* spawning migrations through a fish pass in the canalized River Meuse (Belgium). *Aquat. Living Resour.*, 7: 181–189
- Barbour, M. T., et al. 1999. Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. 2. vyd. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington. D.C.
- Barlow, G. W. 1958. Daily movements of desert pupfish, *Cyprinodon macularius*, in shore pools of the Salton sea, California. *Ecology*, 39(4): 580–587
- Baruš, V., et al. 1995. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes). Praha: Academia.
- Begon, M., Townsend, C. R., Harper, J. L. 2006. Ecology: From individuals to ecosystems. 4. vyd. Blackwell Publishing, Ltd.
- Beschta, R. L., et al. 1987. Stream temperature and aquatic habitat: Fisheries and forestry interactions. In: Salo, E. O. & T. W. Cundy. Streamside management: Forestry and fishery interactions. Seattle, WA: Univ. Of Washington.
- Blažek, R., Gelnar, M. 2006. Temporal and spatial distribution of glochidial larval stages of European unionid mussels (Mollusca: Unionidae) on host fishes. *Folia Parasitologica*, 53: 98–106

- Blažka, P. 1958. The anaerobic metabolism of fish. In: *Physical Zoology*, 31(2): 117–128
- Brauner, C. J., et al. 2004. Transition in organ function during the evolution of air-breathing; insights from *Arapaima gigas*, an obligate air-breathing teleost from the Amazon. *The Journal of Experimental Biology*, 207: 1433–1438
- Brunnschweiler, J. M., Sazima, I. 2006. A new and unexpected host for the sharksucker (*Echeneis naucrates*) with a brief review of the echeunid–host interactions. *JMBA2 – Biodiversity Records*.
- Bruton, M. N. 1979. The survival of habitat desiccation by air breathing clariid catfishes. *Environmental Biology of Fishes*, 4(3): 273–280
- Burggren, W. W., Johansen, K. 1986. Circulation and respiration in lungfishes (Dipnoi). *Journal of Morphology Supplement*, 1: 217–236
- Cifra, S., et al. 2008. *Pre rybárov. 1. vydanie*. Praha: Nakladatelství Scientia.
- Copp, G. H., et al. 2005. To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *J. Appl. Ichtyol.*, 21: 242–262
- Crowder, L. B. 1984. Character Displacement and Habitat Shift in a Native Cisco in Southeastern Lake Michigan: Evidence for Competition?, 4: 878–883
- Cucherousset, J., Olden, J. D. 2011. Ecological impacts of non-native freshwater fishes. *Fisheries*, 36(5): 215–230
- Danielovič, I., Hecl, J., Mati, R. 2009. Polychlórované bifenylly a ich obsah v životnom prostredí regiónu Zemplín. Informačná publikácia, Košický samosprávny kraj. Košice: Result.
- Diamond, J. M. 1987. Niche shifts and the rediscovery of interspecific competition: Why did field biologists so long overlook the widespread evidence for interspecific competition that had already impressed Darwin? *American Scientist*, 66(3): 322–331
- Dickson, K. A., Graham, J. B. Evolution and consequences of endothermy in fishes. In: *Physiological and Biochemical Zoology*. 2004, roč. 77, č. 6, s. 998–1018
- Dudgeon, D. 2000. Large-scale hydrological changes in tropical Asia: Prospects for riverine biodiversity. *BioScience*, 50(9): 793–806
- Dynesius, M., Nilsson, Ch. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the World. *Science*, 266: 753–761
- Endler, J. A. 1980. Natural selection on colour patterns in *Poecilia reticulata*. *Evolution*, 34(1): 76–91
- Fausch, K. D. 1988. Tests of competition between native and introduced salmonids in streams: what have we learned? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45(12): 2238–2246
- Fletcher, G. L., Hew, C. L., Davies, P. L. 2001. Antifreeze proteins of teleost fishes. *Annu. Rev. Physiol.*, 63: 359–390
- Froese, R., Pauly, D. Editors. 2014. FishBase. World Wide Web electronic publication. Dostupné na internete: www.fishbase.org, version (08/2014).
- Gensemer, R. W., Playle, R. C. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminium in aquatic environments. *Crit. Rev. Env. Sci. Technol.*, 29:315–450.
- Gerking, Shelby D. 1994. *Feeding ecology of fish*. San Diego: Academic Press.
- Glebe, B. D., Leggett, W. C. 1981. Latitudinal differences in energy allocation and use during the freshwater migrations of american shad (*Alosa sapidissima*) and their life history consequences. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38(7): 806–820
- Goulding, M. 1980. *The Fishes and the Forest*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Gozlan, R. E., Pinder, A. C., Shelley, J. 2002. Occurrence of the asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* in England. *Journal of Fish Biology*, 61: 298–300
- Graham, J. B. 1997. *Air-breathing in fishes*. San Diego, CA: Academic Press.
- Han, M., et al. 2008. How do dams affect freshwater fish distributions in Japan? Statistical analysis of native and non-native species with various life histories. *Ecol. Res.*, 23: 735–743
- Hayes, D. B., Dodd, H., Lessard, J. 2006. Effects of small dams on cold water stream fish communities. In: *American Fisheries Society Symposium*.
- Häkkinen, J., et al. 2002. The effect of increasing UV-B radiation on pigmentation, growth and survival of coregonid embryos and larvae. *Env. Biol. Fish.*, 64: 451–459
- Helfman, G. S., et al. 2009. *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. 2 vyd. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. ISBN 978-1-4051-2494-2
- Holčík, J. 1991. Fish introductions in Europe with particular reference to its central and eastern part. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48(1): 13–23
- Holčík, J., Hensel, K. 1972. *Ichtyologická príručka*. Bratislava: Obzor.
- Holtby, L. B. 1988. Effects of logging on stream temperature in Carnation Creek, British Columbia, and associated impact on the coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 502–515
- Hucko, P., Dercová, K. Kontaminácia sedimentov Laborca, Strážskeho kanála a Zemplínskej šíravy PCB, možnosti jej riešenia – projekt nespáľovacích technológií. Konferencie Sanační technologie XII, Uherské Hradiště, 19.–21. 5. 2009 [online prezentácia]. Dostupné na internete: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/seminare/2009-05-19/prezentace/27_Hucko.pdf
- Huet, M. 1954. Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bull. Francais de Piscicult*, 175: 41–53
- Illies, J., Botosaneanu, L. 1963. Probleme et metode de la classification et de la zonation ecologique des eaux courantes, considere'es surtout du point de vue faunistique. In: *Mitteilungen Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 12: 1–57
- Jackson, D. A., Harvey, H. H. 1993. Fish and benthic invertebrates: Community concordance and community–environment relationships. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 2641–2651
- Jeffery, W. R. 2005. Adaptive evolution of eye degeneration in the mexican blind cavefish. *Journal of Heredity*, 96(3): 185–196
- Jeffery, W. R. 2001. Cavefish as a model system in evolutionary developmental biology. *Developmental Biology*, 231: 1–12

- Johansen, K. 1970. Air breathing in fishes. *Fish Physiology*, 4: 361–408
- Jones, D. E. B., et al. 1999. Effects of riparian forest removal on fish assemblages in southern Appalachian streams. *Conservation Biology*, 16(6): 1454–1465
- Joy, M. K., Death, R. G. 2001. Control of freshwater fish and crayfish community structure in Taranaki, New Zealand: dams, diadromy or habitat structure? *Freshwater Biology*, 46: 417–429
- Karr, J. R., et al. 1986. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. Special publication 5. Illinois Natural History Survey. 28 s.
- Kondolf, M. 1997. Hungry water: Effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management*, 21(4): 533–551
- Kováč, V., et al. 2007. Invázne druhy rýb v povodiach Slovenska – aktualizovaný zoznam 2006. Chránené územia Slovenska, 73:30
- Kováč, V. 2010. Národná metóda stanovenia ekologického stavu vôd podľa rýb – Slovenský ichtyologický index. Aktualizovaná verzia. Bratislava
- Krno, I. 2009. Limnológia tečúcich vôd. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Langford, T. E. 1981. The movement and distribution of sonic-tagged coarse fish in two British rivers in relation to power station cooling-water outfalls. *Proceedings of the 3rd International Conference on Wildlife Biotelemetry*, 197–232
- Lessard, J. L., Hayes, D. B. 2003. Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. *River Research and Applications*, 19: 721–732
- Lewis, W. R. 1970. Morphological adaptations of cyprinodontoids for inhabiting oxygen deficient waters. *Copeia*, 2: 319–326
- Lowe, Ch. H., Heath, W. G. 1969. Behavioural and physiological responses to temperature in the desert pupfish *Cyprinodon macularius*. *Physiological Zoology*, 42(1): 53–65
- Lucas, M., et al. 2001. Migrations of freshwater fishes. Oxford: Blackwell.
- Mann, H. 1965. Über das Rückkehrvermögen verpflanzter Flußsaale. *Archiv für Fischwissenschaft*, 15: 177–185
- Matthews, W. J. 1998. Patterns in freshwater fish ecology. Dordrecht: Springer.
- McDowall, R. M. 1997. The evolution of diadromy in fishes (revisited) and its place in phylogenetic analysis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7: 443–462
- Moss, B. 2010. Climate change, nutrient pollution and the bargain of Dr Faustus. *Freshwater Biology*, 55: 175–187
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. 4. vyd. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Northcote, T. G. 1978. Migratory strategies and production in freshwater fishes. In: Gerking, S. D. *Ecology of freshwater fish populations*. New York: John Wiley & Sons, 326–359
- Oliva, O. 1957. *Strunatci II: Ryby*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Ormerod, S. J. 2003. Current issues with fish and fisheries: editor's overview and introduction. *Journal of Applied Ecology*, 40: 204–213
- Ovidio, M., et al. 2004. Spawning movements of European grayling *Thymallus thymallus* in the River Aisne (Belgium). *Folia Zoologica*, 53(1): 87–98
- Ovidio, M., et al. 2007. Multiyear homing and fidelity to residence areas by individual barbel (*Barbus barbus*). *Belg. J. Zool.*, 137(2): 183–190
- Parkinson, D., Philippart, J.-C., Baras, E. 1999. A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream as determined by radio-tracking. *Journal of Fish Biology*, 55: 172–182
- Penczak, T., et al. 1998. A long-term study (1985–1995) of fish populations in the impounded Warta River, Poland. *Hydrobiologia*, 368: 157–173
- Pitcher, T. J., Hart, P. J. B. 1982. *Fisheries ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Poulet, N. 2007. Impact of weirs on fish communities in a piedmont stream. *River Research and Application*, 23: 1038–1047.
- Quinn, J. W., Kwak, T. J. 2003. Fish assemblage changes in an Ozark River after impoundment: A long-term perspective. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132: 110–119.
- Reichard, M., et al. 2007. The costs and benefits in an unusual symbiosis: experimental evidence that bitterling fish (*Rhodeus sericeus*) are parasites of unionid mussels in Europe. *Journal of Evolutionary Biology*, 19(3): 788–796
- Root, R. B. 1967. The niche exploitation pattern of the bluegray gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37(4): 317–350
- Rosenberg, D. M., et al. 1997. Large-scale impacts of hydroelectric development. *Environmental Reviews*, 5: 27–54
- Smith, C., et al. 2001. A proximate cue for oviposition site choice in the bitterling (*Rhodeus sericeus*). *Freshwater Biology*, 46: 903–911
- Smith, C., et al. 2004. The reproductive ecology of the European bitterling (*Rhodeus sericeus*). In: *J. Zool. Lond.*, 262: 107–124
- Sutherland, A. B., Meyer, J. L. 2006. Effects of increased suspended sediment on growth rate and gill condition of two southern Appalachian minnows. *Environmental Biology of Fishes*.
- Stinglwagner, G. K. F., Bachfischer, R. 2009. *Lexikón rybárstva*. Slovenská edícia. Martin: Neografia.
- Stummer, L. E., et al. 2004. Size and stripes: how fish clients recognize cleaners. *Anim. Behav.*, 68: 145–150
- Štěrba, O. *Pramen života*. Praha: Panorama
- Taniguchi, Y., et al. 2000. Redd superimposition by introduced rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, on native charrs in a Japanese stream. *Ichthyol. Res.*, 47 (2): 149–156
- Vanotte, R. L., et al. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130–137
- Walker, K. F. 1985. A review of the ecological effects of river regulation in Australia. *Hydrobiologia*, 125: 111–129
- Ward, J. V., Stanford, J. A. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. *Fontaine T. D. III, Bartell, S. M. Dynamics of Lotic Systems*, Ann Arbor Science, 29–42
- Welcomme, R. L. 1985. River fisheries. *FAO Fisheries technical paper* 262.
- Whittaker, R. H., Levin, S. A., Root, R. B. 1973. Niche, habitat, and ecotope. *The American Naturalist*, 107(955): 321–338

- Wootton, R. J. 1992. *Fish Ecology*. Dordrecht: Springer.
- Wourms, J. P. 1972. The developmental biology of annual fishes: Pre-embryonic and embryonic diapause of variable duration in the eggs of annual fishes. *J. Exp. Zool.*, 182: 389–414
- Yi, Y., Yang, Z., Zhang, S. 2010. Ecological influence of dam construction and river-lake connectivity on migration fish habitat in the Yangtze River basin, China. *Procedia Environmental Sciences* 2, 1942–1954
- Zagarese, H. E., Williamson, C. E. 2001. The implications of solar UV radiation exposure for fish and fisheries. *Fish and Fisheries*, 2: 250–260
- Zmetáková, Z., Šalgovičová, D. 2006. Kontaminácia rýb východného Slovenska polychlorovanými bifenylmi. *Enviromagazín*, roč. 11, mimoriadne č. 2, 22–23

PREHLAD VYBRANÝCH SLADKOVODNÝCH DRUHOV MIHÚĽ A RÝB SLOVENSKA

Igor Kokavec

TRIEDA MIHUĽOVCE (PETROMYZONTIDA)

RAD MIHUĽOTVARÉ (PETROMYZONTIFORMES)

ČELAĎ MIHUĽOVITÉ (PETROMYZONTIDAE)

Mihuľa potočná (*Lampetra planeri*)

Ekologická charakteristika: reofilný, litofilný, ikru ukrývajúci, potamodrómnny, larvy sú detritofágne, dospelé neprijímajú potravu, neparazitické.

Stavba tela: telo je červovité, bez šupín, pokryté slizkou kožou. Chýbajú prsné a brušné plutvy. Análna, chvostová a chrbtová plutva tvoria súvislý plutvový lem. Chrbtová plutva je dvojité, s navzájom zreteľne spojenou prednou a zadnou časťou. Chrbtová časť je sivastej až zelenkastej farby s bledým bruchom. Ústa sú kruhové (ústny disk), bez čelustí s niekoľkými rohovinovými zubami. Žiabre sú uložené v siedmich žiabrových vreckách, ktoré ústia na povrch otvormi (štrbinami).

Larvy sa od dospelých jedincov značne líšia. Ústa sú vybavené zvláštnym filtračným aparátom, oči majú prekryté kožou a žiabrové otvory sú pospájané v ryhu. Po ukončení larválneho štádia (4 – 5 rokov) dochádza na jeseň k metamorfóze na dospelú mihuľu, ktorá žije 6 – 9 mesiacov.

Biológia a habitat: mihuľa potočná žije prevažne v podhorských a horských tokoch. U nás sa vyskytuje v povodí rieky Poprad, Dunajec a ich prítokoch. Larvy žijú zahrabané v piesku



Obr. 105: Detail ústneho disku. Foto: Ladislav Pekárik

alebo jemnom bahne bohatom na organický materiál, prevažne v úsekoch s pomalším prúdením vody. Dospelé jedince sa po metamorfóze ešte zdržiavajú zahrabané v jemnom substráte, v čase trenia však strácajú svetloplachosť a vyhľadávajú presvetlené miesta. V apríli až máji migrujú na kratšie vzdialenosti. V mieste neresu samec (prípadne obe pohlavia) vybuduje hniezdo v podobe miskovitej priehlbiny



Obr. 106: Mihuľa potočná (*Lampetra planeri*). Foto: Ladislav Pekárik

a to buď aktívnym vynášaním kamienkov ústami alebo prudkými pohybmi chvosta. Počas trenia sa samica ústami prisaje k podkladu a samček sa okolo nej ovinie. Po nerese dospelé jedince hynú.

Potrava: larvy sa živia detritom a mikroorganizmami, dospelé neprijímajú potravu.

Rozmery a vek: priemerná veľkosť lariev 20 cm, dospelých 18 cm. Dožíva sa maximálne 7 rokov.

Ohrozenie: kriticky ohrozený (CR), u nás zákonom chránený, citlivý na znečistenie.

Mihuľa potiská (*Eudontomyzon danfordi*) obýva podobný typ biotopov ako mihuľa potočná, vyskytuje sa ale v povodí Tisy. Ekológia lariev podobná s predchádzajúcim druhom. Larvy žijú 3,5 – 4,5 roka, dospelé približne 1,5 roka. V dospelom štádiu je parazitická a dosahuje väčšie rozmery ako larva (až 30 cm). Parazitickým spôsobom života žije len rok, potom potravu neprijíma. Živí sa svalovým tkanivom a krvou živých ale aj mŕtvych rýb. Pri hľadaní koristi sa orientuje najmä čuchom.

RYBY (OSTEICHTYES, PISCES)

NADRAD: CHRUPAVČITÉ (CHONDROSTEI)

Starobylá skupina rýb s plne zachovanou chordou a chrupavkovitým endoskeletom. Jediný rad zahŕňa 2 čeľade a 25 dodnes žijúcich druhov rozšírených na severnej pologuli.

RAD: JESETEROTVARÉ (ACIPENSERIFORMES)

ČEĽAĎ: JESETEROVITÉ (ACIPENSERIIDAE)

Jeseter malý (*Acipenser ruthenus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, litopelagofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: prúdnicovité, predĺžené telo tmavosivého až hnedastého sfarbenia s bielym bruchom. Heterocerná chvostová plutva, chrbtová plutva posunutá výrazne dozadu. Po dĺžke tela prebieha päť radov kostených štítkov. Ganoidné šupiny pokrývajú chvostové steblo a plutvu. Hlava vybieha dopredu do rypáka (rostrum). Ústa sú spodného postavenia, vysúvateľné, pred nimi sa nachádzajú štyri hmatové fúzy.

Biológia a habitat: zdržiava sa v prúdiacej, hlbokkej vode. Na Slovensku žije v Tise, Malom



Obr. 107: Jeseter malý (*Acipenser ruthenus*). Foto: Ladislav Pekárik

Dunaji, Dunaji a v ústiach riek Váh, Hron, Nitra, Žitava. Na jar, prevažne v máji, migruje proti prúdu na neres do rýchlo prúdiacich úsekov so štrkovým, zriedkavo štrkovo-pieskovým substrátom. Migruje aj do zaplavených území, kde zháňa potravu a môže sa aj neresiť.

Potrava: larvy vodného hmyzu, červy, mäkkýše, kôrovce, pijavice, menšie ryby.

Rozmery a vek: priemerná veľkosť 40 cm, maximálna dĺžka 125 cm a hmotnosť 16 kg, maximálny vek 20 rokov.

Ohrozenie: závislý na ochrane (LR:cd).

Ďalším druhom žijúcim najmä v Dunaji je nestáhovavá forma jesetera ruského (*Acipenser gueldenstaedti*), ktorý je kriticky ohrozený (CR). Anadrómna forma žije v Čiernom, Kaspickom a Azovskom mori a vo väčších riekach do nich ústiach. Vyza veľká (*Huso huso*) do slovenského úseku Dunaja v minulosti migrovala, výstavby priehrad však spôsobili jej vymiznutie a u nás je považovaná za vyhynutú.

NADRAD: KOSTNATÉ (NEOPTERYGII)

RAD: LOSOSOTVARÉ (SALMONIFORMES)

ČELAĎ: LOSOSOVITÉ (SALMONIDAE)

Pstruh potočný (*Salmo trutta fario*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru ukrývajúci, litofilný, potamodrómny, nešpecializovaný mäsožravý.

Stavba tela: silné, valcovité telo torpédovitého tvaru je adaptované na rýchle vody potokov a bystrín pstruhového pásma. Sfarbenie je značne premenlivé, závisí od prostredia, veku a kondície ryby. Základné sfarbenie je hnedé až žlto-hnedé s olivovo-zelenou chrbtovou časťou a belavo-žltým bruchom. Chrbát, boky a hlava za očami sú pokryté čiernymi a červenými škvrnami s bielym lemovaním. Mladé jedince majú po tele 6 – 9 tmavých priečnych pruhov. Šupiny sú malé, pevne zakotvené v koži. Charakteristická je tuková plutvička

medzi chrbtovou a chvostovou plutvou. Pohlavný dimorfizmus je výrazný najmä v období rozmnožovania, kedy sú samce pestrejšie sfarbené a dlhšou a hákovite zahnutou čelúťou.

Biológia a habitat: obýva chladné, na kyslík bohaté vodné toky horského a podhorského charakteru. Z našich rýb vystupuje najvyššie proti prúdu, kde je často jediným obyvateľom. Dokáže žiť aj v nížinných riekach za predpokladu čistej, nie príliš teplej vody s vysokým obsahom rozpusteného kyslíka a vo vodných nádržkách. Je to stanovištná ryba ukrývajúca sa pod prevísajúcimi koreňmi, konármi, za kameňmi, v hlbších jamách, či inými prekážkami v prúde. Neresí sa koncom jari a v zime a v tomto čase migruje do vyššie položených úsekov. Samička chvostom vyhlíbi vhodnú jamku do štrkového dna kam nakladie ikry, ktoré samec súčasne oplodňuje. Po neresi zahrabú ikry štrkom a pieskom pohybom tela a chvosta. Druh potravy a prostredie, v ktorom sa ryba nachádza významne ovplyvňuje intenzitu rastu a rozmery.

Potrava: bentické larvy hmyzu, driftujúci hmyz, v lete dospelé štádiá z hladiny, väčšie jedince lovia ryby ako čereble, hlaváče, slíže, príležitostne obojživelníky a malé cicavce.

Rozmery a vek: priemerne dorastá do 20 cm, maximálna dĺžka tela 100 cm, hmotnosť 20 kg a vek 8 rokov.

Ohrozenie: najmenej dotknutý (LR:lc). Náročná ryba na obsah kyslíka a znečistenie. U nás



Obr. 108: Pstruh potočný (*Salmo trutta fario*). Foto: Igor Kokavec



Obr. 109: Pstruh dúhový (*Oncorhynchus mykiss*). Foto: Igor Kokavec

hospodársky cenná ryba, ktorá je súčasťou každoročných zarybňovacích plánov, od ktorých značne závisí početnosť populácie vodných tokov.

V literatúre sú udávané tri formy druhu *Salmo trutta*: potočný, jazerný (*S. t. lacustris*) a morský (*S. t. trutta*), ktoré sa odlišujú na základe životného prostredia, správania a ekologických požiadaviek. Pstruh jazerný sa od pstruha potočného morfológicky nelíši, má striebřité sfarbenie bez červených škvŕn a dorastá do väčších rozmerov. Tieto formy ale nie sú stále a pstruhy potočné alebo pstruhy morské nasadené do vodných nádrží bez možnosti úniku sa prispôbili zmeneným podmienkam a vytvorili neťažnú formu pstruha jazerného. Ak pstruh jazerný má možnosť neresiť sa v prítokoch, zmení sa v priebehu migrácie do prítokov aj jeho sfarbenie a objavia sa mu na tele červené škvŕny ako u potočnej formy.

Pstruh dúhový (*Oncorhynchus mykiss*) je nepôvodným druhom obývajúcim podobné biotopy ako pstruh potočný, avšak je ekologicky menej náročný. Je rovnako citlivý na znečistenie, ale toleruje nižší obsah kyslíka a teplejšiu vodu. Morfológicky je podobný, rozdiel je v sfarbení tela. Pstruh dúhový má olivovo sfarbený chrbát s striebřitými bokmi a bielym bruchom. Charakteristický je červený až purpurový pruh tiahnuci sa pozdĺž bokov. Telo, chrbtová aj chvostová plutva sú posiate malými čiernymi škvŕnami. U nás sa prirodzene nerozmnožuje. Predstavuje konkurenciu pre pôvodného pstruha potočného, preto je zakázané ho nasádzať do niektorých vôd. Pstruh dúhový a podobne aj sivoň potočný (*Salvelinus fontinalis*) sú do našich vôd vysádzané za účelom športového rybolovu a zatraktívnenia rybárskych revírov pre rybárov, čo je negatívnym faktorom pre udržiavanie prirodzených populácií pstruhov potočných. Navyše sa sivoň potočný dokáže rozmnožovať aj u nás a dokonca krížiť so pstruhom potočným. Je prispôbený na prežitie vo veľmi nepriaznivých životných podmienkach a je značne tolerantný voči nízkemu pH vôd.

Hlavátka podunajská (*Hucho hucho*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru ukrývajúci, litofilný, potamodrómnny, rybožravý.

Stavba tela: dlhé telo torpédovitého tvaru v predĺženu, zhora sploštenou hlavou, ktorá



Obr. 110: Hlavátka podunajská (*Hucho hucho*). Foto: Igor Kokavec

nesie veľké oči. Sfarbenie tela je sivohnedé až hnedo-červené, na bokoch prechádza do červeno-medenej farby, brucho je belavé až šedasté. Po hlave a tele sú roztrúsené malé čierne bodky, ktoré nie sú prítomné na plutvách. Plutvy sú relatívne malé s veľkou tukovou plutvičkou. Chvostová plutva je červenkastá. Mladé jedince sú striebřisto sfarbené s priečnymi tmavými pruhmi.

Biológia a habitat: vyskytuje sa v horskej a podhorskej zóne riek, kde vyhľadáva hlbšie zátoky a jamy, no zdržuje sa aj v rýchlo prúdiacej vode za rôznymi prekážkami. V horných úsekoch je vrcholovým predátorom. Neresí sa v marci až apríli a migruje aj na väčšie vzdialenosti proti prúdu riek až do malých prítokov. Spôsob neresu je podobný ako u pstruha, hniezdo má však od 1,2 do 3 metrov v priemere a je hlboké až 20 cm. Juvenilné aj adultné jedince sú teritoriálne.

Potrava: bentické bezstavovce u juvenilných jedincov, väčšie jedince lovia podustvy, mreňy, jalce a iné lososovité ryby.

Rozmery a vek: priemerne dorastá do dĺžky 70 cm, maximálna dĺžka tela 150 cm, hmotnosť 52 kg a vek 15 rokov.

Ohrozenie: závislý na ochrane (LR:cd). Značne náročná ryba na obsah kyslíka, znečistenie a regulácie riek. Po II. svetovej vojne jej stavy v Slovenských vodách rapídne poklesli. Kedysi žila v celom toku Hrona, Váhu aj v Dunaji, Turci a Orave. Po úspešnej reštitúcii sa vyskytuje najmä v horných úsekoch Hrona a Váhu, v rieke Turiec, Orava, Poprad a Dunajec, v súčasnosti je nasádzaná už aj do stredného toku Hrona. Väčšina populácií je závislá na nasádzaní. Prirodzený výskyt a rozmnožovanie sú obmedzené degradáciou pôvodných habitatov, obmedzením migračných trás, priemyselným znečistením a nedostatkom potravy.

ČELAĎ: LIPŇOVITÉ (THYMALLIDAE)

Lipeň tymiánový (*Thymallus thymallus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru zahrabávajúci, litofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: z bokov sploštený, prúdnicovitý tvar tela. Hlava s malými, spodnými, jemne ozubenými ústami. Charakteristická vysoká a dlhá chrbtová plutva, často veľmi farebná (červenkastá) a šachovito škvřnitá. Samce sa dajú rozoznať od samíc „vlajkovým“ predĺžením chrbtovej plutvy. Sfarbenie tela lipňov značne varíruje, od svetlých po tmavé tóny sivomodrého až sivozeleného sfarbenia. V prvej polovici tela početné čierne malé bodky. Šupiny sú veľké a ich uloženie na tele vytvára dojem pravidelných šesťuholníkov.

Biológia a habitat: charakteristická ryba lipňového pásma riek a potokov podhorského charakteru s rýchlo prúdiacimi tiahlymi úsekmi a dobre okysličenou a chladnou vodou. Môže obývať aj čisté a studené jazerá. Väčšinou sa zdržiavajú v skupinách v plytkých úsekoch, prípadne vo vymletých častiach dna priamo v prúdnici, kde striehnu na korisť. Veľ-

ké jedince vyhľadávajú hlbšie úseky, žijú samotársky a majú sklon k teritorialite. Živia sa prevažne larvami hmyzu a inými bezstavovcami a ich dospelými štádiami. Neresí sa skoro na jar v období splnu mesiaca v plytkých úsekoch s pomenej prúdiacou vodou a štrkovým dnom. Neres začína v popoludňajších hodinách pri najvyššej teplote vody. Samec chvostom vymyje jamku, do ktorej obe pohlavia vypustia svoje pohlavné bunky a neres spoločne prekryjú štrkom. Lipne žijúce v stojatých vodách sa neresia v prítokoch. Väčšinou sa dožívajú len krátkeho veku, málokedy viac ako päť rokov. Zistilo sa, že veľké percento rýb uhynie krátko po neresi na následky stresu, vysilenie a početné zranenia.

Potrava: bentické larvy hmyzu, driftujúci hmyz, v lete dospelé štádiá z hladiny, väčšie jedince lovia menšie rybky.

Rozmery a vek: priemerne dorastá do 30 cm, maximálna dĺžka tela 60 cm, hmotnosť 6,7 kg a vek 14 rokov.

Ohrozenie: najmenej dotknutý (LR:lc). Citlivý na obsah kyslíka a znečistenie. U nás hospodársky cenná ryba, ktorá je súčasťou každoročných zarybňovacích plánov.



Obr. 111: Lipeň tymiánový (*Thymallus thymallus*). Foto: Igor Kokavec

RAD: ŠŤUKOTVARÉ (ESOCIFORMES)

ČELAĎ: ŠŤUKOVITÉ (ESOCIDAE)

Štuka severná (*Esox lucius*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, rybožravý.

Stavba tela: štíhle, pretiahnuté telo torpédovitého tvaru, z bokov sploštené. Hlava z vrchnej strany sploštená s veľkými, hlboko rozoklanými ústami a zahnutými, ostrými zubami. Oči sú veľké, výrazné. Chrbtová plutva je posunutá dozadu nad análnu plutvu. Základné sfarbenie je zelenkavé až hnedozelené so žltkastými škvrnami, brucho belavé. U mladých jedincov je žltá kresba výraznejšia.

Biológia a habitat: štuka vyhľadáva pomaly tečúce a dobre zarastené vody so zátokami a ramenami. Dobre sa jej darí najmä v stojatých vodách a vyskytuje sa aj v podhorskej zóne tokov. V blízkosti vegetácie a prekážok nehybne strieha na korisť plávajúcu okolo. Sfarbenie tela jej významne napomáha splynúť s okolím a zostať tak pre korisť nepovšimnutá. Zvyčajne žije samotársky, je teritoriálna a má sklony ku kanibalizmu. Toto správanie je prerušené len v období rozmnožovania. Neres prebieha skoro na jar na vodné rastlinstvo, prípadne na zaplavené lúky, či brehové porasty. S jednou samicou sa neresí viacero samcov. V niektorých prípadoch migruje na väčšie vzdialenosti. Pozoruhodné je, že exkrementy štúk obsahujú feromóny pôsobiace na ostatné ryby alarmujúco, preto ich vylučujú na špecifických miestach vzdialených od loviska.

Potrava: plôdik sa živí planktónom a pakomármi, väčšie jedince lovia rôzne druhy rýb.

Rozmery a vek: samice sú väčšie ako samce a dosahujú maximálne 150 cm, samce maximálne 137 cm, maximálna hmotnosť 28,4 kg a vek 30 rokov.

Ohrozenie: najmenej dotknutý (LR:lc). Lokálne ohrozená zmenou pôvodných habitatov



Obr. 112: Štuka severná (*Esox lucius*). Foto: Ladislav Pekárik

s nedostatkom miest na prirodzený neres. Je obľúbenou športovou rybou a preto býva do vôd nasádzaná.

ČEĽAĎ: BLATNIAKOVITÉ (UMBRIDAE)

Blatniak európsky (*Umbra krameri*)

Ekologická charakteristika: limnofilný, ikru ochraňujúci, fytofilný až psamofilný, nemigrujúci, zoobentofágny.

Stavba tela: blatniak európsky je malá ryba s pretiahnutým, valcovitým telom na robustnou hlavou pokrytou šupinami. Sfarbenie je hnedasté so žltkastým pozdĺžnym pásom po bokoch tela. Ústa sú vrchného postavenia. Chrbtová plutva je posunutá dozadu.

Biológia a habitat: obľubuje husto zarastené miesta pomaly tečúcich a stojatých vôd, ramién a zátok. U nás sa vyskytuje v povodí Dunaja a Tisy. Neres kladie do hniezda z vodných rastlín alebo do priehlbiny v štrkovom dne. Ikry vypúšťa naraz (totálny neres). Samice po nerese strážia ikry aj mlad', kým neopustia hniezdo. Je schopný dýchať vzdušný kyslík pomocou plynového mechúra a prežiť aj v prostredí s nedostatkom kyslíka.

Potrava: široká škála lariev vodného hmyzu, kôrovcov a mäkkýšov.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 5 cm, maximálna 17cm a vek 5 rokov.

Ohrozenie: kriticky ohrozený (CR). Druh národného významu. Ohrozený deštrukciou prirodzených biotopov, v ktorých sa vyskytoval melioráciou a vysúšaním mokradí a kanálov, riečnymi reguláciami a zabraňovaním záplav, inváznymi rybami a chemickým znečistením.



Obr. 113: Blatniak európsky (*Umbra krameri*). Foto: Ladislav Pekárik

RAD: KAPROTVARÉ (CYPRINIFORMES)

ČEĽAĎ: KAPROVITÉ (CYPRINIIDAE)

Belička európska (*Alburnus alburnus*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytolitofilný, nemigrujúci, zooplanktónofágny.

Stavba tela: telo je z bokov sploštené, striebřistého sfarbenia. Ústa malé, koncové obrátené nahor až vrchného postavenia.

Biológia a habitat: malá ryba žijúca v krdľoch v otvorenej vode stojatých aj tečúcich vôd. Prispôsobená životu v blízkosti hladiny. Neres prebieha seriálovo na rozmanitý substrát. Je významnou zložkou potravy dravých rýb.

Potrava: živočíšny planktón, hmyz padnutý na hladinu a v dobe výletu, driftujúci makrozoobentos.

Rozmery a vek: priemerná veľkosť 15 cm, maximálne 25 cm a 0,06 kg.

Ohrozenie: neohrozený (LC), v prípade vhodných miest na rozmnožovanie pomerne hojná, rezistentná voči poklesu kyslíka a znečisteniu.

Boleň dravý (*Aspius aspius*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, potamodrómnny, rybožravý.

Stavba tela: silné, prúdnicovité telo striebřistého sfarbenia. Párové plutvy a análna plutva sú často červenkasté. Chvostová plutva výrazne vykrojená. Ústa sú veľké, hlboko rozoklané s hrbolčekom na spodnej čeľusti zapadajúceho do jamky na vrchnej čeľusti.

Biológia a habitat: bolene sú ryby väčších riek, ale zdržujú sa aj v stojatých vodách. Menšie jedince žijú v skupinách, väčšie sú samotárske. Jeho potravou sú najmä beličky, ktoré



Obr. 114: belička európska (*Alburnus alburnus*). Foto: Igor Kokavec



Obr. 115: Boleň dravý (*Aspius aspius*). Foto: Igor Kokavec

aktívne loví tesne pod hladinou. Pri love a prenasledovaní koristi prezrádza svoju prítomnosť špliechaním na hladine. V čase rozmnožovania podniká kratšie/dlhšie migrácie proti prúdu. Neresia sa v jarnom období na kamenný substrát v miestach s rýchlejším prúdom.

Potrava: ryby, príležitostne aj väčšie larvy vodného hmyzu, najmä menšie jedince.

Rozmery a vek: priemerná veľkosť 55 cm, max. 120 cm, hmotnosť 9 kg a vek 11 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), negatívne na populáciu boleňov vplývajú zmeny riečnej morfológie, druh európskeho významu, je rezistentný voči znečisteniu. Druh európskeho významu.

Ploska pásavá (*Alburnoides bipunctatus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: prúdnicovitý tvar tela s tmavším olivovo-zeleným, žltkastým až hnedastým sfarbením chrbta. Bočnú čiaru lemuje dvojité prerušovaný pruh, čo vytvára dojem dvojitej bočnej čiary. Najmä v čase neresu výrazný tmavý pás nad bočnou čiarou. Plutvy na spodnej strane tela sú na báze oranžovo sfarbené.

Biológia a habitat: obýva rýchle prúdy podhorských potokov a riek, kde sa ukrýva za väčšími kameňmi. Neresí sa na jar na štrkové dno.

Potrava: larvy vodného hmyzu žijúce na dne, rozsievky, príležitostne dospelé štádiá hmyzu z vodnej hladiny.

Ohrozenie: takmer ohrozený (LR:nt), zákonom chránená, náročná na obsah kyslíka a citli-



Obr. 116: Ploska pásavá (*Alburnoides bipunctatus*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 117: Čerebľa pestrá (*Phoxinus phoxinus*) – samček. Foto: Igor Kokavec

vá voči znečisteniu, lokálne ohrozená znečistením, reguláciou riek a nasádzaním pstruhov.

Čerebľa pestrá (*Phoxinus phoxinus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, nemigrujúci, zoobento-fágny.

Stavba tela: malá ryбка s valcovitým telom. Sfarbenie chrbta je sivo-zelené, boky svetlejšie s tmavšími pásmi, brucho je svetlé. V čase neresu sú samčeka intenzívnejšie sfarbené s oranžovým až červeným bruchom a výraznou neresovou vyrážkou.

Biológia a habitat: čerebľa je húfová ryba žijúca v čistých a dobre okysličených potokoch a riekach. Dokáže prežiť aj vo vyššie položených jazerách. Najmä v horských potokoch je



Obr. 118: Čerebl'a pestrá – samička. Foto: Igor Kokavec

dôležitou potravou pstruhov. Neresí sa na štrkové dno od apríla do júna.

Potrava: larvy bentických bezstavovcov.

Ohrozenie: ohrozený (EN), druh náročný na obsah kyslíka a citlivý voči znečisteniu, kedysi boli na Slovensku veľmi hojné, dnes sú lokálne ohrozené znečistením, reguláciou riek a nasádzaním

pstruhov a sivoňov.

Červenica ostrobruchá (*Scardinius erythrophthalmus*)

Ekologická charakteristika: limnofilný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, makrofytofágny.

Stavba tela: od veľmi podobnej plotice sa líši dozadu posunutou chrbtovou plutvou (zvislá čiara predného konca chrbtovej plutvy prebieha zadným okrajom brušných plutiev), vyšším telom a pomarančovožltou dúhovkou oka a krvavočerveným sfarbením plutiev. Ústa sú vrchného postavenia. Brucho červenice je s ostrým kýlom pokrytým šupinami.

Biológia a habitat: jej výskyt je do veľkej miery spojený s výskytom vodného rastlinstva, ktoré im poskytuje úkryt, zdroj potravy a miesto na neres. Červenica je rozšírená prevažne v nízinných pomaly tečúcich vodách, najčastejšie v zarastených riečnych ramenách s čistou vodou a v stojatých vodách. Často sú pozorovateľné v húfoch tesne pod hladinou v blízkosti brehov. Nevystupuje do prudko tečúcich úsekov ako plotica. Neresí sa v dvoch dávkach na jar na vodné rastliny alebo korene. Je jediným európskym druhom živiacim sa takmer výlučne vodným rastlinstvom. Táto jej schopnosť je však pomerne nedocenená.



Obr. 119: Červenica ostrobruchá (*Scardinius erythrophthalmus*). Foto: Ladislav Pekárik

Potrava: vyššie vodné rastliny, príležitostne menšie mäkkýše a vodný hmyz, v mladších štádiách prevažne fytoplanktónom.

Rozmery a vek: priemerná veľkosť 20 – 30 cm, max. 51 cm a 2,1 kg. Dožíva sa maximálne 19 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), stredne náročný obsah kyslíka a pomerne citlivý voči znečisteniu.

Plotica červenooká (*Rutilus rutilus*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytolitofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: na rozdiel od červenici ostrobruchej brušné plutvy ležia v jednej línii s chrbtovou plutvou a dúhovka oka je červená. Ústa sú malé, terminálne. Telo je laterálne sploštené s vyklenutým chrbtom. Prsné plutvy sú slabo-oranžové, brušné a análna plutva sú červené. Chrbtová a chvostová plutva sú šedého sfarbenia.

Biológia a habitat: ekologicky je veľmi adaptabilná a dokáže žiť v rozmanitých habitatoch od rýchlo tečúcich podhorských tokov, cez stojaté vody až po brakické vody. Darí sa jej v antropogénne narušených biotopoch vplyvom prehradenia toku, regulácií a organického znečistenia. Vyskytuje sa v húfch popri zarastených brehoch vo vodnom stĺpci. Je jednou z najbežnejších druhov rýb v nížinných tokoch. Neresia sa na najrozličnejší substrát od odumretých rastlín, čerstvo zaplavených lúk, po kamene a štrk. Za neresom migruje na kratšie vzdialenosti. Môže sa krížiť s pleskáčom vysokým.

Potrava: planktón, červy, mäkkýše, malé kôrovce, larvy hmyzu, plôdik rýb, rastlinný materiál.



Obr. 120: Plotica červenooká (*Rutilus rutilus*). Foto: Igor Kokavec

Rozmery a vek: priemerne 25 cm a 0,5 kg, max. 50 cm a do 2 kg. Dožíva sa zvyčajne 8 – 10 rokov, maximálny zdokumentovaný vek je 14 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), stredne náročný na obsah kyslíka a tolerantný voči znečisteniu, v niektorých krajinách považovaný za invázny druh.

Príbuzným druhom je plotica lesklá (*Rutilus virgo*) žijúca v Dunaji a jeho prítokoch. V priemere dorastá do väčších rozmerov ako plotica červenoooká, Na pohľad má menšiu hlavu v pomere k telu a ústa postavené nižšie s výraznejším rypákom. Plotica perleťová (*Rutilus meidingeri*) má telo cylindrické, zaoblené a silné ústa polospodného postavenia. Obidva druhy majú v dobe trenia výrazné neresové vyrážky, sú to druhy európskeho významu a u nás sú zákonom chránené.



Obr. 121: Plotica lesklá (*Rutilus virgo*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 122: Jalec hlavatý (*Squalius cephalus*). Foto: Igor Kokavec

Jalec hlavatý (*Squalius cephalus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, potamodrómnny, všežravý.

Stavba tela: telo je dlhé, pevné, v priereze takmer okrúhle. Hlava široká s veľkými koncovými ústami. Chrbát je tmavo sfarbený so striebřistými bokmi a žltkastým bruchom. Šupiny sú veľké, tmavo lemované, čo vytvára sieťovanie. Brušné a análna plutva sú červenkasté. Análna plutva zaoblená, vypuklá.

Biológia a habitat: jalec hlavatý je najhojnejšou rybou našich riek a potokov a vyskytuje sa vo všetkých rybích pásmach aj v stojatých vodách, najmä v okolí brehov, ale ukrýva sa aj v prúdoch v priehlinách dna a za prekážkami. Je to veľmi plachá ryba s dobrým zrakom a je citlivý na hluk. Darí sa mu aj v narušených a znehodnotených vodných tokoch. Neresí sa máji až júni v rýchlo tečúcich úsekoch na štrkové dno, zriedkavo na potopenú vegetáciu vo viacerých dávkach. Jazerné populácie migrujú do riek. Mladé jedince žijú v húfoch, s pribúdajúcim vekom sa stáva samotárskou rybou.

Potrava: u mladších jedincov bentické bezstavovce, dospelé štádiá hmyzu z hladiny, rastlinná potrava, staršie jedince sú prevažne dravé a lovia menšie ryby, obožživelníky a kôrovce.

Rozmery a vek: priemerne 30 cm, max. 70 cm a 3 – 4 kg. Maximálna hmotnosť 8 kg a vek 22 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), ekologicky prispôsobivý a pomerne značne rezistentný voči znečisteniu a otrávam.



Obr. 123: Jalec maloústy (*Leuciscus leuciscus*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 124: Jalec tmavý (*Leuciscus idus*). Foto: L. Pekárik

Jalec maloústy (*Leuciscus leuciscus*) je náročnejším druhom na obsah kyslíka a obýva väčšinou zónu horskej a podhorskej rieky, výnimočne nižšie zóny alebo vodné nádrže. Na rozdiel od jalca hlavatého má malé polospodné ústa s predĺženejšou hornou čeľusťou, telo je prúdnicovejšieho tvaru a plutvy na spodnej strane tela sú svetlo-žltkasté. Dorastá do 25 cm. Živí sa prevažne makrozoobentosom. Jalec tmavý (*Leuciscus idus*) má zavalité telo, vykrojenú análnu plutvu a šupiny na bočnej strane tela sú bez sieťovaného vzoru. Preferuje nížinné rieky bohaté na živiny. Za neresom migruje proti prúdu na väčšie

vzdialenosti. Potrava je podobná s jalcom hlavatým. Jeho zlatá forma sa chová v záhradných jazierkach. Oba druhy patria k takmer ohrozeným druhom (LR:nt).

Kapor rybničný (*Cyprinus carpio*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: kapor sazan má telo dlhé, valcovité a nízke, ktoré je celé pokryté veľkými šupinami. Rybničná forma má zavalité, z bokov sploštené telo. Podľa ošupenia poznáme niekoľko foriem: 1. šupinatá forma má šupiny po celom tele, 2. zrkadlová forma má len niekoľko veľmi veľkých šupín rozložených po tele, 3. riadková forma má dlhé rady veľkých šupín pozdĺž chrbta alebo bočnej čiary, 4. hladká forma – lysec má telo bez šupín alebo veľmi málo jednotlivých šupín. Na hlave sú prítomné 2 páry fúzov. Ústa spodné, vysúvateľné. Ďalšie vyšľachtené formy sú variabilné tiež vo farbe a rozvoji plutiev – koi kapry.

Biológia a habitat: divé formy (sazany) žijú vo väčších prítokoch Kaspického a Čierneho mora, u nás v Dunaji. Domestikovaným formám sa darí v pomaly tečúcich a stojatých vodách s bahňitým dnom. Neresí sa v máji a v júni na čerstvo zaliatych lúkach, prípadne v plytkej vode s množstvom vodnej vegetácie. Kaprom sa vo vodných nádržiach pomerne darí, avšak sa v nich väčšinou nedokážu úspešne rozmnožovať. Ich populácia sa tak udržiava pravidelným nasádzaním. Aktívnejší je za súmraku a za svitania.

Potrava: planktón, bentos, bentické bezstavovce, vodné mäkkýše (lastúrniky), vodné rastliny, vzácné malé rybky.

Rozmery a vek: dorastá maximálne do veľkosti 110 cm, hmotnosti 40 kg a veku 38 rokov.



Obrázok 125: kapor rybničný (*Cyprinus carpio*). Foto: Igor Kokavec



Obr. 126: Kapor – riadková forma. Foto: Igor Kokavec

Ohrozenie: kapor sazan je ohrozený druh (EN), najmä riečnymi reguláciami a krížovým s domestikovanými formami. Význam rybníčných foriem kaprov je sporný. Z komerčného hľadiska je kapor nenahraditeľným druhom, no jeho vplyv je na biologickú rovnováhu skôr negatívny. Často tvorí značnú časť rybej osádky, ktorá závisí na nasádzaní a vylovovaní rybármi. Tento typ hospodárenia však znevýhodňuje pôvodné druhy a spôsobuje pokles ich populácií.

Karas zlatistý (*Carassius carassius*)

Ekologická charakteristika: limnofilný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, všežravý.

Stavba tela: na stavbu tela vplývajú podmienky prostredia. Najčastejšie je telo krátke, zavalité, z bokov sploštené. V staršom veku s výrazne vysokým chrbtom. V prípade výskytu predátorov je telo viac predĺžené. Základné sfarbenie je zelenkasto-zlatisté. Koncové ústa sú bez fúzikov. Chrbtová plutva je vypuklá.

Biológia a habitat: vyskytujú sa v teplých a dobre zarastených stojatých a mierne tečúcich vodách. Zdržujú sa v skupinách v blízkosti bahnitého dna alebo ukryté vo vodnej vegetácii.



Obr. 127: Karas zlatistý (*Carassius carassius*). Foto: Igor Kokavec

cii. V prostredí s bohatou osádkou a výskytom predátorov je populácia veľmi malá, zatiaľ čo v prípade absencie iných druhov veľmi početná. Neresí sa na jar v plytkých vodách s množstvom rastlinstva.

Potrava: bentos, živočíšna aj rastlinná potrava.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela okolo 15 cm, maximálne 64 cm, hmotnosť 3 kg a vek 10 rokov.

Ohrozenie: ohrozený (EN), ekologicky nenáročný druh schopný prežiť v hypoxických aj anoxických podmienkach a zamrzutej vode, u nás je zaradený medzi druhy národného významu a je zákonom chránený, jeho populáciu pravdepodobne ohrozuje kompetícia s karasom striebřistým v neoptimálnom prostredí alebo kríženie s karasom striebřistým a kaprom.

Karas striebřistý (*Carrasius auratus*) je na Slovensku považovaný za invázny druh. Od karasa zlatistého sa líši vykrojenou chrbtovou plutvou a čiernym, pigmentovaným peritoneom (u k.z. je svetlé, nepigmentované). Hneď za hlavou má výraznejší hrb. Obýva podobné prostredia a živí sa takmer rovnakou potravou. Rozmnožuje sa gynogeneticky. Šľachtením vzniklo veľké množstvo rôznych okrasných foriem.

Lieň sliznatý (*Tinca tinca*)

Ekologická charakteristika: limnofilný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, zoolofágny.

Stavba tela: lieň je charakteristický zeleným sfarbením tela pokrytým drobnými šupinami s mosadzným leskom. Povrch tela je značne sliznatý. Plutvy sú zaoblené s plytko vykroje-



Obr. 128: Lieň sliznatý (*Tinca tinca*). Foto: Ladiskav Pekárik

nou chvostovou plutvou. Hlava trojuholníkovitá s oranžovou až červenou dúhovkou oka. Ústa koncové s dvomi fúzikmi. Pohlavný dimorfizmus rozoznatelný od veku dvoch rokov. Samce majú predĺžené brušné plutvy siahajúce po análny otvor so silne zhrubnutými lúčmi.

Biológia a habitat: nachádzame ho v teplých a dobre zarastených stojatých vodách a nížinných tokoch. Žije samotársky a aktívny je najmä za súmraku a v noci. Neresí sa v letnom období.

Potrava: bentos, živočíšna aj rastlinná potrava.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela okolo 20 cm, maximálne 70 cm a hmotnosť 7,5 kg

Ohrozenie: závislý na ochrane (LR:cd), nenáročný na obsah kyslíka a odolný voči znečisteniu.

Podustva severná (*Chondrostoma nasus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, potamodrómnny, mikrofytofágny.

Stavba tela: telo je prúdnicového tvaru z bokov mierne sploštené. Plutvy sú červenkasté, okrem chrbtovej. Charakteristické sú tvrdé, zrohovatené, spodné ústa štrbinového tvaru ležiace pod širokým a tupým rypákom.

Biológia a habitat: podustvy sú jednými z mála rýb, ktoré sa v dospelosti živia vo veľkej miere nárastmi rias na kamennom dne. Na oškrabávanie rias majú špeciálne adaptované ústne orgány. Zostávajú po nich charakteristické stopy na kameňoch v podobe kratších oškrabaných rýh. Sú aktívne najmä za súmraku a v noci. Je to spoločenská ryba a združuje sa do väčších krdľov. Najmä na jar v období trenia sú pozorovateľné veľké húfy migrujúce desiatky kilometrov do vyšších úsekov riek a potokov kam sa vytierajú na štrkové dno



Obr. 129: Podustva severná (*Chondrostoma nasus*). Foto: Daniel Grula

a kamene. Žije v prudších úsekoch neznečistených podhorských riek, ale aj stojatých vodách s čistou, dobre okysličenou a chladnou vodou, prípadne vo vtokoch.

Potrava: fyto-bentos, rozsievky a larvy vodného hmyzu.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela okolo 25 cm, maximálne 60 cm, hmotnosť viac ako 2 kg a vek 15 rokov.

Ohrozenie: závislý na ochrane (LR:cd), lokálne (aj na Slovensku) ohrozená výstavbami priehrad, znehodnotením vhodných miest na neres a znečistením. V minulosti bola u nás veľmi početná, dnes je na ústupe. To negatívne vplýva najmä na populáciu hlavátok podunajských, u ktorých v potrave dominovala, a tým pádom na početnosť ďalších hospodársky významných najmä lososovitých rýb. Jej stavy sa v riekach obnovujú umelým nasádzaním.

Nosál sťahovavý (*Vimba vimba*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, potamodrómny, zoobentofágny.

Stavba tela: na rozdiel od podustvy má vyššie telo striebristej farby, širokú análnu plutvu a vysúvateľné ústa podkovovitého tvaru pod dlhším mäsitým rypákom. Za brušnými plutvami je kýl – brucho stlačené do ostrej hrany nepokrytej šupinami. Brušné, prsné a análna plutva sú žltkasté až oranžové.

Biológia a habitat: vyskytuje sa najmä v mrenovom pásme riek v hlbších úsekoch s pomalším prúdením, no nájdeme ho aj vo vodných nádržiach a brakických vodách Baltského mora. Zdržiava sa pri dne v krdľoch, kde sa živí makrozoobentosom. Neresí sa v apríli až júni v podhorskom pásme. Migrácie proti prúdu môžu merať aj viac ako 800 km. Stále populácie nosáľov žijúcich vo vnútrozemí migrujú na podstatne kratšie trasy. Po neresi sa vracia do pôvodného habitatu.



Obr. 130: Nosál sťahovavý (*Vimba vimba*). Foto: Ladislav Pekárik

Potrava: červy, ulitníky, larvy hmyzu, malé kôrovce, výnimočne riasy.

Rozmery a vek: maximálna dĺžka 50 cm, hmotnosť 1,4 kg a vek 15 rokov.

Ohrozenie: závislý na ochrane (LR:cd), kedysi početnejší, obnoveniu pôvodných stavov bránia priehrady, znečistenie a zimné invázie kormoránov, ktoré spôsobujú úbytok populácie nielen nosáľov, ale aj podustvy severnej, mreny severnej, lipňa tymiánového, pstruha potočného a plosky pásavej.

Mrena severná (*Barbus barbus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: mrena má torpédovité telo valcovitého tvaru s kruhovým prierezom. Sfarbenie chrbta je olivovo-zelené, boky sú sivo-zelené so zlatistým leskom, brucho je belavé a mierne sploštené. Hlava je predĺžená s mäsitými spodnými ústami a štyrmi fúzikmi.

Biológia a habitat: mreny žijú na dne dobre okysličených a rýchlo prúdiacich úsekoch vodných tokov podhorského až nížinného charakteru. Sú to spoločenské ryby, ktoré bývajú sprevádzané aj inými druhmi rýb. To preto, lebo pri kŕmení prehrabávajú dno a obracajú pri tom aj menšie kamene. Bentické organizmy strhnuté prúdom po rozrušení dna sú tak pre nich ľahko dostupnou potravou. Aktívne sú prevažne za úsvitu a v podvečer. Pre väčšie jedince je typická nočná aktivita. V období rozmnožovania migrujú početné húfy mrien proti prúdu do plytkých vôd so štrkovým dnom. Neresia sa až koncom mája do júla. Po neresi sa mreny vracajú do pôvodných habitatov.

Potrava: červy, ulitníky, larvy hmyzu, malé kôrovce, riasy a malé rybky.

Rozmery a vek: dĺžka tela 30 – 60 cm, maximálne 120 cm, 12 kg a vek 15 rokov.



Obr. 131: Mrena severná (*Barbus barbus*) – juvenilný jedinec. Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 132: Mrena škvrnitá (*Barbus meridionalis*). Foto: Ladislav Pekárik

Ohrozenie: najmenej dotknutý (LR:lc), ohrozená obmedzovaním migrácií výstavbami priehrad a znečistením. V minulosti bola u nás početná, dnes je na ústupe najmä z dôvodu regulácií riek, ťažby štrku, zabahnenia dna a znečistenia odpadovými vodami.

Juvenilného jedinca mreny severnej je na prvý pohľad náročnejšie odlíšiť od mreny škvrnitej (*Barbus meridionalis*). Druhý nerozvetvený lúč chrbtovej plutvy je u mreny škvrnitej tenší, v zadnej časti hladký, bez zúbkov a segmentovaný po celej dĺžke. Predná časť hlavy je plochá a análna plutva siaha po bázu chvostovej plutvy alebo je o málo kratšia. Mrena škvrnitá (mrenica) sa hojne vyskytuje v horskej a podhorskej zóne povodia Tisy a tiež v povodí rieky Poprad. Západnou hranicou jej rozšírenia je rieka Hron. Živí sa bentickými bezstavovcami a významnú zložku jej potravy tvoria riasy. Kedysi bola považovaná za druh *Barbus petenyi*, ktorý žije na území Rumunska a Bulharska a je možné ich jednoznačne odlíšiť len na základe analýzy DNA.

Pleskáč zelenkavý (*Blicca bjoerkna*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, zooplanktónofágny.

Stavba tela: vysoké telo z bokov veľmi sploštené, striebřistého sfarbenia s tmavším chrbtom. Báza prsných a brušných plutiev je červenkastá. Na hlave pomerne veľké oči, ústa sú terminálne. Od pleskáča vysokého ho možno odlíšiť aj na základe počtu lúčov análnej plutvy (19 – 23) a počtom radov šupín nad bočnou čiarou (9 – 10).

Biológia a habitat: zdržiava sa v pomaly tečúcich a stojatých vodách. Je to nenáročný druh a miestami je premnožený, najmä v povodí Dunaja a v niektorých priehradách. Žije v skupinách pri dne v blízkosti brehov, kde sa kŕmi. Často sa vyskytuje spolu s pleskáčom vysokým. Rozmnožuje sa na jar až začiatkom leta v plytčinách pri zarastených brehoch. Môže sa neresiť 2 – 3 krát do roka. Môže sa krížiť v nosáľom sťahovavým a pleskáčom vysokým,



Obr. 133: Pleskáč zelenkavý (*Blicca bjoerkna*). Foto: Igor Kokavec

hybridy sú však neplodné.

Potrava: zooplanktón, bentos, riasy.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 20 cm, maximálne 36 cm a 1 kg, dožíva sa viac ako 10 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC).

Pleskáč vysoký (*Abramis brama*)

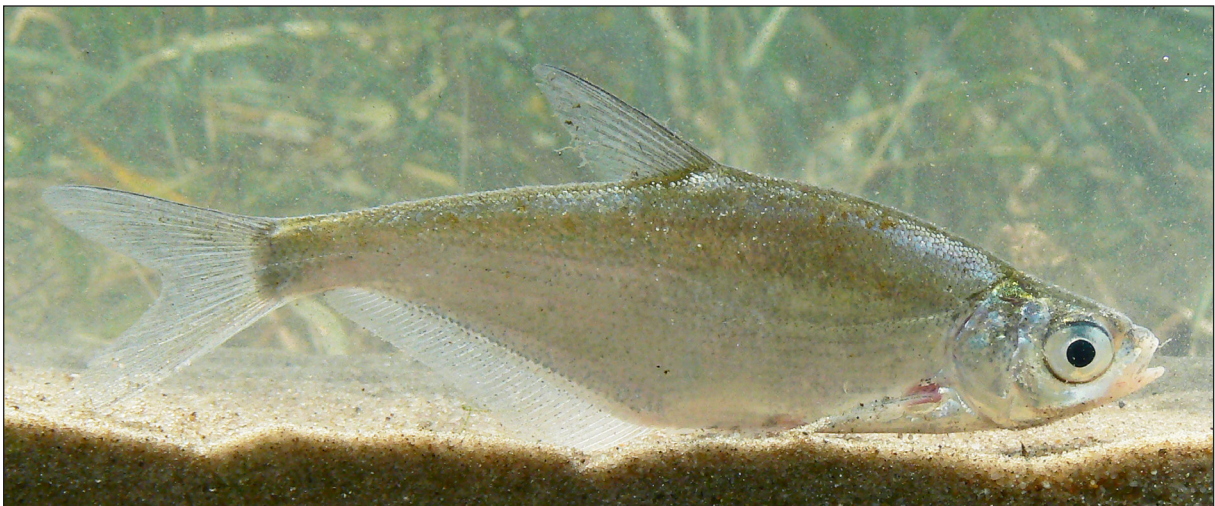
Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytolitofilný, potamodromný, zoobentofágny.

Stavba tela: výrazne vysoké a laterálne sploštené telo. Na rozdiel od pleskáča zelenkavého má 24 – 30 lúčov na análnej plutve a 12 – 14 šupín nad bočnou čiarou. Ústa sú spodného postavenia, vysúvateľné. Sfarbenie tela juvenilných jedincov je striebristé, staršie ryby sú šedo-žlto sfarbené. Párové plutvy sú na báze šedé alebo priesvitné.

Biológia a habitat: charakteristická ryba nížinných pomaly tečúcich vodných tokov s bahňatým dnom. Vyskytuje sa aj v stojatých vodách a vytvára početné skupiny. Na dne vyhľadáva potravu pomocou vysúvateľných úst. Mladé jedince zostávajú v blízkosti brehov, staršie sa cez deň sťahujú do oblasti s hlbšou vodou a do plytkých vôd prichádzajú v noci za potravou. Rastie rýchlejšie v hlavnom toku ako v stojatej vode. Za neresom môže migrovať do väčších vzdialeností. Neresí sa vodné rastliny, prípadne na zaplavené lúky alebo dno blízko brehov. Juvenily sa živia zooplanktónom, dospelé jedince bentickými bezstavovcami. Niekedy sa kríži s ploticou červenookou.



Obr. 134: Pleskáč vysoký (*Abramis brama*). Foto: Igor Kokavec



Obr. 135: Pleskáč siný (*Ballerus ballerus*). Foto: Ladislav Pekárik

Potrava: makrozoobentos, v letných mesiacoch aj planktón.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 25 cm, maximálne 82 cm a 6 kg, vek 23 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC).

Pleskáča siného (*Ballerus ballerus*) rozoznáme podľa koncových úst postavených šikmo nahor, dlhej análnej plutvy (33 – 46 lúčov) a drobnými šupinami (62 – 77 šupín v bočnej čiare). Obýva dolné toky riek, nížinné stojaté vody a ramená spojené s riekou. Na Slovensku sa vyskytuje v niektorých úsekoch Dunaja a jeho prítokoch, v Morave, Tise a Latorici. Neresí sa na jar na vodné rastliny alebo štrkové dno a za neresom migruje proti prúdu riek. Na rozdiel od iných druhov pleskáčov sa pleskáč siný živí prevažne planktónom, bentické bezstavovce sú iba doplnkovou potravou. Podobne ako ostatné druhy sa pleskáče

siné pohybujú v krdľoch. Pleskáč tuponosý (*Ballerus sapa*) zdieľa s pleskáčom siným rovnaké habitaty. Má však malé ústa polospodného postavenia s tupo zakončeným zhrubnutým rypákom a väčšie šupiny (47 – 55 šupín v bočnej čiare). Žije najmä v blízkosti dna v rýchlejšie tečúcich úsekoch (reofilný) väčších riek. Živí sa benthickými organizmami ako sú larvy hmyzu, červy, ulitníky.

Tolstolobik pestrý (*Hypophthalmichthys nobilis*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, pelagofilný, potamodrómnny, zooplanktónožravý.

Stavba tela: tolstolobik má zavalité, z bokov sploštené telo v relatívne veľkou hlavou. Ústa sú vrchného postavenia. Oči sú malé, uložené nízko. Telo je tmavšieho sfarbenia s mramorovaním a belavým bruchom. Od brušných plutiev po análnu má neošupený kýl.

Biológia a habitat: na Slovensku patrí medzi nepôvodné druhy. Pochádza z východnej Ázie, u nás bol introdukovaný pre svoju schopnosť žiť sa planktónom a býva nasádzaný do stojatých vôd. Je to teplomilná ryba a u nás sa prirodzene nerozmnožuje.

Potrava: zooplanktón, sezónne fytoplanktón.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 60 cm, maximálne 146 cm a 40 kg, vek 20 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), nepôvodný druh.

Tolstolobik biely (*Hypophthalmichthys molitrix*) sa na rozdiel od predchádzajúceho druhu živí prevažne rastlinným planktónom a má neošupený kýl tiahnuci sa od žiabrových štrbín po análnu plutvu a telo je strieborno-sivého sfarbenia.

Amur biely (*Ctenopharyngodon idella*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, pelagofilný, potamodrómnny, makrofytofágny.

Stavba tela: telo je valcovitého tvaru, z bokov sploštené, na chrbte olivové až mosadzo-



Obr. 136: Tolstolobik pestrý (*Hypophthalmichthys nobilis*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 137: Amur biely (*Ctenopharyngodon idella*). Foto: Ladislav Pekárik

-zelené, z bokov strieborno-sivé. Šupiny sú veľké, tmavo lemované a vytvárajú sieťovaný vzor. Hlava je široká s veľkými, terminálnymi ústami.

Biológia a habitat: pochádza z rieky Amur (Rusko a Čína) a na Slovensko bol introdukovaný v sedemdesiatych rokoch. Amur biely je potravný špecialista a živí sa vodným rastlinstvom.

Potrava: vodná vegetácia.

Rozmery a vek: maximálna dĺžka tela 150 cm a 45 kg, vek 21 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), nepôvodný druh.

Hrúz škvrnitý (*Gobio gobio*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, psamofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: morfológicky veľmi variabilný druh adaptovaný na rôzne životné podmienky. Telo je valcovité, prúdnicovitého tvaru, na bruchu sploštené. Chrbát je hnedastý, boky svetlejšie s pozdĺžnym pásom hnedých až čiernych škvŕn, ktoré sa môžu zlievať do pásu. Tmavé škvŕny na párových plutvách, chrbtovej a chvostovej plutve. Škvŕny na chrbtovej a chvostovej plutve usporiadané nepravidelne alebo vo viacerých radoch. V kútikoch úst sú prítomné dva fúzy dosahujúce predný okraj oka.

Biológia a habitat: hrúz je krdľová ryba žijúca v blízkosti dna podhorských aj nížinných tokov. Obýva prevažne prúdivejšie úseky vôd, no nájdeme ho aj v stojatých vodách s piesčitým dnom. Zvyčajne je aktívny v priebehu dňa, v prítomnosti predátorov v čase s menej intenzívnym svetlom. Jedince medzi sebou dokážu komunikovať pískavými zvukmi. Potravu hľadá s pomocou fúzikov prerývaním dna. Neresí sa dávkovite v pokojnej vode prevažne na piesčitý substrát, menej často na štrk a vodné rastliny. Ikry sú unášané prúdom,



Obr. 138: Hrúz škvrnitý (*Gobio gobio*). Foto: Igor Kokavec

padajú na dno a zachytia sa v medzerách medzi skalami.

Potrava: bentické bezstavovce.

Rozmery a vek: hrúzy sú malé rybky do veľkosti 20 cm a hmotnosti 220 g, maximálny vek 8 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), je citlivý na teplotu vody a obsah kyslíka, no vykazuje určitú toleranciu voči znečisteniu. Na Slovensku pomerne rozšírený druh.

Hrúz bieloplutvý (*Romanogobio vladykovi*) má dlhšie fúziky dosahujúce zadný okraj oka. Na chvostovej plutve sú škvrny usporiadané do čiary podobnej písmenu V. Plutvy má svetle sfarbené a vyskytuje sa v povodí Dunaja a Tisy. Zdržiava sa aj v pomaly prúdiacich



Obr. 139: Hrúz fúzatý (*Romanogobio uranoscopus*).
Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 140: Hrúz Kesslerov (*Romanogobio kessleri*).
Foto: Ladislav Pekárik

úsekoch s bahňitým dnom. Hrúz fúzatý (*Romanogobio uranoscopus*) a hrúz Kesslerov (*R. kessleri*) sú na našom území zákonom chránené. Vyskytujú sa v povodí Tisy a niektorých úsekoch Váhu. Sú citlivé na obsah kyslíka a čistotu vody.

Hrúzovec sieťovaný (*Pseudorasbora parva*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru ochraňujúci, litofilný, zoobentofágny.

Stavba tela: malá, štíhla a z bokov sploštená rybka. Chrbát je tmavosivý, boky



Obr. 141: Hrúzovec sieťovaný (*Pseudorasbora parva*). Foto: Kristína Švolíková

striebristé s modrým pozdĺžnym pásom od žiabier po chvostové steblo. Šupiny pomerne veľké so sieťovaným vzorom. Ústa sú vysúvateľné, vrchného postavenia.

Biológia a habitat: nepôvodný, invázny druh pochádzajúci z Ázie. K nám sa dostala spolu s plôdikom tolstolobika a amura a rýchlo sa rozšírila. Najviac sa mu darí v plytkých, dobre zarastených vodách. Pohybuje sa v húfoch. Rozmnožovaním je podobný našej ovsienke, kedy sa samček po nerese stará o ikry a ochraňuje ich. Rozdiel je v substráte a hrúzovce sa neresia na obnažené kamene. Dokážu sa rozmnožovať nezávisle od počasia a iných vplyvov a v priebehu celého roka. Predstavujú konkurenciu pôvodným druhom k čomu prispieva aj zrýchlený rast v prvom roku života.

Potrava: benthické bezstavovce, planktón, príležitostne ikry a vodné rastliny.

Rozmery a vek: maximálna dĺžka tela 11 cm a vek 5 rokov.

Ohrozenie: nepôvodný, invázny druh.

Lopatka dúhová (*Rhodeus sericeus*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikry ukrývajúci, ostrakofilný, fytoplantónožravý.

Stavba tela: lopatka má vysoké, z bokov sploštené telo na chrbte sivej farby so strieborno-ružovými bokmi s modro-zeleným pozdĺžnym pásom približne od polovici tela po chvostovú plutvu. Ústa sú malé, koncové. Bočná čiara je neúplná (0 – 8 šupín). Pozorujeme u nej výraznú pohlavnú dvojtvárnosť. Samice sú rozoznateľné najmä v dobe neresu pomocou výrazného kladielka (urogenitálnej papily), samce sú pestrejšie sfarbení a sú väčší.

Biológia a habitat: žijú v skupinách pri brehoch stojatých a mierne tečúcich vôd porastených vegetáciou. Obľubujú prevažne piesčité alebo jemne bahňité dno. Ich prežitie závisí od prítomnosti lastúrníkov, do ktorých kladú svoje pohlavné bunky a kde prebieha oplodnenie a vývin ich lariev. Rozmnožovanie a vzťah medzi týmito druhmi je popísaný v predchádzajúcej kapitole.



Obr. 142: Lopátka dúhová (*Rhodeus sericeus*), vľavo samček, vpravo samička s kladielkom. Foto: Ladislav Pekárik

Potrava: detrit, rozsievky, fytoplanktón, drobné bentické organizmy.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 5 – 6 cm, maximálna dĺžka 11 cm a vek 5 rokov.

Ohrozenie: takmer ohrozený (LR:nt), druh európskeho významu, lokálne však jej populácia klesá v dôsledku nevyhovujúcich podmienok a znečistenia.

Ovsienka striebriстая (*Leucaspilus delineatus*)

Ekologická charakteristika: limnofilný, ikru ochraňujúci, fytofilný, planktónožravý.

Stavba tela: ovsienka je malá ryбка podobná beličke európskej. Je striebriстого sfarbenia. Bočná čiara nie je kompletná a siaha len do vzdialenosti 8 až 12 šupín od hlavy, niekedy chýba. Kýl od bázy prsných plutiev po análnu plutvu je pokrytý šupinami. Ústa sú vrchného postavenia s hrbolčekom na spodnej pere, ktorý zapadá do jamky na vrchnej pere. Análna plutva je dlhšia ako chrbtová. Šupiny sú veľmi jemné a pri dotyku z ryby ľahko odpadávajú.

Biológia a habitat: spôsobom rozmnožovania a starostlivosťou sa podobá hrúzovcovi sieťovanému. Samička sa neresí 3 – 5 krát za sezónu (od apríla do júna) na spodnú stranu listov alebo plávajúcich úlomkov dreva. Samček ikry ochraňuje až do vyliahnutia plôdika. Vyskytuje sa vo všetkých typoch vodných útvarov nížinného charakteru a v stojatých vodách. Pohybuje sa medzi vodným rastlinstvom v kŕdľoch, kde vyhľadáva potravu.

Potrava: planktón, sezónne náletový hmyz.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 6 cm, maximálna dĺžka 9 cm a vek 2 roky.

Ohrozenie: takmer ohrozený (LR:nt), lokálne ohrozená vysúšaním močiarov a mokradí.



Obr. 143: Ovsienka striebristá (*Leucaspis delineatus*). Foto: Ladislav Pekárik

Šabl'a krivočiara (*Pelecus cultratus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, pelagofilný, potamodrómnny až anadrómnny, entomofágny.

Stavba tela: šabl'a má telo extrémne prispôsobené životu pri hladine. Telo je predĺžené a l'nia chrbta je skoro rovná s malou chrbtovou plutvou posunutou dozadu nad análnu plutvu. Na hlave sú pomerne veľké oči a vrchné ústa. Brucho je značne vyklenuté (šabl'ovito prehnuté). Od hrdla po análnu plutvu sa tiahne ostrý, neošupený kýl. Kl'ukatá bočná čiara prebieha pozdĺž celého tela. Prsné plutvy sú veľmi dlhé a zahrotené.

Biológia a habitat: obýva povrchovú vrstvu veľkých riek a stojatých vôd a darí sa jej aj vo vodných nádržiach. U nás sa jej darí v Dunaji, Tise a ich väčších prítokoch. Počas dňa sa zdržiava zväčša pri dne a večer migruje k hladine za potravou. Druh potravy sa mení s vekom a veľkosťou ryby. Neresí sa v pelagickej zóne jazier a v riekach v ich hlavnom toku alebo zaplavených územiach. Populácie brakických vôd migrujú do dolných úsekov, riečne



Obr. 144: Šabl'a krivočiara (*Pelecus cultratus*). Foto: Ladislav Pekárik

tiahnu proti prúdu. Ikry sa vyvíjajú unášané prúdom.

Potrava: zooplanktón, suchozemský a náletový hmyz, menšie ryby.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 25 cm, maximálna dĺžka 60 cm, hmotnosť 2 kg a vek 11 rokov.

Ohrozenie: najmenej dotknutý (LR:lc). U nás zákonom chránený druh.

ČELAĎ: SLÍŽOVITÉ (BALITORIDAE)

Slíž severný (*Barbatula barbatula*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, psamofilný, potamodrómnny, zoobentofágnny.

Stavba tela: slíž má vretenovité telo. Základné sfarbenie tela je sivo-hnedé až žlto-hnedé s tmavým mramorovaním. Bočná čiara je svetlá, dobre rozoznateľná na bokoch tela. Telo pokrýva hladká koža, šupiny sú len na bokoch tela, sú veľmi malé a neprekrývajú sa. V okolí spodných úst sa nachádza šesť fúzikov, jeden pár v kútikoch úst a dva páry na vrchnej pere. Plynový mechúr je redukovaný.

Biológia a habitat: zdržiava sa pri dne čistých vodných tokov podhorského charakteru, ale aj v stojatých vodách pri brehu. Larvy a menšie jedince vyhľadávajú piesočný substrát a slabé prúdenie, dospelé jedince kamenný substrát a rýchlo prúdiace úseky. Cez deň sa ukrývajú medzi kameňmi. Aktívne sú skoro ráno, večer a v noci. Neresia sa v 2 – 3 dávkach v máji až auguste.

Potrava: larvy pakomárov, kriváky a iné bentické bezstavovce.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka 12 cm, maximálne 21 cm, hmotnosť 0,2 kg, vek 7 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC). Toleruje menšie organické znečistenie a regulácie tokov. Značne citlivý na znečistenie ťažkými kovmi a pokles koncentrácie kyslíka. Jeho výskyt môžeme považovať za indikáciu dobrej ekologickej kvality.



Obr. 145: Slíž severný (*Barbatula barbatula*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 146: Čík európsky (*Misgurnus fossilis*). Foto: Ladislav Pekárik

ČELAD: PĹŽOVITÉ (COBITIDAE)

Čík európsky (*Misgurnus fossilis*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, zoolofágny, nokturnálny.

Stavba tela: telo je predĺžené, nízke, v zadnej polovici z bokov sploštené. Základné sfarbenie tela je hnedé až žltá-hnedé s tmavými pozdĺžnymi pruhmi. Hlava je tupá zakončená s 10 fúzikmi okolo úst spodného postavenia. Štyri sú umiestnené na vrchnej čelusti, dva sú v kútikoch úst a štyri sú predĺženými výrastkami dvojlaločnej spodnej pery.

Biológia a habitat: čík je typickým obyvateľom nížinných úsekov vodných tokov a stojatých vôd najmä inundačného územia Dunaja a Tisy. Zdržiava sa pri dne alebo v bahne na živiny bohatých vodách s dobre rozvinutou vodnou vegetáciou. Aktívny je najmä v podvečer a v noci. Dokáže prežiť aj v podmienkach s nedostatkom kyslíka vďaka pomocnému črevnému dýchaniu atmosférického vzduchu. Neresí sa na jar až začiatkom leta na vodné rastlinstvo a často aj v zaplavených lúkach. Číky sú citlivé na zmeny atmosférického tlaku a pri zmene počasia sú aktívne na hladine. Z tohto dôvodu sú v angličtine pomenované ako Weatherfish.

Potrava: mäkkýše, červy a bentické organizmy.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 15 cm, maximálne do 30 cm.

Ohrozenie: kriticky ohrozený (CR). Patrí medzi európsky významné druhy. U nás je zákonom chránený, ohrozený stratou prirodzených biotopov vysúšaním.

Pĺž podunajský (*Cobitis elongatoides*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, zoolofágny.

Stavba tela: telo je tvarom podobné predchádzajúcemu druhu. Je zelenkasto-žltá sfarbené a na bokoch sa nachádzajú pozdĺžne rady tmavých škvŕn. Hlava je laterálne sploštená a plochá. Cez oko prebieha tmavý pruh a pod ním sa nachádza vztýčiteľný trň. Hlava nesie 3 páry fúzikov. Na hornej báze chvosta je viditeľná jedna tmavá škvŕna.



Obr. 147: Píľ podunajský (*Cobitis elongatoides*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 148: Píľ vrchovský (*Sabanejewia balcanica*). Foto: Ladislav Pekárik

Biológia a habitat: píľe žijú vo väčšine vodných útvarov od malých potokov po veľké rieky a stojaté vody s bahňitým alebo piesočným dnom. Živia sa larvami hmyzu a detritom. Ne-
resia sa na rastlinný podklad.

Potrava: bentické organizmy a detrit.

Rozmery a vek: maximálna dĺžka tela samcov 7,5 cm, samíc 13 cm.

Ohrozenie: neohrozený (LC).

Ďalší druh píľ vrchovský (*Sabanejewia balcanica*) sa vyskytuje len v horskej a podhorskej zóne povodia Dunaja. Na rozdiel od píľa podunajského má na hornej aj dolnej strane ko-
reňa chvosta kožný lem a na báze chvostovej plutvy dve škvrny v tvare polmesiaca. U nás
je zákonom chránený a je druhom európskeho významu.

RAD: SUMCOTVARÉ (SILURIFORMES)

ČELAĎ: SUMČEKOVITÉ (ICTALURIDAE)

Sumček čierny (*Ameiurus melas*)

Ekologická charakteristika: limnofilný, ikru ochraňujúci, indiferentný, nemigrujúci, všežravý, nočný.

Stavba tela: telo je dlhé, v zadnej časti laterálne sploštené, hladké, bez šupín. Sfarbenie tela je čiernasté, bez mramorovania, brucho je belavé. Hlava je mohutná, dorzoventrálne sploštená s ôsmimi fúzikmi, štyri na hornej a štyri na dolnej čelusti. Ústa sú široké, koncové s jemnými zúbkami. Prvé lúče chrbtovej a prsných plutiev sú premenené na tvrdé ozubené ostne. Za chrbtovou plutvou nasleduje tuková plutvička.

Biológia a habitat: žije v stojatých a pomaly tečúcich vodách s bahňitým dnom. Neresí sa neskoro na jar až v lete do hniezda na dne, ktoré samica upravila. Samec po neresi ostáva v blízkosti hniezda a bráni ho. Krátky čas sa stará aj o plôdik.

Potrava: larvy hmyzu, červy, mäkkýše, ryby, rastlinný materiál.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 27 cm (u nás maximálna), v prirodzenom prostredí 66 cm a 3,6 kg, vek 10 rokov.

Ohrozenie: nehodnotený. U nás invázny druh.

Sumček hnedý (*Ameiurus nebulosus*) je ďalším nepôvodným druhom pochádzajúcim zo



Obr. 149: Sumček čierny (*Ameiurus melas*). Foto: Igor Kokavec



Obr. 150: Sumček čierny – vľavo a sumček hnedý – vpravo. Foto: Ladislav Pekárik

Severnej Ameriky. Na územie Slovenska sa dostal z Maďarska v 30. rokoch. Pokus vysadiť sumčeka hnedého ako bežnú konzumnú rybu stroskotal na tom, že v našich podmienkach nedosahoval také rozmery ako vo svojom prirodzenom prostredí. Od sumčeka čierneho sa líši mramorovým sfarbením tela a dlhšou análnou plutvou.

ČEĽAĎ: SUMCOVITÉ (SILURIDAE)

Sumec západný (*Silurus glanis*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru ochraňujúci, fytofilný, nemigrujúci, rybožravý, nočturný.

Stavba tela: telo je robustné, podlhovasté s veľmi predĺženou chvostovou časťou a bez šupín. Chrbát je sivočierny, boky sú svetlejšie s tmavým mramorovaním. Hlava je veľká, zhora sploštená so široko rozoklanými, ozubenými ústami. Na hornej čelusti sa nachádzajú dva dlhé pohyblivé fúzy a na spodnej čelusti sú štyri krátke nepohyblivé fúzy. Oči sú v pomere k telu veľmi malé. Chrbtová plutva je veľmi malá, análna lemujúc celú spodnú časť chvosta od brušných plutiev a siaha až k chvostovej plutve.

Biológia a habitat: sumec je teplomilná ryba žijúca v pomaly prúdiacich nížinných tokoch v hlbokých jamách s mäkkým substrátom na dne. Vyskytuje sa tiež takmer vo všetkých vodných nádržiach na Slovensku. Sú to samotárske ryby a aktívne sú prevažne za súmraku a v noci. Neres prebieha od apríla do júna v plytkých a dobre zarastených miestach v pároch. Samce vybudujú hniezdo buď medzi rastlinami, alebo vyhlbia do piesku menšiu jamku, prípadne sa neresia koreňový systém vrby a strážia ikry do vyliahnutia lariev.

Potrava: u menších jedincov larvy hmyzu, červy, mäkkýše, dospelé lovia ryby.



Obr. 151: Sumec západný (*Silurus glanis*). Foto: Ladislav Pekárik

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 300 cm, maximálna 500 cm a 306 kg, vek 80 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC). Lokálne ohrozený nedostatkom vhodných miest na neres. V niektorých vodných nádržiach sú najmä veľké jedince nežiaduce, pretože požírajú najmä kapry rybníčné, v prípade premnoženia iných druhov je dôležitým regulátorom ich početnosti.

RAD: ÚHOROTVARÉ (ANGUILLIFORMES)

ČEĽAĎ: ÚHOROVITÉ (ANGUILLIDAE)

Úhor európsky (*Anguilla anguilla*)

Ekologická charakteristika: reofilný, litofilný, katadrómny, nešpecializovaný mäsožravý, nokturnálny, semelparný.

Stavba tela: hadovité, predĺžené telo, v chvostovej časti laterálne sploštené; chrbtová, chvostová a análna plutva tvoria súvislý plutvový lem. Brušné plutvy redukované. Šupiny ganoidné, ponorené hlboko v koži. Ústa sú koncové, ozubené. U úhorov rozlišujeme dve morfológické formy podľa tvaru hlavy a preferovanej potravy: úzkohlavé úhory sú štíhle a živia sa prevažne bezstavovcami; širokohlavé úhory sú mohutnejšie a väčšie a ich potravou sú prevažne ryby.

Biológia a habitat: pôvodne sa úhor u nás vyskytoval v povodí rieky Poprad. V súčasnosti je pomerne rozšírený v riekach aj vodných nádržiach, kam je umelo nasádzaný rybárskymi organizáciami. Je to nočný druh a cez deň sa ukrýva pod kameňmi, medzi koreňmi stromov, alebo je zahrabaný v bahne. Za určitých okolností môže byť aktívny aj počas dňa, napr. pri vysokom zákale vody alebo pri zmene atmosférického tlaku. Zaujímavý je spôsob jeho rozmnožovania. Dospelé úhory sa neresia v Sargasovom mori v hĺbke asi 600 m, kam migrujú z riek približne 1,5 roka. Larvy sú priesvitné, sploštené a pripomínajú vrbový list. Pomocou Golfského prúdu sa po 1 – 3 rokoch dostávajú k pobrežiu Európy, kde metamorfujú na mladé úhory nazývané aj „sklené“ úhory alebo monté. Pôvodne sa myslelo,

že samice migrujú do riek, zatiaľ čo samce zostávajú v oblasti ústia. Zistilo sa však, že monté ešte nemajú rozlíšené pohlavie. K diferenciacii pohlavia dochádza v ďalšom štádiu „žltých“ úhorov najmä vplyvom environmentálnych podmienok, hustoty populácie a rýchlosti rastu. Úhory, ktoré zostanú v blízkosti ústia rastú oveľa rýchlejšie, čo je výsledkom vnútrodruhovej kompetície a snahy o prežitie. V takto rýchlo rastúcich jedincoch sa začínajú vyvíjať samčie pohlavné orgány. Úhory, ktoré migrujú do riek rastú pomalšie a vyvíjajú sa u nich samičie pohlavné orgány, čo je dôsledkom nízkej populačnej hustoty a relatívne chudobných podmienok. Posledným, už dospelým štádiom je „strieborný“ úhor so strieborným sfarbením brucha a tmavým chrbtom. V tomto štádiu sa po zhruba 10 – 15 rokoch vydávajú migrovať na miesto neresu. Po nerese hynú. Úhory sú mimoriadne žravé a pohyblivé, dokážu sa zahrabať hlboko do dna a migrovať hlboko pod nánosmi bahna. Tiež veľmi dobre znášajú krátkodobý pobyt po súši, ktorý podnikajú najmä počas vlhkej noci a dokážu tak prekonať rôzne bariéry na vodných tokoch.

Potrava: červy, mäkkýše, kôrovce, pijavice, ryby, aj v štádiu rozkladu.

Rozmery a vek: Medzi pohlaviami je výrazný dimorfizmus vo veľkosti, kým samice môžu



Obr. 152: Úhor európsky (*Anguilla anguilla*). Foto: Igor Kokavec



Obr. 153: Detail hlavy úhora (vľavo) a detail kože „strieborného“ úhora v dĺžke tela cca. 60 cm (vpravo). Foto: Igor Kokavec

dorásť do dĺžky až 133 cm, samce len do 50 cm. Maximálna hmotnosť samíc 6,6 kg. Najstarší zaznamenaný jedinec mal 88 rokov.

Ohrozenie: závislý na ochrane (LR:cd), IUCN ho klasifikuje ako kriticky ohrozený druh, najmä znečistením, klimatickými zmenami a zmenami morských prúdov, predáciou a obchodovaním. Tým, že žije pri dne akumuluje toxické látky v tele čo spôsobuje poruchy vnútorných orgánov a schopnosť migrácie. Migrácie ohrozujú aj výstavby priehrad a vodných elektrární. U nás je umelo nasádzaný a môže sa loviť.

RAD: TRESKOTVARÉ (GADIFORMES)

ČELAĎ: MIEŇOVITÉ (LOTIDAE)

Mieň sladkovodný (*Lota lota*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litopelagofilný, potamodrómnny, zoobentofágny, nokturnálny.

Stavba tela: telo je pretiahnuté, valcovité s predĺženou a laterálne sploštenou chvostovou časťou. Základné sfarbenie je hnedé až hnedozelené s mramorovaným vzorom a svetlými škvrkami. Hlava je zhora sploštená, široká, ústa s drobnými zúbkami. Na spodnej čelusti jeden výrazný, centrálny umiestnený fúz. Chrbtová plutva je dvojdielna. Prvá chrbtová plutva je krátka, druhá chrbtová plutva a análna plutva sú značne predĺžené, siahajúce až k chvostovej plutve. Brušné plutvy sú posunuté výrazne dopredu, báza je pred prsnými plutvami a sú zahrotené.

Biológia a habitat: jediná mieňovitá ryba žijúca v sladkých vodách. Osídľuje všetky typy tokov od pstruhového pásma až po ústia do morí. Vyžaduje studené, na kyslík bohaté vody s kamenným dnom, vodnou vegetáciou alebo potopenými koreňmi. Aktívny je za súmraku a v noci, cez deň sa ukrýva pod rôznymi prekážkami. Jeho najvyššia potravná aktivita aj rozmnožovanie prebieha v zimných mesiacoch. Dospelé jedince sa v čase neresy zoskupujú do krdľov a migrujú proti prúdu riek, v jazerách do miest s piesčitým alebo štrkovým substrátom. Pri neresi až 20 jedincov vytvorí guľu o priemere až 60 cm, ktorá sa pohybuje po prúde a rotuje po dne, zatiaľ čo samce aj samice vypúšťajú pohlavné bunky. Plodnosť samíc je obrovská (na 1 kg hmotnosti až milión ikier). Ikry obsahujú kvapôčku oleja a voda ich voľne unáša na veľké vzdialenosti. V lete pri vysokej teplote vody upadá do letargie.

Potrava: larvy vodného hmyzu, kôrovce u menších jedincov, väčšie sú dravé a živia sa rybami.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 40 cm, maximálna 152 cm, hmotnosť 34 kg a vek 20 rokov.

Ohrozenie: takmer ohrozený (LR:nt). Lokálne ohrozený reguláciami.



Obr. 154: Mieň sladkovodný (*Lota lota*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 155: Pichľavka siná (*Gasterosteus aculeatus*). Foto: Igor Kokavec

RAD: PICHLÁVKOTVARÉ (GASTEROSTEIFORMES)

ČELAĎ: PICHLÁVKOVITÉ (GASTEROSTEIDAE)

Pichľavka siná (*Gasterosteus aculeatus*)

Ekologická charakteristika: limnofilný, ikru ochraňujúci, fytofilný, anadrómny, zoobentofágny.

Stavba tela: malá ryбка s pretiahnutým, z bokov splošteným telom. Hlava je pomerne veľká s výrazným okom a vrchne orientovanými ústami, pomerne rozťahnutelnými s jemnými zúbkami. Telo je holé alebo pokryté kostenými štítkami v rozličnom počte (rôzne formy). Časť chrbtovej plutvy je premenená na tri vztýčiteľné ostne. Trňovité sú aj brušné plutvy. Chvostová plutva je malá. Sfarbenie tela je modro-sivé až tmavo-zelené s tmavým mramorovaním a belavým bruchom. V čase neresu majú samce výrazne oranžovú až čer-

venú spodnú časť tela.

Biológia a habitat: pichľavka má dve formy, jedna je anadrómna, žijúca v ústí riek a na neres tiahne proti prúdu do sladkých vôd. U nás sa vyskytuje vnútrozemská forma, ktorá celý životný cyklus absolvuje v sladkej vode. Osídľuje plytké, pomaly tečúce vody s bohatou vegetáciou. Zdržiava sa najmä v blízkosti brehov s piesčitým alebo bahnitým dnom v krdľoch. Charakteristický je spôsob rozmnožovania. Samce sa medzi marcom a júnom vyfarbia do svadobného šatu a obsadia teritórium, ktoré chránia proti rivalom. Ústami vyhlbia v dne jamku a z častí rastlín pozliepajú lepivým sekrétom z obličiek tunelu podobné hniezdo. Trhavými pohybmi vláka samičku do hniezda, kde vypustí ikry a odíde. V tom istom hniezde sa môže neresiť aj viacero samičiek. Následne samec ikry oplodní a stráži hniezdo s ikrami aj mladými rybami, kým hniezdo neopustia. Zároveň sa o ikry stará a ovieva ich plutvami, čím ich zbavuje sedimentov a zabezpečuje prísun kyslíka.

Potrava: bentické organizmy, ikry, rybia mlad'.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 5 cm, maximálna 11 cm, vek 8 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC). Pravdepodobne nasadená akvaristami.

RAD: OSTRIEŽOTVARÉ (PERCIFORMES)

ČELAĎ: OSTRACHOVITÉ (CENTRARCHIDAE)

Slnečnica pestrá (*Lepomis gibbosus*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru ochraňujúci, indiferentný, potamodrómny, zoobentofágny.

Stavba tela: pestro sfarbená ryba s krátkym, vysokým a splošteným telom oválneho tvaru. Základné sfarbenie je zelenkavé, škvrnité s modrastým leskom. Na konci skriiel je výrazná tmavá škvrna, za ktorou nasleduje červená až oranžová škvrna. Ústa sú široké, vrchného postavenia. Chrbtová plutva je rozdelená na dve prepojené časti: predná časť je nízka a hrebenatá, zadná časť je vyššia a oblá.

Biológia a habitat: slnečnice sa zdržiavajú v mierne tečúcich a stojatých vodách, prevažne v blízkosti brehu s rôznymi úkrytmi (kamene, vodné rastliny, popadané drevo). Ikry kladie v máji až júni do plytkých hniezd v štrku, piesku alebo vodných rastlinách, ktoré zhotovil samec. Ten následne chráni hniezdo aj mlad'. Zvyčajne sa neresia v kolóniách na otvorených, slnečných miestach.

Potrava: planktón, bentos, larvy a ikry rýb.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 10 cm, u nás do 20 cm, maximálna až 40 cm a 0,63 kg, vek 12 rokov.

Ohrozenie: nehodnotený, u nás nepôvodný, invázny druh, pravdepodobne rozšírený akvaristami. Pochádza zo Severnej Ameriky.



Obr. 156: Slničnica pestrá (*Lepomis gibbosus*). Foto: Ladislav Pekárik

ČELAĎ: OSTRIEŽOVITÉ (PERCIDAE)

Ostriež zelenkavý (*Perca fluviatilis*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytolitofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: ostriež má vysoké, laterálne sploštené telo a kuželovito vybiehajúcu hlavu. Ústa sú veľké, koncové, ozubené. Sfarbenie tela je na chrbte tmavozelené, na bokoch svetlozelené až žltkavé, brucho je belavé. Charakteristické sú tmavé, niekedy rozdvojené, zvislé pruhy (5 – 9) po dĺžke tela. Brušné plutvy, análna a spodná časť chvostovej plutvy sú červeno sfarbené. Chrbtová plutva je dvojitá, podobnej štruktúry ako u slnečnici pestrej, ale je zreteľne rozdelená. Na konci prvej chrbtovej plutvy je čierna škvrna.

Biológia a habitat: vyskytuje sa vo všetkých typoch stojatých aj tečúcich vôd. Darí sa mu v čírych vodách s množstvom vodnej vegetácie. Nie je náročný na kvalitu dna a kvalitu vody. V podhorských úsekoch riek vyhľadáva pokojné, hlboké časti v blízkosti brehov a koreňov stromov. Je to spoločenská ryba žijúca v húfoch, ale s pribúdajúcim vekom sa osamostatňujú. Neresí sa v apríli až júni na rôznych substrát. Niekedy na neres migruje na kratšie vzdialenosti. Ikry sú ukladané naraz v podobe 1 m dlhých a 2 – 4 cm širokých rôsolistých štruktúrach. Samice rastú rýchlejšie ako samce a pri veľkosti 12 cm prechádzajú na dravý spôsob života. Typický je kanibalizmus. Pri love sa orientuje najmä zrakom.

Potrava: zooplanktón, zoobentos, ryby.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 25 cm, maximálna až 40 cm a 4,8 kg, vek 22 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC), pri premnožení a v pstruhových a lipňových pásmach riek je považovaný za škodcu a tzv. plevelnú rybu.



Obr. 157: Ostriež zelenkavý (*Perca fluviatilis*). Foto: Ladislav Pekárik

Zubáč veľkoústý (*Sander lucioperca*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru ochraňujúci, fytofilný, potamodrómnny, rybožravý, krepuskulárny.

Stavba tela: telo je dlhé, valcovité, striebrosivého sfarbenia s tmavším chrbtom a bielym bruchom. Po tele sa nachádzajú zvislé tmavé pruhy dobre viditeľné u mladých jedincov, u starších sa rozpadajú na nepravidelné škvrny. Čierne škvrny sa nachádzajú aj na dvojitej chrbtovej a na chvostovej plutve. Ústa sú koncové, veľké, hlboko rozoklané so šiestimi nápadnými kónickými zubami (tzv. psie zuby). Veľké oči na hlave obsahujú svetlo-citlivú vrstvu, ktorá im napomáha pri love v slabých svetelných podmienkach.

Biológia a habitat: zubáče uprednostňujú pomaly tečúce a stojaté hlboké vody s čistou vodou a štrkovým až kamenným dnom. Potravu lovia v skorých ranných a neskorých večerných hodinách a v noci. Za potravou vychádzajú aj do plytkých úsekov a tesne pod hladinu. V období rozmnožovania vytvárajú dospelé jedince páry. Neresia sa v apríli až júni na



Obr. 158: Zubáč veľkoústý (*Sander lucioperca*) – juvenilný jedinec. Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 159: Zubáč veľkoústý – dospelý jedinec. Foto: Igor Kokavec

potopené konáre, korene, vegetáciu a pod. do vopred upraveného hniezda. Samček ikry stráži až do vyliahnutia mlade a pravidelne im prsnými plutvami privieva čistú vodu a zbavuje ich sedimentov.

Potrava: ryby, v larválnom štádiu planktón.

Rozmery a vek: priemerná dĺž-

ka tela 50 cm, maximálna 100 cm a 20 kg, vek 17 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC).

Ďalším druhom je zubáč volžský (*Sander volgense*), ktorý sa vyskytuje v povodí Dunaja a Tisy. Je menší (do 50 cm) a nemá „psie“ zuby.

Kolok veľký (*Zingel zingel*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru neochraňujúci, litofilný, nešpecializovaný mäsožravý, nokturnálny.

Stavba tela: dlhé, vretenovité telo s predĺženou, dorzoventrálne sploštenou hlavou, ktorou dokáže otáčať. Oči sú veľmi pohyblivé a dokážu sa pohybovať nezávisle od seba. Ústa sú spodné, osadené drobnými zúbkami. Chrbtové plutvy sú oddelené, análna plutva je predĺžená. Chvostové steblo je kratšie ako báza druhej chrbtovej plutvy. Plynový mechúr chýba.

Biológia a habitat: charakteristický je pre podhorskú zónu riek povodia Dunaja. Žije v silne prúdiacej vode na kamenistom dne, kde sa počas dňa ukrýva. V noci je aktívny a hľadá potravu. Pohybuje sa tak, že bruchom šúcha o dno, pričom si pomáha prsnými a chvostovou plutvou. Je to dôsledok prispôsobenia sa životu v rýchlo prúdiacich úsekoch. Neresí sa



Obr. 160: Kolok veľký (*Zingel zingel*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 161: Kolok vretenovitý (*Zingel streber*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 162: Hrebenačka frkaná (*Gymnocephalus cernua*). Foto: Ladislav Pekárik

v marci až apríli na štrkové dno. Samičky sú pri neresе obklopené niekoľkými samčekmi a ich ikry sú veľmi lepkavé.

Potrava: benthické organizmy a malé ryby.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 15 cm, maximálna 48 cm.

Ohrozenie: kriticky ohrozený (CR), zákonom chránený druh.

Kolok vretenovitý (*Zingel streber*) je rovnako ako kolok veľký zákonom chránený. Má okrúhle, tenké chvostové steblo, ktoré je dlhé približne ako báza druhej chrbtovej plutvy. Ekológia je podobná predchádzajúcemu druhu. Je druhom európskeho významu a na Slovensku patrí medzi kriticky ohrozené druhy.

Hrebenačka frkaná (*Gymnocephalus cernua*)

Ekologická charakteristika: eurytopný, ikru neochraňujúci, fytolitofilný, potamodrómnny, zoobentofágny.

Stavba tela: zavalité telo, z bokov sploštené s vysokým chrbtom. Hlava je veľká s nápadnými očami a koncovými ústami. Žiabrové viečko ukončené trňom. Základné sfarbenie je svetlo-hnedé s množstvom škvŕn, ktoré sú usporiadané nepravidelne. Chrbtová plutva je dvojitá, no na rozdiel od ostrieža zelenkavého a zubáča veľkousteho je spojená. Bočná čiara je smerom k chrbtu vyklenutá.

Biológia a habitat: životným prostredím sú stojaté a mierne tečúce vody, často aj brakické vody v ústiach riek. Žijú v skupinách na pieskovom až bahennom dne, kde zháňajú potravu. Neres prebieha na jar a samička kladie ikry v rôsolovitých štruktúrach na vodné rastliny, korene alebo kamene v blízkosti brehu. Vo všeobecnosti jej populácia narastá s rastúcim obsahom živín vo vode.

Potrava: červy, larvy hmyzu, kôrovce, ikry a mlad' rýb.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 15 cm, maximálna 25 cm a 0,4 kg, vek 10 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC). V niektorých vodách je považovaná za škodcu, pretože sa živí ikrami hospodársky cenných druhov, ktorým je navyše aj potravným konkurentom.



Obr. 163: Hrebenačka pásavá (*Gymnocephalus schraetser*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 164: Hrebenačka vysoká (*Gymnocephalus baloni*). Foto: Ladislav Pekárik

V našich vodách žijú aj ďalšie druhy hrebenačiek, ktoré ale uprednostňujú tečúce vody a sú zákonom chránené. Hrebenačka pásavá (*Gymnocephalus schraetser*) je európsky významným druhom. Má dlhé, štíhle telo so špicatou, predĺženou hlavou a škvrnami usporiadanými do pozdĺžnych pásov. Vyskytuje sa v Dunaji a jeho väčších prítokoch. Hrebenačka vysoká (*Gymnocephalus baloni*) má spomedzi hrebenačiek najvyššie, zavalité telo a operkulum je ukončené 2 trňmi. Škvryny na tele sú formované do pásov. Obidva druhy sa živia živočíšnou potravou, ktorú nachádzajú na dne prúdivejších a hlbších úsekoch nížinných riek prevažne v noci. Patria k ohrozeným druhom (EN).

ČELAĎ: BÝČKOVITÉ (GOBIIDAE)

Býčko čiernoústy (*Neogobius melanostomus*)

Ekologická charakteristika: morský, sladkovodný, brakický, eurytopný, ikru ochraňujúci, speleofilný, amfidrómny (v pôvodných habitatoch), zoobentofágnny.

Stavba tela: telo je valcovité, dozadu sa postupne zužuje a môže pripomínať hlaváče. Telo je ošupené, hnedej až žlto-zelenej farby s mramorovaním. Na konci prvej časti chrbtovej plutvy je charakteristická čierna škvrna. Všetky druhy býčkov majú brušné plutvy zrastené do prísavného disku, ktorým sa môže prichytávať na kamene. Chýba plynový mechúr.

Biológia a habitat: býčko čiernoústy žije v rieke Dunaj a jeho ústia. S obľubou sa zdržia-va na kamenistom dne v blízkosti vodných rastlín, kde loví korisť. Neresí sa od apríla do septembra. Samičky sa môžu neresiť viac krát do roka, aj každých 18 – 20 dní. Samčeky sú tmavo sfarbené a strážia neres do vyliahnutia mlade. Zvyčajne po uplynutí obdobia rozmnožovania umierajú.

Potrava: bentické organizmy, mäkkýše, menšie ryby, ikry.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela do 12 cm, maximálna 25 cm a vek 4 roky.

Ohrozenie: neohrozený (LC), nepôvodný, invázny, pochádzajúci z delty Dunaja. Príležitost-



Obr. 165: Býčko čiernoústy (*Neogobius melanostomus*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 166: Býčko piesočný (*Neogobius fluviatilis*). Foto: Ladislav Pekárik



Obr. 167: Býčko rúrkonosý (*Proterorhinus semilunaris*) – samček. Foto: Ladislav Pekárik

ne môže klásť ikry na trup lodí a byť tak introdukovaný do iných oblastí.

Na našom území sa v Dunaji a ústiach riek vyskytujú ďalšie invázne druhy, ktoré postupujú proti prúdu. Sú to: býčko nahotemenný (*Neogobius gymnotrachelus*), býčko piesočný (*Neogobius fluviatilis*) a býčko hlavatý (*Neogobius kessleri*). Okrem nich sa na Slovensku vyskytuje aj zákonom chránený býčko rúrkonosý (*Proterorhinus semilunaris*), ktorý je charakteristický nozdrami pretiahnutými do trubičky.

ČEĽAĎ: ODONTOBUTIDAE

Býčkovec amurský (*Percottus glenii*)

Ekologická charakteristika: sladkovodný, brakický, limnofilný, ikru ochraňujúci, indifferenčný, nešpecializovaný mäsožravý.

Stavba tela: telo je predĺžené s pomerne veľkou hlavou. Farba tela je hnedastá s tmavými škvrnami. Šupiny sú tmavo lemované a vytvárajú sieťovaný vzor. Na hlave sa nachádzajú tmavé čiary, ktoré smerujú z očí. Ústa sú veľké, spodná čeľusť presahuje hornú. Všetky plutvy okrem brušných sú zaokrúhlené. Býčkovec má dve od seba zreteľne oddelené chrbtové plutvy. Prvá chrbtová plutva je bez ostňov. Nemá bočnú čiaru.

Biológia a habitat: obľubuje pomaly tečúce a stojaté vody s hustou vodnou vegetáciou. V nepriaznivých podmienkach pri nedostatku kyslíka alebo premrznutí vody, sa zahrabáva do bahna a hibernuje. Neres prebieha od mája do júna. Ikry kladie zvyčajne v jednom rade blízko vodnej hladiny na rôzne ponorené predmety ako korene, vegetáciu a pod. Samčeka strážia ikry aj mlad'

Potrava: široká škála bezstavovcov, žubrienky a ryby.

Rozmery a vek: maximálna dĺžka tela 25 cm, hmotnosť 0,25 kg a vek 7 rokov.

Ohrozenie: nepôvodný, invázny, pochádzajúci z Ázie. Je veľmi žravý a jeho prítomnosť predstavuje významný problém pre všetky druhy vodných organizmov. Invázny charakter podporuje aj jeho spôsob rozmnožovania, ktorý nastupuje v 1 – 3 roku života, tiež vysoká reprodukčná výkonnosť, dávkový výter a starostlivosť o ikry. V niektorých prípadoch dokáže zdecimovať pôvodné rybie spoločenstvo.



Obr. 168: Býčkovec amurský (*Perccottus glenii*). Foto: Ladislav Pekárik

RAD: SKORPÉNOTVARÉ (SCORPAENIFORMES)

ČELAĎ: HLAVÁČOVITÉ (COTTIDAE)

Hlaváč pásoplutvý (*Cottus poecilopus*)

Ekologická charakteristika: reofilný, ikru ochraňujúci, speleofilný, potamodrómnny, zoolobofágny, nokturnálny.

Stavba tela: telo je vretenovité, dozadu sa postupne zužujúce bez šupín. Bočná čiara je nekompletná. Hlava je veľká, sploštená so širokými koncovými ústami a výraznými perami. Na dolnej čelusti sa odspodu nachádzajú dva póry. Chrbtová plutva je dvojdielna. Hneď za hlavou sa nachádzajú vejárovité prsné plutvy, pod ktorými sú umiestnené pásikavé brušné plutvy. Telo je tmavé, mramorované, hnedo-pieskovej farby, závislé od farby dna, z brušnej strany biele.



Obr. 169: Hlaváč pásoplutvý (*Cottus poecilopus*). Foto: Igor Kokavec



Obr. 170: Hlaváč pásoplutvý – brušná strana. Foto: Igor Kokavec

Biológia a habitat: obýva rýchlo tečúce, čisté a na kyslík bohaté potoky a rieky horskej až podhorskej zóny. Oblubuje štrkové až kamenisté dno, kde sa ukrýva. Nemá plynový mechúr, preto sa pohybuje poskokovými pohybmi po dne, pri ktorých si pomáha brušnými plutvami. Potravu loví za súmraku a v noci. Neresí sa v jarnom období do jamiek pod kameňmi a samček stráži ikry až do vyliahnutia.

Potrava: larvy hmyzu, kôrovce, ikry a larvy rýb.

Rozmery a vek: priemerná dĺžka tela 11,8 cm, maximálna 15 cm, vek 8 rokov.

Ohrozenie: neohrozený (LC). Citlivo reaguje na znečistenie vody a má veľké nároky na kyslík. Je podstatnou zložkou potravy pstruhov.

Hlaváč bieloplutvý (*Cottus gobio*) obýva podobný habitat ako hlaváč pásoplutvý, častejší je však v nižšie položených častiach a stretáva sa s ním len v krátkom úseku. Odlišujúcim znakom je u hlaváča bieloplutvého biele sfarbenie brušných plutiev, bočná čiara siahajúca až po bázu chvostovej plutvy a na spodnej čelusti sa nachádza jeden pór.

Zoznam použitej literatúry

- Atlas českých druhů ryb. [online]. ©1996 – 2014. [cit. 21.9.2014]. Dostupné na internete: http://www.mrk.cz/r/atlas/atlas_ryb/
- Davey, A. J. H., Jellyman, D. J. 2005. Sex determination in freshwater eels and management options for manipulation of sex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15: 37–52
- Baruš, V., et al. 1995. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes) 1. Praha: Academia.
- Baruš, V., et al. 1995. Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes) 2. Praha: Academia.



Obr. 171: Hlaváč bieloplutvý (*Cottus gobio*). Foto: Ladislav Pekárik

- Froese, R., Pauly, D. Editors. 2014. FishBase. World Wide Web electronic publication. Dostupné na internete: www.fishbase.org, version (08/2014).
- Hecker, F. 2010. Ryby našich vôd. Prvé slovenské vydanie. Bratislava: Slovart.
- Helfman, G. S., et al. 2009. The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology. 2 vyd. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Holčík, J., Hensel, K. 1972. Ichtyologická príručka. Bratislava: Obzor.
- Holčík, J., Mihálik, J. 1971. Sladkovodní ryby. Praha: Artia.
- Kottelat, M., Freyhof, J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World. 4. vyd. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Országhová, Z., Schlarmannová, J. 2009. Zoológia chordátov pre učiteľské kombinácie s biológiou. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Stinglwagner, G. K. F., Bachfischer, R. 2009. Lexikón rybárstva. Slovenská edícia. Martin: Neografia.
- Zákon č. 24/2003 Z. z. Príloha č. 4: Zoznam druhov európskeho významu, druhov národného významu, druhov vtákov a prioritných druhov, na ktorých ochranu sa vyhlasujú chránené územia.

MAKROZOOBENTOS

Viera Stloukalová, Eva Bulánková

Na hodnotenie kvality vôd v zmysle Rámцovej smernice o vodách 2000/ES sa používajú makroskopické bentické bezstavovce (syn. makrozoobentos, makrovertebráta), pretože štruktúra ich spoločenstiev odráža nielen momentálny stav kvality vody, ale aj dlhodobé zásahy, ktoré mohli pozmeniť ich životné podmienky. Mikroskopické bentické bezstavovce neboli zaradené medzi biologické prvky, väčšinou sa používajú na hodnotenie okamžitých zmien v prostredí. Živočíchy žijúce vo vodných ekosystémoch signalizujú svojou prítomnosťou a početnosťou rôznu mieru vhodnosti prostredia pre ich život, čo môžeme u makrozoobentosu vyjadriť v autekologických charakteristikách. Tieto charakteristiky vyjadrujú vzťah makrozoobentosu ku organickému znečisteniu (saprobite), nadmorskej výške, zonácii toku, potrave, acidifikácii, preferencii k mikrohabitatom atď. Autekologické vlastnosti našich druhov makrozoobentosu sú spracované v práci Šporka et al. (2003) a slúžia hlavne na výpočet metrík (indexov) používaných na hodnotenie ekologického stavu alebo na posúdenie reakcií makrozoobentosu na rôzne vplyvy prostredia.

Adaptácie makrozoobentosu na životné prostredie

Životným prostredím makrozoobentosu sú všetky typy tečúcich a stojatých vôd s ich rozmanitými podmienkami, na ktoré sa v procese evolúcie prispôsobili rôznymi adaptáciami. V tečúcich vodách je jedným z najvýznamnejších faktorov **prúdenie** ovplyvňujúce zloženie spoločenstva makrozoobentosu. Podenky, pošvatky a iné druhy, ktoré žijú v prúde sa pridržiavajú na skalách silnými stehnami alebo majú schránky po boku zaťažené kamienkami (obr. 172), či ináč sú zabezpečené proti odneseniu silným prúdom. Naopak, bezstavovce žijúce len v stojatých vodách (stagnobionty) a tie, čo uprednostňujú stojaté vody (stagnofilné) majú valcovité telo (obr. 173) na dne sa častokrát zahrabávajú do jemného substrátu alebo žijú vodnom stĺpci (vážka *Anax imperator*) medzi vodnými rastlinami, či na hladine vody (korčuliarky *Gerris* sp., obr. 175).

S prúdením vody súvisí **obsah kyslíka vo vode**. Tie druhy, ktoré sú náročné na vyšší obsah kyslíka vo vode (polyoxybiontné) majú dobre vyvinuté vzdušnicové (tracheálne) žiabre na tele, (obr. 172 – podenka a pošvatka), druhy menej náročné na obsah kyslíka, dýchajú celým povrchom tela alebo aj stigmami (napr. mnohé vodné dvojkrídlovce, ako napr. tipula, obr. 173) alebo dýchajú atmosférický kyslík pomocou dýchacej rúrky (*Ranatra linearis*, *Nepa cinerea*). Druhy žijúce v takmer bezkyslíkatom prostredí môžu mať telo sfarbené do červena od hemoglobínu obsiahnutého v hemolymfe, napr. pakomáre zo skupiny *Chi-*



Obr.172: Prispôsobenie sa silnému prúdeniu: vľavo hore podenka (*Ecdyonurus* sp.) sa vyznačuje okrem silných stehien aj splošteným tvarom tela, vpravo pošvatka (*Perla* sp.) sa pomocou silných končatín pridŕža substrátu, vľavo dolu potočník (*Sericoptoma* sp.) má schránku zaťaženú kameňkom. Foto: M. Žiak. (podenka, pošvatka), I. Kňaze (potočník).



Obr. 173: Stagnofilné druhy, uprednostňujúce tíšiny tokov alebo stojaté vody majú valcovité telo, vľavo larva dvojkřídlavca (*Tipula* sp.), vpravo vážka (*Aeshna* sp.). Foto: M. Žiak (tipula), I. Kňaze (vážka).

ronomus thummi alebo máloštetinavec *Tubifex tubifex* (obr. 174).

Teplota vody je vo vzťahu s obsahom kyslíka vo vode, so zvyšujúcou sa teplotou obsah kyslíka vo vode klesá. Prúdomilné druhy šidielok majú užšie (čo je hydrodynamicky výhodnejšie) kaudálne prívesky (obr. 175) ako tie druhy, ktoré žijú len v prehrievanej teplej vode (druhy rodu *Erythromma*, *Lestes* sp.). Sfarbenie makrozoobentosu sa mení často podľa prostredia tak, aby s podkladom a jeho okolím farebne splynuli (zjavné je to u lariev vážok, obr. 175).



Obr. 174: Máloštetinavec *Tubifex tubifex* je sfarbený do červena od hemoglobínu v hemolymfe. Foto: M. Žiak

Pohyb je tiež charakteristickou vlastnosťou jednotlivých druhov makrozoobentosu a jeho spôsob indikuje stav prostredia. Plávače/ korčuliare (skaters), napr. korčuliarky *Gerris* (obr. 176) sa pohybujú po povrchovej blanke, kde hľadajú potravu. Vyskytujú sa preto na povrchovej blanke tíšín tečúcich alebo stojatých vôd. Plávače/potápače (divers) plávajú v otvorenej vode alebo vyplávajú na hladinu za účelom získania kyslíka alebo potravy (napr. *Dytiscus*, *Corixidae*). Majú veslovité končatiny adaptované na plávanie. Zahrabávače/vrtače (burrowers) osídľujú jemný substrát tokov (piesok, bahno, íl), kde si vyhrabávajú chodbičky, v ktorých sa vyvíjajú, napr. podenka škvrnitokrídla *Ephemera danica* (Obr. 176). Hrabače/rozrývače (sprawlers) osídľujú povrch substrátov, napr. podenky z čeľ. *Caenidae*. Šplhače (climbers) sa šplhajú po rastlinách alebo koreňoch či iných substrátoch,



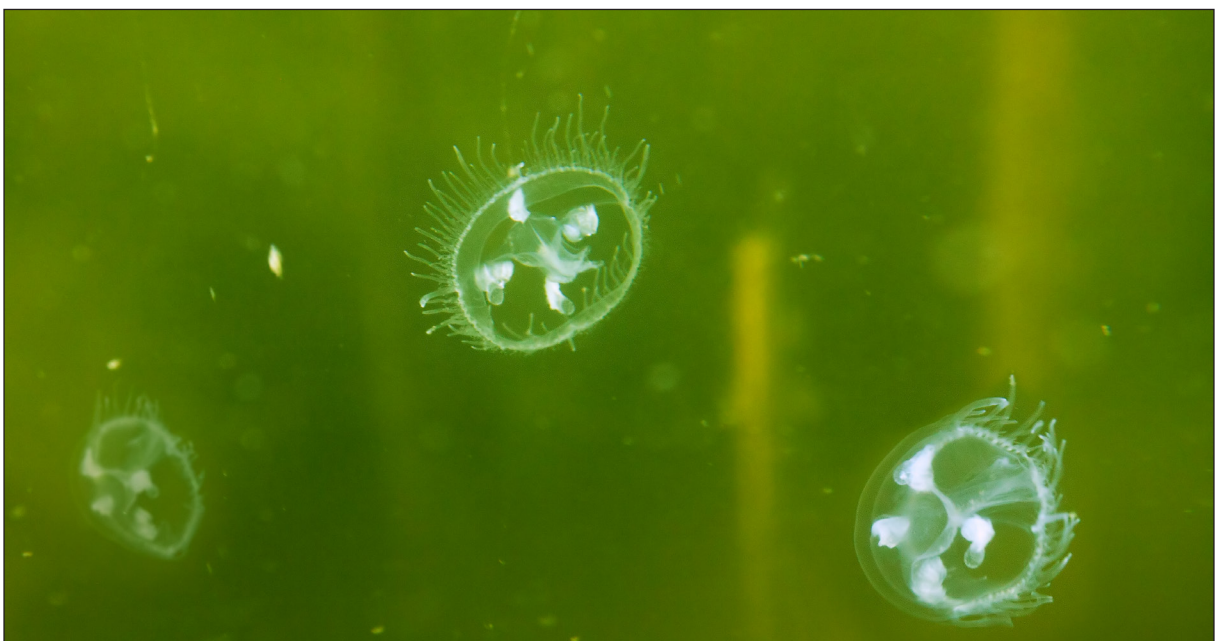
Obr. 175: Larva šidielka hadovky lesklej (*Calopteryx splendens*) má úzke trojhranné kaudálne lamely uľahčujúce pohyb medzi rastlinami v prúdiacej vode (vľavo) a larva šidla (vpravo) je pokrytá chlpkami, aby sa na ňu nenalepilo bahno, do ktorého sa zahrabáva. Foto: M. Žiak (šidielko), I. Kňaze (šidlo)



Obr. 176: Vľavo pohybový typ plávač/korčuliar (*Gerris* sp.), vpravo zahrabávač/vítač (*Ephemera danica*). Foto: M. Žiak



Obr. 177: Vľavo pohybový typ prichytávač (*Hydropsyche* sp.), vpravo šplhač (*Rhabdiopteryx navicula*). Foto: M. Žiak



Obr. 178: Planktón sa vznáša vo vode ako táto medúzka sladkovodná (*Craspedacusta sowerbii*). Foto: M. Žiak

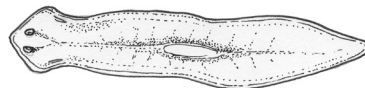
pohybujú sa vertikálne (napr. vážky čel. Aeshnidae, obr. 173). Prichytávače (clingers) (obr. 177) sú prispôsobené morfológickými adaptáciami, napr. pazúrikmi na život v prúde, prísavkára majú prísavku na brušku. Semi-sesilné druhy sú schopné pohybovať sa len v obmedzenej miere, napr. larvy mušiek alebo tubifex. Planktonické druhy sa vznášajú vo vode, kde aktívne plávajú (obr. 178). Na základe poznania prevládajúcich pohybových typov môžeme ohodnotiť charakter biotopu, t.j. typ substrátu, typy prúdenia a podobne. Jednotlivé trofické skupiny (syn. potravové skupiny, trofické gildy, angl. feeding types) boli uvedené v kapitole Ekosystém vodného toku.

Poznanie autekologických vlastností bentických bezstavovcov prispieva k pochopeniu procesov odohrávajúcich sa vo vodnom prostredí, a tým aj k hodnoteniu prirodzených alebo antropických vplyvov. Z tohto dôvodu patria bentické bezstavovce k vhodným indikátorom vodného prostredia nielen na vedecké účely, ale aj ako edukačný materiál, na ktorom sa žiaci môžu naučiť poznávať vzťahy vo vodnom ekosystéme. V databáze makrovertebrát Európy je evidovaných približne 10 000 taxónov, ktoré sa používajú na hodnotenie kvality vôd a na posudzovanie zmien prostredia. Na Slovensku sa vyskytuje 2034 taxónov (<http://www.freshwaterecology.info>), z čoho v učebnici uvádzame len tie najdôležitejšie podľa v súčasnosti platného systému:

Systém a stručná charakteristika makrozoobentosu

PLOSKAVCE – PLATYHELMINTHES

Ploskulice – Turbellaria



Rozšírenie: Sú rozšírené všade na Zemi, väčšinou žijú v sladkej alebo slanej vode (okolo 4500 druhov), niekoľko druhov žije suchozemsky. U nás žije 13 druhov, ktoré patria do 3 čeládí: Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae.

Charakteristika: Telo majú bilaterárne súmerné, pohybujú sa plazením (obr. 179). Sú väčšinou hermafrodity a vyznačujú sa veľkou regeneračnou schopnosťou. Všetky u nás žijúce ploskulice sú dravé, živia sa prvokmi, kôrovcami, červami i mäkkýšmi. Vyskytujú sa v tečúcich i stojatých vodách.

Z čeláde Planariidae sa *Crenobia (Planaria) alpina* – ploskuľa vrchovská vyznačuje krátkymi tentakulami („uškami“), je čierne sfarbená. Vyskytuje sa v chladných prameňoch a horských potokoch s max. teplotou 12 – 14 °C. Ploskuľa ušatá *Polycelis felina* s dlhými tentakulami sa vyskytuje tiež v chladných horských tokoch, s max. teplotou 16 – 17 °C. Niekedy sa vyskytuje aj v horských jazerách.

Z čeláde Dendrocoelidae je najbežnejším druhom ploskuľa biela *Dendrocoelum lacteum*,



Obr. 179: *Dugesia gonocephala*. Foto: M. Žiak

ktorá sa vyskytuje nielen v teplejších potokoch, ale aj v jazerách. Na začiatku zimy sa jedince zhlukujú a dochádza k rozmnožovaniu, kokóny kladú na prelome jari a zimy pri cca 10 °C. U nás sú najviac zastúpené druhy čelade Dugesiidae, predovšetkým ploskuľa hranatohlavá *Dugesia gonocephala*, vyskytujúca sa hlavne v podhorských tokoch. Ploskuľa *Dugesia tigrina* pochádza zo Severnej Ameriky a do väčšiny európskych krajín sa rozšírila ako invázny druh.

MÄKKÝŠE – MOLLUSCA



Ulitníky – Gastropoda

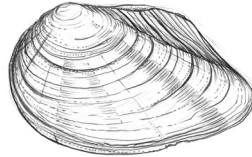
Rozšírenie: Vodné ulitníky obývajú tečúce i stojaté vody. Naše druhy patria do 10 čeladi.

Charakteristika: Sú zoškrabávače, pretože potravu zoškrabávajú drsným jazyčkom – radulou. Druhy žijúce v tečúcich vodách sú náročnejšie na obsah kyslíka vo vode a dýchajú väčšinou žiabrami. V tečúcich vodách sa vyskytujú: *Ancylus fluviatilis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Physa fontinalis*, *Bythinia tentaculata* či *Viviparus* sp. Prúdomilný *Ancylus fluviatilis* je početný v potokoch s kamenistým dnom, žije prichytený na kameňoch v prúde. V nížinných riekach sa hojne vyskytuje *Theodoxus fluviatilis* a v Dunaji zriedkavo *Theodoxus danubialis*. Pomerne vzácna je *Physa fontinalis*, ktorú možno nájsť v pomaly tečúcich

a stojatých vodách medzi rastlinstvom. Podobný vodný habitat obýva aj vzácny ulitník *Bathyomphalus contortus*.

V stojatých vodách sa vyskytujú aj druhy dýchajúce pľúcami: *Planorbarius corneus*, *Planorbis planorbis*, *Acroloxus lacustris*, *Limnaea stagnalis*, *Valvata* sp., *Galba truncatula*, *Stagnicola* sp. Fyza končitá (*Physella acuta*) je nepôvodný druh, ktorý sa k nám dostal zavlečením zo Stredomoria, nájdeme ho v tŕňach na brehu Dunaja. Medzi invázne druhy patrí aj malý ulitník hydróbia novozélandská *Potamopyrgus antipodarum*. Druhy rodu *Radix* (*R. ovata*, *R. auricularia*) sa vyskytujú v prietochných i neprietochných ramenách, boli napr. zistené v ramenách Hrona.

Lastúrniky – Bivalvia



Rozšírenie: Lastúrniky sú rozšírené hlavne v moriach a oceánoch, v sladkých vodách žije menej druhov. U nás je zaznamenaných 28 druhov patriacich do 4 čeľadí.

Charakteristika: Lastúrniky patria medzi aktívne filtrátory, t.j. aktívne nasávajú vodu a filtrujú z nej potravu. Lodnou dopravou alebo vtákmi boli k nám zavlečené nepôvodné druhy: *Dreissena polymorpha*, *Synanodonta woodiana* a *Corbicula fluminea*. Kopýtko prirastené *Dreissena polymorpha* pochádza zo Severnej Ameriky, rozšírilo sa do európskych riek, kde vytvára zhluky na ponorených predmetoch. Schránky invázneho lastúrnika *Corbicula fluminea* nachádzame vo veľkom množstve napr. v Chľabe pri Dunaji. Veľké lastúry šklábky ázijskej *Synanodonta woodiana* môžeme nájsť v alúviu Dunaja, Ipl'a či Hrona. O niečo menšie sú naše šklábky, ktoré majú aj ináč tvarovaný vrchol, kde sú husté, drobné, rôzne tvarované plastické línie (vrásky). Šklábka ázijská má pri vrchole väčšinou päť výrazných, od seba vzdialených valov. Šklábky majú pomerne krehkú schránku, čím sa odlišujú od korýtok, ktorých schránka je pevná. U nás žijú 3 druhy korýtok. Korýtko rieč-



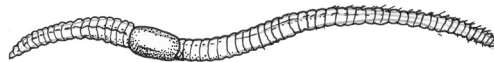
Obr. 180: *Ancylus* sp. Foto: M. Žiak



Obr. 181: *Unio* sp. Foto: M. Žiak

ne (*Unio crassus*) patrí medzi druhy zaradené do príloh európskej Smernice Rady 92/43/EHS o ochrane biotopov, voľne žijúcich živočíchov a voľne rastúcich rastlín (tzv. Smernica o biotopoch). Ide o druhy, o ktoré má spoločnosť záujem a ktoré si vyžadujú prísnu ochranu, resp. ochrana ktorých si vyžaduje zriadenie osobitných chránených území. Najbežnejším druhom je korýtko maliarske (*Unio pictorum*), vyskytuje sa vo vodných tokoch nížin. Našimi najmenšími lastúrnikami sú hrachovky (*Pisidium* sp.), ktoré merajú len niekoľko milimetrov, veľkosť hrachu dosahuje iba jeden druh. Kôstky (*Sphaerium* sp.) majú zas schránku podobnú ovocným kôstkam. Vyskytujú sa v stojatých a pomaly tečúcich vodách nížin.

OBRÚČKAVCE – ANNELIDA



Máloštetinavce – Oligochaeta

Rozšírenie: Známých je okolo 700 sladkovodných a asi 100 morských druhov, ktoré sú rozšírené po celom svete. U nás žije cca 124 druhov, ktoré patria do 11 čeladi, z nich sú najznámejšie čelade: Naididae, Tubificidae, Lumbriculidae, Lumbricidae, Enchytraidae a Branchiobdellidae.

Charakteristika: Telo majú článkované a pokryté štetinkami. Zohrávajú významnú úlohu v premene hmoty a toku energie vo vodách, pretože väčšina druhov patrí medzi detritofágy. Potravu prijímajú vcelku a nestraviteľné zvyšky vyvrhujú análnym otvorom. U rodov *Tubifex* sp. a *Limnodrilus* sp., prejde ich zažívacou trubicou za 24 hodín množstvo bahna, ktoré prevyšuje ich hmotnosť 4 – 6-násobne. Dravým spôsobom života sa vyznačujú druhy rodu *Chaetogaster* sp. Niektoré druhy žijú paraziticky, druhy čelade Branchiobdellidae sa živia krvou a kryciami epitelmi alebo svalstvom rakov. Viaceré druhy predovšetkým z čelade Tubificidae sú prispôbené na život v prostredí veľmi chudobnom na kyslík, pričom niektoré z nich vydržia bez kyslíka aj dlhú dobu (*Tubifex tubifex*, *Lumbriculus variegatus*). Schopnosť anaxobiózy je závislá na teplote, väčšie prežívanie bolo zistené pri nižšej teplote. Ako zdroj energie pri anaxobióze je vo zvýšenej miere využívaný glykogén. Veľký podiel na schopnosti prežívania pri nízkej koncentrácii kyslíka má aj koncentrácia hemoglobínu rozpusteného v hemolymfe. V nádržiach s nízkou koncentráciou kyslíka sú preto jedince druhu *Tubifex tubifex* intenzívne červené, dokážu prežívať aj v bezkyslíkatých podmienkach. Z čelade Naididae je v kľúči uvedená *Stylarialacustris*, ktorá sa vyskytuje v jazerách. Dážďovka pobrežná *Eiseniella tetraedra* sa podobá suchozemskej dážďovke, ale celý život prežije vo vode alebo vo vlhkom prostredí. Zástupcovia čelade Lumbriculidae sa vyskytujú hlavne v chladných vodách.

Pijavice – Hirudinea



Rozšírenie: Na svete je známych 650 druhov, u nás sú zastúpené 5 čeľad'ami: Glossiphoniidae, Erpobdellidae, Piscicolidae, Haemopidae a Hirudinidae.

Charakteristika: Poznáme ich podľa 2 prísaviek (predná môže byť aj redukovaná), ktoré sú umiestnené na začiatku a na konci tela. Pomocou nich sa pridržiavajú substrátu, pohybujú a prijímajú a vyvrhujú potravu. V miske s makrozoobentosom sa dajú ľahko rozlíšiť, lebo sa pevne držia podkladu. Pijavice patria medzi parazity a predátory.

Piscicola geometra je parazitom rýb, vyskytuje sa v nízinných stojatých vodách, je náročná na obsah kyslíka. Glossiphoniidae parazitujú na mäkkýšoch a máloštetinavcoch. Na mäkkýšoch cudzopasí napr. *Glossiphonia heteroclita*, ktorá je priehľadná, bledo sfarbená. Ďalší zástupca z tejto čeľade: klepsina dvojoká (*Hellobdella stagnalis*) obýva tečúce i stojaté vody od nížin po stredohorie. Je väčšinou bezfarebná, priehľadná a hojne rozšírená. Čeľad' Haemopidae je u nás zastúpená hnedo-čiernou pijavicou konskou *Haemopsis sanguisuga*. Tento druh s dĺžkou až 16 cm patrí k veľkým pijaviciam. Je dravá, živí sa rôznymi bezstavovcami, nepohrdne ani larvami obojživelníkov, ľudskú kožu však neprehryzne. Vyskytuje sa v stojatých a pomaly tečúcich vodách. Jediná u nás sa vyskytujúca pijavica, ktorá cudzopasí na cicavcoch, je pijavica lekárska *Hirudo medicinalis*, typická oranžovými pozdĺžnymi pásmi (ojedinele môžu chýbať). Vyskytuje sa v relatívne nenarušených stojatých vodách na južnom Slovensku. V tečúcich vodách je hojná *Erpobdella octoculata* a *Erpobdella vilnensis*. Nepôvodným druhom je *Dina punctata*, nájdeme ju v Dunaji a jeho prítokoch (napr. vo Vydrici).

KÔROVCE – BRANCHIATA

Rozšírenie: Je opísaných zhruba 67 tisíc druhov kôrovcov, ktorých veľkosť sa pohybuje od 0,1 mm (*Stygotantulus stocki*) až po 3,8 m (*Macrocheira kaempferi*). Väčšina kôrovcov sú vodné živočíchy. V morskom prostredí sú jednoznačne najdominantnejšou skupinou článkonožcov. Dominujú aj v sladkovodnom prostredí, zatiaľ čo na súši sa s nimi stretáme len výnimočne, úplne nezávislé od vodného prostredia vrátane vývinu sú len suchozemské rovnakonôžky (Isopoda).

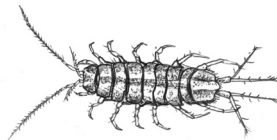
Charakteristika: Od ostatných vo vode žijúcich článkonožcov ich ľahko odlíšime podľa toho, že majú spravidla dobre vyvinuté dva páry tykadiel a viac ako štyri páry končatín. Ich telo chráni pevný pancier, ktorý musia zvliekať, aby mohli rásť.

Súčasťou makrozoobentosu v našich podmienkach sú zástupcovia z radov: Decapoda – desaťnožce, Isopoda – rovnakonôžky, Amphipoda – rôznonôžky a Misidacea, ktoré nie sú uvedené v kľúči.



Obr. 182: *Asellus aquaticus*, Foto: Matej Žiak

Rovnakonôžky – Isopoda



Asellus aquaticus (žížavica vodná) je bežná sladkovodná rovníkonôžka stojatých a mierne tečúcich vôd. Na jej hrudných článkoch nájdeme 7 párov kráčavých končatín. Samček dosahuje veľkosť asi 13 mm, samička približne 8 mm. Sfarbenie tela je zelenkasto hnedé až sivé so svetlejšími škvrnami. Vyskytuje sa v riekach, potokoch a stojatých vodách hlavne na miestach s kamenistým dnom, kde pod kameňmi nachádza úkryt. Je relatívne tolerantná voči znečisteniu.

Rôznonožky – Amphipoda



Dikerogammarus sp. je väčší druh, vyskytujúci sa hlavne v Dunaji, odkiaľ sa dostáva do jeho prítokov.

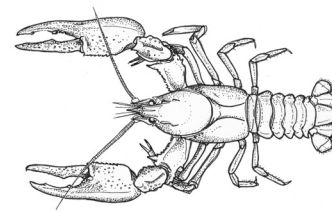
Echinogammarus sp. je zriedkavý invázny druh, ktorý sa šíri do Európy z ponto-kaspickej oblasti.

Gammarus sp. zahŕňa päť našich pôvodných druhov, z ktorých je najhojnejší *Gammarus fossarum*, vyskytujúci sa v podhorských tokoch. Patrí medzi drviče.

Gammarus roeseli je veľmi hojný krivák z teplejších a niekedy aj mierne znečistených vôd. Vyskytuje sa v stojatých aj pomaly tečúcich vodách nížin a podhorských oblastí. Najpočetnejší je na jeseň, kedy má dostatok potravy – prevažne opadaného lístia.

Desaťnožce – Decapoda

Známych je zhruba 10 000 druhov, čím sa jednoznačne stávajú najpočetnejšou skupinou kôrovcov. Meno dostali podľa počtu hrudných končatín, ktorých je desať (desaťnožce). V našich podmienkach sú predstaviteľmi desaťnožcov v potokoch, či jazerách a rybníkoch raky. Sú ľahko rozpoznateľné podľa veľkých klepiet, ktoré sa nachádzajú na prvom páre hrudných končatín.



Austropotamobius torrentium (rak riavový) je najmenší z našich rakov. Maximálna dĺžka tela môže byť 12 cm, ale najčastejšie je kratší ako 10 cm. Sfarbenie tela je obyčajne hnedé, olivové, béžové alebo príležitostne oranžové či červené. Druh je prispôsobený životu vo vodách s turbulentným prúdením. Od toho je odvodené aj jeho slovenské meno – rak riavový, ale hovorí sa mu aj rak „kamenáč“ podľa habitatu, ktorý obýva – menšie potoky s kamenistým dnom, pričom mu kamene na dne potoka slúžia ako úkryty. Od druhu *Astacus astacus* (rak riečny) sa dá odlíšiť pomocou rostra, ktoré má tvar rovnostranného trojuholníka, zatiaľ čo rostrum raka riečného má tvar rovnoramenného trojuholníka. Okrem toho má rak riavový za očami na pancieri jednu postorbitálnu lištu, kým rak riečny ich má dve.

Astacus astacus (rak riečny) dosahuje spravidla dĺžku do 15 cm, ale sú známe aj jedince, ktoré dorástli do dĺžky 18 cm. Sfarbenie varíruje od tmavohnedej, cez béžovú po svetlohnedú, výnimočne môžu byť aj žiarivo modré alebo červené. Obýva potoky a rieky s vysokou variabilitou zloženia substrátu, typu prúdenia, vodnej vegetácie a obsahu organických

látok v nížinách aj pohoriach, ako aj jazerá, rybníky a nádrže s dostatočnou ponukou úkrytov. Obyčajne sa nedá nájsť v rybníkoch s bahňitým dnom, i keď môže prosperovať aj v umelých nádržiach.



Obr. 183: *Astacus astacus*, Foto: E. Stloukal

Astacus leptodactylus (rak bahenný) dosahuje spravidla dĺžku do 15 cm, ale môže byť aj oveľa väčší. Sfarbenie tela je veľmi variabilné, obyčajne olivovo zelené až medovo hnedé, ale môže byť aj rôznofarebný. Kĺby sú často tmavooranžové. Známe sú aj modré variety. Jeho pôvodnou domovinou sú krajiny pontokaspickej oblasti, Čierneho, Azovského a Kaspického mora, do väčšiny krajín západnej, strednej a severnej Európy sa rozšíril čiastočne prirodzeným spôsobom a čiastočne po zásahu človeka. Je tolerantný

k širokému spektru environmentálnych podmienok, čo mu umožnilo obsadzovať sladké aj slané vody. V súčasnosti ho môžeme nájsť v riekach, kanáloch, nádržiach, jazerách a rybníkoch, vrátane mokradí. Prosperuje aj v novo vzniknutých vodných telesách ako sú napr. štrkoviská a lomy, kam býva umelo vysádzaný. Vyhovujú mu rôzne typy dna, od pevného a kamenitého až po jemné a bahnité. Je tolerantný voči nižšiemu obsahu kyslíka vo vode a vyšším teplotám vody.

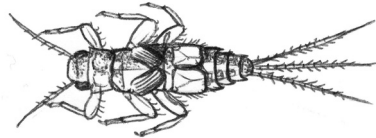
Pacifastacus leniusculus (rak signálny) – samce obyčajne dorastajú do dĺžky 16 cm, samičky do 12 cm, ale sú známe aj väčšie jedince. Je obyčajne modrasto-hnedo až červenavo-hnedo alebo svetlo či tmavohnedo sfarbený. Typická je svetlá škvrna pri báze palca na klepete. Spodná strana klepiet je spravidla červená. V Európe predstavuje nepôvodný druh, dovezený z USA v šesťdesiatych rokoch 20. storočia najskôr do Švédska a Fínska, kde mal nahradiť populácie raka riečneho zdevastované račím morom. Neskôr bol dovezený do ďalších európskych krajín. Bol zaznamenaný už aj na našom území, kam prenikol z umelých chovov v Rakúsku. Jedná sa o veľmi plastický druh, ktorý sa dokáže prispôbiť takmer akýmkoľvek podmienkam. Obýva široké spektrum habitatov od malých potôčikov až po veľké rieky, rybníky, jazerá či nádrže. Je tolerantný voči brakickej vode a vyššej teplote vody, nevyskytuje sa vo vode s pH nižším ako 6. *P. leniusculus* je veľmi aktívny a putuje aj proti prúdu riek, na krátke úseky sa dokáže presúvať aj po súši. V brehoch tokov si hľbia nory, ktoré môžu byť pomerne husto vedľa seba (14 nôr na 1 m²), čo má vážny vplyv na morfológiu brehov, prípadne môže spôsobiť ich zrútenie. Je pomerne dlhoveký, sú známe jedince, ktoré sa dožili 20 rokov.

Druh *Orconectes limosus* – ako príslušník inej čeľade Decapoda sa od vyššie spomínaných zástupcov najvýraznejšie líši. Klepetá sú relatívne malé a nepohyblivý prst klepeta je o niečo kratší ako palec. Typickým znakom sú červenohnedé pásy na chrbtovej strane bruškových článkov. Jedince dosahujú dĺžku do 12 cm. Jedná sa o v Európe nepôvodný druh, ktorý bol dovezený z USA do jedného rybníka v severovýchodnom Nemecku v roku 1890. Postupne sa rozšíril do ďalších európskych krajín, v súčasnosti je známy z viac ako 20 európskych štátov. Vyskytuje sa v nížinných vodách, vrátane bahnitých, zakalených a špinavých vôd veľkých riek, potokov, znečistených kanálov a riečnych prístavov ako aj rybníkov a jazier. Jedince znášajú vyschnutie habitatu na niekoľko týždňov a brakickú vodu.

Atyaephyra desmaresti – sladkovodná kreveta, pochádza z oblasti Stredozemného mora – zo Severnej Afriky a Južnej Európy (Španielsko, Taliansko, Korzika). Postupne sa rozšírila do ďalších európskych krajín a kanálom Rýn – Dunaj aj na naše územie. Jedná sa o menšieho desaťnožca. Samičky sú väčšie ako samčekovia, dosahujú veľkosť do 4 cm, samčekovia okolo 2,5 cm. Väčšinou sú priesvitné, prípadne modrasté, či hnedasté – môže nastať zmena farby počas života krevety. Znášajú teplotu vody od 2 °C do 30 °C a pH 6,5 – 8. Preferujú rieky s miernym prúdom, v nížinách s hustým rastlinným zárastom. Majú larválne štádium, ale nepotrebujú pre svoj vývin brakickú vodu.

HMYZ – INSECTA

Podenky – Ephemeroptera



Rozšírenie: Na svete je známych viac ako 3000 druhov, patria k najstarším predstaviteľom hmyzu na Zemi.

Charakteristika: Patria medzi hmyz s premenou nedokonalou (Exopterygota), majú 4 vývinové štádiá: vajíčko, larva, subimágo, imágo. Subimágo je štádium, počas ktorého u jedinca dozrievajú pohlavné orgány a po dozretí sa ešte raz zvlieka a mení sa na imágo. Dospelé jedince žijú krátko (niekoľko dní či hodín) a ústne orgány majú atrofované. Larvy majú tracheálne žiabre umiestnené na brušku (vzácne na panvičkách končatín či ústnych orgánoch), sú lístkovitého tvaru alebo vetvené. Vyvíjajú sa 1-3 roky (uni až semivoltínne), ale môžu mať aj dve generácie za rok (bivoltinné). Živia sa zoškrabávaním rias alebo organickými zvyškami, patria preto medzi zoškrabávače a detritofágy, len veľmi málo druhov je dravých. Tvoria významnú zložku potravy rýb.

U nás žije približne 120 druhov, ktoré patria do 15 čeladi.

Podenka nízinná (*Ephoron virgo*), ktorá patrí medzi ohrozené druhy našich podeniiek sa vyskytuje v teplejších pomaly tečúcich riekach. Žije zahrabaná v sedimente, kde je vystavená vplyvu polutantov, preto jej výskyt indikuje určitý stupeň narušenia nízinných riek.

Medzi chránené druhy patria aj podenky z rodu *Oligoneuriella*, ktoré sa vyskytujú v teplejších podhorských riekach. Dva druhy podeniiek rodu *Siphonurus* sp. (*S. alternatus* a *S. armatus*) patria na Slovensku tiež medzi chránené druhy a sú charakteristické pre relatívne neznečistené nízinné rieky a stojaté vody. Cenným nálezom môžu byť aj poden-

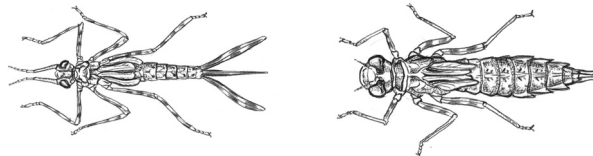


Obr. 184: Larva pošvatky *Baetis* sp. Foto: I. Kňaze

ky z čeľade **Ephemerellidae**, ktorých dva druhy (*Ephemerella notata* a *E. mesoleuca*) sú zaradené medzi ohrozené druhy. *E. mesoleuca* sa na rozdiel od predchádzajúcich druhov vyskytuje v podhorských tokoch, výskyt v nížinnom toku je zriedkavý. *E. notata* sa vyskytuje v nížinných riekach medzi rastlinami či ponorenými koreňmi. Jediný zástupca čeľade **Potamantidae** *Potamanthus luteus* sa vyvíja v teplejších nížinných tokoch (potamáli), kde sa živí prevažne jemným organickým materiálom (detritom) a riasami. Naši zástupcovia čeľade **Caenidae** preferujú stojaté vody, preto sú menej náročné na obsah kyslíka vo vode. Ešte menšie nároky na množstvo kyslíka vykazujú limnofilné druhy čeľade **Baetidae**, ktoré sa vyskytujú aj v tečúcich i stojatých vodách a patria medzi detritofágy a algofágy (živí sa riasami na kameňoch). Na jemnom substráte žijú hrabavé larvy čeľade **Ephemeridae**, napr. v ramenách Dunaja *Ephemerella vulgaris* a vo Vydrici a iných podhorských potokoch s jemným substrátom *E. danica*. Zástupcovia čeľade **Leptophlebiidae** sa vyskytujú v teplejších tečúcich a stojatých vodách, ale aj plesách.

Základné rody čeľade **Heptageniidae**: *Epeorus* sp., *Ecdyonurus* sp., *Rhithrogena* sp. a *Heptagenia* sp. sú znázornené v kľúči spolu s ich charakteristickými morfológickými znakmi. *Epeorus assimilis*, *Baetis alpinus* a druhy rodu *Acentrella* sú podenky, ktorých larvy majú 2 štety, larvy ostatných podeniiek majú 3 štety. U rodu *Ecdyonurus* sp. je predohrud' po stranách rozšírená a jej zadné rohy sú priťahnuté vo výbežky, ktoré presahujú pozdĺž predohrudi. U rodu *Rhithrogena* sp. sú žiabrové lístky prvého páru najväčšie, majú obličkovitý tvar a dotýkajú sa pod bruškom. Na rozdiel od toho sú u rodu *Heptagenia* sp. žiabrové lístky menšie, nezasahujú pod telo, takže netvorí súvislú prísavku. Všetky tieto druhy majú podobné ekologické nároky, t.j. vyskytujú sa v prúdivých úsekoch tokov a majú vyššie nároky na obsah kyslíka vo vode. Vyskytujú sa prevažne v horských a podhorských tokoch.

Vážky - Odonata



Rozšírenie: Celkove je na svete známych okolo 5 907 druhov, na Slovensku potvrdený výskyt 69 druhov. Vyskytujú sa hlavne v trópoch a subtropoch, menej v miernych a chladnejších oblastiach. Žijú v prameňoch, tečúcich a stojatých vodách.

Charakteristika: Patria medzi hmyz s premenou nedokonalou a podobne ako pošvatky predstavujú starobylú skupinu hmyzu. Vyskytujú sa na Zemi už od karbónu, teda 350 milión rokov. V prvohorách mali vážky v rozpätí krídel až 70 cm. Fosílné záznamy sú známe z Francúzska, Nemecka, Severnej Ameriky. Delíme ich na dva podrady, ktoré majú rozdielne larvy aj imága. Spoločným znakom lariev je chytacia maska, ktorá predstavuje premenenú spodnú peru (labium) a slúži na rýchle získavanie koristi.

Šidielka - Zygoptera sú menšie, imága majú rovnako veľké predné i zadné krídla, ktoré sú v pokoji väčšinou strechovite zložené nad telom s výnimkou čeľade **Lestidae**. Larvy (nazývané aj nymfy) majú 3 tracheálne prívesky slúžiace na pohyb a dýchanie. V kľúči sú

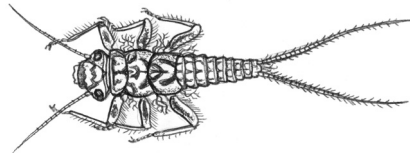


Obr. 185: *Calopteryx* sp. dospelý samec (vľavo hore). *Sympetrum pedemontanum* dospelec (vľavo dolu). Larva šidla (vpravo). Foto: M. Žiak

uvedené šidielka *Platycnemis pennipes* a hadovka z rodu *Calopteryx*, ktoré sa vyskytujú v mierne tečúcich teplejších tokoch. Čelad' **Calopterygidae** má len dva druhy. Najväčšia čelad' šidielok je čelad' **Coenagrionidae**, ktorej druhy žijú prevažne v stojatých vodách. Ich samce sú modro sfarbené a samice väčšinou hnedo-zelené, teda menej výrazné.

Šidlá – Anisoptera sú väčšie, u imág je druhý pár krídiel väčší a v pokoji sú rozložené. Larvy dýchajú rektálnymi análnymi žiabrami, ktoré slúžia súčasne aj na pohyb. Rýchlo lietajú a niektoré druhy sa vyznačujú teritoriálnym správaním. Patrí sem 5 čeladi, šidlá sa väčšinou vyvíjajú v stojatých vodách, niektoré znášajú nízke pH a vyskytujú sa vo vyššie položených rašeliniskách (vrchoviskách). Druhy čelade **Gomphidae** žijú u nás v tečúcich vodách a druhy čelade **Cordulegastridae** v prameňoch a podpramenných stružkách. Najväčšia vážka Európy *Cordulegaster heros* sa vyskytuje v malých zatienených tokoch (napr. vo Vydrici) a patrí medzi európsky významné druhy. Larva sa vyvíja vo vode 4 – 5 rokov.

Pošvatky – Plecoptera



Rozšírenie: Na svete sa vyskytuje približne 3500 druhov, najbohatšia je fauna Ázie a Severnej Ameriky, najmenej sú zastúpené v tropickej Afrike. U nás sa vyskytuje okolo 102 druhov hlavne v horských a podhorských tokoch, v stojatých vodách sa nevyskytujú.



Obr. 186: *Perla* sp. dospelec (vľavo). Foto: E. Bulánková, Plecoptera larva (vpravo). Foto: M. Žiak

Charakteristika: Patria medzi hmyz s premenou nedokonalou, objavili sa už v mladších prvohorách (karbóne). Názov je odvodený z gréckeho slova „pleco“ znamenajúceho poskladaný a „ptera“ – krídla, pretože imága skladajú krídla plocho na brušku. Larvy (nazývajú sa aj najády) aj imága majú telo zakončené 2 štetmi (paracerky) a majú hryzavé ústne orgány, ktoré sú u imág zakrpatené. Larvy sa živia hlavne hrubým (listami) alebo jemným detritom (Leuctridae, Nemouridae) a niektoré sú predátory (Perlidae, Perlodidae, Chloroperlidae). Druhy rodu Brachyptera sa živia riasami. Vyvíjajú sa 1- 4 roky, imága sú slabí letci. Pošvatky sú výborné indikátory čistoty vôd.

Zo siedmich u nás sa vyskytujúcich čeladi sú v kľúči uvedené príklady zástupcov čela-



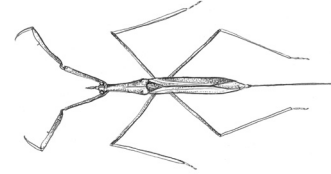
Obr. 187: *Isoperla* sp. Foto: M. Žiak

de Perlidae – naše najväčšie pošvatky horských a chladných podhorských tokov, náročné na obsah kyslíka vo vode, patria medzi predátory. O niečo menšie sú **Perlodidae**, ktoré nemajú tracheálne žiabre a vyskytujú sa aj v menších podhorských tokoch, ako napr. vo Vydrici. V takýchto tokoch nájdeme aj detritofágy

z čeladí **Leuctridae** a **Nemouridae**. Imága druhov čeláde **Chloroperlidae** sú žlté až zeleno sfarbené, patria medzi jarné druhy čistých vôd. Najväčšiu toleranciu k znečisteniu vykazuje pošvatka *Nemoura cinerea*, ktorá sa môže vyskytovať aj v znečistených dobre okysličených vodách.

Vodné bzdochy – Heteroptera aquatica

Rozšírenie: Sú rozšírené všade na Zemi. Známých je 40 000 druhov, z toho len okolo 8 % sú akvatické.



Charakteristika: Patria medzi hmyz s premenou nedokonalou sú zaraďované spolu s cikádami a voškami do radu Hemiptera, charakterizovaného bodavo – cicavými ústnymi orgánmi, ktorými cicajú rastlinné alebo živočíšne šťavy. Bzdochy majú polokrovky (hemelytrae), t.j. časť krídel je kožovitá a časť membranózna.

Vodné bzdochy sa delia na 2 podrody Nepomorpha a Gerromorpha. Nepomorpha nemajú tykadlá dobre viditeľné a žijú pod hladinou, Gerromorpha majú dobre viditeľné tykadlá, pohybujú sa po vodnej hladine, pričom končatiny (tarsus) majú tak usposobené, že neprepichnú povrchovú blanku vody, lebo váha tela je rozložená. Patria sem 4 čeláde: Mesoveliidae, Gerridae, Hebridae a Hydrometridae.

Larvy a imága čeláde **Mesoveliidae** sa pohybujú po vodnej hladine tečúcich vôd, kde chytajú korisť. Najčastejšie sa na hladine pomaly tečúcich vôd a hlavne u stojatých vôd stretávame s nymfami a imágami čeláde **Gerridae**, ktoré lovia mŕtvy hmyz spadnutý na hladinu. Drobné druhy čeláde **Hebridae** sa vyskytujú v rašelinných vodách a **Hydrometridae** behajú po hladine stojatých vôd, niekedy prechádzajú aj na súš.



Obr. 188: *Gerris* sp. Foto: M. Žiak

Do podradu Nepomorpha patrí 6 čeľadí: Nepidae, Corixidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae a Aphelocheiridae. Corixidae vysávajú rastlinné šťavy (fytosúgne), ostatné druhy sú zoosúgne.

Čeľad' **Nepidae** je zastúpená u nás jedným druhom *Nepa cinerea* – splošťuľa bahenná, ktorá má charakteristické adaptácie na dravý spôsob života – lapacie nohy s mohutnými stehnami a dýchaciu rúrku umožňujúcu prežívanie aj v menej okysličených vodách. Vyskytuje sa v stojatých vodách a v odtokoch stojatých vôd, resp. v zátočinách nížinných tokov.

Čeľad' **Corixidae** je viazaná hlavne na nížinné stojaté vody, kde sa pohybuje medzi vodnými rastlinami, ktoré vyciava. Zástupcovia majú telo dobre adaptované na plávanie, tarzus majú ochlpený, tvarom pripomínajúci veslá.

Čeľad' **Naucoridae** je u nás zastúpená jediným druhom *Ilyocoris cimicoides*, ktorý má ľudové meno vodná včela, pretože v stojatých vodách, kde môže byť premnožená, napadne aj teplokrvné živočíchy. Jej výskyt je viazaný na dobre zarastené stojaté vody.

Čeľad' **Pleidae** má taktiež len jediný druh *Plea minutissima*, je to maličká bzdocha tvaru člnku, ktorá sa vyskytuje v hustej vodnej vegetácii stojatých vôd.

Čeľad' **Aphelocheiridae** má u nás tiež jediného zástupcu *Aphelocheirus aestivalis*, je tiež jediná bentická bzdocha vyskytujúca sa v prevažne v nížinných tokoch. Je zaradená medzi zraniteľné druhy vodných živočíchov.



Obr. 189: Corixidae. Foto: I. Kňaze

Čeľad' **Notonectidae** má v našich podmienkach jediný rod *Notonecta* – chrbtoplávka. Ako vyplýva z mena, pláva na chrbte, je dravá a patrí k pionierskym druhom priletavajúcim na záhradné jazierka a iné novovytvorené biotopy stojatých vôd.

Vodnárky – Megaloptera

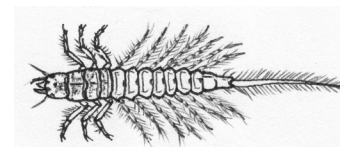
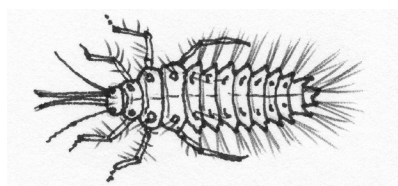
Rozšírenie: Počtom druhov chudobný rad, na svete je známych približne 300 druhov, z toho na Slovensku 4, ktoré sa vyskytujú v tečúcich i stojatých vodách. Patria do jediného rodu *Sialis* sp. Najpočetnejšie sú v tropických oblastiach.

Charakteristika: Dospelce sú nenápadne sfarbené, žijú len niekoľko dní a zdržiavajú sa spravidla v blízkosti liahnisk. Larvy sú prispôbené životu vo vode. Škvornité telo môže dosahovať dĺžku až 30 mm. Na hlave sa nachádzajú nápadné hryzavé ústne ústroje. Na väčšine bruškových článkov majú dlhé článkované žiabrové prívesky, na konci bruška sa nachádza nepárový dlhý terminálny filament. Larvy sú dravé a živia sa iným vodným hmyzom.

Sieťokrídlovce – Planipennia

Rozšírenie: Sieťokrídlovce sú rozšírené hlavne v trópopoch a subtrópopoch, ale niektoré druhy zasahujú až do polárnych oblastí. Na celom svete je známych približne 7000 druhov, na Slovensku 91 druhov.

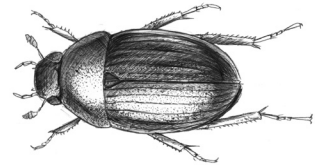
Charakteristika: Sieťokrídlovce majú kampodeovité larvy, väčšina z nich sú terestrické. Výnimkou je čeľad' Sisyridae. Larvy druhov tejto čeľade sa vyvíjajú vo vodných habitatoch. Predĺžené ústne ústroje slúžia na napichávanie buniek hubiek a machoviek a vyciavanie ich obsahu. Larvy **Sisyridae** vyzerajú bizarne, majú štíhle nohy na objemnej hrudi, dlhé tykadlá a ohybné, tenké ústne ústroje. Druhý a tretí instar nesie sedem párov článkovaných, pohyblivých tracheálnych žiabier na baculatom brušku. Vďaka týmto žiabram sa dajú odlíšiť od lariev iných skupín hmyzu.



Obr. 190: *Sialis* sp. dospeliec. Foto: E. Bulánková

Semiakvatické larvy čeľade **Osmylidae** žijú v machoch na brehoch potokov. Mandibuly a maxilly sú dlhé, štíhle a styletovité. Telo nesie početné krátke sety (štetiny) a bruško končí párom vydutých prstovitých výbežkov, ktoré sú pokryté háčikmi.

Chrobáky - Coleoptera



Rozšírenie: V tečúcich vodách po celej Zemi žije okolo 18 000 druhov vodných chrobákov.

Charakteristika: Chrobáky delíme na dva podrady Adephaga a Polyphaga. Adephaga sú mäsožravé, patria sem čeľade: Gyrinidae, Dytiscidae, Haliplidae a Hygrobiidae.

Polyphaga sú všežravé a patria k nim čeľade: Curculionidae, Donaciidae, Helodidae, Psephenidae, Elmidae, Spercheidae a Hydraenidae.

Larvy vodných chrobákov sa vyznačujú sklerotizovanou hlavou, 3 párami článkovaných končatín a chýbaním základov krídel. Imága chrobákov sú charakteristické silne sklerotizovaným prvým párom krídel, druhý pár krídel je blanitý.

Chrobáky patria medzi hmyz s premenou dokonalou a viaceré druhy prežijú aj ako dospelce vo vodnom prostredí, na rozdiel od iných skupín vodného hmyzu. Majú hryzavé ústne orgány, 1. pár krídel je chitinózny (krovky – elytra) a druhý pár krídel je blanitý. Larvy majú rôzny tvar i spôsob výživy. Zaujímavé je dýchanie niektorých druhov vodných chrobákov. Majú tzv. plastrón, t.j. okolo chĺpkov na brušku sa nahromadia vzduchové bubliny, z ktorých čerpajú pod vodou kyslík. Takto dýchajú druhy čeľade Dryopidae a Elmidae. Z rastlinných pletív získavajú nabodávaním tkanív kyslík larvy čeľade Chrysomelidae.

Zaujímavosťou zoškrabávačov čeľade **Dryopidae** je, že larvy sú semiakvatické a imága sú akvatické. Vyskytujú sa medzi rastlinami v stojatých vodách.

Príbuzná čeľaď **Elmidae** má larvy a imága žijúce v prúdiacich úsekoch tečúcich vôd pod kameňmi a drevom. Patria medzi zoškrabávače. Larvy majú telo zakončené 3 trsmi análnych žiabier. Dospelce i larvy nedýchajú atmosférický kyslík, preto vyžadujú dostatok kyslíka, ktorý sa nachádza v chladnej prúdiacej vode.

Potápnikovitité (Dytiscidae) – potápniky predstavujú najpočetnejšiu čeľaď vodných chrobákov. Larvy a imága žijú vo vode a sú dravé. Vyskytujú sa predovšetkým v stojatých vodách, kde sa ukrývajú medzi rastlinami. Dýchajú atmosférický kyslík.



Obr. 191: Larva chrobáka z rodu *Elmis*. Foto: E. Bulánková

Krútnavcovité (Gyrinidae) patria tiež medzi dravce. Nájdeme ich v tíšninách vôd, kde dospelce krúžia po vodnej hladine. Zložené oči dospelých sú rozdelené na dve časti, takže súčasne vidia nad a pod vodnú hladinu.

Plavčíkovité (Haliplidae) sú drviče. Vyskytujú sa prevažne v stojatých vodách s hustou submerznou vegetáciou. Larvy sú často nápadné dlhými výrastkami na tele, dýchajú kyslík rozpustený vo vode, imága zas atmosférický kyslík.

Vodomilovité (Hydrophillidae) sú predátoři vyskytujúce sa hlavne v stojatých vodách. Podobne ako potápniky dýchajú atmosférický kyslík, ale nezískávajú ho vynorením bruška ako potápniky, ale hlavou sa vynoria a naberú kyslík pod krídla. Patrí sem najväčší vodný chrobák vodomil čierny *Hydrous piceus*.

Hydraenidae žijú v tŕňoch medzi vodnými rastlinami. Ich larvy sú malé, väčšinou od 3 – 4 mm.

Niektoré vodné chrobáky parazitujú na vodných rastlinách v stojatých vodách. V kľúči nie sú zobrazené, lebo nepatria medzi typické bentické bezstavovce.

Potočníky – Trichoptera



Rozšírenie: Zahŕňajú približne 13 574 platných druhov spolu s vyhynutými a fosílnymi druhmi. Na Slovensku bolo doteraz zaznamenaných približne 175 druhov vyskytujúcich sa vo všetkých typoch vôd – tečúcich i stojatých. Patria do 18 čeľadí, z ktorých charakteristiku uvádzame pre zobrazené taxóny, najčastejšie sa vyskytujúce v tečúcich vodách.

Charakteristika: Patria medzi hmyz s premenou dokonalou, vo vývoji majú štádium kukly. Dospelce sa podobajú motýľom, avšak krídla majú pokryté chĺpkami (chĺpkatokrídlovce)



Obr. 192: Larva schránkatého potočníka. Foto: M. Žiak

a nemajú cuciak, ale hryzavé ústne orgány.

Schránkaté potočníky (podrad Integripalpia) majú larvu podobnú húsenici, s hryzavými ústnymi orgánmi, ktorých os hlavy zvierajú s osou tela pravý uhol.

Bezschránkaté potočníky (podrad Annulipalpia) majú hryzavé ústne orgány, ktorých os je predĺženou osou tela.

Larvy potočnickov majú na konci tela tzv. análne panôžky väčšinou zakončené háčikmi, ktoré sú adaptáciou na silné prúdenie vody. Majú 5-7 vývojových štádií (instarov), životné cykly trvajú väčšinou jeden rok. Patria k rozličným potravným skupinám: pasívne filtrátory sú druhy rodu *Hydropsyche*, predátory sú zástupcovia čel. Polycentropodidae a Rhyacophilidae, zoškrabávače rias a detritofágy sú z čelade Limnephilidae. Larvy majú na spodnej pere snovacie žľazy, ktoré produkujú vlákna na tvorbu sietí alebo schránok, kde fungujú ako lepidlo.

Čelad' **Rhyacophilidae** zahŕňa u nás 14 druhov rodu *Rhyacophila* sp., bezschránkatých dravých potočnickov vyskytujúcich sa v tečúcich, mierne organicky znečistených vodách. Larvy bývajú za živa často zeleno sfarbené.

Druhy čelade **Glossosomatidae** sú malé schránkaté potočníky tečúcich vôd podhorských až horských potokov, patria medzi detritofágy a zoškrabávače. Vyskytujú sa v čistých tokoch.

Larvy druhov čelade **Hydroptilidae** patria k najmenším potočnikom (do 8 mm) a sú pomerne málo preskúmané. Vyskytujú sa v tečúcich vodách.

Philopotamidae sú tiež pomerne malé bezschránkaté potočníky, dorastajú do veľkosti 22 mm, majú dobre sklerotizovanú hlavu a prvý hrudný článok. Vyskytujú sa v chladnejších čistých tečúcich vodách. Potravu chytajú do sietí.

Druhy čelade **Hydropsychidae** patria tiež medzi bezschránkaté potočníky a potravu chytajú do sietí. Vyskytujú sa v tečúcich vodách, ktoré môžu byť aj organicky znečistené, čo im poskytuje dostatok potravy.

Polycentropodidae predstavujú ďalšiu čelad' bezschránkatých potočnickov. Stavajú si medzi kameňmi siete a vyskytujú sa prevažne v nižšie položených tokoch s výnimkou rodu *Plectrocnemia*.

Larvy čelade **Psychomyidae** dorastajú do veľkosti 1 cm. Patria k zoškrabávačom rias, filtrátorom a druhy rodu *Lype* sp. sa živia aj drevom.

Brachycentridae si stavajú schránky, u druhu *Brachycentrus montanus* sú schránky švorhranné. Obývajú tečúce vody horských a podhorských polôh a patria k rôznym potravným typom (zoškrabávače, filtrátory, predátory).

Goeridae sú drobné (do 11 mm) a stavajú schránky z boku zaťažené kamienkami. Vysky-

tujú sa v tečúcich vodách, ktoré môžu byť aj mierne organicky znečistené, patria medzi detritofágy a niektoré medzi zoškrabávače.

Veľká čeľaď **Limnephilidae** zahŕňa druhy tečúcich a stojatých vôd so schránkami, ktoré sú u druhov žijúcich v tečúcich vodách anorganického materiálu a u druhov žijúcich v stojatých vodách prevažne organického materiálu, napr. aj zo schránok ulitníkov. Majú sklerotizované prvé dve články, na treťom článku je 6 malých doštičiek. Patria do rozmanitých potravných skupín. Druh *Anabolia furcata* má na schránke pripevnené dlhšie vetvičky, ktoré ju chránia pred dravými rybami. *Glyphotaelius pellucidus* sa vyskytuje v teplejších stojatých vodách, schránku má tvorenú z listov.

Sericostomatidae si vytvárajú schránky z piesku, ktoré sú mierne zakrivené a zakončené blankou. Vyskytujú sa v tečúcich vodách podhorských tokov, sú považované za indikátory relatívne nenarušených tokov.

Lepidostomatidae sú drobné (do 11 mm) schránkaté potočníky vyskytujúce sa v tečúcich vodách, znesú aj mierne organické znečistenia. Najčastejšie sa vyskytujúci druh *Lepidostoma hirtum* je zoškrabávač a drvič, ktorý sa vyskytuje v tečúcich vodách i v pobrežnom pásme (litoráli) stojatých vôd.

Dvojkřídlovce – Diptera



Rozšírenie: Sú rozšírené všade na Zemi. Vývinové štádiá niektorých čeľadí žijú vo vodnom prostredí, dospelce obývajú súš. Súčasťou makrozoobentosu v našich podmienkach môžu byť larvy nasledovných čeľadí: Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Blephariceridae, Psychodidae, Ptychopteridae, Dixidae, Athericidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Syrphidae a Ephydriidae.

Charakteristika: Vodné dvojkřídlovce patria u nás do 25 čeľadí, z ktorých uvádzame len tie, ktoré sa u nás bežne vyskytujú alebo sú významné pre človeka z medicínskeho či iného aspektu.

Podľa zaužívaného členenia sa delia na Nematocera (komárovité) a Brachycera (muchovitité).

Čeľaď **Tipulidae** (tipule) – imága sú podobné veľkým komárom, ale samice necicajú krv. Larvy majú valcovité telo a charakteristické zakončenie tela análnym stigmálnym polom, pozostávajúcim zo 6 lalokov, ktoré obklopujú stigmy. Vyskytujú sa v tíšinách tečúcich vôd, rod *Tipula* hlavne v podhorských a nížinných tokoch a riekach, rod *Savtshenkia* sa vyskytuje v horských tokoch, kde sa larva v prúde zdržiava medzi machom. Niektoré druhy sa môžu vyskytovať aj vo vlhkom dreve, listí a v rašeliniskách. Patria medzi drviče.

Čeľaď **Limoniidae** (bahnomilky) sa, ako ich názov naznačuje, vyskytujú v štádiu larvy v bahnitom a inom jemnom substráte hlavne v tíšinách tečúcich vôd, niektoré druhy aj

v stojatých vodách. Larvy majú valcovité telo zakončené najviac 5 stigmálnymi lalokmi alebo vidlicovitými výbežkami (stigmálnymi lalokmi).

Čeľad' **Pediciidae** sa nedávno vyčlenila z čeľade Limoniidae. Patria sem len dva rody *Dicranota* sp. a *Pedicia* sp.. Ich larvy sú dravé a rod *Dicranota* sa vyskytuje vo všetkých typoch tečúcich vôd, ktoré nie sú toxicky znečistené.

U čeľade **Chironomidae** (pakomáre) dospelce pripomínajú komáre, ale živia sa výlučne rastlinnou potravou a samičky necicajú krv. Larválne štádiá môžeme nájsť takmer vo všetkých typoch vôd a niektoré aj v semiakvatických habitatoch, vrátane dendrotelm, hniúcich rastlín, pôdy a v odpadových vodách, či umelých kontajneroch, ktoré po dažďoch fungujú ako nádrže vody. Predstavujú dôležitú súčasť makrozoobentosu väčšiny sladkovodných ekosystémov. Často sú spájané s narušenými ekosystémami, či ekosystémami s nízkou diverzitou, pretože niektoré druhy sa prispôbili prakticky bezkyslíkatým podmienkam a dominujú v znečistených vodách (*Chironomus thumi*, *Chironomus plumosus*). Larvy týchto druhov sa vyznačujú žiarivo červeným sfarbením, vďaka hemoglobínu. Ich schopnosť zachytávať kyslík sa okrem toho zvyšuje aj vlnkovitými pohybmi, ktoré vykonávajú.

U čeľade **Simuliidae** (muškovité) drobné dospelé samičky väčšiny druhov bolestivo bodajú a cicajú krv hostiteľa. Dosahujú veľkosť 2-5 mm. Vývinové štádiá (larvy, kukly) sú dôležitou súčasťou fauny takmer všetkých typov tečúcich vôd s výnimkou chemicky silne zne-

čistených. Larvy väčšiny druhov sú mikrofágne filtrátory, žijú poloprisadnuto na rôznych typoch substrátu a živia sa rôznymi mikroorganizmami, drobnými živočíchmi a organickým detritom. Larvy sú eucefálne, so zreteľne oddelenou hlavou, jednou hrudnou panôžkou a prísavkou na zadnom konci tela, ktorá im umožňuje dostatočne pevné uchytenie na substráte aj v silnom prúde vody. Vyskytujú sa od nížinného až po vysokohorský stupeň, pričom vyššia diverzita druhov je známa z horského prostredia.

Dospelce čeľade **Ceratopogonidae** (pakomáriky) sú spravidla drobné, 1 – 3 mm veľké dvojkřídlowce, ktoré sa liahnu počas pokoj-



Obr. 193: Larva prísavkára rodu *Liponeura*. Foto: E. Bulánková

ných teplých večerov na miestach, kde prebiehal larválny vývin. Sú to najrozmanitejšie vlhké stanovištia, pobrežné časti potokov, riek, vodných nádrží, ale aj periodické mláky dažďovej vody, lesná hrabanka, dutiny stromov, rašeliniská a pod. Larvy, ktoré sa vyvíjajú v niektorom z vyššie uvedených prostredí, sú eucefálne, spravidla veľmi štíhle, červovitého tvaru. Telo je tvorené zreteľne oddelenou hlavou a 12 článkami – 3 hrudnými a 9 bruškovými. Sú známe 4 larválne instary. Pre posledný instar je charakteristické presvietenie predohrudného dýchacieho aparátu kukly cez kutikulu tela larvy. Larvy niektorých druhov sú predátory, ale väčšinou sú omnivorné.

Čeľad' **Blephariceridae** (prísavkáre) je malá, ale kozmopolitne rozšírená skupina vo vode sa vyvíjajúcich dvojkřídlcov. Larvy sú viazané na rýchlo tečúce potoky, kde obývajú miesta s najprudším tokom na hornej strane kameňov. Sú to zoškrabávače, ktoré sa živia riasami a iným organickým materiálom zachyteným v tenkom povlaku na skalách. Larvy sú vďaka svojmu tvaru tela a 6 prísavkami na brušnej strane nezameniteľné. Kukly sa objavujú na tom istom substráte ako larvy. Samičky a samčekovia majú vo väčšine prípadov redukované ústne ústroje a živia sa nektárom, samičky niektorých druhov sú dravé a lovia podenky, potočníky a dospelce iných druhov akvatického hmyzu. Sú indikátormi čistoty tečúcich vôd.

Čeľad' **Psychodidae** žije v najrozmanitejších biotopoch. Druhy rodu *Psychoda* sa môžu vyskytovať aj v odpadových vodách, niektoré sú viazané na vápenité vody (rod *Pneumia*). Sú drobné, larvy majú telo pokryté chitínovými doštičkami s trňami, ktoré im slúžia na prichytenie v machu (rod *Berdeniella*) v prudko tečúcich horských potokoch.

Dospelce čeľade **Ptychopteridae** sú štíhle, stredne veľké, tipuliam podobné muchy. V Európe sa vyskytuje jediný rod *Ptychoptera*. Larvy sú akvatické alebo semiakvatické, žijú v usadenom bahne a živia sa rozkladajúcim sa rastlinným materiálom. Zrelé larvy sú relatívne veľké (až do 50 mm dĺžky), s dlhou kaudálnou dýchacou trubicou, ktorou prijímajú atmosferický kyslík. Vyhovuje im preto plytšia voda, kde dosiahnu k hladine. Vo Vydrici sa na jemnom substráte vyskytuje *Ptychoptera albimana*.

Čeľad' **Dixidae** – komárikovité je malou čeľad'ou, ktorá je príbuzná čeľad'iam Chironomidae, Culicidae a Chaoboridae. Všetky larvy sú akvatické, ale kuklenie prebieha už mimo vody. Dospelce necicajú krv. Dixidae sa vyskytujú v stojatých (rod *Dixella*) a pomaly tečúcich vodách (rod *Dixa*). Larvy využívajú štetiny na mandibulách na filtrovanie drobných čiastočiek potravy z vody, ako sú napr. riasy. Zistilo sa, že larvy sa vyhýbajú priamemu slnečnému svetlu, nasledujú tieň ako deň postupuje a ak nenájdu tieň, driftujú dolu prúdom. Kuklenie prebieha na kameňoch a prevísajúcej vegetácii, približne 5-10 cm nad hladinou vody. Sú indikátormi zachovalých biotopov.

Larvy čeľade **Athericidae** sú pomerne masívne, dravé a vyskytujú sa v tečúcich vodách. *Atherix ibis* je indikátor vodnatosti tokov, pretože samičky kladú vajčká do zhlukov prile-

pených na mostoch, skalách či vetvách pobrežnej vegetácie. Na to, aby sa vyliahnuté larvičky mohli vyvinúť, potrebujú padnúť do vody, kde prebieha ich ďalší vývin. *Ibisia marginata* sa vyskytuje v chladnejších, čistých vodách.

Dospelce čelade **Tabanidae** (ovady) sú stredne veľké až veľké muchy, ktoré v Európe dosahujú veľkosť 6 – 27 mm. Sú často nápadné pestro sfarbeným telom a veľkými, zvyčajne smaragdovozelenými očami s kresbou. Larvy sú pretiahnutého valcovitého tvaru, zašpicatené na obidvoch koncoch a v priereze takmer kruhové. Telo larvy pozostáva zo zatiahnuteľnej hlavovej schránky, 3 hrudných článkov a 8 bruškových článkov a z koncového dýchacieho siphu. Vývinom sú ovadovité viazané na vlhké biotopy v blízkosti vôd, časť cyklu mnohých druhov prebieha priamo vo vode. Larvy vyliahnuté z vajícok padajú buď priamo do vody, alebo na vlhkú zem. Prvé dva larválne instary sa vyznačujú aktívnym pohybom po hladine vody alebo po substráte a označujeme ich ako migračné štádiá, neprijímajú aktívne potravu, sú pozitívne fototaktické a ich hlavnou úlohou je disperzia. Larvy 3. štádia vo vode plávajú ku dnu a medzi vodné rastliny. Počínajúc 3. instarom sú larvy všetkých vyšších štádií veľmi aktívne predátory, ako potrava im slúžia larvy iného hmyzu, ale aj červy a mäkkýše.

Jasne sfarbené dospelce čelade **Stratiomyidae** sú nápadné a často sa vyskytujú v blízkosti vodných tokov. Larvy môžu byť akvatické aj terestrické. Akvatické larvy sú dorzoventrálne sploštené a zrelé larvy môžu byť relatívne dlhé, až 50 mm. Larvy obývajú rôzne typy vodných habitatov, najpočetnejšie však žijú pri brehoch nádrží a potokov. Niektoré larvy sú predátory, zatiaľ čo iné sa živia detritom. Larvy rodu *Stratiomys* sú veľmi odolné a dokážu žiť aj v silne organicky znečistených vodách, naopak v čistých prameňoch sa vyskytujú larvy rodu *Oxycera*.

Dospelce mnohých druhov čelade **Syrphidae** (pestrice) sa podobajú blanokrídlovcom a sú významnými opelovačmi. Niektoré larvy sú akvatické a vyznačujú sa rôzne dlhou kaudálnou dýchacou rúrkou. Vyskytujú sa často v organicky znečistených vodných habitatoch oboch typov – v stojatých aj v tečúcich vodách. V znečistených habitatoch dokážu existovať vďaka tomu, že dýchajú atmosferický kyslík, ktorý získavajú spirákulom (otvorom) na konci kaudálnej dýchacej rúrky. Larvy niektorých druhov môžu byť dlhšie ako 50 mm a niektorí rybári ich považujú za vynikajúcu návnadu na ryby.

Čelad' **Ephydriidae**: Väčšina druhov čelade Ephydriidae má akvatické alebo semiakvatické larvy. Môžu byť početné v niektorých atypických vodných habitatoch, ako sú salínne vody a termálne pramene. Niektoré larvy žijú v stonkách vodných rastlín alebo napichávajú stonky kvôli kyslíku zabodnutím ostrých trňov spirákul. Larvy sú hlavne herbivory alebo detritovory. Niektoré larvy ryjú v bahnitom alebo piesčitom dne akvatických habitatov, zvlášť v rybníkoch. Kyslík môžu získavať vystrčením dlhej rúrky (siphu) na hladinu alebo v hlbších vodách vyplávaním na hladinu.

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B., 1999: Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. 1999.
- Beracko, P. & Košel, V., 2011: Life Cycle and Feeding Habits of *Dina punctata* Johansson, 1927 (Erpobdellidae, Hirudinea) in a Small Carpathian Stream. *International Review of Hydrobiology*, 96/1: 39 – 47.
- Čejka, T., 2011: Úvod do determinácie našich hrachoviek (*Pisidium*). – *Limnologický spravodajca* 5(2): 39 – 42.
- Čejka, T., 2010: Naše malé lastúrniky (kôstky a hrachovky, Sphaeriidae): rozšírenie, ekológia a sozologický status. *Limnologický spravodajca*, 4: 16 – 24.
- Krno, I., 2009: *Limnológia tečúcich vôd*. Bratislava, Univerzita Komenského, 76 pp.
- Rozkošný, R. (ed.), 1980: *Klíč vodných larev hmyzu*. Academia, Praha, 521 pp.
- Smernica rady 92/43/EHS z 21. mája 1992, Úradný vestník Európskej únie, 15/2, 44 pp. o ochrane prirodzených biotopov a voľne žijúcich živočíchov a rastlín.
- Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a rady z 23. októbra 2000 ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky. Úradný vestník Európskej únie, 15/zv.5, 275 – 346.
- Šporka, F. (ed.), 2003: *Vodné bezstavovce (makrovertebráta) Slovenska, súpis druhov a autekologické charakteristiky*. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 590 pp.
- Walley, W. J. & Hawkes, H. A., 1996: A computer-based reappraisal of Biological Monitoring Working Party scores using data from the 1990 River Quality Survey of England and Wales. *Water Research*, 30 (9), 2086-2094.
- Walley, W. J. & Hawkes, H. A., 1997: A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating, biotope type and indicator value. *Water Research*, 31 (2), 201-210.

METÓDY ODBERU VZORIEK SLADKOVODNÝCH BEZSTAVOVCOV

Tomáš Derka

Sladkovodné bezstavovce tvoria pestrú skupinu organizmov rôznych veľkostí od mikroskopických po makroskopické. Patria do rôznych systematických skupín a obývajú prakticky všetky typy prostredia. Na odber vzoriek sladkovodných bezstavovcov sa využívajú rozličné nástroje a metódy, v závislosti od typu prostredia v ktorom vzorkujeme, ako aj od skupiny organizmov, resp. cieľa vzorkovania.

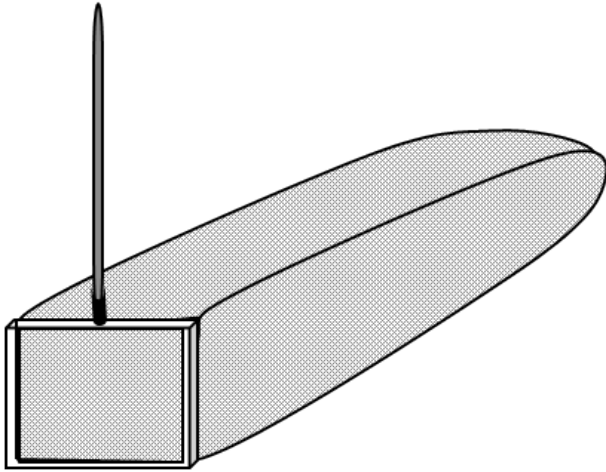
Makrozoobentos

V menších vodných tokoch, mlákach a menších jazierkach je prevažná väčšina bezstavovcov viazaná na dno (tzv. zoobentos), iba malá časť na povrchovú blanku vody, tzv. neustón alebo vodný stĺpec, tzv. nektón. Ako makrozoobentos označujeme bentické bezstavovce, ktoré sú zachytiteľné sieťou alebo sitom s veľkosťou otvorov 500 μm .

Iba holými rukami, maximálne s pomocou pinzety, môžeme získať bentické bezstavovce prichytené na kamene, kusy dreva alebo iné pevné predmety (rastliny, korene stromov, plastový a kovový odpad) ponorené vo vode, resp. ležiace na dne. V prípade živočíchov pevne prichytených k substrátu, ako sú larvy a kukly muškovitých (Simuliidae), prísavkárovitých (Blephariceridae), schránkaté larvy a kukly potočníkov (Trichoptera), pijavice (Hirudinea), ploskulice (Turbellaria), ulitníky (Gastropoda), je toto najspôľahlivejšia metóda. Takto môžeme získať aj rozličné larvy vodného hmyzu, ktoré sa tiež dajú vytiahnuť z vody spolu s ponoreným predmetom, aj keď časť jedincov unikne.

Najbežnejšie používanou metódou pri odbere bentosu je tzv. kopacia technika, pre ktorej kopaním, resp. prehrabávaním rozrušujeme dnový substrát, čím sú bentické bezstavovce uvoľňované z dna do vodného stĺpca, kde ich zachytíme odberovými zariadeniami. V stojatých vodách rozrývame dno rukou alebo nohou a nad zvráteným dnom šmýkame sieťou vytvárajúc pohybom ležaté osmičky. Vo vodnej vegetácii šmýkame podobne ako na súši. V tečúcich vodách zachytávame vypudené jedince do odberových zariadení, do ktorých sú zanesené prúdom vody. Na zber vodných bezstavovcov boli vyvinuté rozličné typy odberových zariadení. Makroskopické bentické bezstavovce (makrozoobentos) sa najbežnejšie a najjednoduchšie odoberajú viacerými typmi hydrobiologických sieťok (obr. 1).

Rám býva rôzneho tvaru: štvorcový, obdĺžnikovitý, okrúhly alebo tvaru D. Látka býva rôzna, s rozličnou veľkosťou ôk, zvyčajne 125 – 500 μm . Hustejšie sieťky zachytia aj menšie or-



Obr. 1: Hydrobiologická sieťka. © Pavel Beracko

ganizmy, avšak rýchlejšie sa upchávajú jemným sedimentom. V sieťkach s väčšími okami sa vzorka ľahšie prepláchna a zbaví jemného sedimentu, avšak nezachytia sa menšie živočíchy (napr. prvé instary lariev vodného hmyzu). Dôležitým parametrom je dĺžka, resp. hĺbka sieťky. Mala by byť dostatočná (aspoň 2-násobok priemeru rámu), aby v silnejšom prúde nedochádzalo k spätnému vyplavovaniu vzorky, avšak nie príliš hlboká, aby sa s ňou dobre manipulovalo. Koniec sieťky býva buď jednoducho

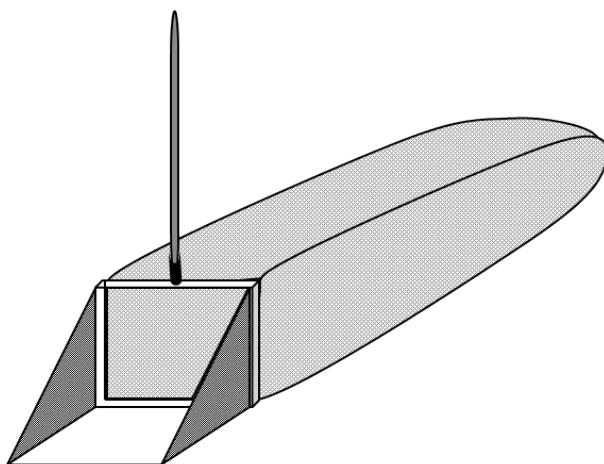
zošitý, prípadne je všité dno. Niekedy býva na konci sieťky pripevnená nádoba na vzorku, ktorá sa dá ľahko uvoľniť, čo umožňuje komfortnejšiu manipuláciu so vzorkou. K sieťke sa zvyčajne používa aj tyč. Najjednoduchšie drevená s priemerom 2-3 cm, ale môže byť aj z iného materiálu, dokonca aj teleskopická. V prudšie tečúcich tokoch sa môže použiť aj tzv. kopacia sieť natiiahnutá medzi dve tyče (obr. 2). Na rozdiel od hydrobiologickej sieťky, ktorú poľahky obslúži jedna osoba, pri tejto metóde treba dvoch ľudí. Jeden drží sieť, zatiaľ čo druhý povyše prúdom rozrušuje dno. Prúd strháva vypudené živočíchy na sieťku, kde sa tieto pevne prichytia. Využíva sa pritom snaha živočíchov udržiavať permanentný styk s podkladom, tzv. pozitívna thigmotaxia.

Hydrobiologické sieťky sa používajú na odber kvalitatívnych, prípadne semikvantitatívnych vzoriek. Na odber kvantitatívnych vzoriek sa používajú rozličné typy odberákov (bentometrov), ktoré sú navrhnuté tak, aby ohraničili určitú oblasť dna (zvyčajne 0,1- 0,5 m²). Dôležité je, aby znemožnili alebo aspoň minimalizovali možný únik bentických bezstavovcov nachádzajúcich sa na ohraničenej ploche. Pri kvantitatívnych vzorkách presne poznáme veľkosť plochy dna, z ktorej sme vzorku odobrali. Najbežnejšie štandardné zariadenia sú Surberov a Hessov bentometer (obr. 3). V Česku a na Slovensku sa rozšíril aj tzv. Kubíčkov skladací bentometer. Zariadenia sú vhodné na odbery v plytších tzv. broditel'ných tokoch s jemným až stredne hrubým substrátom. Hessov a Kubíčkov odberák sú vhodné aj do stojatých vôd. Väčšie kamene sú samostatne obraté alebo v sieťke bentometra omyté od prichytených živočíchov a umiestnené mimo bentometra. Ohraničená plocha dna je následne dôkladne prehrabaná do hĺbky približne 15-20 cm a uvoľnené bezstavovce sú prúdom vody splavené do sieťky, ktorá je súčasťou každého takéhoto zariadenia. Dôležité je pracovať tak, aby popod rám odberáku neunikli žiadne živočíchy. Preto sú nevhodné na použitie v tokoch s veľmi hrubým substrátom (veľké kamene, balvany).

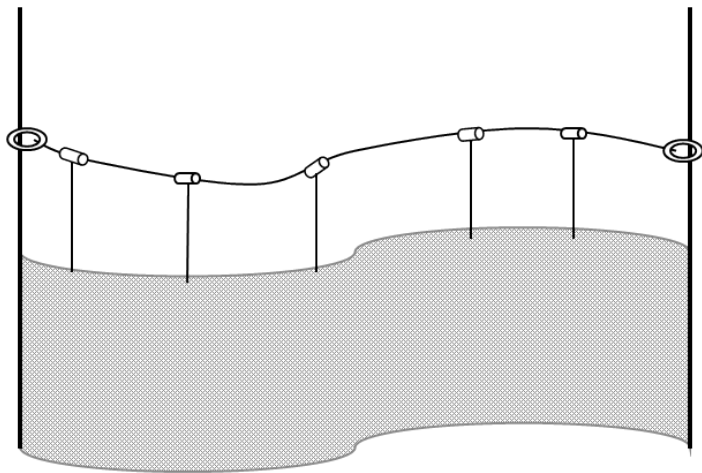
Uvedené metódy sú okrem menších tokov a plytkých jazierok použiteľné v plytkej príbrež-

nej zóne väčších riek a jazier. Keď chceme vzorkovať hlbšie časti dna nedostupné brodením, musíme použiť iné zariadenia. Jednou z možností sú viaceré typy bagrov, resp. drapákov. Jedným z najbežnejších je Ekmanov drapák, ktorý sa používa na odber semikvantitatívnych vzoriek bentosu z mäkkého dna riek a jazier. Podobné sú Petersenov a Ponarov drapák. Otvorený drapák je na lane spustený na dno,

kde sa zaryje vlastnou hmotnosťou. Otvorené steny drapáku sú dvoma pružinami pripevnené na úchytky na ráme. Uvoľnením týchto pružín sa drapák uzavrie spolu aj so sedimentom. Uvoľnenie sa dosiahne úderom závažia (tzv. posla) na zariadenie, kde sú pružiny uchytené. Posol sa spúšťa po lane, na ktorom je upevnený aj samotný drapák. Práca s drapákmi býva frustrujúca v prípade, ak sa na dne nachádzajú aj kamene alebo kusy dreva, ktoré znemožnia jeho úplné uzavretie, čím sa vzorka pri vyťahovaní stratí. Ďalšou možnosťou je použitie dredží. Dredže sú siete s rámom, ktoré sa ťahajú po dne, kde rozrývajú substrát a zachytávajú organizmy. Používajú sa však viac v morskej biológii. Dobrou, avšak nákladnou metódou, je vysávanie sedimentu dna spolu so živočíchmi pomocou špeciálnych vysávačov. Na konci hrubej hadice býva pripevnené cylindrické zariadenie. Do hadice je z kompresora alebo potápačskej fľaše vháňaný stlačený vzduch, ktorý vytvára prúd živočíchov a detritu, ktoré sú zachytávané do siete. Ďalším zariadením, ktoré sa používajú na odber vzoriek z mäkkých sedimentov sú tzv. korery. Sú to plastové alebo kovové otvorené valce. Pri použití v plytkých vodách môžu byť pripevnené na tyči a do sedimentu sa



Obr. 3: Surberov bentomer. © Pavel Beracko



Obr. 2: Kopacia sieť. © Pavel Beracko

zatlačia silou. V hlbších vodách sa korer spúšťa na lane. Horná časť je otvorená. Uzatvára sa podobne ako u drapákov pomocou špeciálneho zariadenia a posla. Tým sa zabezpečí, že vzorka pri vyťahovaní nevypadne. Výhodou korerov je, že vzorka je kvantitatívna a stratifikovaná. Dajú sa teda samostatne skúmať jednotlivé vrstvy, čo sa využíva napr. v paleolimnológii.

Vzorky zachytené vo vyššie uvedených zariadeniach sa po vybratí z vody zvy-

čajne ešte nahrubo triedia priamo v teréne, čím sa vzorka zmenší a zároveň sa zabráni poškodeniu živočíchov. V miske alebo inej nádobe sa zbavia najhrubších častí detritu a kameňov, pomocou dekantácie aj štrku a piesku. Postupuje sa pritom podobne ako pri ryžovaní zlata. Rozdiel je v tom, že ťažší materiál odstránime a ľahší detrit, organizmy a časť anorganického sedimentu zachytíme do sieťky.

Neustón a nektón

K neustónu radíme iba malé množstvo organizmov, ktoré obývajú povrchovú blanku vody. Hornú stranu povrchovej blanky obýva tzv. epineustón, predovšetkým vodné bzdochy (čelade Gerridae, Vellidae a Hydrometridae), chrobáky vírniky (Gyrinidae) a chvostoskoky (Collembola). Zo spodnej strany povrchovej blanky nachádzame tzv. hyponeustón. Nachádzame tu živočích, ktoré sa tu zvyčajne chodia nadychovať, napr. larvy a kukly komárov (Culicidae), bzdochy chrabtoplavky (Notonectidae), prípadne vodné ulitníky, napr. kotúľky (Planorbidae). Medzi nektónom zaraďujeme živočích, ktoré aktívne plávajú vo vodnom stĺpci. Môžeme tu nájsť larvy vodného hmyzu, ktoré dobre plávajú, napr. chrobáky z čel. potápnikovitých (Dytiscidae), vodomilovitých (Hydrophilidae), plavčíkovitých (Haliplidae), mnohé vodné bzdochy (Heteroptera), larvy vážok alebo dvojkrídlavcov z čelade Chaoboridae, ďalej vodné roztoče, viaceré skupiny kôrovcov alebo niektoré pijavice. Neustón lovíme najlepšie hydrobiologickou sieťkou tak, že aktívne lovíme alebo šmýkame po hladine, najlepšie tvoriac pri pohybe sieťkou ležaté osmičky. Ak nemáme hydrobiologickú sieťku, je možné použiť aj iné typy sieťok, napr. akvaristickú sieťku, príp. sitko na špagety. Nektón lovíme hydrobiologickou sieťkou alebo pomocou planktónnej sieťky, pričom postupujeme ako pri love planktónu.

Spracovanie vzoriek makrozoobentosu

Pinzetou sa vyberú cieľové živočích, ktoré sa zafixujú samostatne do 70% etanolu alebo formaldehydu, alebo sa celá vzorka zakonzervuje a následne je spracovaná v laboratóriu. Výhodou etanolu je, že je zdravotne nezávadný a zo vzoriek sa dá získať DNA. Nevýhodou je, že treba relatívne veľké množstvo etanolu a vzorky treba prefixovať, keďže etanol sa nariedi vodou obsiahnutou v organizmoch a hrozí macerácia vzoriek. Formalín je jedovatý, denaturuje DNA, ktorá je nepoužiteľná na ďalšie štúdium. Výhodou je, že stačí malé množstvo formalínu, ktorý sa v teréne nariedi na približne 4%. Nádoby s formalínom treba vždy výrazne označiť a nikdy nepoužívať nádoby z pitnej vody (napr. PET fľaše), aby nedošlo k omylu a vážnemu úrazu pri jeho požití! Vzorky sa zvyčajne fixujú v plastových alebo sklenených nádobách so širokým hrdlom a vodotesným vrchnákom. Môžu sa použiť aj plastové vrecká z hrubšieho materiálu, sú však náchylnejšie na prepichnutie alebo

prerezanie. V niektorých prípadoch sa vzorka transportuje živá. Je to vhodné najmä na didaktické účely, alebo ak chceme v laboratóriu ďalej odchovávať zachytené živočíchy. Pri transporte živej vzorky treba zabezpečiť dostatočný prísun vzduchu a adekvátnu teplotu, aby vzorka bola živá aj po príchode do laboratória. V laboratóriu sa vzorky podrobne triedia. Ak sú fixované formalínom, najprv sa dôkladne prepláchnu pod tečúcou vodou. Až keď je odstránený zápach formalínu, môžu sa ďalej triediť. Triedia sa na rôznych miskách so svetlým, najlepšie bielym dnom. V závislosti od veľkosti organizmov a od ostrosti zraku pracovníkov sa pri triedení používajú rôzne zväčšovacie zariadenia, napr. lupy alebo binokulárne mikroskopy. Živočíchy sa roztriedia do príslušných taxonomických skupín, umiestnia do oddelených nádobiek (skúmavky s vrchnákom, epruvety, uzatvárateľné fľaštičky) a následne sú ďalej determinované odborníkmi na dané skupiny. Pri determinácii sa zvyčajne používajú binokulárne a klasické svetelnémikroskopy.

Drift

Driftom nazývame bentické organizmy pasívne unášané prúdom. Príčiny driftu sú rôzne. Za „normálnych“ podmienok môže ísť o kompetíciu o priestor alebo potravu, snahu o únik pred predátorom alebo nepriaznivými podmienkami prostredia. Experimentálne bolo dokázané, že takýto drift je intenzívnejší v noci, čo zrejme súvisí s ochranou pred predátormi, ktorí sa orientujú pomocou zraku. V čase vysokých prietokov, keď je dnový sediment vplyvom silného prúdenia v pohybe, hovoríme o tzv. katastrofickom drifte, kedy sú živočíchy vyplavované podobne, ako keď rozrušujeme dno pri kopacej technike. Časť driftu tvoria aj liahnuce sa terestrické štádia vodného hmyzu, napr. posledné instary lariev podeniiek (Ephemeroptera), z ktorých sa na hladine liahnu subimága, alebo pohyblivé kukly potočníkov (Trichoptera). Na zachytávanie driftu sa používajú tzv. driftové siete. Sieť sa v menších tokoch upevní na dno. V hlbších tokoch sa môže umiestniť napr. na konáre stromov na brehu. Na kvalitatívne zbery dobre poslúži aj zošitá stará záclona s prišitými špagátmi na uchytenie. Pri sieťach s pevným rámom môžeme drift aj kvantifikovať, keďže poznáme veľkosť plochy otvoru a môžeme zmerať rýchlosť prúdu. Takto vieme zistiť objem vody, ktorý sieťou pretečie za určitý čas. Do driftových sietí často dokážeme vo väčších vodných tokoch zachytiť živočíchy žijúce v hlbších častiach koryta, ktoré sú bežnými metódami ťažko dostupné.

Umelé substráty

Umelé substráty sa používajú namiesto priameho zberu. Substrátom naplnené sieťky, baličky s lístím alebo nad sebou uložené platničky sú efektívne napr. v tokoch s nestabilným piesočnatým substrátom. Keďže poskytujú stabilný substrát, lákajú mnohých obyvateľov

takéhoto prostredia, viazaných napr. na ponorené kusy dreva, ktorí môžu byť prirodzene vzácní, a preto ťažko uloviteľní. Pri dostatočne dlhej expozícii sú takéto substráty kolonizované živočíchmi, ktoré sa po opatrnom vytiahnutí z vody ľahko pozberajú.

Zber a odchov imág vodného hmyzu

Imága vodného hmyzu sú tak ako mnohé terestrické skupiny lákané svetelnými zdrojmi (sú pozitívne fototropické), preto sa môžu loviť do svetelných pascí rovnako ako iný hmyz. Viaceré skupiny (napr. pošvatky a potočníky) sa pomerne jednoducho lovia šmýkaním príbrežnej vegetácie pomocou entomologických sietí rovnako, ako pri terestrickom hmyze. Entomologické siete sa využívajú aj pri love dobrých letcov, ako sú vážky, kde lovíme jednotlivé exempláre za letu alebo keď sedia na vegetácii. Pri love vysoko lietajúcich imág, napr. roje podeniek je výhodná sieťka s väčším priemerom na teleskopickej tyči. Keď sa larvy alebo kukly vodného hmyzu menia na lietajúce formy, ľahnu sa často na hladine. Na zachytenie liahnúcich sa jedincov boli vyvinuté viaceré typy emergenčných pascí. Tieto sú buď prichytené o dno alebo plávajú na hladine. Imága vodného hmyzu môžeme dochovávať aj priamo na lokalite. Je to výhodné napr. u krátko žijúcich skupín, ako sú napr. podenky, kedy máme problém zachytiť imága pri rojení. Veľkou výhodou je, že získame imága spolu s príslušnými larvami, resp. larválnymi exúviami. Používajú sa pritom viaceré metódy. Najjednoduchšou a najlacnejšou je tzv. PETing metóda, kedy je perforovaná PET fľaša s odrezaným hrdlom uložená na dne toku spolu s vloženým kameňom, ktorý ju zaťažuje, čím sa zabráni jej odplaveniu a zároveň poskytne prostredie pre odchovávané larvy. Najvhodnejší je kameň priamo z toku porastený biofilmom, ktorý slúži ako potrava. Je dobré, aby kameň trčal nad hladinu, čo umožní výstup lariev na súš a následnú premenu. Fľaše umiestňujeme do plytkých tíšín pri brehu, aby neboli odplavené prúdom. Z veľkej časti musia trčať z vody. Vrchná časť musí byť zakrytá, aby imága neuleteli. Najlepšie je použiť gázu alebo iný priedušný materiál. Ako ochrana imág pred dažďom a zároveň ďalšie závažie dobre poslúži plochý kameň alebo kus dreva.

Hyporeos

Ako hyporeos označujeme faunu obývajúcu hyporeál, teda časť dna pod povrchovou vrstvou dnových sedimentov zavodnenú infiltrovanou povrchovou vodou. Najjednoduchšou metódou je hĺbenie jamiek do štrku tesne pri brehu. Už v malej hĺbke sa plnia vodou, z ktorej môžeme vyberať vyplavené drobné živočíchy, hlavne kôrovce. Vodu môžeme vyberať z jamky vhodnou nádobou a filtrovať cez planktónu sieťku. Ďalšie metódy, ktoré však presahujú rámec tejto publikácie, sú rôzne prenosné pumpy alebo zmrazovanie hyporeálového balu (tzv. freezing corer).

Stygobionti a stygofily

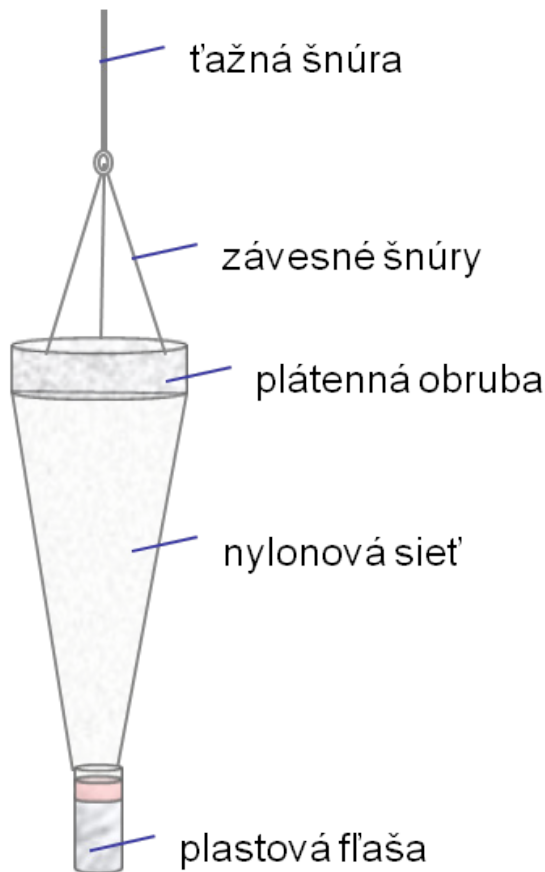
Týmito termínmi označujeme živočíchy viazané na podzemné vody. Na štúdium fauny podzemných vôd neboli vyvinuté špecifické metódy. Filtrovanie vypumpovanej podzemnej vody sa používa v prípade živočíchov obývajúcich zvodnené piesočnaté a štrkové sedimenty. Takéto živočíchy môžeme pomocou hydrobiologickej alebo planktónnej sieťky vyloviť aj z kopaných studní alebo prameňov. V prípade obyvateľov jaskynných tokov, do ktorých sa dokážeme fyzicky dostať, používame metódy ako pri povrchových vodách. Dobrou možnosťou je aj umiestňovanie driftových sietí do vyvieračiek. Typ použitej siete závisí od toho, či študujeme makro-, meio- alebo mikrofaunu.

Bentická mikro- a meiofauna

Ako meiofaunu označujeme bezstavovce, ktoré prejdú cez sieť s veľkosťou otvorov 500 μm , ale sú zachytené v sieťou s otvormi s priemerom 40 μm . Patrí sem množstvo živočíchov, dominujú predovšetkým vírniky (Rotifera), plazivky a cyclopy (Copepoda), mladé larvy pakomárov (Chironomidae), máloštetinavce z čeľadí Naididae a Enchytraeidae a hlístovce (Nematoda). Nachádzame tu aj ploskulice (Turbellaria), brušnobrvky (Gastrotricha), pomalky (Tardigrada), perloočky (Cladocera), lastúrničky (Ostracoda), roztoče (Acarina) ako aj prvé instary lariev vodného hmyzu, hoci tieto sú zvyčajne ďalej skúmané v rámci makrozoobentosu. K mikrofaune zaraďujeme všetky živočíchy, ktorá prejdú sieťou s otvorom 40 μm . Patria tu predovšetkým nálevníky (Ciliophora). Rozlišujeme tri typy mikro- a meiofauny: intersticiálna, hrabavá a epibentická. Intersticiálna fauna žije medzi zrnami piesku a zvyčajne je drobná a podlhovastého (červovitého) tvaru. Hrabavá fauna, ktorá žije vo veľmi jemnom substráte (íl, bahno), je zvyčajne robustnejšia, aby sa dokázala týmto substrátom predierať. Epibentická fauna žije na povrchu kameňov, dreva, lístia alebo rastlín. Príslušníci epibentickej fauny sú zvyčajne najväčší a často sú dobrí plavci, takže ich môžeme nájsť aj medzi planktónom. Metódy zberu sa zvyčajne prekrývajú s metódami zberu hyporeosu a stygobiontnej fauny. Používame korery, pumpy, kopanie jamiek. U epibentickej fauny odoberáme povrchovú vrstvu sedimentu. Vzorku zriedime vodou a vyplavené živočíchy ďalej zahusťujeme odstredovaním a dekantovaním, v laboratóriu centrifugovaním. Mikrofauna sa typicky pozoruje živá, najlepšie čím skôr. Pre uchovanie živej vzorky je nevyhnutné skladovať ju v chladničke pri teplote okolo 5 °C, kde vydrží aj niekoľko dní. Meiofaunu môžeme fixovať roztokom etanolu alebo formalínu.

Zooplanktón

Medzi zooplanktón zaraďujeme živočíchy voľne sa vznášajúce vo vodnom stĺpci. Ide pre-



Obr. 4: Planktónna sieť. © Pavel Beracko

dovšetkým o rôzne drobné kôrovce, ale aj o larválne štádiá mäkkýšov, prvoky, prvé instary lariev vodného hmyzu ap. Planktón lovíme kónickými planktónnymi sieťkami – planktónkami (obr. 4).

Planktónky majú špecifickú veľkosť otvorov v tkanine siete, ktorá sa pohybuje v rozpätí od 64 μm do 256 μm . Podobne ako pri hydrobiologických sieťkach, drobnejšie otvory sa skôr upchajú, zatiaľ čo cez väčšie otvory drobnejšie živočíchy uniknú. Planktónku pripevnenú na šnúre môžeme vrhať z brehu alebo spúšťať z člna do danej hĺbky. Po spustení alebo hodení ju opatrne ťaháme k sebe. Kvantifikácia zberov je jednoduchá, ak poznáme plochu otvoru siete a dĺžku dráhy, po ktorej sme sieť ťahali. Množstvo vody, ktorá prešla planktónkou vyrátame ako objem valca, kde plocha podstavy je plocha otvoru siete a výška valca je dĺžka dráhy, po ktorej sme sieť ťahali. O planktóne je známe, že

sa v tokoch a najmä jazerách nevyskytuje rovnomerne, ale vytvára zhluky a vertikálne migruje. Ak chceme sledovať planktón napr. v rôznych hĺbkach jazera, musíme použiť iné zariadenie ako obyčajnú planktónku, keďže pri nej nevieme rozlíšiť, v akej hĺbke bol zachytený materiál, ktorý sme vytiahli. Na tento účel sa najčastejšie používa Van Dornov odberák. Je to plastový valec s uzatvárateľnými podstavami, takže vzorku vody aj s planktónom môžeme uzavrieť v odberáku v určenej hĺbke. Zatvárací mechanizmus je, podobne ako pri koreroch, založený na poslovi, ktorý nárazom o tento mechanizmus uvoľní pružiny pripevnené na valci a zatváracích viečkach, čím sa valec vodotesne uzavrie. Existujú dve konfigurácie odberáka – vertikálna a horizontálna. Vzorky zooplanktónu sa ďalej študujú živé, alebo sa konzervujú 70% etanolom alebo 4% formalínom, podobne ako makrozoobentos.

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

Hauer, F. R., Lamberti, G. A. 2007: Methods in Stream Ecology. Elsevier, Academy Press. 877 s.

PRINCÍPY HODNOTENIA EKOLOGICKÉHO STAVU VÔD POMOCOU MAKROZOOBENTOSU

Eva Bulánková, Viera Stloukalová

Odborné hodnotenie ekologického stavu vôd je náročné. Zaoberajú sa ním tímy odborníkov, ktorí podávajú správu do Bruselu, kde sa stretávajú v rámci interkalibrácie výsledkov (zjednotenie hodnotenia v rámci Európy). Pre učiteľov a ich žiakov podávame návod na jednoduché hodnotenie, ktoré však vychádza z princípov hodnotenia podľa Rámcovej smernice o vodách ES 2000/60 ES (RSV 2000/60 ES). Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a rady bola prijatá 23. októbra 2000 za účelom ustanovenia pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky. Jej hlavným cieľom je koordinovaný postup pri zlepšovaní stavu vôd v Európe a komplexný prístup k ochrane a využívaniu vôd. RSV 2000/60 ES poskytuje rámec pre ochranu vnútrozemských povrchových vôd, prechodných vôd, pobrežných vôd a podzemnej vody, teda všetkých typov vôd vyskytujúcich sa v Európe. V našich podmienkach sa to týka povrchových a podzemných vôd. Jednotný systém hodnotenia tečúcich vôd bol vytvorený v Európskej únii na základe výsledkov dvoch medzinárodných projektov AQEM a STAR. V projekte AQEM (The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates), prebiehajúcim v rokoch 2000 – 2002 boli zhodnotené vybrané toky Európy pomocou bentických bezstavovcov, pričom pred hodnotením boli toky kategorizované podľa ich lokalizácie v určitých ekoregiónoch Európy (1978) a ďalej v zmysle požiadaviek RSV 2000/60 ES boli zaradené do jednotlivých typov na základe ich nadmorskej výšky, plochy povodia a geologického substrátu. Na hodnotenie tokov bol vytvorený softvérový program AQEM (www.fliessgewaesser-bewertung.de), ktorý vypočíta približne 160 metrík (indexov) na základe údajov početnosti zistených taxónov bentických bezstavovcov (makrozoobentosu). Tento program bol doplnený o ďalšie údaje v projekte STAR (Standardisation of river classification), ktorý vypracoval v rokoch 2003 – 2005 princípy hodnotenia tokov nielen pomocou bentických bezstavovcov, ale aj fytoobentosu, makrofytov a rýb.

Zdokonalený softvér na hodnotenie pomocou bentických bezstavovcov sa nazýva ASTERICS a je voľne dostupný na internetovej stránke Univerzity Duisburg Essen, ktorej odborníci ju vytvorili (www.fliessgewaesser-bewertung.de).

Hodnotením ostatných typov vôd vyskytujúcich sa v Európe, teda pobrežnými vodami, brakickými a stojatými vodami sa zaoberal projekt WISER prebiehajúci v rokoch 2010 – 2012. Výsledky získané v projekte sú voľne dostupné na internetovej stránke www.wiser.eu.

Najnovšie výsledky hodnotenia ekologického stavu vôd v Európe boli publikované v správe Európskej environmentálnej agentúry (Kristensen 2012).

Na základe doterajších domácich aj medzinárodných výsledkov možno konštatovať (Kristensen 2012), že viac ako 50% vôd v Európe nedosahuje dobrý ekologický stav. Príčiny sú rôzne, ale hlavne ide o plošné znečistenie spôsobené využívaním pôdy. Hydromorfologická degradácia spôsobila narušenie približne 40% všetkých riek a približne 30 % jazier.

Jazerá na Slovensku neboli v rámci projektov Európskej únie hodnotené, lebo rozloha našich jazier je na účely hodnotenia malá, nedosahuje plochu hladiny 0,5 km². Do kategórie jazerá neboli zaradené žiadne povrchové vody z územia SR, kde je evidovaných 111 prirodzených jazier prevažne glaciálneho pôvodu, avšak všetky majú menšiu plochu hladiny. Z uvedeného dôvodu sa útvary povrchových vôd na jazerách nevymedzovali. V súčasnosti prebieha na Slovensku hodnotenie vodných nádrží (www.vuvh.sk).

Hodnotenie ekologického stavu vodných nádrží sa robí u nás na základe rozsievok a pakomárov, čo sú na determináciu veľmi náročné skupiny. Z tohto dôvodu učiteľom odporúčame využívať na demonštráciu hodnotenia ekologického stavu len tečúce vody, kde je hodnotenie dobre vypracované aj na základe bentických bezstavovcov. Makroskopické bentické bezstavovce (= makrozoobentos) sú dobré indikátory vplyvu prostredia. Každé narušenie prostredia vplýva hlavne na citlivé živočíchy, ktoré hynú v dôsledku straty pôvodných podmienok. Zostávajú len tie druhy, ktoré majú širokú ekologickú valenciu (eurytopné) a prežijú aj v nepriaznivých podmienkach. Niektorým môžu tieto podmienky dokonca aj vyhovovať, pretože majú viac potravy. Tak postupne dochádza k zmene zloženia (štruktúry) spoločenstva bentických bezstavovcov, mení sa rozmanitosť (diverzita) a mnoho ďalších charakteristík spoločenstva (cenózy). Z porovnania štruktúry nenarušeného a narušeného spoločenstva bentických bezstavovcov vychádza aj hodnotenie ekologického stavu toku, pričom sa majú porovnávať len rovnaké typy tokov. Na rýchle hodnotenie ekologického stavu sa používa index BMWP (Biological Monitoring Working Party) Barbour (1999). Tento index je súčasťou výstupu programu ASTERICS a má viaceré národné modifikácie, ale je ho možné vypočítať aj manuálne na základe poznania zastúpenia čeladi vodných bezstavovcov. BMWP index priraduje jednotlivým čeladiam skóre od 1 do 10 podľa ich vzťahu k organickému znečisteniu. Najvyššiu hodnotu 10 majú čelade, ktoré sú citlivé na znečistenie a náročné na obsah kyslíka vo vode, ako napr. všetky pošvatky (Plecoptera), z podeniek čel. Heptageniidae a iné (tab. 1).

Najnižšie skóre majú taxóny tolerantné k znečisteniu, ako napr. pakomáre (Diptera, Chironomidae), ktorých skóre je 2. Ide síce o veľmi zovšeobecnené údaje, lebo napríklad viaceré druhy veľkej čelade dvojkrídlavcov Chironomidae sa môžu vyskytovať aj čistých vodách, ale všeobecne viac prevládajú pakomáre vo väčšej početnosti v narušených tokoch. Pri podrobnejšom hodnotení sa môžu použiť údaje z tab. 2, kde sú uvedené viaceré čelade bentických bezstavovcov, ale spôsob výpočtu BMWP indexu je rovnaký. Pre začiatočníkov

Tab. 1. Skóre taxónov bentických bezstavovcov na výpočet zjednodušeného BMWP indexu (Barbour et al. 1999).

Čelade (families)	Skóre
Podenky (Ephemeraidae, Heptageniidae); pošvatky (všetky čelade)	10
Vážky (všetky čelade); raky (Astacidae)	8
Podenky (Caenidae); potočníky so schránkami (všetky čelade); bezschránkaté potočníky (Rhyacophilidae, Polycentropodidae)	7
Rôznonožce (Gammaridae); ulitníky (Ancylidae)	6
Bzdochy (všetky čelade); vodné chrobáky (všetky čelade); bezschránkaté potočníky (len Hydropsychidae); dvojkrídlovce (Tipulidae, Limoniidae, Pediciidae, Simuliidae); ploskulice (všetky čelade)	5
Podenky (len Baetidae); strechatky (Sialidae)	4
Ulitníky (Lymnaeidae, Planorbidae, Physidae); lastúrniky (Sphaeriidae); pijavice (všetky čelade); rovnakonožce (Asellidae); vodné roztoče (všetky čelade)	3
Dvojkrídlovce – Pakomáre (Chironomidae)	2
Máloštetinavce (všetky čelade)	1

Tab. 2: Hodnoty BMWP skóre a odpovedajúca kvalita vody.

BMWP skóre	Ekologický stav	Interpretácia – kvalita vody
≥100	veľmi dobrý	veľmi čistá voda
100 – 71	dobrý	čistá voda
70 – 41	priemerný	znečistená voda
11 – 40	zlý	silne znečistená voda
0 – 10	veľmi zlý	veľmi silne znečistená voda

je dobré vytlačiť si na určovanie bentických bezstavovcov obrazový kľúč k výpočtu BMWP indexu (uvedený v prílohe).

Konkrétnym príkladom výpočtu BMWP indexu je biologické hodnotenie na potoku Vydrica, kde žiaci z gymnázia Bilíkova zisťovali ekologickú kvalitu vody. Potok Vydrica bol vybraný na hodnotenie, pretože je dobre dostupný, pomerne plytký, a tým aj bezpečný a je vhodným modelovým objektom na demonštráciu narušenej a nenarušenej lokality.

Ako nenarušená (referenčná) lokalita bola vybraná lokalita v strednom úseku potoka Vydrica v Bratislavskom lesoparku. Referenčná lokalita musí spĺňať min. tieto kritériá:

- narušenie okolitej krajiny by malo byť minimálne, môže sa vypočítať pomocou inde-

xu využitia krajiny (tab. 3)

- referenčný tok nesmie byť upravovaný činnosťou človeka,
- pobrežná vegetácia by mala byť dobre vyvinutá a v koryte by sa mali nachádzať zvyšky dreva, ktoré patria medzi dôležitý substrát pre život vodných organizmov,
- do referenčného toku nesmú vtekať žiadne znečisťujúce látky z okolia (tzv. difúzny zdroj znečistenia) alebo priamo vtekať z rúr (tzv. bodový zdroj znečistenia),
- v okolí toku by sa nemal pásť dobytok, ktorý môže brehy toku podupať alebo znečistiť fekáliami,
- na brehu referenčného toku by nemali rásť invázne rastliny a v toku žiť invázne živočíchy.

Pokiaľ lokalita nespĺňa tieto kritériá, patrí už medzi narušené, kde môžeme hodnotiť stupeň jej narušenia jednak z hľadiska hydromorfologického (tab. 4), či fyzikálno-chemického (tab. 5) a ekologického (tab. 6), ktorého výsledná hodnota v zmysle RSV 2000/60 ES je najhorší výsledok z hydromorfologického, fyzikálno-chemického a biologického hodnotenia. Príkladom takéhoto vyhodnotenia je porovnanie nenarušenej lokality Vydrice (tab. 7) s narušenou, nachádzajúcou sa vo vybetónovanom koryte v blízkosti rýchlostnej cesty a Zoologickej záhrady (tab. 8). Ide o pomerne náročné hodnotenie pre žiakov gymnázií, ktoré je vhodné hlavne pre tých žiakov, ktorí sa chcú zúčastniť súťaží. Viacerí študenti gymnázia toto náročné hodnotenie zvládli aj vďaka dobrému vedeniu učiteľov a ich veľkému záujmu. Dosiahli úspechy aj na medzinárodnom poli, ako napr. žiačky z gymnázia zo Zlatých Moraviec, ktoré získali ocenenie na medzinárodnej súťaži Génus Olympiad 2012 v meste Oswego (USA). Na túto súťaž postúpili z celoštátnej súťažnej prehliadky bádateľských projektov žiakov stredných škôl – Scientia Pro Futuro 2011, ktorej vyhlasovateľom a organizátorom je občianske združenie Mladí vedci Slovenska v spolupráci so spoluorganizátorom Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR.

Tab. 3: Hodnotenie krajiny do vzdialenosti 50 m od brehu pomocou indexu využitia:

Využitie krajiny	10 – 50 %	> 50 %		
Prírodný les	1	1		
Prírodné lužné biotopy (mokrad')	1	1		
Úhor	2	2		
Extenzívne využívaný pasienok/ poľné cesty	3	3		
Intenzívne využívaný pasienok	4	4		
Ihličnatý les	4	4		
Pole	4	4		
Sad/záhrady	4	4		
Zástavba	5	5		
Intravilán/iné cesty	5	5		
Skládka	5	5		
Výsledok/Index využitia: Priemer zo stĺpca 1,+ hodnota zo stĺpca 2,/2	+		/2	index využitia

Tab. 4a: Terénny protokol: HYDROMORFOLOGICKÉ VYHODNOTENIE: nízina

Za každým zakrúžkujte vyhovujúcu premennú. Každá zakrúžkovaná premenná predstavuje jeden bod. Triedu morfológie získame zosumarizovaním bodov v každom stĺpci. Najvyššia hodnota určuje výsledok.

	1 veľmi dobrá	2 dobrá	3 priemerná	4 zlá	5 veľmi zlá
Využívanie nivy	Index využívania 1-1,5	> 1,5 – 2,5	> 2,5 – 3,5	> 3,5 – 4,5	> 4,5
Pobrežná vegetácia	Šírka: > 50 m	Šírka: 5 – 50 m	Šírka: 2 – 5 m	Šírka: 1 – 2 m	Šírka: < 1 m
Kľukatenie toku	Meandrujúci alebo rozdvojený, prebieha viac alebo menej stredom údolia, môže sa voľne pohybovať	Kľukatiaci sa, prevažuje prirodzená mobilita	Slabo sa kľukatiaci, pohyblivosť obmedzovaná spevnenými brehmi (napr. kamenný násyp)	Napriamený, minimálna pohyblivosť kvôli čiastočne spevneným brehom	Napriamený, kanalizovaný
Diverzita substrátu dna toku	Na dne toku dominuje piesok alebo štrk; štrkové lavice, tvorba ostrovčekov; väčšie naplaveniny dreva/haluze	Na dne toku dominuje piesok alebo štrk; štrkové lavice a tvorba ostrovčekov sa môžu vyskytovať; naplaveniny dreva/haluze ojedinele	Na dne toku dominuje piesok alebo štrk; menšie naplaveniny dreva/haluze veľmi zriedka;	Dno z veľkej časti bahnité; a spevnené	Dno jednotné, bahnité; a úplne spevnené
Rozmiestnenie drevín po brehu	Súvislé	Polo-súvislé	Príležitostné zoskupenia drevín	Príležitostné samostatne stojace dreviny	Žiadne dreviny
Suma bodov za stĺpec					

Tab. 4b: Terénny protokol: HYDROMORFOLOGICKÉ VYHODNOTENIE: pahorkatina/horský tok

Za každým zakrúžkujte vyhovujúcu premennú. Každá zakrúžkovaná premenná predstavuje jeden bod. Triedu morfológie získame zosumarizovaním bodov v každom stĺpci. Najvyššia hodnota určuje výsledok.

	1 veľmi dobrá	2 dobrá	3 priemerná	4 zlá	5 veľmi zlá
Využívanie nivy	Index využívania 1-1,5	> 1,5-2,5	> 2,5-3,5	> 3,5- 4,5	> 4,5
Pásmo brehu	Šírka: > 50 m	Šírka: 5-50 m	Šírka: 2-5 m	Šírka: 1-2 m	Šírka: < 1 m
Kľukatenie toku	Prirodzene vinutý alebo rozdvojený, prebieha viac alebo menej stredom údolia, môže sa voľne pohybovať	Slabo sa kľukatiaci, prevažuje prirodzená mobilita, žiadne spevnenia brehov	Napriamený, z časti spevnené brehy < 50% (kamenný násyp)	Napriamený, spevnené brehy > 50%	Napriamený
Diverzita substrátu dna toku	Dno toku s nepravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov, štrku; štrkové lavice, tvorba ostrovčekov, väčšie naplaveniny dreva/ haluze	Dno toku s nepravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov a štrku; štrkové lavice a ostrovčeky sa môžu vyskytovať; naplaveniny dreva/ haluze ojedinele	Dno s pravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov a štrku; naplaveniny dreva/ haluze veľmi zriedka; úpravy dna 20-50%	Dno uniformované; s usadeninami alebo pieskom; úpravy dna 50-80%	Úpravy dna > 80%
Rozmiestnenie drevín popri brehu	Súvislé	Čiastočne súvislé	Príležitostné zoskupenia drevín	Príležitostné samostatne stojace dreviny	Žiadne dreviny
Suma bodov za stĺpec					

Tab. 5: Terénny protokol: FYZIKÁLNO-CHEMICKÁ KVALITA VODY

Meno vodného toku/miesto odberu vzorky:

Dátum:

Trieda kvality vody	1 veľmi do- brá	2 dobrá	3 priemerná	4 zlá	5 veľmi zlá
Znaky eutrofizácie					
Vláknité riasy, zväzočky rias	žiadne/zriedka	žiadne/zriedka	pravidelne	často	často/žiadne
% podiel hrubého slizovitého nárastu rias	< 25%	25-75%	75 -100%	75 – 100%	< 25%
Znak nedostatku kyslíka (čierne škvrny)					
Čierne sfarbené usadeniny v hĺbke 5 cm, horná strana nie čierna			+++	++	
Horná strana usadenín čierna				+++	+++
Pomaly tečúce úseky (trieda prúdu 1-3)					
Spodná strana kameňov čierna (% podiel na kameň)	< 25%	< 25%	25 -75%	75 – 99%	100%
Horná strana kameňov čierna			+	++	+++
Rýchlo tečúce úseky (trieda prúdu 4)					
Spodná strana kameňov čierna (% podiel na kameň)	< 25%	< 25%	25 – 49%	50 – 99%	100%
Horná strana kameňov čierna				+++	+++
Farba	Bezfarebná, číra	Mierne zakalená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená
Pach	Bez zápachu, svieža	Bez zápachu, svieža	Nepříjemný zápach, napr. hnilobný, rybáci	Nepříjemný zápach, napr. hnilobný, rybáci	Nepříjemný zápach, napr. hnilobný, rybáci
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	< 6,5 alebo > 8,5	< 6,5 alebo > 8,5	< 6,5 alebo > 8,5
Teplota (°C)	< 18	18-20	> 20	> 20	> 20
Kyslík (mg/l)	> 8	6-8	< 6	< 6	< 6
Kyslík (%)	91-110	81-90 alebo 111-120	70-80 alebo 121-130	60-70 alebo 131-140	< 60 alebo > 140
Dusičnany (mg/l)	< 1,0	1,1-2,5	2,6-5,0	5,1-10	> 10
Dusitany (mg/l)	< 0,01	0,02-0,1	0,11-0,2	0,21-0,4	> 0,4
Amónium (mg/l)	< 0,04	0,04-0,3	> 0,3	> 0,3	> 0,3
Body / trieda kvality vody					

Tab. 6: Terénny protokol: EKOLOGICKÉ TRIEDY

Meno toku a miesta odberu vzorky:

Kurz: Dátum:

Pre tri kvalitatívne premenné musia byť v záverečnej diskusii zodpovedané nasledovné dve otázky:

1. Ktoré parametre sú hodnotené horšie ako „dobré“?
2. Aké sú hlavné problémy sledovaného úseku toku?

Chemicko-fyzikálna kvalita vody:

- 1.
- 2.

Štruktúra:

- 1.
- 2.

Biologická kvalita toku:

- 1.
- 2.

Výsledok EKOLOGICKÝCH TRIED

	Výsledok
Výsledok hydromorfológia	
Výsledok fyzikálno-chemická kvalita vody	
Výsledok biologická kvalita vody	
VÝSLEDOK EKOLOGICKEJ TRIEDY	

Tab. 7: Hodnotenie relatívne nenarušeného úseku toku na príklade potoka Vydrica:

Tab. 7a: Terénny protokol: FYZIKÁLNO-CHEMICKÁ KVALITA VODY

Zakaždým zakrúžkujte vyhovujúcu premennú, + = premenná je prítomná. Každý krížik znamená jeden bod. Všetky ostatné údaje sa počítajú za 2 body. Triedu kvality vody získame sčítaním bodov pre každý stĺpec, najvyššia hodnota určuje triedu kvality. Znak nedostatku kyslíka: preskúmať 5 kameňov z rýchlo tečúcich častí a 5 kameňov z pomaly tečúcich častí.

Meno vodného toku/miesto odberu vzorky:

Dátum:

Trieda kvality vody	1 - veľmi dobrá	2 - dobrá	3 - priemerná	4 - zlá	5 - veľmi zlá
Znak eutrofizácie					
Vláknité riasy, zväzočky rias	žiadne/zriedka	žiadne/zriedka	pravidelne	často	často/žiadne
% podiel hrubého slizovitého nárastu rias	< 25%	25-75%	75 -100%	75 - 100%	< 25%
Znak nedostatku kyslíka (čierne škvryny)					
Čierne sfarbené usadeniny v hĺbke 5 cm, horná strana nie čierna			+++	++	
Horná strana usadenín čierna				+++	+++
<i>Pomaly tečúce úseky (trieda prúdu 1-3)</i>					
Spodná strana kameňov čierna (% podiel na kameň)	< 25%	< 25%	25 -75%	75 - 99%	100%
Horná strana kameňov čierna			+	++	+++
<i>Rýchlo tečúce úseky (trieda prúdu 4)</i>					
Spodná strana kameňov čierna (% podiel na kameň)	< 25%	< 25%	25 - 49%	50 - 99%	100%
Horná strana kameňov čierna				+++	+++
Farba	Bezfarebná, číra	Mierne zakalená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená
Pach	Bez zápachu, svieža	Bez zápachu, svieža	Neprijemný zápach, napr. hnilobný, rybací	Neprijemný zápach, napr. hnilobný, rybací	Neprijemný zápach, napr. hnilobný, rybací
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	< 6,5 alebo > 8,5	< 6,5 alebo > 8,5	< 6,5 alebo > 8,5
Teplota (°C)	< 18	18-20	> 20	> 20	> 20
Kyslík (mg/l)	> 8	6-8	< 6	< 6	< 6
Kyslík (%)	91-110	81-90 alebo 111-120	70-80 alebo 121-130	60-70 alebo 131-140	< 60 alebo > 140
Dusičnan (mg/l)	< 1,0	1,1-2,5	2,6-5,0	5,1-10	> 10
Dusitan (mg/l)	< 0,01	0,02-0,1	0,11-0,2	0,21-0,4	> 0,4
Amónium (mg/l)	< 0,04	0,04-0,3	> 0,3	> 0,3	> 0,3
Body/trieda kvality vody	14	6			

Výsledok: Chemicko-fyzikálna kvalita vody je veľmi dobrá (14 bodov – 1).

Tab. 7b1: HYDROMORFOLOGICKÉ HODNOTENIE – výpočet indexu využitia krajiny

Využitie krajiny	10-50%	>50%		
Prírodný les	1	1		
Prírodné lužné biotopy (mokrad')	1	1		
Úhor	2	2		
Extenzívne využívaný pasienok/polné cesty	3	3		
Intenzívne využívaný pasienok	4	4		
Ihličnatý les	4	4		
Pole	4	4		
Sad/záhrady	4	4		
Zástavba	5	5		
Intravilán/iné cesty	5	5		
Skládka	5	5		
Výsledok/ Index využitia: Priemer zo stĺpca 1,+ hodnota zo stĺpca 2,/2	2	1	/2	1,5

Tab. 7b2: Terénny protokol: HYDROMORFOLOGICKÉ VYHODNOTENIE: pahorkatina – horský tok

Zakaždým zakrúžkujte vyhovujúcu premennú. Každá zakrúžkovaná premenná predstavuje jeden bod. Triedu morfológie získame zosumarizovaním bodov v každom stĺpci. Najvyššia hodnota určuje výsledok.

	1 – veľmi dobrá	2 – dobrá	3 – priemerná	4 – zlá	5 – veľmi zlá
Využívanie nivy	Index využitia 1-1,5	> 1,5-2,5	> 2,5-3,5	> 3,5- 4,5	> 4,5
Pásmo brehu	Šírka: > 50 m	Šírka: 5-50 m	Šírka: 2-5 m	Šírka: 1-2 m	Šírka: < 1 m
Kľukatenie toku	Prirodzene vinutý alebo rozdvojený, prebieha viac alebo menej stredom údolia, môže sa voľne pohybovať	Slabo sa kľukatiaci, prevažuje prirodzená mobilita, žiadne spevnenia brehov	Napriamený, z časti spevnené brehy < 50% (kamenný násyp)	Napriamený, spevnené brehy > 50%	Napriamený kanalizovaný
Diverzita substrátu dna toku	Dno toku s nepravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov, štrku; štrkové lavice, tvorba ostrovčekov, väčšie naplaveniny dreva/haluze	Dno toku nepravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov a štrku; štrkové lavice a ostrovčeky sa môžu vyskytovať; naplaveniny dreva/haluze ojedinele	Dno s pravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov a štrku; naplaveniny dreva/haluze veľmi zriedka; úpravy dna 20-50%	Dno uniformované; s usadeninami alebo pieskom; úpravy dna 50-80%	Úpravy dna > 80%
Rozmiestnenie drevín popri brehu	Súvislé	Polo-súvislé	Príležitostné zoskupenia drevín	Príležitostné samostatne stojace dreviny	Žiadne dreviny
Suma bodov	1	3	1		

Výsledok: Hydromorfológia toku je dobrá (2).

Tab. 7c: Biologické hodnotenie: Zjednodušený BMWP index

Systematické zaradenie/Čel'ad'	Skóre
Kmeň: Ploskavce (Platyhelminthes)	
Ploskulice (všetky čel'ade)	3
Kmeň: Mäkkýše (Mollusca)	
Ulitníky (Ancylidae)	6
Ulitníky (Lymnaeidae, Planorbidae, Physidae);	3
Lastúrniky (Sphaeriidae);	3
Kmeň: Obrúčkavce (Annelida)	
Máloštetinavce (Oligochaeta) všetky čel'ade	1
Pijavice (Hirudinea) (všetky čel'ade)	
Kmeň: Článkonožce (Arthropoda)	
podkmeň: Klepietkavce (Chelicerata)	
vodné roztoče (Hydracarina)	3
podkmeň: Kôrovce (Branchiata)	
raky (Astacidae)	8
rovnakonôžky (Asellidae);	3
rôznonôžky (Gammaridae);	6
podkmeň: Vzdušnicovce (Tracheata)	
podenky (Ephemeroptera): Ephemeridae, Heptageniidae	10
Podenky (Caenidae)	7
Podenky (Ephemeroptera): Baetidae	4
Vážky (všetky čel'ade)	8
Pošvatky (Plecoptera) (všetky čel'ade)	10
Bzdochy (Heteroptera) (všetky čel'ade);	5
Vodnárky (Megaloptera) (Sialidae)	4
Potočníky (Trichoptera) so schránkami (všetky čel'ade); bezschránkaté potočníky (Rhyacophilidae, Polycentropodidae)	7
Potočníky (Trichoptera) (len Hydropsychidae)	5
Vodné chrobáky (Coleoptera) (všetky čel'ade);	5
Dvojkřídlovce (Diptera) (Tipulidae, Limoniidae, Pediciidae, Simuliidae);	5
Dvojkřídlovce (Diptera) Pakomáre (Chironomidae)	2

Spolu: BMWP: 74 Biologické hodnotenie vykazuje dobrú kvalitu vody (2).

Tab. 7d: Výsledok EKOLOGICKÝCH TRIED

	Výsledok
Výsledok chemicko-fyzikálna kvalita vody	1
Výsledok štruktúra	2
Výsledok biologická kvalita vody	2
VÝSLEDOK EKOLOGICKEJ TRIEDY	2

Hodnotenie vykazuje dobrý ekologický stav.

Tab. 8: Príklad hodnotenia narušeného toku:

Tab. 8a: Terénny protokol: FYZIKÁLNO – CHEMICKÁ KVALITA VODY

Za každým zakrúžkujte vyhovujúcu premennú, + = premenná je prítomná. Každý krížik znamená jeden bod. Všetky ostatné údaje sa počítajú za 2 body. Triedu kvality vody získame sčítaním bodov pre každý stĺpec, najvyššia hodnota určuje triedu kvality. Znak nedostatku kyslíka: preskúmať 5 kameňov z rýchlo tečúcich častí a 5 kameňov z pomaly tečúcich častí.

Meno vodného toku/miesto odberu vzorky:

Dátum:

Trieda kvality vody	1 - veľmi dobrá	2 - dobrá	3 - priemerná	4 - zlá	5 - veľmi zlá
Znak eutrofizácie					
Vláknité riasy, zväzочки rias	žiadne/zriedka	žiadne/zriedka	pravidelne	často	často/žiadne
% podiel hrubého slizovitého nárastu rias	< 25%	25-75%	75 -100%	75 – 100%	< 25%
Znak nedostatku kyslíka (čierne škvrny)					
Čierne sfarbené usadeniny v hĺbke 5 cm, horná strana nie čierna			+++	++	
Horná strana usadenín čierna				+++	+++
<i>Pomaly tečúce úseky (trieda prúdu 1-3)</i>					
Spodná strana kameňov čierna (% podiel na kameň)	< 25%	< 25%	25 -75%	75 – 99%	100%
Horná strana kameňov čierna			+	++	+++
<i>Rýchlo tečúce úseky (trieda prúdu 4)</i>					
Spodná strana kameňov čierna (% podiel na kameň)	< 25%	< 25%	25 – 49%	50 – 99%	100%
Horná strana kameňov čierna				+++	+++
Farba	Bezfarebná, číra	Mierne zakalená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená	Zákal, alebo nie prirodzene sfarbená
Pach	Bez zápachu, svieža	Bez zápachu, svieža	Nepříjemný zápach, napr. hnilobný, rybáci	Nepříjemný zápach, napr. hnilobný, rybáci	Nepříjemný zápach, napr. hnilobný, rybáci
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	< 6,5 alebo > 8,5	< 6,5 alebo > 8,5	< 6,5 alebo > 8,5
Teplota (°C)	< 18	18-20	> 20	> 20	> 20
Kyslík (mg/l)	> 8	6-8	< 6	< 6	< 6
Kyslík (%)	91-110	81-90 alebo 111-120	70-80 alebo 121-130	60-70 alebo 131-140	< 60 alebo > 140
Dusičnan (mg/l)	< 1,0	1,1-2,5	2,6-5,0	5,1-10	> 10
Dusitan (mg/l)	< 0,01	0,02-0,1	0,11-0,2	0,21-0,4	> 0,4
Amónium (mg/l)	< 0,04	0,04-0,3	> 0,3	> 0,3	> 0,3
Body/trieda kvality vody			16	11	4

Výsledok: Fyzikálno-chemická kvalita vody je priemerná (16 bodov =3).

Tab. 8b:HYDROMORFOLOGICKÉ HODNOTENIE

Tab. 8b1:Výpočet indexu využitia krajiny

Využitie krajiny	10-50%	>50%		
Prírodný les	1	1		
Prirodzené lužné biotopy (mokrad')	1	1		
Úhor	2	2		
Extenzívne využívaný pasienok/pol'né cesty	3	3		
Intenzívne využívaný pasienok	4	4		
Ihličnatý les	4	4		
Pole	4	4		
Sad/záhrady	4	4		
Zástavba	5	5		
Intravilán/iné cesty	5	5		
Skládka	5	5		
Výsledok/ Index využitia: Priemer zo stĺpca 1.+ hodnota zo stĺpca 2./2	4,5	4	/2	4,25

Tab. 8b2: HYDROMORFOLOGICKÉ VYHODNOTENIE: pahorkatina – horský tok
 Zakaždým zakrúžkujte vyhovujúcu premennú. Každá zakrúžkovaná premenná predstavuje jeden bod. Triedu morfológie získame zosumarizovaním bodov v každom stĺpci. Najvyššia hodnota určuje výsledok.

	1 – veľmi dobrá	2 – dobrá	3 – priemerná	4 – zlá	5 – veľmi zlá
Využívanie nivy	Index využitia 1-1,5	> 1,5-2,5	> 2,5-3,5	> 3,5- 4,5	> 4,5
Pásmo brehu	Šírka: > 50 m	Šírka: 5-50 m	Šírka: 2-5 m	Šírka: 1-2 m	Šírka: < 1 m
Kľukatenie toku	Prirodzene vinutý alebo rozdvojený, prebieha viac alebo menej stredom údolia, môže sa voľne pohybovať	Slabo sa kľukatiaci, prevažuje prirodzená mobilita, žiadne spevnenia brehov	Napriamený, z časti spevnené brehy < 50% (kamenný násyp)	Napriamený, spevnené brehy > 50%	Napriamený kanalizovaný
Diverzita substrátu dna toku	Dno toku s nepravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov, štrku; štrkové lavice, tvorba ostrovčekov, väčšie naplaveniny dreva/haluze	Dno toku s nepravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov a štrku; štrkové lavice a ostrovčeky sa môžu vyskytovať; naplaveniny dreva/haluze ojedinele	Dno s pravidelným rozmiestnením väčších kameňov, okruhliakov a štrku; naplaveniny dreva/haluze veľmi zriedka; úpravy dna 20-50%	Dno unifikované; s usadeninami alebo pieskom; úpravy dna 50-80%	Úpravy dna > 80%
Rozmiestnenie drevín popri brehu	Súvislé	Polo-súvislé	Príležitostné zoskupenia drevín	Príležitostné samostatne stojace dreviny	Žiadne dreviny
Suma bodov				3	2

Hydromorfológia toku je priemerná (3).

Tab. 8c: Biologické hodnotenie: BMWP index

Systematické zaradenie/Čel'ad' (family)	Skóre
Kmeň: Ploskavce (Platyhelminthes)	
Ploskulice (všetky čel'ade)	3
Kmeň: Mäkkýše (Mollusca)	
Ulitníky (Ancylidae)	6
Ulitníky (Lymnaeidae, Planorbidae, Physidae)	3
Lastúrniky (Sphaeriidae)	3
Kmeň: Obrúčkavce (Annelida)	
Máloštetinavce (Oligochaeta) všetky čel'ade	1
Pijavice (Hirudinea) (všetky čel'ade)	1
Kmeň: Článkonožce (Arthropoda)	
podkmeň: Klepietkavce (Chelicerata)	
vodné roztoče (Hydracarina)	3
podkmeň: Kôrovce (Branchiata)	
raky (Astacidae)	8
rovnakonôžky (Asellidae)	3
rôznonôžky (Gammaridae)	6
podkmeň Vzdušnicovce (Tracheata)	
podenky (Ephemeroptera): Ephemeridae, Heptageniidae	10
Podenky (Caenidae)	7
Podenky (Ephemeroptera): Baetidae	4
Vážky (všetky čel'ade)	8
Pošvatky (Plecoptera) (všetky čel'ade)	10
Bzdochy (Heteroptera) (všetky čel'ade)	5
Vodnárky (Megaloptera) (Sialidae)	4
Potočníky (Trichoptera) so schránkami (všetky čel'ade); bezschránkaté potočníky (Rhyacophilidae, Polycentropodidae)	7
Potočníky (Trichoptera) (len Hydropsychidae)	5
Vodné chrobáky (Coleoptera) (všetky čel'ade)	5
Dvojkrídlovce (Diptera) (Tipulidae, Limoniidae, Pediciidae, Simuliidae)	5
Dvojkrídlovce (Diptera) – Pakomáre (Chironomidae)	2
Suma	17

Výsledok: Biologické hodnotenie vykazuje zlú kvalitu vody (4).

Tab. 8d: Výsledok EKOLOGICKÝCH TRIED

	Výsledok
Výsledok chemicko-fyzikálna kvalita vody	3
Výsledok štruktúra	4
Výsledok biologická kvalita vody	4
VÝSLEDOK EKOLOGICKEJ TRIEDY	4

Záver: Hodnotenie vykazuje zlý ekologický stav.

Na základe uvedeného hodnotenia bola lokalita pretekajúca Bratislavským lesoparkom vo veľmi dobrom ekologickom stave, a Vydrica pri Zoo v zlom ekologickom stave. Pri návšteve tečúcich vôd nemusíme len hodnotiť ekologický stav, námety na vypracovanie projektu žiakov môžu byť rôzne: napr. viazanosť taxónov makrozoobentosu k rôznym typom substrátov, ukážky ekologických adaptácií živočíchov na rôzne typy prúdenia, identifikácia potravných skupín, vplyv rôznych polutantov a iné.

Mnohé ekologické pojmy možno vysvetliť aj pri návšteve stojatých vôd. Ich hodnotenie, ako už bolo uvedené, zatiaľ nie je v Európe štandardizované, používané národné metódy sú uvedené na stránke projektu wiser: www.wiser.eu/. Napriek tomu môžu učители aj pri stojatých vodách nájsť dostatok podnetov na demonštráciu ekologických výrazov. Príkladom môže byť porovnanie zloženia bezstavovcov štrkovísk Biologickej stanice Šúr (Bulánková 2013). Rovnako pri hodnotení odobranej vzorky môžeme využiť hodnoty BMWP indexu, pretože vzťah k organickému znečisteniu vody, ktorý predstavuje skóre BMWP indexu vyjadruje tiež nároky organizmu ku kyslíku vo vode. Tie taxóny, ktoré majú vysoké hodnoty skóre sa vyskytujú v dobre okysličených studených tokoch. Nižšie hodnoty majú čelade, ktorých druhy prežívajú buď v organicky znečistených tokoch alebo aj v stojatých vodách, kde je obsah kyslíka nižší. Makroskopické bezstavovce žijúce v stojatých vodách sú prispôsobené nedostatku kyslíka tým, že dýchajú vzdušný kyslík pomocou dýchacích rúrok alebo dýchajú pomocou tzv. plastrónu. Takýto spôsob dýchania je častý u vodných chrobákov (napr. druhy čel. Dytiscidae), ktoré musia na získanie nových zásob kyslíka občas vystúpiť na hladinu, aby sa im na chĺpky na tele (tvoriace plastrón) pripojili bublinky vzduchu s kyslíkom. Dýchacie rúrky u sploštule bahennej (*Nepa cinerea*) či ihlice vodnej (*Ranatra linearis*) slúžia priamo na získanie vzdušného kyslíka z hladiny. Niektoré druhy typické pre stojaté vody dýchajú celým povrchom tela, ako napr. štípavka (*Ilyocoris cimboides*) alebo larvy komárov. Šidielka alebo niektoré podenky žijúce v stojatých vodách dýchajú kyslík pomocou žiabrových (tracheálnych) lístkov umiestnených na konci tela. Tie druhy, ktoré žijú v prehrievaných vodách (napr. šidielko červenooké) majú rozšírené kaudálne lamely, aby mohli načerpať kyslík väčšou plochou. Takto sa dá dobre hlavne pri stojatých vodách ukázať, aké prispôsobenia majú bezstavovce žijúce v tomto type vôd.

Ďalšou zaujímavou adaptáciou je sfarbenie živočíchov, ktoré sa mení podľa podkladu, na ktorom žijú. Vážky žijúce medzi rastlinami bývajú zeleno sfarbené (napr. šidlo obrovské *Anax imperator*), vážky žijúce na tmavom dne bývajú tmavo sfarbené, čo je väčšina šidiel. Niektoré šidlá majú telo pokryté hustými chlpkami, ktoré zabraňujú prichyteniu jemných čiastoček bahna na telo, napr. ligotavka medená (*Cordulia aenea*). Hrabavý spôsob života viedol u mnohých druhov bentických bezstavovcov k vytvoreniu silných, príp. dlhých končatín (v stojatých vodách ligotavka medená). Morfológické prispôsobenia možno demonštrovať aj na silných končatinách dravcov, napr. u sploštule bahennej či štípavke. Plávacie končatiny majú výborne vyvinuté vodné bzdochy z čeľ. Corixidae, ktoré nachádzame aj v ramenách a nížinných tokoch (video_stojaté vody a ramená: <http://youtu.be/JRRB-ljj1DRA>). Zaujímavým prispôobením je korčulovanie sa vodných bzdôch korčuliarok, ale aj iných bzdôch po vodnej hladine, umožňujú im to chlčky na tarzoch, rozširujúce plochu a kontakt dotyku s vodnou hladinou, ktorú tak korčuliarka neprepichne.

Pri stojatých vodách môžeme demonštrovať aj vzťah bentických bezstavovcov k vodným rastlinám. Odber makrozoobentosu bude druhovo bohatší, ak budeme loviť medzi vodnými rastlinami a na dne, kde korenia. Makrofyty predstavujú pre vodné bezstavovce i stavovce miesto úkrytu, kde sa nachádza viac kyslíka, prípadne aj potravy či skrýše, odkiaľ číhajú na korisť.

Ak by chceli žiaci jednoducho ohodnotiť kvalitu vody v domácom jazierku, či štrkovisku, môžu použiť neštandardizovanú metódu PSYM (Howard 2002), používanú na hodnotenie jazierok (angl. pond) vo Veľkej Británii (tab. 9 a 10).

Tab. 9: Skóre taxónov na jednoduché hodnotenie jazierok a kanálov (Biggs et al. 2000)

Taxón	skóre
potočníky	10
strechatky	10
vážky šidlá	10
vážky šidielka	10
vodné chrobáky	5
vodné bzdochy	5
podenky	5
žiabronôžky	5
žižavica vodná	1
vodné slimáky	1
máloštetinavce, dvojkrídlavce, pijavice	1

Tab. 10: Vyhodnotenie ekologickej kvality (Biggs et al. 2000)

Ekologická kvalita	Skóre
zlá	0 – 17
priemerná	18 – 34
dobrá	35 – 51
veľmi dobrá	52 – 68

Skóre 1-5 znamená, že jazierko neposkytuje dobré podmienky na život. Môže to byť spôsobené aj nedostatočným odberom. Treba sa pozrieť aj do rohov jazierka, kde môžu byť ďalšie živočíchy. Ak ani to nepomôže, na zlepšenie ekologickeho stavu sa dá urobiť niekoľko opatrení:

- treba zistiť, či v jazierku nie je priveľa rýb alebo ponorených rastlín, ktoré môžu zahŕňovať a tým odoberať kyslík
- okraje jazierka možno zlepšiť nahradením kameňov a skál vodnými rastlinami,
- vhodné je umiestniť sem plávajúce rastliny, ktoré zatienia vodnú plochu a sú viac tolerantné k znečisteniu,
- ak nie je v jazierku dostatok plytkých miest, treba ich vytvoriť, pretože sa tým zvýši diverzita vodných živočíchov,
- keď je v jazierku veľa vláknitých rias, je potrebné pouvažovať aj o výmene vody a odstránení všetkých zdrojov znečistenia.

Ak je skóre 6 – 30, jazierko je v dobrom stave, ale možno urobiť niekoľko opatrení na jeho zlepšenie:

- zväčšiť počet plytkých miest,
- vysadiť viac mokrad'ových rastlín na okrajoch jazierka, napr. mäta vodnú – *Mentha aquatica*, veroniku potočnú *Veronica beccabunga*, žabník skorocelový *Alisma plantago-aquatica* a taktiež aj ostatných vodných rastlín.

Skóre 31 – 68 znamená, že jazierko má množstvo vodných živočíchov, ktoré môžeme zvýšiť doplnením ďalších vodných rastlín a vytvorením množstva plytkých zón, kde je najväčšia rozmanitosť vodných živočíchov.

Podrobnejšie hodnotenie menších stojatých vôd a kanálov pomocou metódy PSYM je uvedené v manuáli (Howard 2002).

Príloha:

Praktické rady pred odchodom do terénu

Tab. 11: Bezpečnosť pri toku

- Pred exkurziou treba zistiť, či sa lokalita nenachádza v chránenom území a ktoré činnosti sú podľa stupňa ochrany zakázané, V prípade potreby sa treba obrátiť na Štátnu ochranu prírody a vybaviť povolenie, Táto inštitúcia (príp. lesná správa) môže poskytnúť hodnotné údaje o faune a flóre a o iných pozoruhodnostiach (stupeň znečistenia, revitalizačné zásahy), Spravidla sú úrady vďačné, keď im po skončení výskumu poskytnete vaše výsledky,
- Skúmať možno len toky, ktoré môžu bezpečne prebrodiť všetci účastníci!
- K dispozícii musí byť lekárnička; ako doplnok fyziologický roztok na vypláchnutie očí pri kontakte s chemikáliami,
- Každá skupina sa musí stále zdržiavať v bezpečnej blízkosti pedagogického dozoru (na dohľad, či posluš),
- Máte žiakov, ktorý vyžadujú zvláštnu pozornosť? Reagujú napríklad niektorí študenti alergicky na poštípnutie hmyzom? Čo treba robiť v prípade alergického záchvatu (číslo tiesňového volania)?
- Musíte si zobrať ešte jedného pedagóga?
- Dodržiavajte pitný režim, pri toku je pocit smädu potláčaný,
- Dajte pozor na možné hĺbočiny, zvlášť pri tokoch, kde pre zákal vody nevidíme dno! Napr. na strmých a zarastených brehoch, Pri spadnutých kmeňoch stromov a koreňoch môžu byť veľmi hlboké miesta, Pred vstupom do rieky palicou sieťky alebo ináč premerajte hĺbku!
- Kamene môžu byť kvôli riasovým nárastom veľmi klzké,
- Počas horúcich dní dajte pozor, aby žiaci boli chránení opaľovacím krémom,
- V prípade potreby, použite repelent proti komárom a kliešťom, Po ukončení exkurzie skontrolujte, či žiaci nemajú zachyteného kliešťa na svojom tele (pazuchy, pod kolenami a iné miesta s jemnou vlhkou pokožkou)

Tab. 12: Terénny protokol: Úlohy

- Exkurzie na toky môžu negatívne ovplyvňovať skúmaný úsek, preto sa musia VŠETCI pri toku a na jeho brehu správať veľmi opatrne a citlivo,
- Rastliny na brehu nesmú byť bezdôvodne pošliapané, Každá skupina si preto vyberie len jedno miesto, na ktorom sa centrálnie zozbiera materiál a na ktorom sa stretne, aby prediskutovala výsledky,
- Kamene vybrané z toku, treba po preskúmaní opäť vrátiť do toku, Kamene predstavujú habitaty pre vodnú biotu!
- So živočíchmi treba nárábať opatrne a po preskúmaní ich vrátiť späť do vody,
- V teréne nič nenechávame, Tok a jeho okolie zanecháme tak, ako sme ich našli!
- Chemikálie nevylietame do doku, Zbierame v označenej nádobe a odovzdáme ich do chemického laboratória v škole,
- Nevstupujeme zbytočne do toku, len kvôli odberu vzoriek,

Tab. 13: Zoznam odporúčaného materiálu na exkurziu:

Dva veľké plastové boxy na materiál, do ktorých umiestnime všetok odobratý materiál,

Terénne protokoly:

Účastníci si podľa možností prinesú:

- podložku na písanie, ceruzku! (večné a plniace pero nepíšu v daždi), strúhadlo, gumu
- hrubú fixku (vode odolnú)
- vrecká z plastu (na ochranu podkladov pred dažďom)
- gumenné čižmy, pršiplášť, šatku, prípadne dáždník
- nápoj, občerstvenie (v teréne vyhladneme)
- šatka, náhradné oblečenie (vždy)
- plastovú tašku (na odpad, príp, iné)
- veľkú bielu misku, pár gumenných rukavíc, minimálne dva určovacie kľúče, dve lupy (10-násobné zväčšenie), tri pinzety
- 2 páry gumenných čižiem,
- 4 – 6 priehľadných misiek (napr. Petriho misky)
- skúmavky s alkoholom na zber dokladového materiálu a živých ťažko určiteľných živočíchov (len pri komplexnejšom hodnotení)
- 70 % alkohol na fixovanie jednotlivých živočíchov (len pri komplexnejšom hodnotení)
- malé lístočky na popis v alkohole fixovaných živočíchov (len pri komplexnejšom hodnotení),

Na hodnotenie chemicko-fyzikálnych vlastností vody:

- analytický kufrík (s návodmi, pipetami, skúmavkami na vzorky)
- destilovaná voda
- nádobu na použité chemikálie

Rôzne:

- topografickú mapu (môže byť vytlačená z internetu)
- digitálny fotoaparát
- eventuálne potrebné povolenia na odber vzoriek od príslušných úradov v spolupráci s učiteľom

Bezpečnosť

- lekárnička

Ďalšie údaje k úspešnému uskutočneniu exkurzie sú uvedené v kapitole: Biologická exkurzia.

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling, 1999: "Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition." U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. 1999. Document No. 841-B-99-002.
- Biggs J., Williams P., Whitfield M., Fox G., Nicolet P., 2000: Biological techniques of still water quality assessment, phase 3. Method development, R&D Technical Report E110. Environment Agency, Bristol, 147s.
- Bulánková, E., 2013: Vzdelávanie učiteľov biológie o vodných ekosystémoch. *Biológia, ekológia, chémia*, 2: 27-28.
- Howard, S., 2002: A guide to monitoring the ecological quality of ponds and canals using PSYM Oxford Brookes University, 15 s.
- Kristensen, P., 2012: European waters — assessment of status and pressures, EEA Report No 8/2012, Copenhagen, 100 s.
- Illies, J. (Ed.) 1978: *Limnofauna Europaea*, A checklist of the Animals inhabiting European Inland Waters, with Account of their Distribution and Ecology, Second revised and enlarged Edition,—G, Fischer, Stuttgart and Swets & Zeitlinger, Amsterdam 1978, 532 s.
- Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000 ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky – SK a EN verzia. Úradný vestník európskych spoločenstiev, dostupné na internete: <http://www.vuvh.sk/rsv2/> [21.10.2014]
- ASTERICS: www.fliessgewaesser-bewertung.de [15.11.2014]
- www.vuvh.sk. [15.11.2014]
- www.wiser.eu[15.11.2014]

III. ČASŤ: DIDAKTICKÁ CHARAKTERISTIKA

BIOLOGICKÁ EXKURZIA

Katarína Ušáková, Jana Cibulková

Biologická exkurzia patrí medzi najviac aktivizujúce a motivujúce vyučovacie formy, a preto je nenahraditeľná súčasť školského vyučovania. Učiteľ využíva vhodnú formu exkurzie vtedy, keď chce žiakov oboznámiť s biologickými objektmi a javmi, ktoré z rôznych dôvodov nemôže demonštrovať priamo v triede alebo v biologickom laboratóriu. Napríklad rastlinné a živočíšne spoločenstvá v ich prirodzených podmienkach, vzťahy medzi organizmami určitého biotopu, muzeálne zbierky, rastliny a živočíchy botanických a zoologických záhrad, špecifické ekosystémy a pod. (Ušáková 1990).

V literatúre sa stretávame s nejednotným zaradovaním exkurzie do pojmového rámca pedagogiky. Väčšina autorov chápe exkurziu ako **organizačnú** (Skalková 2007, Turek 2008, Průcha et al. 2009) alebo vyučovaciu **formu** (Ušáková 1990) spojenú s terénnymi cvičeniami v prírode (Šupka et al. 1993). Podľa Pettyho ju môžeme a považovať aj za vyučovaciu metódu, z ktorej si žiaci najviac pamätajú. Zároveň je veľmi užitočná pre vzťah učiteľa a žiaka za predpokladu, že je dobre naplánovaná. Exkurzie motivujú žiakov a umožňujú, aby do učenia a vyučovania vstúpil skutočný svet (Petty 1996).

Exkurzia je forma názorného vyučovania, ktoré svojou podstatou a zameraním dáva priestor na **zážitkové vyučovanie**, priamu aplikáciu teoretických poznatkov do praxe, a tým vedie žiakov nielen k upevneniu a prehĺbeniu učiva, ale aj k jeho hlbšiemu porozumeniu a trvácnejším poznatkom. Zážitková pedagogika využíva „zážitok, skúsenosť“ ako nástroj výchovy a vzdelávania. Dôraz sa kladie na priamu skúsenosť, blízkosť životnej realite, potrebu spätného hodnotenia, vplyv skupinovej dynamiky, možnosti získavania hraničných zážitkov a i. Hlavné zážitkovo-pedagogické aktivity sa odohrávajú v prírodnom prostredí (pozri bližšie Neuman 2013). Toto všetko dobre pripravená terénna exkurzia poskytuje.

Rovnako ako vyučovanie v triede, aj štruktúra exkurzie má časť **motivačnú** (evokačnú), **expozičnú** (realizačnú) a **fixačnú** (upevňovaciu). Tým napĺňa nielen **vzdelávací cieľ**, ale ponúka rôznorodé možnosti **výchovného využitia učiva**, napr. je vhodnou príležitosťou viesť žiakov k aktívnej ochrane prírody, prostredníctvom konkrétnych aktivít rozvíjať **klúčové kompetencie**. Ide najmä o rozvíjanie prírodovednej kompetencie, t.j. *matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky, kompetencia naučiť sa učiť, spoločenské a občianske kompetencie, iniciatívnosť a podnikavosť* a i.

Exkurzia s dôsledne pripraveným obsahom, zmysluplnými a funkčnými úlohami a praktickými aktivitami žiakov je aj nástrojom rozvíjania **prírodovednej gramotnosti** žiakov. V štúdii OECD PISA (Programme for International Student Assessment) sa pojem prírodovedná gramotnosť chápe ako „schopnosť používať vedecké poznatky, identifikovať otázky a vyvodzovať dôkazmi podložené závery pre pochopenie a tvorbu rozhodnutí o svete prírody a zmenách, ktoré v ňom nastali v dôsledku ľudskej aktivity“ (PISA SK 2006). Zjednodušene pod prírodovednou gramotnosťou môžeme rozumieť schopnosť žiakov používať v praktickom živote vedomosti a zručnosti získané v prírodovedných predmetoch na riešenie konkrétnych problémov (Wiegerová 2003). Napríklad, aby žiaci vedomosti z biológie dokázali využiť na záchranu ohrozených druhov rastlín a živočíchov, na ochranu vzácnych lokalít a pod. Na exkurzii môžeme tiež lepšie spoznať samotných žiakov, ich nadanie, sklony, ale aj charakterové vlastnosti. Má preto aj neopomenuteľný emocionálny význam pre žiakov.

Exkurzia vždy nadväzuje na vlastné vyučovanie v triede. Jej obsah a tematické zameranie je dané požiadavkami **Štátneho vzdelávacieho programu (ŠVP)** a **Školského vzdelávacieho programu (ŠkVP)**, závisí však aj od lokality, v ktorej sa škola nachádza, časovej náročnosti a od ekonomických možností školy a žiakov. Exkurziu, ktorá je vzdialenú od areálu školy a časovo presahuje hodinovú dotáciu stanovenú podľa rozvrhu, musíme vopred naplánovať, začleniť do ročného plánu školy a získať súhlas vedenia školy na jej realizáciu.

Podľa zamerania biologického objektu a spôsobu realizácie, rozlišujeme tieto typy exkurzie:

- vychádzka do prírody,
- vychádzka do múzea,
- exkurzia do botanickej alebo zoologickej záhrady, arboréta, prípadne na výstavu (napr. Flóra – výstava kvetov),
- exkurzia do prírodovednej inštitúcie – výskumný ústav, firma s poľnohospodárskym alebo biotechnologickým zameraním a pod.,
- praktické terénne cvičenia.

Špecifickým typom exkurzie je aj **projektové vyučovanie**, ktorého obsahom sú témy spojené s prácou blízkeho alebo vzdialeného okolia školy. Spoločným znakom všetkých typov exkurzií je, že vždy prebiehajú mimo areálu školy a majú presne špecifikovaný **didaktický**

zámer. Exkurzia je časovo najnáročnejšia vyučovacia forma, preto sa v praxi uplatňuje snaha ju čo najviac a čo najefektívnejšie edukačne využiť (pozri bližšie Bulánková 2013, Nagyová et al. 2013).

Osvedčeným spôsobom je realizácia **komplexných exkurzií**, ktoré sa využijú pre účely príbuzných biologických disciplín, napr. spojenie zoologickej, botanickej a ekologickej exkurzie. V odôvodnených prípadoch sa uskutočňujú aj komplexné medzipredmetové exkurzie, pri realizácii ktorých treba citlivo zvážiť „kombináciu poznatkov“ z rôznych predmetov, napr. biológia, geografia, dejepis, ktoré môžu byť zamerané na prierezové témy. Pri tomto type exkurzie treba čo najpresnejšie špecifikovať cieľ exkurzie s vedomím, že exkurzia nie je žiaden výlet, ale „*plánovite pripravené, metodicky prepracované a do učiva zapadajúce vyučovanie v prírode ...*“ (Ušáková 1990). To však neznamená, že učiteľ má na exkurzii vystupovať autoritatívne. Naopak, „učenie v prírode“ je vhodnou príležitosťou na stmelenie žiackeho kolektívu a aj vzťahu učiteľ – žiaci, kde spontánnosť a ústretovosť učiteľa bude určite viac oceňovaná žiakmi a významne zvýši ich motiváciu a aktivitu, ako strohosť a prísnosť. Pri komplexných exkurziách treba dať pozor aj na efekt „presýtenosti“ informáciami z rôznych odborov, aby žiakom potom neunikli podstatné informácie.

Nedostatkom exkurzie je:

- preťaženie odborného výkladu (komentára) zbytočnými detailmi a podrobnosťami,
- vysoko odborne koncipovaný a veľmi dlhý výklad,
- nedostatok samostatnej práce žiakov a málo priestoru určeného na pozorovanie,
- demonštrácia prírodnín bez uvedenia poznávacích znakov,
- neúplný a povrchno spracovaný záverečný protokol z exkurzie (Ušáková 1990).

Didakticky najúčinnjším typom exkurzie sú terénne cvičenia v prírode – **terénna exkurzia**. Tento typ exkurzie sa od ostatných foriem líši predovšetkým tým, že umožňuje nielen **pozorovanie prírody** a vysokú mieru motivácie žiakov, ale aj **rozvíjanie kritického myslenia** „konkrétnymi aktivitami“ v rámci samostatnej a skupinovej práce žiakov. Má prvky praktického cvičenia aj vychádzky. Žiaci na tomto type exkurzie vždy riešia konkrétne úlohy alebo praktické aktivity. Zainteresovanosť žiakov na skutočnom vedeckom bádání využívaním metód priameho štúdia prírody *pozorovaním, realizáciou pokusov – experimentov*, ale aj začlenením *práce s odborným textom* (s populárno-náučnou a odbornovo-vedeckou literatúrou, pracovnými listami a i.) prináša v zmysle kognitívnych koncepcií požadovanú „kvalitatívnu zmenu“ v chápaní biologických procesov a javov.

Zmysluplné a funkčné praktické aktivity realizované v rámci terénnej exkurzie dávajú priestor aj na využívanie inovatívnych metód „*Výskumne ladenej koncepcie prírodovedného vzdelávania*“, známeho pod medzinárodnou skratkou IBSE (z anglického názvu Inquiry Based Science Education). V Čechách je táto koncepcia označovaná ako „Bádatel'sky orientované prírodovedné vzdelávanie“. Jeho podstatou je uplatňovanie „konštruktivistického prístupu“, t.j. vzdelávacích aktivít, ktoré kopírujú postup vedcov pri skúmaní a bádání

v prírode (napr. Nezvalová et al. 2010, Held 2012, Papáček 2010).

Aktívna práca v teréne pod vedením učiteľa umožňuje rozvíjať kritické myslenie žiakov napr. **technikou EUR**, kde E = *evokácia*, U = *uvedomenie si významu* a R = *reflexia* (napr. Kolláriková 1995, Turek 2003, Petrasová 2003, Steele et al. 1998a, Steele et al. 1998b). Žiaci prácou v skupinách priamo v teréne získavajú nové poznatky, ktoré „zabudovávajú“ do svojich poznatkových štruktúr (*elaborácia, systematizácia* poznatkov), čiže zmysluplne nadväzujú na to, čo už vedia (na východiskové poznatky). Tým sa prehĺbuje záujem žiakov o prírodu – **evokácia** (motivácia), vytvárajú sa predpoklady pre hlbšie porozumenie a pochopenie teoretického učiva uvedomovaním si podstaty, princípov fungovania biologických procesov a javov – **uvedomenie si významu** a vzniká aj priestor na **reflexiu**, t.j. žiak si uvedomí v rámci „spracovania“ metakognície (vlastná stratégia myslenia), čo nové sa naučil prostredníctvom konkrétneho zážitku a vlastnej skúsenosti v prírode (zážitkové vyučovanie).

Pridanou hodnotou je, že žiaci sa zároveň učia pracovať v tíme, osvojujú si techniky zberu, konzervovania a vyhodnocovania biologického materiálu, učia sa vzájomne spolupracovať, komunikovať na odbornú tému, *zbierať, spracovávať*, s použitím vedeckých argumentov *interpretovať* a vhodne *prezentovať závery* konkrétnych aktivít a zadaných úloh v rámci skupín.

Zavádzanie **digitálnych technológií** do vyučovania prinieslo aj nový typ exkurzie – **RAFT exkurziu**, čo je vzdialená on-line exkurzia (z anglického názvu Remote Accessible Field Trips). Predpokladom realizácie RAFT exkurzie je **digitálna gramotnosť učiteľa** aj žiakov, t.j. ovládanie *práce s počítačom, internetom a digitálnymi technológiami* (Karolčík 2002).

Špecifikom RAFT – exkurzie je, že sa trieda delí na dve skupiny. Jedna skupina pracuje v teréne a druhá v triede (biologickom laboratóriu alebo v počítačovej učebni), čo je veľká výhoda napr. pri exkurziách v chránenej krajinnej oblasti, kde nie je možné pracovať v teréne s veľkým počtom žiakov. Každý žiak, ktorý je súčasťou skupiny v teréne má konkrétnu úlohu. Žiaci pri realizácii RAFT- exkurzie:

- majú k dispozícii rôzne digitálne technológie, prostredníctvom ktorých môžu navzájom komunikovať a kooperovať pri riešení úloh,
- v triede pracujú s *počítačom*, digitálnym prostredím *LMS Clarolinea internetom*,
- v teréne majú na zber dát k dispozícii *notebook* alebo *tablet*, *digitálnu kameru*, *digitálny fotoaparát* alebo kvalitný mobil (*iPad*, *smartfón*). Ako zdroj informácií využívajú bezdrôtový *internet*. Na ukladanie a prenos dát používajú *tablet LMS Claroline*,
- v triede a v teréne navzájom komunikujú on-line prostredníctvom *videokonferencie* a *LMS Claroline* (Gardavská 2010).

Videokonferencia poskytuje možnosť interaktívneho spojenia triedy so vzdialeným špičkovým vybaveným laboratóriom, výrobným podnikom, historickou expozíciou alebo

chránenou prírodnou lokalitou, čo prinesie žiakom v reálnom čase nevyvrátiteľné a veľmi konkrétne dôvody zmysluplnosti vzdelávania (Karolčík, 2004).

Splnenie cieľa exkurzie závisí predovšetkým od odbornej prípravy učiteľa aj žiakov, premyslenej organizácie a didaktického využitia. Podobne ako vyučovacia hodina aj exkurzia pozostáva z jednotlivých fáz, ktoré na seba nadväzujú:

- príprava exkurzie,
- realizácia exkurzie,
- zhodnotenie a využitie výsledkov exkurzie (napr. Turek 2008, Ušáková 1990).

Príprava exkurzie

Úspech exkurzie podmieňuje predovšetkým dôsledná **príprava učiteľa aj žiakov**. Pri príprave exkurzie učiteľ najprv vymedzí zameranie exkurzie, jej zaradenie do ročného plánu školy a získa súhlas vedenia školy. Potom zvolí konkrétnu lokalitu (trasu), ktorá ponúka viacero možností didaktického využitia.

Napríklad v rámci tematického celku „Život a voda“ ŠVP odporúča využiť aj **projektové vyučovanie**, ktoré je možné uskutočniť formou tematickej exkurzie. My sme v spolupráci s fakultnou školou – Gymnázium Bílikovaul.14 v Bratislave zvolili **typ terénnej exkurzie** s názvom „Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd“. Trasu exkurzie tvorili dve lokality – stredný tok Vydrice v Chránenej krajinskej oblasti (CHKO) Malé Karpaty, ktorý reprezentoval tečúce vody. Druhou lokalitou bol rybník Mláka v Devínskej Novej Vsi, ktorý reprezentoval stojaté vody.

Je dôležité, aby lokalitu, ktorá je cieľom exkurzie učiteľ sám dobre poznal, prípadne sa s ňou včas oboznámil a mal o jej didaktickom využití dostatočné teoretické vedomosti, aj praktické skúsenosti. Pri voľbe lokality je potrebné zvážiť časovú náročnosť exkurzie aj terénu, aby ho zvládli aj fyzicky menej zdatní žiaci. Zastávky na prácu v teréne volí učiteľ na miestach, ktoré sú vhodné na pozorovanie, zber biologického materiálu a realizáciu vytýčených úloh. Učiteľ si musí vopred premyslieť:

- na čo je potrebné upozorniť,
- čo je nutné vysvetliť,
- čo možno požadovať od žiakov,
- aké úlohy budú žiaci riešiť,
- ako má byť formulovaný poznatok, ktorý si majú zapamätať,
- ktoré prírodniny budú žiaci zbierať,
- ktoré budú slúžiť ako didaktický – demonštračný typ a pod. (Ušáková 1990).

Materiálno-technické zabezpečenie exkurzie sa netýka len učebných pomôcok a techniky. Učiteľ musí zabezpečiť, aby žiaci mali možnosť pracovať s kvalitným materiálom a v at-



Obr. 194: Exkurzia „Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd“- lokalita rybník Mláka (Devínske jazero).
Foto: Jana Cibulková

mosfére, ktorá na nich vplýva pozitívne. Taktiež, aby žiaci mali dostatok vody, jedla, spánku, oblečenie aj obuv do terénu s ohľadom na poveternostné podmienky, výkyvy počasia a pod.

Prípravu učiteľa a žiakov na exkurziu môžeme zhrnúť takto:

Učiteľ:

- určí cieľ a lokalitu – zväži okolie školy a ďalšie možnosti realizácie exkurzie s prihliadnutím na minimálne náklady v zvládnuteľnom čase,
- zväži optimálny spôsob dopravy (pešo, Mestskou hromadnou dopravou, autobusom, vlakom) a zabezpečí zakúpenie lístkov na dopravu a prípadné vstupné na exkurzii,
- podľa počtu žiakov zväži pedagogický dozor – spravidla kolegovia učiteľa, pri väčšom počte žiakov môžu pomáhať aj rodičia (zdravie a bezpečnosť žiakov),
- dôkladne sa vopred oboznámi s lokalitou a jej možným didaktickým využitím, pri návšteve arboréta, botanickej alebo zoologickej záhrady alebo inej špecializovanej lokality, vopred zabezpečí odborný výklad – sprievodcu exkurzie,
- určí obsah a rozsah exkurzie – musí súvisieť s prebraným učivom,
- stanoví presný termín a časový harmonogram exkurzie,
- stanoví objekty pozorovania, pripraví praktické aktivity pre prácu jednotlivých skupín,



Obr. 195: „Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd“ – úvodná hodina exkurzie. Foto: Jana Cibulková

- vypracuje plán exkurzie:
 - materiálne vybavenie: lupy, atlasy, určovacie kľúče, fľaše na hmyz, sieťky, ďalekohľad a i.
 - digitálne technológie: tablet, meracie prístroje, digitálny fotoaparát, digitálna kamera, GPS a pod.,
 - odbornú literatúru, určovacie kľúče, atlasy živočíchov a rastlín, edukačné materiály, napr. pracovné listy, didaktické testy, obrazový materiál a pod.,
 - spíše menný zoznam žiakov,
 - určí vedúcich jednotlivých skupín,
 - vymedzí spôsoby výstupov exkurzie jednotlivcov a skupín a stanoví pravidlá hodnotenia práce skupín: výstupy môžu byť plagáty, prezentácie v aplikácii MS PowerPoint, inštalovanie výstavky fotografií pozorovaných živočíchov, rastlín a iných objektov exkurzie, video z priebehu podstatných častí exkurzie a pod.

Príprava žiakov na exkurziu:

- včas oboznámiť žiakov s cieľom, lokalitou a termínom exkurzie,
- zopakovať so žiakmi učivo, ktoré s obsahom exkurzie súvisí, prípadne doplniť poznatky potrebné na zvládnutie obsahu a splnenie cieľa exkurzie,
- zostaviť pracovné skupiny,
- odporučiť vhodné oblečenie a vymedziť pomôcky, ktoré si majú žiaci pripraviť na exkurziu,
- oboznámiť žiakov s plánom a časovým harmonogramom exkurzie.

Pre zdarný priebeh exkurzie sa odporúča uskutočniť úvodnú hodinu exkurzie v triede, aby žiaci dostatočne teoreticky zvládli základné učivo, ktoré sa viaže k obsahu exkurzie. Na zopakovanie kľúčových pojmov sa odporúča podobne ako v teréne, práca žiakov v skupinách. Ako zdôrazňuje Petty (1996) práca v skupinách je aktívna, dáva priestor aj nesmelým žiakom, znamená tiež sebakontrolu a vzájomnú pomoc. Vyžaduje, aby si žiaci utriedili nové učivo a aby pre nich toto učivo malo osobný zmysel. Vedie žiakov k tomu, aby prijímali za učenie zodpovednosť. Súčasťou prípravy exkurzie je dôkladné premyslenie plánu exkurzie a didaktických postupov, ktoré je vhodné kvôli prehľadnosti vymedziť v podobe didaktickej šablóny.

UKÁŽKA DIDAKTICKEJ ŠABLÓNY TERÉNNEJ EXKURZIE NA PRÍKLADE UČIVA „ŽIVOT A VODA“

Úvod

Téma/Čo budem učiť	Ročník/koho
Tematický celok: ŽIVOT A VODA SKRYTÉ BOHATSTVO TEČÚCICH A STOJATÝCH VÔD – úvod- né hodiny k terénnej exkurzii	1.ročník gymnázia ISCED3A
Vyučovacia forma/typ hodiny	
Hodina základného typu s podporou digitálnych technológií – skupinová a individuálna práca v triede. - 4 vyučovacie hodiny	
Výchovno-vzdelávacie ciele/čo chcem, aby žiak vedel	

Vysvetliť

- a poznať pojmy:
 - *limnológia, hydrológia, hydrobiológia, hydromorfológia,*
 - *zóny jazera – litorál, pelagiál, profundál, abysál, bentál,*
 - *neustón, bentos, nektón, baktérioplanktón, mikrobentos, mesobentos, makrobentos,*
 - fytobentos, zoobentos, mikrozoobentos, meiozoobentos, makrozoobentos,*
 - *drviče, zberače, zoškrabávače, predátory.*
- význam vody pre živé organizmy na Zemi.
- rozdiel medzi limnológiou a hydrobiológiou.

Vedieť

- posúdiť vplyv typu vôd a abiotických faktorov na výskyt druhov a na biodiverzitu územia.
- pracovať s kľúčom na určovanie *makrozoobentosu* a s *Veľkou knihou rastlín* pri určovaní druhov živočíchov a rastlín.
- na základe obrázkov pomenovať a určiť biotop vybraných druhov živočíchov a rastlín.

Poznať

- základné fyzikálne a chemické vlastnosti vody.
- a vedieť charakterizovať abiotické a biotické faktory životného prostredia.
- typy vôd vzhľadom na pohyb vody – tečúce a stojaté vody.
- typy substrátov vzhľadom na veľkosť ich stavebných častí – íl, bahno, piesok, jemný až stredný štrk, hrubý štrk, okruhliaky, skaly, balvany.
- zóny jazera – *litorál, pelagiál, profundál, abysál a bentál.*

- spoločenstvá organizmov tečúcich a stojatých vôd vzhľadom na ekologický priestor, ktorý využívajú – *neustón, planktón, bentos, nektón*.
- základné skupiny druhov rastlín *fytobentosu* stojatých vôd a ich zástupcov.
- významných zástupcov *makrozoobentosu* tečúcich a stojatých vôd.
- základné ekologické skupiny *makrozoobentosu* – drviče, zberače, zoškrabávače, predátory a ich zástupcov.

Porovnať

- tečúce a stojaté vody z hľadiska hydromorfológie.

Vedieť vyhodnotiť

- biologickú kvalitu vody pomocou indexu BMWP (*Biological Monitoring Working Party*).

Vedieť posúdiť

- nevyhnutnosť ochrany sladkých vôd a ochranu životného prostredia vzhľadom na živočíchov a rastliny žijúce na danom území.

Kľúčové kompetencie/čo chcem u žiaka rozvíjať

Komunikačná

- zrozumiteľne vysvetliť fakty, ktoré sa týkajú tečúcich a stojatých vôd, ich základných charakteristík (hydromorfológia, fyzikálne a chemické vlastnosti vody, biotické faktory sladkých vôd), výskyt vybraných zástupcov rastlín a živočíchov, vedieť počúvať učiteľa a spolužiakov, komunikovať, pohotovo reagovať.

Naučiť sa učiť (učebná)

- čítať s porozumením, vedieť počúvať, pružne reagovať na otázky, reagovať k veci (pôsobenie zmeny životného prostredia na výskyt živočíchov žijúcich v sladkých vodách), obhájiť si svoje stanovisko, prezentovať informácie stručne, jasne, zrozumiteľne (nové pojmy – *limnológia, hydrobiológia, hydromorfológia, zóny jazera – litorál, pelagiál, profundál, bentál, makrozoobentos*), vedieť reagovať na otázky, napr.:
 - Čo je predmetom štúdia hydrobiológie podľa analýzy jej názvu?
 - Aké fyzikálne a chemické vlastnosti má voda?
 - Ako sa rozdeľujú vodné toky podľa pohybu vody?
 - Prečo sa spomína medzi vlastnosťami vody jej priehľadnosť? Prečo je dôležitá?
 - Ako sa rozdeľuje voda vzhľadom na koncentráciu soli alebo salinitu?
 - Ktoré chemické látky a zlúčeniny môžeme identifikovať vo vode?
 - Čo je eutrofizácia vody?
 - Ktoré chemické prvky vo vode indikujú znečistenie a eutrofizáciu vody?
 - Medzi aké faktory patria baktérie, autotrofné a heterotrofné organizmy? Akú majú funkciu vo vodných ekosystémoch?
- obhájiť si svoje stanovisko v skupinách pri riešení úloh – návrh diakritických znakov tečúcich a stojatých vôd, porovnanie tečúcich a stojatých vôd a zaradovanie vybraných druhov živočíchov a rastlín do systému, tvorivo aplikovať vedomosti, t. j. ana-

lyzovať, hodnotiť, riešiť situácie, objavovať vzájomné vzťahy a príčiny pozorovaných procesov a javov (vplyv typu vôd vzhľadom na pohyb organizmov v nich žijúcich a abiotických faktorov na biodiverzitu územia), schopnosť vidieť, ale aj formulovať a riešiť problémy:

- *Ktoré diakritické znaky by ste zvolili pre porovnanie tečúcich a stojatých vôd?*
- *Prenikajú cez jazero svetelné lúče až ku dnu?*
- *Pre ktoré organizmy je dôležitým faktorom povrchové napätie vody?*
- *Porovnajte tečúce a stojaté vody z hľadiska prúdenia vody, substrátov a častí, ktoré ich tvoria.*
- rozvíjať kritické (hodnotiace) myslenie – hľadať príčiny, dôkazy, argumenty, napr.:
 - *Prečo dochádza k eutrofizácii vôd hlavne v stojatých vodách?*
 - *Aké sú príčiny tohto javu? Aké sú dôsledky tohto javu?*
 - *Ktoré chemické prvky vo vode indikujú znečistenie a eutrofizáciu vody?*
- využívať vhodne formulované, úvahové a porovnávacie otázky na pochopenie a upevnenie učiva, napr.
 - *Čo patrí medzi biotické faktory vody?*
 - *Ako sa rozdeľujú organizmy podľa typu potravy, ktorú prijímajú?*
 - *Uveďte príklady organizmov, ktoré tvoria neustón?*
 - *Aké funkcie majú zástupcovia makrozoobentosu vo vodnom ekosystéme?*
 - *Ktoré živé organismy sa zaraďujú do nektónu?*
- pracovať v skupinách na zadaných úlohách od učiteľa a v závislosti od zadania využívať odbornú literatúru ako napr. *Bentické bezstavovce, Hodnotenie tečúcich vôd, Veľká kniha rastlín* a i.

Matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky (prírodovedná)

- obhájiť si svoje stanovisko k riešeniu úloh v rámci aktualizácie učiva (evokácia):
 - *Aký význam má voda pre život na Zemi?*
 - *Prečo má nezastupiteľný význam pre živé organizmy a prírodu?*
 - *V akom skupenstve sa vyskytuje voda v prírode?*
 - *Čo je to hydrologický cyklus? Ako prebieha? Ako a čím ho môže ovplyvniť človek?*
- funkčne využívať východiskové poznatky, vedomosti a zručnosti v rôznych životných situáciách (organizmy sladkých vôd a životné prostredie), vedieť interpretovať pozorované závislosti, vedieť zaradiť pozorované rastliny a živočíchy do základných systematických skupín, napr. *sinice, riasy, hubky, ploskavce, mäkkýše, pavúkovce, kôrovce* a pod., vytvoriť a prezentovať prezentáciu, vysvetliť nové pojmy.
- vedieť rozlíšiť, ktorí zástupcovia fauny a flóry sú typickí pre stojaté vody, tečúce vody, ktoré žijú pri brehoch, ktoré v potokoch a riekach.
- využitím rovesníckeho vzdelávania rozvíjať zodpovednosť vo vzťahu k živým organizmom v sladkých vodách a ich prostrediu.
- vedieť vysvetliť schému ako sa mení zastúpenie živočíchov v závislosti od podmienok horného, stredného a dolného toku tečúcich vôd.

Východiskové poznatky/na ktoré vedomosti budem nadväzovať

Poznať a vedieť používať pojmy:

- *stojaté vody, tečúce vody, salinita, horný, stredný a dolný tok, autotrofia, heterotrofia, planktón, fytoplanktón a zooplanktón, bezstavovce, ploskavce, mäkkýše, obrúčkavce, článkonožce, stavovce – ryby, obojživelníky, abiotické a biotické faktory prostredia, druh, spoločenstvo, životné prostredie, biodiverzita, téma: Život a voda G (1.ročník)*
- *vedomosti zo ZŠ (5.ročník) téma: Život vo vode a na brehu, (6. ročník) téma – Stavba tela bezstavovcov, (7. ročník) téma – Stavba tela stavovcov, (8.ročník) téma – Podmienky života a vzťahy organizmov.*

Vyučovacie metódy/ako budem učiť	Vyučovacie prostriedky/čím budem učiť
<ul style="list-style-type: none"> • motivačný rozhovor s demonštráciou (prírodniny, prezentácia v aplikácii MS PowerPoint) • výklad s demonštráciou (prírodniny, prezentácia v aplikácii MS PowerPoint) • vysvetľovanie s demonštráciou (porovnávanie) • upevňovací a zhrňujúci rozhovor • skupinová práca • <i>brainwriting</i> • <i>brainstorming</i> 	<p>Učebné pomôcky</p> <ul style="list-style-type: none"> • učebnice biológie pre gymnáziá: <ul style="list-style-type: none"> - Biológia pre 1. ročník gymnázií – Svet živých organizmov - Biológia pre gymnáziá 4 – Vývoj, systém a ekológia živočíchov - Biológia pre gymnáziá 8 –Praktické cvičenia a seminár II • odborné publikácie: <ul style="list-style-type: none"> - Bentické bezstavovce, Hodnotenie tečúcich vôd - Biotopy stojatých vôd, Limnológia tečúcich vôd - Veľká kniha rastlín, Veľká kniha rastlín, hornín, minerálov a skamenelín. • prezentácie v aplikácii MS PowerPoint • obrázky, schémy, náčrty • pracovné listy a fixky • kartičky pre brainwriting <p>Digitálne technológie</p> <ul style="list-style-type: none"> • počítač (PC) • interaktívna tabuľa

Didaktická šablóna úvodných hodín terénnej exkurzie na tému „Život a voda“ alebo „Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd“ je modifikovaná podľa (Cibulková, 2013, s. 39-42).

V prípravnej fáze exkurzie „Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd“ aktivizačnými me-

tódami (*brainwriting, brainstorming*) zopakujeme a upevníme so žiakmi základné pojmy, ktoré sú východiskom pre pochopenie podmienok a spôsobu života vodných bezstavovcov, ako aj dôvodov ochrany bezstavovcov stojatých a tečúcich vôd.

Nové pojmy vysvetlíme využitím metód práce s odborným textom – pracovný list, učebnice biológie, odborné publikácie a kľúč na vyhodnotenie biologickej kvality vody pomocou indexu *Biological Monitoring Working Party* – BMWP (Bulánková a kol. 2012, Bulánková & Stloukalová 2012).

Priebeh – realizácia exkurzie

Ide o fázu exkurzie, počas ktorej sú aktívni žiaci, ktorí v skupinách alebo samostatne riešia zadané úlohy (učiteľ vystupuje ako *facilitátor*). Ťažisková metóda samostatnej práce žiakov je **pozorovanie** prirodzene prepojené s komentárom a pokynmi učiteľa alebo odborným výkladom sprievodcu – odborníka z praxe na príslušnú tematickú oblasť exkurzie (napr. tematický celok „*Život a voda – Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd*“). Odborný výklad sprievodcu je dôležitý aj z hľadiska úspešnosti riešenia zadaní a úloh jednotlivých skupín.

Zadania a úlohy práce skupín vedú žiakov k tomu, aby sa zamerali na podstatné **ciele exkurzie**. Na ich splnenie žiaci v skupinách diskutujú, premýšľajú, navrhujú riešenia zadaní a úloh, riešia úlohy pracovných listov, uskutočňujú praktické aktivity (pozorovania, pokusy, určovanie druhov, zisťovanie pH vôd a pod.) a tým získavajú o problematike ucelené vedomosti, obohacujú sa o nové zručnosti, ktoré môžu využiť v praktickom živote (rozvíjanie prírodovednej gramotnosti a kľúčových kompetencií).

Hlavným cieľom terénnej exkurzie „*Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd*“ k učivu 1. ročníka biológie „**Život a voda**“ bolo:

- skúmať tečúce a stojaté vody (stredný tok *Vydrice* v CHKO Malé Karpaty a rybník *Mláka* v Devínskej Novej Vsi),
- porovnávať ich z rôznych hľadísk,
- skúmať vplyv znečistenia na biodiverzitu príslušnej lokality.

Učiteľ musí pri realizácii exkurzie zabezpečiť, aby všetci žiaci mali vytvorené podmienky, ktoré im umožnia sledovať odborný komentár – výklad (učiteľa alebo sprievodcu), aby dostatočne dobre videli pozorované objekty alebo prírodniny, aby mohli pozorovať javy, ktoré sa priamo dotýkajú problematiky a pod. Úlohou učiteľa je riadiť a dozeráť na prácu skupín pri riešení úloh a praktických aktivít, dbať, aby nedošlo k porušeniu bezpečnosti práce a správania.

Pri odbornom komentári (výklad, vysvetľovanie, opis, demonštrácia a i.) by sa mal učiteľ alebo sprievodca – odborník v danej oblasti, zamerať na dodržiavanie viacerých didaktic-



Obr. 196: Vľavo skúmaná lokalita Vydrica v CHKO Malé Karpaty. Vpravo sprievodný komentár učiteľa. Foto: Jana Cibulková

kých zásad, predovšetkým zásady vedeckosti, t. j. prezentovať poznatky na úrovni vedy so zohľadnením zásady primeranosti, aby nezaťažoval žiakov odbornými informáciami, ktoré sú nad rámec jeho kognitívnych možností, požiadaviek ŠVP (Štátneho vzdelávacieho programu) alebo maturitného štandardu. Exkurzia ponúka v plnej miere najmä využitie zásady názornosti, ktorú zdôrazňoval už J. A. Komenský: „Lidé se mají učit moudrosti pokud možno ne z knih, nýbrž z nebe, ze země, z dubů a buků, to jest znát zkoumat věci samy, ne pouze cizí pozorování a svědectví o věcech“ (Krejčí & Hendrich 1948).

Priebeh exkurzie môžeme zhrnúť takto:

- odborný komentár (učiteľ, sprievodca – odborník z praxe),
- stručná charakteristika lokality (geografická, geologická, botanická, zoologická, ekologická a pod.) s dôrazom na charakteristiku, ktorá vyplýva zo zamerania exkurzie,
- vymedzenie okruhu objektov pozorovania– vybrané druhy rastlín, živočíchov, exponátov a i., typických pre danú lokalitu v súlade s cieľom exkurzie,
- práca skupín na úlohách a praktických aktivitách:
 - žiaci si zapisujú pozorované údaje,
 - realizujú rôzne druhy pozorovaní a pokusov (napr. zisťovanie pHvody, obsahu dusičnanov vo vode a i.)
 - kreslia náčrty, schémy, riešia úlohy pracovných listov,
 - pripravujú dokumentáciu – fotografie, videá, konzervovanie prírodnín a i.,
 - pracujú s digitálnou technikou (fotoaparát, mobil, GPS, tablet, meracie prístroje, napr. Vernier a i.).

Prácu skupín učiteľ riadi vždy tak, aby ju mohol sledovať, usmerňovať, kontrolovať a objektívne hodnotiť.

UKÁŽKA DIDAKTICKEJ ŠABLÓNY TERÉNEJ EXKURZIE NA PRÍKLADE UČIVA „ŽIVOT A VODA“ – realizácia

Téma/čo budem učiť	Ročník/koho
EXKURZIA: SKRYTÉ BOHATSTVO TEČÚCICH A STOJATÝCH VÔD – realizačná fáza	1.ročník gymnázia ISCED3A
Vyučovacia forma/typ hodiny	
Biologická exkurzia - skupinová a individuálna práca v teréne	
Výchovno-vzdelávacie ciele/čo chcem, aby žiak vedel	

Poznať a vedieť uplatniť

- pojmy z úvodnej vyučovacej hodiny:
 - *abiotické faktory prostredia – chemické a fyzikálne vlastnosti vody: teplota, pH, koncentrácia dusičnanov a fosforečnanov, priehľadnosť vody, eutrofizácia vody,*
 - *biotické faktory prostredia,*
 - *biodiverzita,*
 - *bioindikátor,*
 - *typy substrátov – bahno, piesok, hrubý štrk, okruhliaky, skaly, korene stromov, drevo,*
 - *zóny jazera – litorál, pelagiál, profundál, abysál, bentál,*
 - *neustón, bentos, nektón, makrobentos, fytobentos – pobrežné rastliny, pevne zakorenené vodné rastliny, voľne zakorenené vodné rastliny, voľne plávajúce vodné rastliny, hlboko ponorené rastliny, nárazy, zoobentos, makrozoobentos.*



Obr. 197: Vľavo zisťovanie pH vody (lokalita rybník Mláka v Devínskej Novej Vsi; vpravo ukážka odberu vzoriek metódou „kicking“ (lokalita Vydrica) Foto: Jana Cibulková.

- vplyv:
 - zóny toku na zloženie *makrozoobentosu*, výskyt *makrofytov*.
 - abiotických faktorov na *makrozoobentos*.
 - znečistenia vody na *biodiverzitu*.

Charakterizovať

- typy substrátov vzhľadom na veľkosť zložiek, ktoré ho tvoria – íl, bahno, piesok, jemný až stredný štrk, hrubý štrk, okruhliaky, skaly, balvany.
- významných zástupcov *makrozoobentosu* tečúcich a stojatých vôd.

Kľúčové kompetencie/čo chcem u žiaka rozvíjať

Komunikačná

- vedieť počúvať, komunikovať s učiteľom a spolužiakmi, pružne reagovať na otázky učiteľa, ktoré sa týkajú témy exkurzie, napr.:
 - *Ktoré druhy stromov sa nachádzajú v okolí skúmanej lokality?*
 - *Zhodnoťte stav znečistenia v skúmanej lokalite.*
 - *Čo tvorí abiotické faktory? Čo tvorí biotické faktory?*

Naučiť sa učiť (učebná)

- tvorivo aplikovať vedomosti z úvodnej vyučovacej hodiny exkurzie, t. j. analýza, hodnotenie, riešenie situácie, objavovať vzájomné vzťahy a príčiny, napr.:
 - *Aký súvis má typ vodných tokov s biodiverzitou?*
 - *Aký vplyv majú abiotické faktory na biodiverzitu?*
 - *Ako súvisí miera znečistenia vody s biodiverzitou?*



Obr. 198: Vľavo skupinová práca – určovanie organizmov (lokality Vydrica). Vpravo skupinová práca – zisťovanie obsahu dusičnanov (lokality – rybník Mláka) Foto: Jana Cibulková

Digitálna kompetencia

- vedieť používať dáta a informačné zdroje, vyhľadávať, triediť, hodnotiť a interpretovať informácie s cieľom realizovať úlohy, aktivity a zadania exkurzie.
- rozvíjať prácu s on-line zdrojmi (DT), upravovať podľa potreby obrázky, fotografie (napr. Photoshop, *skicár*), vytvoriť prezentáciu v aplikácii *MS PowerPoint* na tému: „*Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd.*“

Matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky (prírodovedná)

- funkčne využívať východiskové poznatky a vedomosti žiakov získané na rôznych predmetoch (biológia, geografia, chémia) alebo z vlastnej skúsenosti, ktoré súvisia s témou, vedomosti a zručnosti pri práci v teréne, napr. – vedieť pracovať s literatúrou na hodnotenie tečúcich vôd (*Hodnotenie tečúcich vôd*), vedieť pomenovať druhy stromov a rastlín v skúmanej lokalite (pomôcka: *Veľká kniha rastlín*, učebnice biológie, atlasy, kľúče, internet a i.), vedieť pomenovať taxóny alebo zástupcov *makrozoobentosu* pomocou kľúča na určovanie a odbornej literatúry (*Bentické bezstavovce*), určiť abiotické faktory prostredia skúmanej lokality.
- zistiť teplotu a pH vody, koncentráciu dusičnanov a fosforečnanov podľa návodu učiteľa.
- priamym kontaktom s dôsledkami nezodpovedného správania jednotlivcov aj spoločnosti (živelné skládky odpadu, vypaľovanie trávy pri brehoch vodných tokov, nesprávne alebo nevhodne umiestnené označenie výstražných a oznamovacích tabúl a pod.) rozvíjať zodpovednosť vo vzťahu k živým organizmom v sladkých vodách a ich životnému prostrediu.

Východiskové poznatky/na čo budem nadväzovať

Poznať a vedieť používať:

- pojmy:
 - *stojaté vody, tečúce vody, salinita, horný, stredný a dolný tok, autotrofia, heterotrofia, planktón, fytoplanktón a zooplanktón, bezstavovce, ploskavce, mäkkýše, obrúčkavce, článkonožce, stavovce – ryby, obojživelníky, abiotické a biotické faktory prostredia, druh, spoločenstvo, životné prostredie, biodiverzita, téma: Život a voda (1.ročník)*
 - *limnológia, hydrológia, hydrobiológia, hydromorfológia, zóny jazera –litorál, pelagiál, profundál, abysál, bentál, neustón, bentos, nektón, baktérioplanktón, mikro-bentos, mesobentos, makrobentos, fyto-bentos, zoobentos, mikrozoobentos, meiozoobentos, makrozoobentos, drviče, zberače, zoškrabávače, predátory, Úvodná hodina exkurzie*
 - *vedomosti zo ZŠ (5.ročník) téma – Život vo vode a na brehu, (6. ročník) téma – Stavba tela bezstavovcov, (7. ročník) téma – Stavba tela stavovcov, (8.ročník) téma – Podmienky života a vzťahy organizmov.*

Vyučovacie metódy/ako budem učiť	Vyučovacie prostriedky/čím budem učiť
<ul style="list-style-type: none"> • odborný komentár • výklad s demonštráciou • vysvetľovanie s demonštráciou • pozorovanie • experiment • aktivizačný rozhovor • skupinová práca 	<p>Učebné pomôcky</p> <ul style="list-style-type: none"> • učebnica biológie pre gymnáziá: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Biológia pre 1. ročník gymnázií – Svet živých organizmov</i> • odborná literatúra: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Hodnotenie tečúcich vôd, Bentické bezstavovce</i> - <i>Veľká kniha rastlín</i> • zadania a pracovné listy • tablet s pripojením na internet, GPS zariadenie, meter, digitálny teplomer, kolorimetrický indikátor pre stanovenie pH vody, príručné laboratórium pre testovanie vody <i>Aquamerck</i> • sieťka, nádoby na vzorky, Petriho misky, pinzeta

Didaktická šablóna je modifikovaná podľa Cibulková (2013, Príloha č. 2, s. 289-312).

Záver – spracovanie, zhrnutie, využitie a zhodnotenie exkurzie

Posledná fáza exkurzie slúži na zhrnutie, prehlbovanie a upevňovanie získaných poznatkov. Dôležité je, aby učiteľ nezanedbal ani fázu spracovania materiálu a výstupov z exkurzie. Optimálne je, ak túto fázu spojí s vyhodnotením výsledkov a výstupov exkurzie (práca skupín a jednotlivcov).

Učiteľ overuje, čo si žiaci zapamätali, odstraňuje nejasnosti a nepresnosti vysvetľovaním alebo inými metódami (Petlák, 1997). Každý žiak ako výstup z exkurzie odovzdá učiteľovi **záznam** alebo **protokol z exkurzie**. Protokol má mať jednotnú formálnu úpravu a mal by obsahovať (Ušáková 1990):

- dátum konania exkurzie
- názov lokality
- trasa exkurzie
- čas trvania
- vlastné pozorovanie a poznámky
- zhrnutie základných poznatkov
- náčrty, nákresy, fotografie.

Výstupom exkurzie môže byť aj *záverečná práca* žiaka alebo skupín, ktorá môže mať rôznu formu v závislosti od témy exkurzie, konkrétnych zadaní a praktických úloh, napr.: pla-



Obr. 9: Záverečné výstupy žiakov. Foto: Jana Cibulková

gát, výstava prírodnín alebo fotografií, prezentácia v aplikácii MS *PowerPoint*, vyriešenie úloh v pracovnom zošite alebo inštalovanie zbierky prírodnín. Dobrou voľbou je aj kvíz s úlohami, ktoré sú zamerané na obsah exkurzie. Kvíz alebo súťaž žiackych skupín pripraví učiteľ spolu so žiakmi alebo aj žiacke skupiny navzájom pod dohľadom učiteľa.

V závislosti od časových možností môže učiteľ zvoliť ako nástroj spätnej väzby a záverečného zhrnutia exkurzie formu **záverečného didaktického testu**. Cieľom bude zistiť, do akej miery žiaci dokážu skĺbiť praktické skúsenosti z absolvovanej exkurzie a základné teoretické poznatky, ktoré získali prácou v teréne, ale aj na hodinách v triede.

V prípade terénnej exkurzie „Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd“, učiteľ môže zamerať úlohy v teste na problematiku vodných ekosystémov a organizmov v nich žijúcich, napr.:

- chemické a fyzikálne vlastnosti vodných tokov, ktoré ovplyvňujú život v nich žijúcich organizmov,
- základné charakteristiky zástupcov kmeňov a tried bezstavovcov, ktoré boli obsahom ŠVP (Štátneho vzdelávacieho programu) a absolvovanej exkurzie,
- ekologické charakteristiky vodných ekosystémov – znečistenie vôd a jeho vplyv na vodné organizmy, organizmy žijúce v blízkosti vody, organizmy závislé na vode v určitej fáze svojho života (ontogenézy).

Záverečná práca (prezentácie skupín, pracovný list, didaktický test, fotodokumentácia a i.) a vypracovaný **protokol** žiakmi sú spätnou väzbou pre učiteľa, ktorý na ich základe vyhodnotí prácu skupín a splnenie cieľov exkurzie. Výstupy žiakov a závery práce jednotlivých skupín sú zároveň aj dôvodom na sebareflexiu učiteľa, ktorý aj na tomto základe posilní „slabé miesta“ prípravy a priebehu exkurzie v záujme jej skvalitnenia do budúcnosti.

UKÁŽKA DIDAKTICKEJ ŠABLÓNY TERÉNEJ EXKURZIE NA PRÍKLADE UČIVA „ŽIVOT A VODA“ – záver

Téma/čo budem učiť	Ročník/koho
EXKURZIA: SKRYTÉ BOHATSTVO TEČÚCICH A STOJATÝCH VÔD – záverečná hodina	1.ročník gymnázia ISCED3A
Vyučovacia forma/typ hodiny	
Hodina základného typu zameraná na: <ul style="list-style-type: none"> - preverovanie vedomostí (spätná väzba) - prezentáciu záverečnej práce exkurzie v skupinách - diskusiu k exkurzii 	
Výchovno-vzdelávacie ciele/čo chcem, aby žiak vedel	

Vedieť vysvetliť

- pojem: index BMWP (*biologický index kvality vody*).

Interpretovať

- namerané údaje a zistené vzorky odberov v obidvoch lokalitách exkurzie.
- výsledky odberu vzoriek prostredníctvom biologického indexu kvality vody a jeho význam pri zisťovaní stavu životného prostredia skúmanej lokality.
- abiotické a biotické faktory vody skúmaného prostredia.
- fotografie nájdených druhov organizmov (rastliny, živočíchy vo vode, pri vode, blízko vody).

Zhodnotiť

- súčasný stav kvality vody skúmaných lokalít a jej vplyvu na život v skúmanom prostredí.
- skóre biologického indexu kvality vody v danej lokalite.

Porovnať

- tečúce a stojaté vody z hľadiska:
 - lokality,
 - abiotických faktorov – chemické a fyzikálne vlastnosti,
 - typu substrátov,
 - druhového zastúpenia.

Vyjadriť

- vlastný názor a vedieť podľa nastavených kritérií zhodnotiť prezentácie spolužiakov (rovesnícke hodnotenie).

Kľúčové kompetencie/čo chcem u žiaka rozvíjať

Komunikačná

- vedieť počúvať učiteľa a spolužiakov, komunikovať, pružne reagovať na otázky učiteľa k jednotlivým prezentáciám žiakov,
- obhájiť si svoje stanovisko k odpovediam na otázky učiteľa v rámci doplňujúcich otázok k prezentácii,
- prezentovať v aplikácii *MS PowerPoint* ako záverečnej práce exkurzie, informácie stručne, jasne, zrozumiteľne, rovnako ak pri riešení pracovného listu a didaktického testu zameranému na preverenie získaných vedomostí žiakov počas realizácie exkurzie.

Digitálna kompetencia

- vedieť samostatne prezentovať spracovanú prezentáciu v aplikácii *MS PowerPoint* jasne, stručne s presvedčivou argumentáciou.

Naučiť sa učiť (učebná)

- tvorivo aplikovať vedomosti z praktickej časti exkurzie, t. j. analyzovať, hodnotiť, riešiť zadané úlohy, objavovať vzájomné vzťahy a príčiny pozorovaných procesov a javov a zakomponovať ich do záverečnej práce v skupine a na riešenie pracovného listu zameraného na vypočítanie biologického indexu kvality vody – BMWP .

Východiskové poznatky/na čo budem nadväzovať

Poznať a vedieť používať pojmy:

- pojmy:
 - stojaté vody, tečúce vody, salinita, horný, stredný a dolný tok, autotrofia, heterotrofia, planktón, fytoplanktón a zooplanktón, bezstavovce, ploskavce, mäkkýše, obrúčkavce, článkonožce, stavovce – ryby, obojživelníky, abiotické a biotické faktory prostredia, druh, spoločenstvo, životné prostredie, biodiverzita, téma: „Život a voda“.
 - limnológia, hydrológia, hydrobiológia, hydromorfológia, zóny jazera – litorál, pelagiál, profundál, abysál, bentál, neustón, bentos, nektón,
 - baktérioplanktón, mikrobentos, mesobentos, makrobentos, fyto-bentos, zoobentos, mikrozoobentos, meiozoobentos, makrozoobentos, drviče, zberače, zoškrabávače, predátory, úvodná hodina exkurzie.
 - vedomosti zo ZŠ (5.ročník) téma – Život vo vode a na brehu, (6. ročník) téma – Stavba tela bezstavovcov, (7. ročník) téma – Stavba tela stavovcov, (8.ročník) téma – Podmienky života a vzťahy organizmov.

Vyučovacie metódy/ako budem učiť	Vyučovacie prostriedky/čím budem učiť?
<ul style="list-style-type: none"> • diskusia • zhrňujúci rozhovor • samostatná práca • skupinová práca • rovesnícke vzdelávanie • rovesnícke hodnotenie • <i>brainstorming</i> 	<p>Učebné pomôcky</p> <ul style="list-style-type: none"> • odborná literatúra: - BMWP (<i>Walley, Hawkes, 1996</i>) • didaktický test (<i>Tečúce a stojaté vody</i>) • prezentácie žiakov v aplikácii <i>MS PowerPoint</i> • pracovný list „<i>Skryté bohatstvo tečúcich a stojatých vôd</i>“ <p>Digitálne technológie</p> <ul style="list-style-type: none"> • počítač (PC) • projektor • tabuľa

Didaktická šablóna je modifikovaná podľa Cibulková, J. (2013, Príloha č. 2, s. 313-315).

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- Biotopy stojatých vôd. [cit. 21.10.2012] [online]. Dostupné na internete: <http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky_system/biotopy_stojatych_vod.htm>
- Bulánková, E. 2013. Vzdelávanie učiteľov biológie o vodných ekosystémoch. In: *Biológia, ekológia, chémia*, roč. 17, č. 2, s. 27-28.
- Bulánková, E., Stloukalová, V., 2012: Hodnotenie tečúcich vôd. Bratislava: Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, 72 s.
- Bulanková, E., Stloukalová, V. Korte, T., 2012: Bentické bezstavovce. Bratislava: Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, 76 s.
- Cibulková, J., 2013: Didaktické spracovanie vybraných tém učiva „Život a voda“ s podporou IKT. Diplomová práca. Školiťel' K. Ušáková. Bratislava: Katedra didaktiky prírodných vied, psychológie a pedagogiky Prírodovedeckej fakulty UK. 90 s. + 319 s. prílohy.
- Gardavská, K., 2010: Exkurzia v priamom prenose. In: Ušáková, K., Čipková, E., Fryková, E., Gardavská, K., Grešáková, J., Kimáková, K., Ravas, R., Sivák, M., Sklenka, I., Štefánik, M.: 2010. Využitie informačných a komunikačných technológií v predmete biológia pre stredné školy. *Biológia pre SŠ – Modul 3*. Košice: Ústav informácií a prognóz školstva, elfa, s.r.o., 1. vydanie, 252 s.
- Held, L., 2012: Skúsenosti a perspektívy implementácie výskumne ladenej koncepcie prírodovedného vzdelávania na Slovensku a okolitých krajinách. In: Reguli, J. (ed.). *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej Univerzity, s. 37-41. [cit. 2014-06-20]. Dostupné na internete: <http://kdch.truni.sk/Smolenice_2012/Zbornik_Smolenice_2012.pdf>
- Karolčík, Š., 2002: RAFT – vzdelávanie budúcnosti. In: *Technológia vzdelávania*, roč. 10, č. 8, s. 11-13.
- Karolčík, Š., 2004: Využitie videokonferencií vo vzdelávaní budúcnosti. In: *Technológia vzdelávania*. Nitra: Slovidiac, 2004, s. 12 – 15.
- Kolláriková, Z., 1995: Model kritického myslenia a zásady jeho rozvoje. In: Kolláriková, Z., Gavora, P., Lapitka, M., Meredith, K. S. a Steeleová, J. L., 1995: *Výchova ku kritickému mysleniu – teória a prax*. Bratislava: ŠPÚ a PdF UK, 93 s.
- Krejčí, A., Hendrich, J., 1948: *Jana Amosa Komenského Velká didaktika*. Brno: Komenium. 1948. 252 s.
- Krejča, J. (ed.), Červenka, M., Feráková, V., Háber, M., Kresánek, J., Pačlová, L., Peciar, V., Šomšák, L., Vágenknecht, V. 2007: *Velká kniha rastlín, hornín, minerálov a skamenelín*. Bratislava: Vydavateľstvo Príroda- Ed. 6, 396 s.
- Krno, I. 2009: *Limnológia tečúcich vôd*. Bratislava: Vydavateľstvo UK. 73 s.
- Nagvová, S., Kokavec, I., Bulánková, E., 2013: Projekty zamerané na výučbu vodných ekosystémov na Slovensku. In: *Biológia, ekológia, chémia*, roč. 17, č. 2, s. 23-26.
- Nezvalová, D., Bílek, M., Hrbáčková, K., 2010: *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. Olomouc: Univerzita Palackého, 68 s., [cit. 2014-06-20]. Dostupné na internete: <http://zvyp.upol.cz/publikace/nezvalova_1.pdf>
- Neuman, J., 2013: Koncept „zážitkové pedagogiky“ – přínosy i kritické pohledy. In Šauerová, M. (ed.). *Zážitková pedagogika a možnosti jejího využití při práci s vybranými cílovými skupinami*. Praha: VŠTVS Palestra, spol. s.r.o., 256 s.

- Dostupné na internete: <<http://www.palestra.cz/zp/sbornik.pdf>>
- Papáček, M., 2010: Badateľsky orientované prírodovedné vyučovanie – cesta pro biologické vzdelávaní generací Y, Z a alfa? In: *Scientia in educatione*, roč. 1, č. 1, s. 33-49, [cit. 2014-04-20]. Dostupné na internete: <<http://www.scied.cz/index.php/scied/article/viewFile/4/5>>
- Petlák, E., 1997: *Všeobecná didaktika*. Bratislava: IRIS, 270 s.
- Petrasová, A., 2003: Využitie stratégie EUR ako prostriedku eliminácie funkčnej negramotnosti rómskych žiakov. Prešov: MPC v Prešove, 95 s.
- Petty, G., 1996: *Moderní vyučování*. Praha: Portál, 380 s.
- PISA SK 2006: *Národná správa*. Bratislava: ŠPÚ, 2007. 56 s.
- Průcha, J., Walterová, E., Mareš, J., 2009: *Pedagogický slovník*. Praha: Portál, 324 s.
- Skalková, J., 2007: *Obecná didaktika*. Praha: GradaPublishing, a.s., 1. Vydanie, 328 s.
- Steele, J. L., Meredith, K. S., Temple, CH., 1998a: *Rámec pre kritické myslenie vo vyučovaní. Príručka I*. Bratislava: Združenie Orava pre demokraciu vo vzdelávaní, 29 s.
- Steele, J. L., Meredith, K. S., Temple, CH., 1998b: *Metódy na podporu kritického myslenia. Príručka II*. Bratislava: Združenie Orava pre demokraciu vo vzdelávaní.
- Šupka, J., Hofmann, E., 1993: *Didaktika geografie I*. 1. Vydanie, Brno: Masarykova univerzita, 104 s.
- Turek, I., 2003: *Kritické myslenie*. Bratislava: MPC, 70 s.
- Turek, I., 2008: *Didaktika*. Bratislava: IuraEdition, spol. s. r. o., 595 s.
- Ušáková, K., 1990: *Základy didaktiky biológie. Vysokoškolské skriptá*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, 172 s., 1. vydanie.
- Ušáková, K., Čipková, E., Nagyová, S., Gálová, T., 2009: *Biológia pre gymnáziá 8 – Praktické cvičenia a seminár II*. Bratislava: SPN, 2009, 127 s.
- Ušáková, K., Matis, D., Kováč, V., 2002: *Biológia pre gymnáziá 4 – Vývoj, systém a ekológia živočíchov*. Bratislava: SPN, 1. vydanie, 2002, 87 s.
- Višňovská, J., Ušáková, K., Čipková, E., Gálová, T., Hringová, E., Krajčová, D., Miškovičová Hunčfková, I., Nagyová, S., Ondrejčíková, Z., Ružeková, M., Uhereková, M.: 2010. *Biológia pre 1. ročník gymnázií – Svet živých organizmov*. 2. upravené vydanie, Bratislava: Expol Pedagogika, s.r.o., 203 s.
- Walley, W. H., Hawkes, H. A., 1996: A computer-based reappraisal of the Biological Monitoring Working Party score system using data from the 1990 river quality survey of England and Wales. *Wat. Res.* 30 (1996), pp. 2086-2094
- Wiegerová, A., 2003: *Prírodovedná gramotnosť a jej dosah na prírodovedné vzdelávanie v kurikule 1. Stupňa ZŠ na Slovensku*. In *Sociální a kulturní souvislosti výchovy a vzdělávání*. Brno: Pedagogická fakulta MU. [cit. 29. 3. 2014] [online]. Dostupné na internete: <http://www.ped.muni.cz/capv11/2sekce/2_CAPV_Wiegerova.pdf>

IV. ČASŤ: PRÍLOHY

SLOVNÍK ZÁKLADNÝCH HYDROBIOLOGICKÝCH A EKOLOGICKÝCH POJMOV

Eva Bulánková, Daniela Kalaninová, Thomas Korte, Jarmila Lešková

A

Abiotické faktory (abiotic factors)

Všetky neživé zložky prostredia (horniny, pôda, voda, vzduch, slnečné žiarenie). V podstate ide o klimatické vplyvy, chemicko – fyzikálne vlastnosti prostredia i geografické podmienky, ktoré vytvárajú podmienky pre život organizmov. V povodí sú dôležité napr. teplota, osvetlenie, rýchlosť prúdenia, množstvo rozpusteného kyslíka, živín ((N, P), znečistenie (pollution), napr. Biotické

Abundancia (abundance)

Počet jedincov jedného druhu v určitej priestorovej jednotke.

Adultný (adult)

Dospelý, pohlavne zrelý jedinec.

Aeróbnny (aerobic)

Prostredie obsahujúce kyslík. Aeróbnny spôsob života potrebuje pre látkovú premenu kyslík. Napr. Anaeróbnny.

Akvatický (aquatic)

Týkajúci sa vody.

Akvifer (Aquifer)

Podzemný priestor zo skál alebo iných vodonosných geologických formácií, kde sa zbiera podzemná voda pre využitie, napr. odvedenie do elektrárne.

Alochtónny (allochthonous)

Vnesený do ekosystému zvonku.

a) Alochtónne druhy sú druhy cudzie v danom prostredí, ktoré boli po objavení Ameriky po roku

1492 zámerne alebo neúmyselne zavlečené do kultúrnych krajín a činnosť človeka (napr. výstavba kanálov) im umožnila osídliť nové biotopy.

b) Lístie stromov, ktoré padá do riek a potokov sa označuje tiež ako alochtónny materiál, pretože sa dostalo do vodného ekosystému zvonku. Napr. autochtónny.

Amfibický (amphibious)

Prechodná zóna medzi vodnou a suchozemskou oblasťou. Amfibické živočíchy žijú počas svojho života aj vo vode aj na súši (napr.: žubrienky a dospelé žaby).

Anadromný (anadromous)

Anadromné vodné organizmy sa v dospelosti sa zdržujú v mori a v pobrežných vodách, potom migrujú proti prúdu riek, kde sa neresia, ich plôdik rastie v tokoch. Známym príkladom je napríklad losos. Napr. katadromný.

Anaeróbné (anaerobic)

Bezokyslíkaté prostredie (milieu). Anaeróbné životné podmienky nie sú v látkovej premene odkázané na prítomnosť kyslíka. Napr. aeróbné.

Anorganické substráty (anorganic substrata, mineralic)

Anorganické substráty toku sa dajú rozdeliť podľa veľkosti na:

1. balvany (boulders, bedrock) > 40 cm; veľmi veľké
2. veľké skaly (coarse blocks); 20 cm – 40 cm; približne veľkosti detskej hlavy, s variabilným podielom malých zŕn.
3. okruhliaky (hand sized cobbles); > 6 cm – 20 cm; ca. veľkosti päste, s určitým podielom malých kamienkov alebo piesku.
4. hrubý štrk (coarse gravel); > 2 cm – 6 cm; od veľkosti holubieho vajička až do veľkosti detskej päste, s určitým podielom malých kamienkov alebo piesku.
5. jemný- / stredný štrk (fine to medium sized gravel); > 0,2 cm – 2 mm
6. piesok (sand); > 6 mm – 2 mm; ako šmirgľový papier
7. íl / hlina (clay); < 6 mm; hutný material, napr. íl v nivách; lepí sa na prsty.

Antropogénne stresory (anthropogenic stressors)

Stresové faktory, ktoré vznikajú činnosťou človeka pri využívaní povrchových vôd a okolitej prírody. Patrí k nim znečistenie vôd, ktoré môže byť : z bodových zdrojov (point sources) (napr. čističky odpadových vôd), z difúzných zdrojov (non-source pollution) (napr. živiny z poľnohospodárskej činnosti (agriculture)); odbery vôd; regulácie tokov (napr. hate (weirs)) a iné morfológické úpravy tokov (napr. spevnenie brehov).

Antropogénny (anthropogenic)

Ľudskou činnosťou ovplyvnený, spôsobený.

AQEM

Skratka pre projekt EU: „The development and testing of an integrated assessment system for the ecological quality of streams and rivers throughout Europe using benthic macroinvertebrates.”

AQEM je projekt ekologického hodnotenia tečúcich vôd na základe makrozoobentosu.

Asimilácia (assimilation)

Príjem (assimilation) anorganických a organických látok organizmami na získanie energie a tvorbu biomasy.

Autekológia (autecology)

Ekológia jedincov ; vzťahuje sa na druhy.

Autochtónny (autochthonous)

Pochádzajúci z ekosystému, prípadne v ekosystéme vyprodukovaný.

Autotrofný (autotrophic)

Spôsob výživy rastlín a niektorých baktérií, ktoré využívajú na výstavbu tela anorganické látky. Autotrofné organizmy sa dajú rozdeliť na dve skupiny: 1. Fototrofné sú zelené rastliny, ktoré svoju biomasu vytvárajú z anorganických látok za pomoci slnečnej energie (fotosyntézou). 2. Chemotrofné sú niektoré baktérie, ktoré využívajú energiu získanú oxidáciou anorganických látok.

B**Bentál** (benthal)

Dno tokov.

Bentos (benthos)

Všetky organizmy, ktoré žijú na dne tokov (benticky).

Bezstavovce (invertebrates)

Evertebráta. Všetky živočíchy, okrem stavovcov; teda bez vnútornej kostry (napr. červy, mäkkýše, hmyz, pavúky).

Biocenóza (biocoenosis, community)

Spoločenstvo živočíchov alebo rastlín. Spoločenstvo je zložené z populácií rozličných druhov, ktoré sú vo vzájomných trofických (potravných) a konkurenčných vzťahoch a navzájom sa ovplyvňujú.

Biochemická spotreba kyslíka (BSK) (biochemical oxygen demand, BOD)

Množstvo kyslíka, ktoré je potrebné na mikrobiálne odbúranie organickej biomasy. Obyčajne sa označuje ako BSK₅, t.j. o množstvo kyslíka spotrebovaného počas prvých piatich dní pri teplote 20 °C.

Biologické prvky kvality vôd (biological quality components)

Na ekologické hodnotenie (ecological assessment) vnútrozemských vôd sa používajú živočíchy a rastliny. Označujú sa ako biologické prvky kvality tokov a patria k nim: fytoplanktón, makrofytá, fytobentos, makrozoobentos, ryby.

Biologický stupeň (biological wastewater treatment)

Stredný stupeň čističky, kde sa voda čistí pomocou baktérií a organických látok.

Biomasa (biomass)

Hmotnosť organizmov v určitej plošnej alebo objemovej jednotke.

Biómy (bioms)

Veľké oblasti planéty, v ktorých klimatické podmienky určujú charakter spoločenstiev; na vymedzenie biómov sa používajú rastlinné spoločenstvá. Napr. zmiešané a listnaté lesy.

Biosféra (biosphere)

Oblasť atmosféry, ktorú obývajú živé spoločenstvá.

Biotické faktory (biotic factors)

Faktory, príp. účinky, ktoré pochádzajú z organizmov a ovplyvňujú iné organizmy – v tomto prípade ide o interšpecifické vzťahy, napr. predácia, konkurencia, symbióza, mutualizmus, fytofágia a parazitizmus.

Biotický-é (biotic)

Vzťahujúci sa na životné procesy, zložky, faktory.

Biotop (biotope, habitat)

Životné prostredie biocenózy.

Brehová infiltrácia (bank infiltration)

Voda z povrchových tokov, ktorá preniká do pôdy, je ovplyvnená typom brehu alebo dnom toku. Prechodom cez pôdne vrstvy sa prirodzene čistí.

C

Celková degradácia (general degradation)

Celková degradácia opisuje stupeň odchýlky (alteration) spoločenstva (community) vyskytujúceho sa v toku od referenčného stavu. Táto odchýlka úzko súvisí s morfológiou toku, avšak veľkosť odchýlky môže ovplyvňovať aj zlý chemický stav vody.

Celková tvrdosť (total hardness)

Celkový obsah vápnika a horčíka (Calcium, Magnesium) vo vode. Merná jednotka 1. Nemecké stupne (dH°); 1dH° = 10 mg Calciumoxid (CaO)/l alebo 2. Millimol pro Liter (mmol/l).

CPOM (coarse particulate organic matter)

Ako hrubý organický materiál sú označované väčšinou časti rastlín; napr. listy, malé vetvičky a iný hrubší organický materiál vyskytujúci sa v toku.

Cyklomorfóza

Zmena tvaru tela u druhu v za sebou nasledujúcich generáciách, napr. dafnie s krátkou alebo dlhou helmou (*Daphnia spec.*).

Č

Čistička odpadových vôd (sewage plant)

Slúži na čistenie odpadových vôd.

Čistenie odpadových vôd (sewage treatment)

Pri čistení vôd môžeme rozlíšiť tri stupne komunálnych čistiacich zariadení (sewage plant): 1. mechanický stupeň (odlučovač, filter, sito, a iné), 2. biologický stupeň (predovšetkým oživený kal a biologické filtre) 3. chemický stupeň (adsorbcia, ionex).

D

Demekológia (population ecology)

Ekológia populácií.

Denitrifikácia (denitrification)

Mikrobiálna redukcia (reduction) nitrátov z nitrátového stupňa na elementárny dusík.

Deštruenti (reducers)

Živia sa organickou hmotou, ktorú mineralizujú na anorganickú hmotu.

Detergent (detergent)

Syntetické mydlá a pracie prostriedky.

Detrit (detritus)

Mŕtvy organický materiál rastlinného alebo živočíšneho pôvodu.

Deštruenti (reducers, decompositors)

Živia sa organickou hmotou, ktorú mineralizujú na anorganickú hmotu. Patria sem baktérie a huby.

Detritofágy, detritivory (detritophags, detritivores)

Bezstavovce, ktoré sa živia mŕtvou organickou hmotou (detritus) zo všetkých trofických rovin – menia ju na organický materiál.

Disimilácia (dissimilation)

Získavanie energie z prijatej potravy (food).

Diverzita (diversity)

Druhovú rozmanitosť (species diversity), t.j. počet druhov jedného spoločenstva alebo určitého areálu.

Dnové splaveniny (bed load)

Pohyblivé zložky (piesok, hrubý a jemný štrk a iné) dna toku (river bed).

Dobrá ekologický stav (good ecological status)

Cieľom RSV je, aby vo všetkých povodiach bol do roku 2015 dosiahnutý dobrý stav vôd. Dobrý

stav znamená, že skúmaný typ toku sa len málo odlišuje od prirodzeného toku toho istého typu z hľadiska biologického, fyzikálneho a chemického. Celkove je podľa RSV popísaných 5 tried kvality vody: veľmi dobrá, dobrá, priemerná, zlá a veľmi zlá.

DOC (dissolved organic carbon)

Rozpustený organický uhlík.

DOM (dissolved organic matter)

Celkové množstvo rozpustených organických látok.

Drift (drift)

Celkové množstvo žijúcich a mŕtvych organických a anorganických častíc, prípadne živočíchov. Ak ide o živočíchov, hovoríme o organickom drifte. Keď drift slúži na rozširovanie ide o disperzný drift (dispersionsdrift). Čiastočne sú živočíchy driftované pri prúdení vody. Drift je kompenzovaný pozitívnou reotaxiou (= positive rheotaxis), čiže pohybom živočíchov proti prúdu. Niektoré živočíchy kompenzujú drift kompenzačným letom, keď dospelé štádiá hmyzu letia do horných úsekov toku naklásať vajíčka.

Druh (species)

Predstavuje skupinu prírodných populácií, ktoré sa môžu navzájom krížiť vo voľnej prírode a sú reprodukčne izolované od ostatných skupín.

E

Ekológia (ecology)

Náuka o hospodárení v prírode. Pojem zavedený nemeckým zoológom Ernst Haeckelom v roku 1866 vyjadrujúci vzťahy medzi organizmami navzájom a ich prostredím.

Ekologická nika (ecological niche)

Zahrňuje celkovú rozmanitosť rozličných abiotických a biotických faktorov, v ktorých populácia v biotope žije a môže sa rozmnožovať. Každý faktor prostredia sa môže považovať za gradient, voči ktorému vykazuje určitý druh v určitom úseku toleranciu alebo aktivitu. Rozličná tolerancia a aktivita jednotlivých druhov má za následok rôznu funkciu druhov v ekosystéme. V ekosystéme nemôžu nikdy dva druhy obsadiť tú istú niku. Ekologické niky spolu sa vyskytujúcich druhov sa musia odlišovať najmenej v jednom faktore, napr. aktivite počas dňa a noci.

Ekologická valencia, potencia (valency, potency)

Každý organizmus má rôzny vzťah k faktorom okolitého prostredia (napr. k teplote). Ak sú priemerné hodnoty teploty optimálne pre organizmus, leží optimum v strede hodnôt. Pri vyšších a nižších teplotách sa dostáva ekologický faktor do pessima, príp. maxima tolerancie teplôt. Rozpätie medzi minimom a maximom je amplitúda alebo zóna tolerancie. Výška amplitúdy a šírka optima určujú ekologickú valenciu k určitému faktoru pre daný druh. Larva pakomára (*Chironomus spec.*) môže napr. žiť vo vodách s dostatkom kyslíka, ale aj v málo okysličených vodách. Pakomár má širokú ekologickú valenciu ku kyslíku a tomu odpovedajúco veľká je aj jeho potencia. Ekologická potencia je schopnosť organizmu vyrovnávať sa s podmienkami prostredia.

Ekosystém (ecosystem)

Otvorený systém pozostávajúci z biocenózy a biotopu, kde pôsobia rozličné biotické a abiotické

faktory.

Eukaryota (eucaryots)

Organizmy, ktorých bunky majú pravé jadro a rôzne organely.

Eurytermný (eurytherm)

Vzťahuje sa na organizmy, ktoré dokážu tolerovať veľké výkyvy teploty. Napr. stenotermný.

Eutrofizácia (eutrophication)

Obohatenie vody o živiny (napr. fosfáty, nitráty alebo sulfáty). Stupeň trofie sa udáva obsahom živín (nutrients) vo vode. K obohateniu vody živinami dochádza napr. odvodnením alebo vypúšťaním odpadových látok z poľnohospodárskej činnosti. Obohatenie živinami podporuje rozvoj rias a iných vodných rastlín. Na odbúranie rozkladajúcich sa organických látok sa spotrebuje toľko kyslíka, že v sedimentoch na dne toku môže dôjsť k nedostatku kyslíka (oxygen depletion).

Eutrofný (eutroph)

Väčší obsah živín. Napr. oligotrofný

Exoenzýmy (exoenzyme)

Mimo bunky vylučované enzýmy produkované baktériami, riasami a hubami (fungi).

Exsudácia (exudation)

Výdaj rozpustených organických látok riasami a vyššími vodnými rastlinami.

F

Faktory životného prostredia (environmentálne faktory, (environmental factors))

Faktory životného prostredia, ktoré vplývajú na živé organizmy, delia na abiotické a biotické.

Fauna (fauna)

Všetky živočíšne druhy určitej oblasti.

Femtoplanktón (femtoplankton)

Najmenšie čiastočky planktónu od 0,02-0,2 μm . Sú to vírusy a vírusom podobné častice.

Fosfát (phosphate)

Soľ kyseliny fosforečnej (PO_4^{3-}). Fosfáty sú dôležité živiny pre všetky organizmy. Fosfáty v odpadových vodách pochádzajú z fekálií a poľnohospodárskej činnosti a sú hlavnou príčinou eutrofizácie.

FPOM (fine particulate organic matter)

Veľmi jemný organický materiál, napr. kal (sludge).

Fylogenéza (phylogeny)

Zaoberá sa historickým vývojom organizmov na Zemi.

Fytobentos (phytobenthos)

Mikroskopické riasy (algae) a fototrofné baktérie, ktoré rastú na dne vôd (benthal), predovšetkým rozsievky (Diatomae, Cyanophyta). Patria ku biologickým prvkom kvality, ktoré sa používajú pri ekologickom posudzovaní podľa RSV.

Fytofágy (phytophages)

Organizmy, ktoré sa živia rastlinnou potravou.

Fytoplanktón (phytoplankton)

Vo vode voľne sa pohybujúce malé rastlinné organizmy (napr. jednobunkové zelené riasy). Napr. Planktón

Fyzikálne žiabre

Malé vzduchové bublinky hmyzu, ktoré slúžia na zaobstaranie kyslíka vo vodnom prostredí. Tieto vzduchové bubliny sa často ukladajú pod krídla. Keď je z nich kyslík spotrebovaný, musia ich živočíchy znova doplniť zo vzduchu, a preto plávajú ku hladine vody (napr. potápnik obrúbený (*Dytiscus marginalis*) a chrbtoplavka (*Notonecta spec.*)). Napr. Plastrón

G

Generácia (generation)

Rastliny alebo živočíchy patriace do jedného rozmnožovacieho cyklu.

H

Habitat (habitat)

Charakteristické životné prostredie druhu sa označuje ako biotop alebo habitat. Biotop musí spĺňať všetky nevyhnutné požiadavky na to, aby tam skúmaný druh mohol prežiť. V tečúcich vodách sa rôzne typy substrátov dna toku označujú ako mikrohabitaty. Tieto sa zhruba dajú rozdeliť na anorganické a organické mikrohabitaty.

Helokrén (Helokren)

Prameň rozlievajúci sa vo forme mokrade.

Hemimetabola (Hemimetabola)

Hmyz s nedokonalou premenou. Vývin larvy nemá štádium kukly, ale prebieha postupne; u pode-niek, vážok a bzdôch. Napr.: Holometabola

Heterogénna zmes, v ktorej sú pevné častice rovnomerne rozptýlené v kvapaline.

Heterotrofný (heterotrophic)

Organizmy sú heterotrofné, keď vo svojej výžive sú odkázané na prísun živej alebo neživej organickej hmoty.

Hodnotenie riečnej morfológie (River Habitat Survey)

Štandardizovaná metóda na hodnotenie morfológie toku pre získanie informácií, nakoľko poskytuje tok vhodný biotop pre akvatické a semiakvatické organizmy. Pomocou RHS sa hodnotí dno toku, brehy, využitie krajiny a antropické zásahy v toku a jeho okolí.

Holometabola (Holometabola)

Úplna premena. Vývin larvy do dospelé štádia- (Imágo) prebieha cez kludové štádium kukly; pri chrobákoch, dvojkrídlavcoch (komáre a muchy), sieťokrídlavcoch, potočníkoch.

Homoiotermný (homoiotherm)

Len vtáky a cicavce. Homoiotermné živočíchy sa označujú aj ako teplotokrvné. Látková premena udržiava stálu telesnú teplotu, nezávisle od teploty okolia. napr. Poikilotermný.

Hrebaňkovo-platesové pásmo (pope-flounder zone)

Dolný úsek toku (lower course) pred vyústením do mora, ktorý ovplyvňuje príliv a odliv a alebo obsah morských solí. Vyskytujú sa tu aj morské druhy rýb ako napr. platesa. Sprievodný druh je napr. pichľavka siná.

Humus (humus)

Organická hmota, ktorá vzniká z odumretej rastlinnej a živočíšnej hmoty.

Hydrobiológia (Hydrobiology)

Náuka o organizmoch žijúcich vo vode a ich ekologických nárokoch a spôsobe života.

Hydrológia (Hydrology)

Veda, ktorá sa zaoberá fyzikálnymi, chemickými a biologickými vlastnosťami vody.

Hyporeál (hyporheic habitat)

Priepustná hlbšia vrstva dna, ktorá predstavuje dôležitý biotop pre vodné bezstavovce a larvy mnohých druhov rýb (napr. lososa).

CH

Charakteristické ryby (Charakteristické druhy : key species)

V toku od prameňa po ústie môžeme vyčleniť určité zóny, v ktorých žijú charakteristické druhy rýb. Podľa toho sa aj delí tok na jednotlivé rybie pásma. V jednotlivých pásmach žijúce typické druhy nazývame charakteristické alebo vedúce druhy.

Chemický stupeň čističky (chemical treatment)

Posledný stupeň čističky vôd, ktorý slúži na elimináciu (elimination) anorganických solí (salts).

I

Imágo (Imago)

Úplne vyvinutý, pohlavne zrelý hmyz.

Indikátor, bioindikátor (indicator, bioindicator)

Výskyt alebo správanie sa niektorých organizmov (bioindikátorov) je úzko spojené s určitými podmienkami prostredia. Podľa toho sa bioindikátory používajú na posúdenie vlastností prostredia. Napr. prítomnosť lariev pošvatiek znamená, že vodné prostredie je dobre zásobené kyslíkom a má rozmanité typy substrátov. Larvy pošvatiek vyžadujú vysoký obsah kyslíka vo vode a na svoj vývin potrebujú rozmanité substráty. Preto sú pošvatky dobrými indikátormi nenarušených tokov.

Interšpecifický (interspecific)

Vzťahy medzi populáciami alebo individuami rozličných druhov.

Intrašpecifický (intraspecific)

Vzťahy medzi individuami toho istého druhu.

J

Jednoročný (annual)

Rastliny, ktoré svoj vývin od vyklíčenia po vytvorenie semien prekonajú počas jednej vegetačnej sezóny alebo roka a potom odumrú. Napr. perennial

K

Kal

Hnedasté, ľahké bahno (sludge) s množstvom humusu (mould substances).

Karbonátová tvrdosť (carbonate hardness)

Časť z celkovej tvrdosti odpovedá obsahu uhličitanu vápenatého (hydrogen carbonate).

Katadromný (catadromous)

Katadromné druhy rýb sa sťahujú na rozmnožovanie do slaných vôd; ich vývin po pohlavnú zrelosť prebieha však prevažne v sladkých vodách (napr. úhor); Napr. Anadromný.

Kľúčové druhy (key species)

Druhy, ktoré sú pre určitý typ toku charakteristické a tento typ toku aj prednostne osídľujú.

Kolmatácia (clogging)

Zanášanie dna rieky alebo vodnej nádrže upchatím jemnozrnným materiálom alebo eróziou z okolitých polí. Priepustnosť (permeability) dna toku sa znižuje, takže hyporeál je narušený.

Kolobeh dusíka (nitrogen cycle)

Kolobeh dusíka (N) a jeho zlúčenín (hlavne aminokyselín a proteínov) v prírode: N₂ a nitráty (anorganické látky) --> aminokyseliny /proteíny (organicky viazané látky) --> amoniak (anorganická látka) --> nitrit (anorganická látka) --> nitrát (anorganická látka).

Kombinovaná čistička (combined wastewater system)

Domáca a priemyselná čistička, ktorá odvádza vodu do kanála, ktorá je potom prečistená. Pri silných dažďoch vzniká nebezpečenstvo, že odpadové vody preniknú bez prečistenia do povrchových vôd.

Konkurencia (competition)

Súťaž dvoch alebo viacerých individuí alebo populácií o obmedzené zdroje, pričom dochádza k jednostrannému alebo obojstrannému (mutual) ovplyvňovaniu organizmov. Konkurencia môže byť inter- alebo intrašpecifická. Obyčajne sa rozlišujú dva mechanizmy konkurencie a) Interferencia (interference competition) je priame stretnutie individuí pri spoločnom zdroji, pričom dochádza k vzájomným stratám. b) Exploatačná konkurencia (exploitation competition) nepriama konkurencia o limitované zdroje.

Konzumenti (consumers)

Konzumenti sa živia (feed on) živou organickou hmotou. Ak konzumujú rastliny, ide o primárnych konzumentov (primary consumers). Ak konzumujú iné živočíchy, ide o sekundárnych a terciárnych konzumentov (secondary consumers, tertiary consumers).

Krenál (krenal), krenon, krenocén (krenocoen)

Krenál je prameň, živočíchy v ňom žijúce sa nazývajú krenon. Tento biotop sa označuje spolu s biocenózou ako krenocén (krenocoen).

L

Laminárna vrstva (boundary layer)

Veľmi tenká vrstva vody obtekajúca pevný substrát so silne zníženou rýchlosťou prúdenia. Prúdenie nie je turbulentné, ale laminárne, prúdnice sú paralelné.

Laminárne prúdenie (laminar flow)

Pohyb vody vyznačujúci sa paralelným pohybom prúdnic. Nevyskytuje sa tu žiadne turbulentné prúdenie.

LAWA

Skratka pre najvyššie postavenú nemeckú vodohospodársku pracovnú skupinu „Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser“.

Limnológia (limnology)

je veda, zaoberajúca sa štúdiom vnútrozemských stojatých a tečúcich vôd.

Lipňové pásmo (grayling zone)

Lipňové pásmo sa nachádza pod pstruhovým pásmom. Patrí ešte do horného pásma toku (hyporhithral). Leží v širších podhorských dolinách i kotlinách. Vzhľadom na veľký sklon svahu je

prúdenie silné a obsah kyslíka vysoký. Substrát (substrate) toku pozostáva predovšetkým zo skál, okruhliakov a hrubo- a jemnozrnného štrku. Teplota vody stúpa maximálne na 15-17 °C. Charakteristikou rybou je lipeň, hlavátka a podustva. Napr.: Pstruhové pásmo.

Litorál (littoral)

Pobrežná oblasť vo vode, presvetlená slnečnými lúčmi, ktoré dosiahnu až na dno.

Lososovité (salmonid)

Čel'ad' (Salmonidae) rýb, kde patrí napr. losos, pstruh, lipeň a sih.

Lososové vody (salmonid zone)

Najvrchnejšie pásmo tečúcich vôd s lososovitými rybami. Rozdelené na vrchný oddiel s charakteristickou rybou pstruhom potočným a spodný oddiel s charakteristickou rybou lipňom tymiánovým.

Lotka-Volterra model

Matematický model vzťahu populácií dravec- koristiť. Model popisuje ako sa populácia koristi vyvíja v prítomnosti dravca a naopak.

M

Makrofyty (macrophytes)

Vodné rastliny. Rastliny, ktoré počas nízkeho vodného stavu (low flow) sú úplne alebo čiastočne ponorené. Patria sem aj pobrežné rastliny, ktorých substrát býva väčšinu roka pokrytý vodou.

Makrozoobenthos (macrozoobenthos, aquatic macroinvertebrates)

Všetky makroskopické živočíchy žijúce na dne tokov (benthos).

Mechanický stupeň čističky (primary sewage treatment)

1. stupeň čističky vôd, ktorý slúži k odstráneniu hrubej nečistoty pomocou filtrov a sietí, nádrží a pieskových filtrov.

Mikrobiálny rozklad (microbial loop)

Mikrobiálnym rozkladom vzniká rozpustená organická hmota (= DOM) z nánosov jemnej organickej hmoty (POM), ktorá predstavuje potravu pre živočíšnych konzumentov.

Mineralizácia (mineralisation)

Odbúranie organickej hmoty zväčša činnosťou mikroorganizmov. Takto sa uvoľnia prvky (predovšetkým dusík a fosfor), ktoré potom slúžia na tvorbu biomasy pre živé organizmy.

Mollusca (molluscs)

Mäkkýše. K nim patria v tečúcich vodách napr. ulitníky (snails) a lastúrniky (mussels).

Monitoring (monitoring)

Všeobecne: kontrolovať. RSV predpisuje pravidelný monitoring ekologického a chemického stavu vôd.

Morfológia (morphology)

Vonkajšia forma, tvar. Sploštený tvar mnohých lariev podeniiek je morfológickým prispôsobením sa na vysokú rýchlosť prúdenia. Živočíchy sa nesplavia tak ľahko a nekladú žiadny odpor prúdu vody.

Mrenové pásmo (barb zone)

Mrenové pásmo sa nachádza v strednom úseku toku toku pod lipňovým pásmom. Charakteristická ryba je mrena severná. Teplota vody dosahuje až 18-20°C. Substrát (substrate) toku (river bed) pozostáva z okruhliakov a hrubozrnného piesku a jemnozrnného štrku. Voda je širšia a prúdenie slabšie. Obsah kyslíka klesá a je menší ako v lipňovom pásme. Pobrežná vegetácia v prirodzených biotopoch pozostáva z trstiny. Sprievodné druhy sú červenica, plotica, hrúzy, štika, ostriež. Napr. Rybie pásma

Mŕtve drevo (Xylal)

Mŕtve drevo – dôležitý biotop (mikrohabitat) v tečúcich tokoch. Vetvičky, vetve, kúsky koreňov alebo celé odumreté stromy. V tečúcich vodách je mŕtve drevo dôležitým biotopom (habitatom).

Mŕtve rameno (Side arm)

Niekdajšie prietochné ramená riek alebo jej meandre, ktorých komunikácia s hlavným tokom bola v dôsledku prirodzeného vývoja alebo umelého zásahu na oboch koncoch prerušená. Spojenie býva obnovené iba v obdobiach s vysokým prietokom v rieke. Vtedy sa ich voda obohacuje o živiny. Počas väčšiny roka sú izolovanou nádržou so stojatou vodou bez povrchového spojenia s hlavným tokom. V dôsledku značného stupňa izolácie od hlavného toku a krátkych období prietochnosti býva príbrežná zóna husto zarastená makrovegetáciou, osídlená bohatým planktónom, rybami a vodným vtáctvom.

Mutualizmus (mutualism)

Vzťah medzi individuami dvoch alebo viacerých druhov, pri ktorom dochádza k vzájomnému úžitku.

N

Nanoplanktón (nano-plankton)

Planktonické organizmy, ktoré nie sú väčšie ako 20 µm (10⁻⁹) a nie sú menšie ako 2 µm.

Nárasty (periphython)

Periphython

Nektón (nekton)

Organizmy voľne si plávajúce vo vode, ktoré sa dokážu aktívne pohybovať proti prúdu, napr. ryby.

Neofyty (neophytes)

Rastliny, ktoré sa priamou alebo nepriamou činnosťou človeka začiatkom medzikontinentálnej prepravy (vo všeobecnosti: 1492 objavenie Ameriky) dostali do nových oblastí a tam sa etablovali. Napr. pohánkovec japonský. Napr. Neozoa.

Neozoa (Non-indigenous)

Živočíchy, ktoré sa priamou alebo nepriamou činnosťou človeka začiatkom medzikontinentálnej prepravy (vo všeobecnosti: 1492 objavenie Ameriky) dostali do nových oblastí a tam sa etablovali. Napr. americký rak pruhovaný. Napr. Neofyty.

Neustón (neuston)

Organizmy žijúce v povrchovej vrstve vody pod hladinou (napr. larvy komárov). Napr. Pleustón.

Nitráty (nitrate)

NO_3^- ; soli kyseliny dusičnej. Pri pestovaní kultúrnych plodín sa používa dusík na výživu rastlín (napr. kukurice). Hnojivá obsahujú dusík. Pri silnom daždi sa splachuje hnojivo do vody, čo vedie k zvýšenému rastu rastlín (predovšetkým rias). Napr. eutrofizácia.

Nitrifikácia (nitrification)

Mikrobiálna oxidácia z dusičnanov na dusitany až na dusík.

Niva (floodplain)

Prirodzene zaplavovaná oblasť toku, ktorá býva prepláchnutá pri prirodzených záplavách (flood); niva zahŕňa rozmanité akvatické a terestrické biotopy (mláky, mokrade, mokradnú vegetáciu).

O

Odpadové vody (wastewater, sewage)

Využitím zmenená odtekajúca voda, každá voda pretekajúca kanalizáciou.

Oligotrofný (oligotrophic)

S malým obsahom živín. Napr. Eutrofný

Omnivora (omnivores)

Živočíchy, ktoré sa počas vývinu živia rôznym spôsobom, čiže patria do rôznych trofických rovin, napr. kriváky (Gammaridae). Mnohé druhy z nich sa živia mŕtvym hrubým organickým materiálom, ale aj perifýtonom a niekedy sú aj dravé.

Optimum (optimum)

Označuje tú oblasť faktora prostredia, ktorá je pre určitý druh a jeho fungovanie optimálna. Napr. Ekologická potencia

Organické substráty (organic substrates)

1. Riasy (algae); vláknité riasy, zhluky rias.
2. Ponorené vodné rastliny (= makrofyta (submerged macrophytes)); tiež vodné machy a chary.
3. Vynorené vodné rastliny (= makrofyta (emerse macrophytes)), ktoré korenia vo vode, ale ostatné časti rastú nad vodou (napr. trstina)
4. Žijúce časti terestrických rastlín; jemné korene (fine roots), plávajúca rastlinná vegetácia (floating bank vegetation).
5. Drevo; kmene (trunks), mŕtve drevo, konáre (branches), väčšie korene

6. CPOM; Usadeniny hrubého organického materiálu, napr. opadané lístie.
7. FPOM; Usadeniny jemného organického materiálu.)
8. Baktérie (sewage bacteria) a huby (funghi); nárasty žijúce v odpadových vodách (napr. *Sphaerotilus spec.*)
9. Organické bahno (mude, sludge)
10. Debris; v pobrežnej zóne nahromadený organický a anorganický materiál (napr. pohybom vĺ nahromadené schránky (shells) lastúrníkov (mussels) a ulitníkov (snails).

Oxidácia (oxidation)

Oxidácia je chemická reakcia, pri ktorej oksyločená látka (donator) odovzdáva elektróny. Iná látka elektróny prijíma (acceptor) a takto je redukovaná. S oxidáciou je teda vždy spojená aj redukcia. Klasickou oxidáciou je horenie uhlíkatých látok za prístupu vzdušného kyslíka, napr. spaľovanie uhlia, dreva, benzínu v motore, sviečky atď. Pri spaľovaní uhlia (čistý uhlík) odovzdáva jeden atóm uhlíka 4 elektróny dvom atómom kyslíka a vzniká oxid uhličitý: (CO₂): $C + O_2 \rightarrow CO_2$.

Oživený kal (activated sludge)

Hustá suspenzia organických vložiek, baktérií a nálevníkov v biologických čističkách.

P

Parazitizmus (parasitism)

Parazity (parasites) potrebujú iný organizmus – hostiteľa (host), aby mohli prežiť (ako potravu, ako miesto pre vývin, rozmnožovanie). Pritom ich nepriaznivé účinky sú krátkodobé alebo permanentné, zriedka smrteľné. V tečúcich vodách pôsobia často ulitníky ako hostitelia (napríklad: larvy veľkej motolice pečenej (*Fasciola hepatica*) potrebujú na ďalší vývin slimáka vodniaka malého (*Galba truncatula*).

Partenogenéza (parthenogenesis)

Neoplodené vajíčko sa vyvíja na dospelého jedinca. (Príklad: *Potamopyrgus antipodarum*).

Pelagiál (pelagial)

Voľná zóna vo vode. V tečúcej vode je pelagiál (reopelagiál) v stálom pohybe.

Perifytón (periphyton)

Nárasty rastlín na kameňoch, rastlinách a iných substrátoch. Prevažne riasy, tiež baktérie a huby.

Pesimum (Pessimum)

Taká intenzita ekologického faktora, ktorá leží na hranici únosnosti.

Pesticídy (pesticides)

Insekticídy.

pH - hodnota (pH)

Veličina, vyjadrujúca koncentráciu vodíkových iónov a tým aj kyslý alebo zásaditý charakter roztokov. pH-hodnota je definovaná ako negatívny dekadický logaritmus vodíkových iónov.

Pikoplanktón (pico-plankton)

Vo vode voľne sa vznášajúce (floating) heterotrofné organizmy (baktérie) a fototrofné (riasy) veľkosti 0,2 – 2 μm.

Planktón (plankton)

Všetky pasívne sa pohybujúce organizmy stojatých a pomaly tečúcich vôd. Niekedy sa pohybujú aj aktívne, väčšinou proti prúdu vody. Planktón sa rozdeľuje na baktérioplanktón (bacterioplankton), fytoplanktón (phytoplankton) a zooplanktón (zooplankton), napr. *Daphnia*.

Plastrón (plastron)

Zásoby vzduchu sa vytvárajú na špeciálnych chitínových výstupkoch alebo na vodoodpudivých vláskoch na tele. Preto sa nemusí živočích viac potápať (napríklad: chrobáky čeľ. Dryopidae a Scirtidae).

Pleskáčové pásmo (bream zone)

Pleskáčové pásmo sa nachádza v dolnom úseku nížinnej rieky (potamáli). Teploty v lete presahujú v toku spravidla 20°C. Prúdenie a obsah kyslíka je nízky. Dno tokov je tvorené štrkom, pieskom a niekedy bahnom. V toku je bohatá vegetácia a tiež veľa druhov rýb. Obsah kyslíka kolíše a je menší ako v mrenovom pásme. Charakteristickými druhmi rýb sú pleskáče. Sprievodné druhy sú zubáč, boleň, šablá a jesetery. Napr. rybie pásma.

Pleustón (pleuston)

Na vodnej ploche žijúce organizmy (napr. korčuliarka *Gerris spec.*)

Pobrežná vegetácia

Postranná časť toku porastená prirodzenou vegetáciou. Je biotopom a úkrytom pre rastliny a živočíchov. Predstavuje dôležitý orientačný bod pre okrídlené imága, pretože jasne ohraničuje tok. Zároveň chráni tok a funguje ako pufračná zóna difúzných škodlivých látok prenikajúcich do toku, napr. zo susediacich polí.

Podťatý svah (undercut slope)

Svah na vnútornej strane meandru. Charakteristika: zvýšená rýchlosť prúdenia, väčšia hĺbka, prevládajúca erózia. Napr. Skľzový svah

Podzemná voda (ground water)

Podzemná voda je časťou prirodzeného kolobehu vody. Tvorí sa zo vsiaknutých zrážok. Zrážková voda vsakuje cez priepustné vrstvy pôdy.

Poikilotherm (poikilothermous)

Väčšina organizmov (napr. hmyz, ryby, obojživelníky, plazy) nedokážu svoju telesnú teplotu regulovať, takže ich telesná teplota závisí od teploty okolia. Poikilothermné živočíchov vyhľadávajú miesta, kde je výdaj tepla malý. Napr. Homiothermný.

POM (particulate organic matter)

Vo vode rozptýlená organická hmota vrátane organizmov; delí sa často na hrubú CPOM (C = coarse) a jemnú FPOM (F = fine) organickú hmotu.

Populácia (population)

Skupina organizmov toho istého druhu, ktorá obýva ten istý biotop a tam sa rozmnožuje.

Populačný ekvivalent (population equivalent)

Na zistenie, aké veľké musia byť komunálne čističky sa používa populačný ekvivalent, ktorý predstavuje vyprodukované množstvo odpadových vôd vzťahujúce sa na jedného obyvateľa za 24 hodín. Určí sa napr. ako množstvo kyslíka potrebného na odbúranie odpadových látok produkovaných jedným človekom.

Potamál (potamal)

Časť toku. Teploty v lete (> 20°C), piesočnato bahnité dno, veľké výkyvy teploty (fluctuation of temperature) v priebehu roka (course of the year). Potamál sa delí na epipotamál, meta- a hypopotamál.

Potamon (potamon)

Živočíšne spoločenstvo potamálu.

Potok (creek, brook)

Tok v pozdĺžnom profile : prameň => potok => malá rieka => veľká rieka => veľmi veľká rieka => ústie.

Potok je úsek toku s plochou povodia od 10 – 100 km².

Potravná sieť (food web)

Potravné vzťahy medzi jednotlivými druhmi jednej biocenózy.

Potravný reťazec (food chain)

Potravné vzťahy medzi trofickými rovinami alebo vnútri trofickej roviny.

Potravné typy (feeding types)

Vodné bezstavovce obývajúce toky – makrozoobentos sa dajú podľa potravy, ktorou sa živia rozdeliť na niekoľko typov:

1. Drviče (shredders); drvia väčšie časti rastlín, nachádzajúcich sa vode, predovšetkým listy padnuté do vody ((napr. kriváky (*Gammarus spec.*), žižavica vodná (*Asellus spec.*), larva potočníka *Sericostoma spec.* a larva tipuly (*Tipula spec.*)).
2. Zoškrabávače (scrapers); zoškrabávajú alebo obrusujú nárasty rias z povrchov (napr. ulitníky, larvy podeniiek (*Baetis spec.*, *Rhithrogena spec.*, pošvatky (*Brachyptera spec.*), niektoré potočníky (*Glossosoma spec.*) a niektoré vodné chrobáky.
3. Zberače (collectors-gatherers); živia sa bahnom, detritom a jemným pieskom (napr. larvy pakomárovitých (Chironomidae) a máloštetinavcov (Oligochaeta).
4. Filtrátory (filter feeders); filtrujú potravu z prúdu (napr. lastúrniky, niektoré potočníky (*Hydropsyche spec.* tvorí siete), niektoré pakomárovité alebo muškovitité (muškovitité *Simulium spec.* majú ústne orgány premenené na lievikovitý útvar).
5. Predátory (predators); chytajú cielene iné živočíchy (napr. ploskulice- Turbellaria), pijavice (Hirudinea), viaceré larvy pošvatiek (Plecoptera), niektoré potočníky (*Rhyacophila spec.*) a niektoré chrobáky a ryby.
6. Xylofágy ; vyhrýzajú vetvičky padnuté do vody (napr. larvy potočníka *Lype spec.*).

Povodie (catchment area)

Povodie je územie, z ktorého povrchová voda (above surface) a podzemná voda odteká do jednej konkrétnej rieky či jazera. Povodie môže predstavovať potok, rieka, veľmi veľká rieka.

Povrchové vody (surface waters)

Vnútrozemské vody s výnimkou podzemných vôd ako aj brakických a pobrežných vôd.

Pozdĺžna zonácia tečúcich vôd (longitudinal zonation)

Pozdĺžna zonácia tečúcich vôd vychádza z teórie Illiesa a je založená na zmenách teploty a sklonu svahu, prípadne štruktúry dna tokov v ich pozdĺžnom profile.

1. Prameň (krenal)

2. Ritrál (rhithral): stredný úsek toku (= pstruhové pásmo); max. teploty < 20°C; delí sa na: epirhithral – horský potok (= horné pstruhové pásmo), metarhithral stredné pásmo (= dolné pstruhové pásmo) a hyporhithral (= lipňové pásmo)

3. Potamál (potamal : zóna nížinnej rieky (lowland river), T); max. teploty > 20°C; delí sa na : epipotamal (mrenové pásmo); metapotamál, stredná zóna (= pleskáčové pásmo); hypopotamál, dolná zóna (= hrebenačkovo-platesové pásmo)

Prameň (spring, source)

Začiatok (origin) toku. Podzemná voda, ktorá vyviera ako prameň.

Predácia

Konzumovanie jedných organizmov druhými, koristiť pred útokom bola živá.

Predátor (predator)

Organizmy, ktoré sa živia inými živými organizmami; delia sa na dravcov, parazitov a spásačov (bylinožravcov).

Prehrádzky (transverse constructions)

Každé umelé prehradenie toku, ktoré sťažuje alebo znemožňuje prietočnosť, zvyšuje sedimentáciu, priechodnosť pre organizmy (napr. hate, mlyny, údolné priehrady).

Prídelová schéma (rationing scheme)

Hospodársky plán zahŕňajúci ciele a opatrenia pre určité povodie vo vzťahu ku kvalite a kvantite vody.

Prietok (discharge)

Prietok predstavuje množstvo vody, ktoré pretečie daným priečnym profilom za určitú časovú jednotku. Ovplyvňuje ho výdatnosť aktuálnych zrážok, výrony podzemných vôd, topenie ľadovcov i snehovej pokrývky a lestnatosť povodia.

Prietokový režim (discharge regime)

Charakteristický priebeh prietoku povodia napr. vzťahujúci sa na jeden rok. Určujúce faktory sú klíma (climate), vegetácia, geologický substrát a geomorfologické podmienky, ale aj ľudské vplyvy v príslušnom povodí.

Producenti (producers)

Fototrofné organizmy (rastliny, sinice a niektoré baktérie), ktoré vytvárajú hmotu svojho tela za pomoci slnečnej energie z anorganického materiálu (napr. dusík, fosfor). Niektoré baktérie dokážu pomocou chemickej energie vytvárať z anorganickej hmoty organickú hmotu. Tieto baktérie patria tiež k producentom.

Produkcia (production)

Vytvorená biomasa za určitý čas. Primárna produkcia je prírastok fototrofnej/rastlinnej biomasy. Sekundárna produkcia je prírastok heterotrofnej/živočíšnej biomasy.

Profundál (profundal)

Hlboká zóna vôd, kde nepreniká svetlo. Napr. Litorál

Prokaryota (procaryotes)

Jednobunkové organizmy bez bunkového jadra (baktérie a sinice).

Pstruhové pásmo (trout zone)

sa nachádza nad lipňovým pásmom. Leží v horských a podhorských úzkych dolinách, s veľkým spádom a turbulentným prúdením. Substrát (substrate) toku pozostáva predovšetkým z balvanov a skál.

R

Rámcová smernica o vode (RSV)

Európska Únia schválila v roku 2000 spoločnú smernicu pre ochranu a hospodárenie vôd. V oblasti vodnej politiky je RSV prvá európska smernica, ktorá sa zaoberá celkovou ochranou vôd. Je základom pre modernú a trvalú politiku týkajúcu sa vôd v Európe. Najdôležitejšie body Rámcovej smernice zahŕňajú: a) ochranu všetkých tokov Európy – riek, jazier, pobrežných a podzemných vôd, b) dosiahnutie dobrého ekologického stavu tokov do roku 2015, c) jednotný spôsob hodnotenia, d) plány hospodárenia pre celé povodia, ako aj medzinárodnú spoluprácu medzi zúčastnenými krajinami, e) transparentný proces plánovania za aktívnej účasti všetkých zainteresovaných krajín a f) zabránenie zhoršovania stavu tokov.

Referenčný stav (reference situation)

Veľmi dobrý ekologický stav vody, pri ktorom nie sú žiadne alebo len malé odchýlky od prirodzeného stavu. V toku nie sú žiadne ľudské (anthropogénne) zásahy.

Referenčné podmienky (reference condition)

Potenciálne prirodzený stav toku, definovaný na základe prírodného potenciálu a znalostiach o jeho prirodzenom fungovaní a štruktúre. Najlepší možný stav, ktorý možno dosiahnuť pri renaturalizácii.

Rhitrón (rhithron)

Spoločenstvo ritrálu.

Riečna (fluviálna) morfológia (river morphology)

Morfológia tečúcich vôd je ovplyvnená predovšetkým podloží, tvarom reliéfu a klímou. Tieto faktory ovplyvňujú morfológiu (morphology) dna toku a zloženie jeho substrátu. Ďalšími dôležitými morfológickými faktormi sú vegetačný pokryv a podiel dreva (xylal).

Riečna jednotka (river basin unit)

Podľa RSV je hlavnou jednotkou vo vodnom hospodárstve povodie. Na Slovensku je 6 hlavných povodí: medzinárodné povodie Dunaja, povodie Váhu, povodie Hrona, Ipla a Slanej, povodie Bod-

rogu, Hornádu a povodie Dunajca a Popradu.

Riečna krajina (river landscape)

Funkčná jednotka pozostávajúca z rieky a okolitej krajiny. Patria do nej okrem akvatických a amfibických oblastí aj terestrické oblasti vrátane štruktúr vytvorených človekom.

Riečna typológia (stream typology)

Systém klasifikácie tokov podľa definovaných vlastností toku (napr. morfológických, fyzikálnych (napr. teplota vody), chemických (napr. obsah fosfátov) a hydrologických (napr. prietok)). Tieto faktory sa podieľajú na štruktúre spoločenstiev jednotlivých typov toku. Spoločenstvá sa vyznačujú charakteristickými druhmi (charakteristické druhy). Podľa kritérií RSV je na Slovensku 22 typov tokov.

Riečny systém (river system)

Všetky toky, ktoré sa vlievajú do jednej rieky, ktorá ústí do mora alebo jazera, patria do jedného riečného systému.

Rieka (river)

Rieka v pozdĺžnom profile : prameň => potok => malá rieka => veľká rieka => veľmi veľká rieka => ústie

Malá rieka je tečúca voda s veľkosťou povodia: 100 – 1000 km²; veľká rieka s povodím od 1000 – 10 000 km², veľmi veľká rieka s povodím > 10 000 km².

Rieky (streams)

Tečúce vody v pozdĺžnom profile: prameň => potok => malá rieka => rieka => ústie. Za rieky sú označované všetky toky, s veľkosťou povodia > 10.000km².

Ritrál (rhithral)

Potok. Letná teplota vody (< 20°C), skalnaté dno toku. Ritráľ odpovedá pstruhovému až mrenovému pásmu.

Rybie pásma (fish zones)

Určité oblasti v podĺžnom profile toku (od prameňa po ústie) vyznačujúce sa charakteristickým zložením (composition). Podmienené je to rôznymi teplotami vody a sklonom (slope) v rôznych oblastiach. Rozmanité druhy rýb sa v priebehu evolúcie prispôbili rozličným faktorom prostredia. Každé rybie pásmo sa vyznačuje určitým charakteristickým druhom ryby. Od prameňa (spring) až po ústie (mouth) do mora možno rozlíšiť tieto rybie pásma:

Ritrál (rhithral): max. teploty < 20°C; delí sa na: epirhithral – horský potok (= horné pstruhové pásmo), metarhithral stredné pásmo (= dolné pstruhové pásmo) a hyporhithral (= lipňové pásmo)

Potamál (potamal : zóna nížinnej rieky (lowland river), T); max. teploty > 20°C; delí sa na : epipotamal (mrenové pásmo); metapotamál, stredná zóna (= pleskáčové pásmo); hypopotamál, dolná zóna (= hrebenačkovo-platesové pásmo). Napr. Pozdĺžna zonácia tokov

Rybo chody

Zariadenie, ktoré je nainštalované do vody na to, aby umožnilo rybám prekonávať prekážky (napr. prehradenia alebo vodopády) pri tiahnutí.

S

Samočistenie (self purification)

Aktivita organizmov v tokoch, pri ktorej sú odbúravané cudzorodé látky a mineralizáciou sa dostávajú naspäť do látkového kolobehu, napr. čistenie odpadových vôd činnosťou baktérií.

Saprobity (saprobity)

Saprobity sa môže vyjadriť ako miera znečistenia toku biologicky odbúrateľnými substanciami, ako napr. fekáliami. Napr. Trofia.

Saprobny systém (saprobic system)

Systém na stanovenie organického znečistenia tečúcich vôd. Vzťahuje sa na organizmy, ktoré majú v určitej oblasti znečistenia ekologické ťažisko výskytu.

Sapropel (digested sludge, sapropel)

Vrstva bahna na dne tokov pokrytá zle sa rozkladajúcim organickým materiálom v dôsledku nedostatku kyslíka.

Sedimenty (sediments)

Na dne tokov naplavené organické a anorganické látky.

Selekcia (selection)

Prirodzený alebo človekom ovplyvnený umelý mechanizmus, pomocou ktorého sú z množstva rozmanitých individuí s určitým genotypom (genotyp) a tým aj rozdielnym fenotypom (phenotyp) podporené tie, ktoré sú najlepšie prispôbené abiotickým a biotickým faktorom okolitého prostredia.

Separátny systém kanalizácie (separate sewer system)

Zrážková voda a odpadová voda sú odvádzané oddelene.

Sestón (seston)

Všetky živé alebo mŕtve organické a anorganické látky, vznášajúce sa vo vode.

Sklon dna toku (slope)

Výškový rozdiel dna koryta toku pripadajúci na jednotku dĺžky v jeho osi. Čím väčší je sklon, tým väčšie je prúdenie.

Sklzový svah (slip-off slope)

Plochý mierne sklonený svah vo vnútornej časti oblúka toku, resp. meandra. Charakteristika: redukovaná rýchlosť prúdenia, malá hĺbka, sedimentácia jemného materiálu (napr. piesku).

Sphaerotilus (sewage fungus)

Kožovité sivé nárasty baktérií v odpadových vodách.

Sprievodné druhy

Druhy, ktoré sa vyskytujú v určitom biotope s vysokou frekvenciou, avšak nie sú viazané len na tento typ toku. Sú definované tiež ako taxóny, ktoré sa vyskytujú vo vysokej početnosti v rôznych typoch toku.

Standing crop

„Biomasa k dispozícii“. Celková biomasa, ktorá je prítomná v určitej biologickej jednotke (napr. primárni konzumenti) v určitom čase.

Staré rameno (cut-off meander, backwater)

Staré rameno je bývalý meander tečúcej vody. Vzniklo v dôsledku presunu hlavného prúdu meandrováním alebo umelým vybudovaním hrádze. Staré ramená sú úplne odrezané od hlavného toku, predstavujú dôležitý biotop stojatých vôd pre vodnú makrovegetáciu, vodné bezstavovce a obojživelníky. Počas ich vývoja (sukcesia) sa vyplytčujú a prechádzajú do močarísk.

Stenotermný (stenotherm)

Organizmy, ktoré majú úzku valenciu k teplote (znášajú len úzke teplotné rozhranie). Napr. Eurytherm.

Stigmy (stigmas)

Dýchacie otvory v tracheálnom systéme; pomocou stigiem je prijímaný kyslík.

Stresory (stressors)

Antropogénne zatažujúce faktory.

Submerzný (submerged)

Ponorený.

Substrat (substrate)

Sedimenty (minerálne a organické) a iné štruktúry (napr. mŕtve drevo), ktoré využívajú organizmy ako biotop.

Sukcesia (succession)

Časová postupnosť rastlinných a živočíšnych spoločenstiev pri osídľovaní stanovišť, ktoré sa nenachádzajú v klimaxovom štádiu (konečné štádium sukcesie).

Suspenzia (suspension)

Rovnomerne rozptýlené malé látky v kvapaline.

Symbióza (symbiosis)

Viac alebo menej tesné spolunažívanie viacerých druhov (interšpecifický vzťah), ktoré je špeciálnym prispôbením sa (adaption) organizmov v zmysle koevolúcie. V tomto spoložití nemusí nevyhnutne jeden partner zo spoložitia profitovať. Je to spojenie zlepšujúce kvalitu života dvoch organizmov až po nevyhnutné spoložitie.

T

Taxón / taxóny (taxon / taxa)

Skupina živočíšnych alebo rastlinných organizmov, ktoré majú niečo spoločné, čím sa líšia od ostatných taxónov.

Teória riečneho kontinua (river continuum concept)

Koncept riečneho kontinua popisuje tečúce vody ako ekologicky súvisiace jednotky. Model vychádza z toho, že v tokoch od prameňa až po ústie sa mení gradient abiotických faktorov prostredia. Organizmy a spoločenstvá v pozdĺžnom profile toku a v riečnej sieti sa vyvíjajú v súlade s podmienkami prostredia. Napr. horný úsek toku je väčšinou veľmi úzky a kompletne zatienený. Opadaným listím sa živia drviče, ktoré v tomto úseku toku dominujú. Vodné rastliny a nárasty rias sú v dôsledku zatienenia málo vyvinuté. V nižších úsekoch toku so vzrastajúcou šírkou toku a zmenšením zatienenia dominujú živočíchy, ktoré sa živia nárastmi rias (zoškrabávače). Spolu s narastajúcim množstvom organického substrátu v dolných úsekoch toku narastá aj množstvo detritofágov, ktoré sa živia detritom. Podiel drvičov sa smerom od prameňa po ústie toku znižuje. Napr.: Potravné typy

Transekt (transect)

Priama čiara, na ktorej sa na určitých miestach odoberajú vzorky; v tečúcich vodách je transekt väčšinou vzdialenosť od jedného brehu ku druhému brehu.

Tretí stupeň čističky (tertiary sewage treatment)

V spojení s mechanickým a biologickým čistením má tretí stupeň za úlohu odstraňovať z vody mineralizované dusíkaté a fosforečnaté zlúčeniny. Toto znižuje eutrofizáciu vody.

Trofia (trophy)

Intenzita fotoautotrofnej produkcie; tiež intenzita produkcie biomasy rastlinami alebo baktériami. Zvýšená trofia sa označuje ako eutrofizácia.

Trofická rovina (trophic level)

Rozdelenie organizmov podľa pozície v potravnom reťazci. Trofická rovina: producentov, konzumentov (fytofágy a predátori) a deštruentov. Mnohé druhy sa nedajú presne zaradiť, lebo sú omnivorné.

Turbulentný tok (turbulent flow)

Prúdnice neprebiehajú paralelne (laminar), ale chaoticky (krútia sa a križujú).

Typológia (typology)

Typológia tokov

U

Ubikvista (ubiquitous)

Všade sa vyskytujúci.

Umelé prehradenie (transverse constructions)

Každé umelé prehradenie toku, ktoré sťažuje alebo znemožňuje prietochnosť, priechodnosť pre organizmy, zvyšuje sedimentáciu (napr. hate, malé vodné elektrárne, priehrady).

Umelé vodné teleso (artificial water body)

Človekom vytvorené umelé vodné teleso, napr. kanál. Stavebné úpravy na toku (narovnanie- straightening) nespôsobujú zaradenie toku medzi umelé vodné telesá.

V

Ekologická valencia (ecological valence)

Ekologická valencia je rozmedzie podmienok, v ktorých je daný organizmus schopný existovať.

Vegetácia (vegetation)

Všetky rastliny ktoré rastú na určitom území. Vegetácia je ovplyvňovaná klímou, pôdou, reliéfom, podloží, vodným režimom a takisto ohňom, živočíchmi a ľuďmi.

Vegetačná perióda

Časové obdobie v roku, počas ktorého dochádza u rastlín k fotosyntéze; teda k rastu, kvitnutiu a vytváraniu plodov.

Viacročné (perennial)

Rastliny, ktoré žijú dlhšie ako jednu vegetačnú periódu.

Vnútrozemské vody (inland water)

Všetky stojaté aj tečúce vody, ako aj podzemné vody vo vnútrozemí.

Vodná erózia (erosion)

Bočná erózia predstavuje odstraňovanie sedimentov tečúcimi vodami alebo hĺbková erózia vzniká prúdením vody a jej zarezávaním sa do koryta.

Vodný recipient (receiving water course)

Vodný útvar prijímajúci vodu z určitého povodia a vedie ho ďalej. V bežnej reči sú vodné recipienty sú aj také toky, do ktorých vtekajú vody z čističiek, z drenáží alebo z iných zdrojov. Príklad: Váh je recipientom pre Turiec, pretože Turiec vteká do Váhu; avšak Dunaj je recipientom pre Váh, pretože Váh vteká do Dunaja.

Výmole (pothole)

Prehĺbenie dna toku eróziou vody. Výmole vznikajú hlavne na nárazových brehoch, za veľkými ponorenými koreňmi (roots), pod kmeňmi stromov vo vode (logs) alebo za mostami.

Vzdušnice (tracheae)

Rozvetvené rúrky, ktoré slúžia na transport vzduchu ; pri článkonožcoch, napr. u hmyzu.

Vzdušnicové žiabre (tracheal gills)

Výrastky alebo prívesky mnohých lariev vodného hmyzu, ktoré slúžia k prijímaniu kyslíka z vody. Zbytky stigmat sú zavreté a kyslík preniká do vzdušnicových žiaber difúziou (napríklad: larvy potáčnikov, vážok, podeniak).

X

Xylal

Mŕtve drevo, dôležitý biotop (mikrohabitat) v tečúcich tokoch.

Z

Zákon minima (Pessimism law)

Najsilnejšie pôsobí na rastlinný alebo živočíšny druh ten faktor prostredia, ktorý je najviac vzdialený od optima. Napr. Pessimism

Zdroje (resource)

Pre existenciu jedincov, príp. druhov nevyhnutné, využiteľné, biotické a abiotické komponenty prostredia, ako napr. potrava, živiny, kyslík. Sem nepatriace, avšak určujúce podmienky prostredia (napr. teplota, vlhkosť, pH – hodnota, vhodný substrát) tvoria so zdrojmi ekologickú niku.

Zooplanktón (zooplankton)

Planktón

Zoznam taxónov (taxa list)

Zoznam taxónov podľa biologického systému.

Ž

Životné prostredie

Okolité prostredie, ktoré má pre určitý živý organizmus bezprostredný význam.

DIGITÁLNÝ DETERMINAČNÝ KLÚČ MAKROZOOBENTOSU

Eva Bulánková, Viera Stloukalová, Thomas Korte

Digitální klíč je samostatný soubor na DVD.