

Mala ekološka biblioteka



M. Kerovec

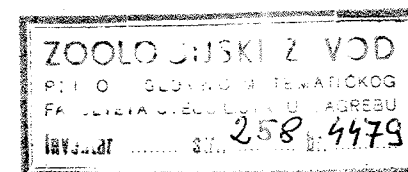
Ekologija kopnenih voda



MALA EKOLOŠKA BIBLIOTEKA
Knjiga 3

M. Kerovec

Ekologija kopnenih voda



Hrvatsko ekološko društvo
i
dr. Ante Pelivan

ZAGREB 1988

Izdavački savjet:

prof. dr. Milan Meštrov, prof. dr. Đuro Rauš, prof. dr. Ljudevit Ilijanić, prof. dr. Beatrica Đulić, dr. Adam Benović, doc. dr. Paula Durbešić, mr. Mladen Kerovec

Uredništvo:

Mladen Kerovec, Paula Durbešić, Vladimir Hršak, Joso Vukelić, Goran Sušić, Šandor Horvat

Recenzenti:

prof. dr. Milan Meštrov
prof. dr. Zdenka Lelas

Lektor:

dr. Vjera Rašković-Zec

Crteži:

Tatjana Antolić

Grafička oprema:

Ante Pelivan

Priprema, tisak, dorada:

Ante Pelivan
Zvonko Kerš

Za izdavača:

Paula Durbešić
Mladen Kerovec
Ante Pelivan

Naklada:

1500 primjeraka

Naslovna strana:

Rijeka Odra, donji tok
Snimio: B. Jalžić

Zadnja strana:

Crna rijeka (Plitvička jezera)
Snimio: M. Kerovec

Izdavanjem niza „Mala ekološka biblioteka“ Hrvatsko ekološko društvo želi popuniti veliku prazninu u stručno-popularnoj literaturi s područja biologije i ekologije. Ova i buduća izdanja iz ove serije namijenjena su nastavnicima osnovnih i srednjih škola, učenicima i studentima te svima onima koji vole i žele upoznati prirodu.

Nastojanja za izlaženje ove serije su samo jedna od aktivnosti ekologa Hrvatske, koji organizirano djeluju od 1969. godine, prvo kao sekcija ekologa za SR Hrvatsku pri Društvu ekologa Jugoslavije, a od 1976. godine kao Hrvatsko ekološko društvo. Društvo broji oko četiri stotine članova različitih struka (biolozi, šumari, agronomi, liječnici, veterinari, farmaceuti, tehnolozi, urbanisti, građevinari, sociolozi, novinari, studenti, ljubitelji prirode i dr.).

Program rada Hrvatskoga ekološkog društva odvija se u nekoliko osnovnih aktivnosti: znanstveni rad, znanstveno-stručni kolokviji, javna predavanja, savjetovanja, kongresi i sl. Znanstveni rad obuhvaća kompleksna ekološka istraživanja trajnih ploha širom SR Hrvatske započeta 1976. godine. Dio djelatnosti trebalo bi biti i izdavanje jednostavnijeg štiva koje će pomoći gajenju i rastu ekološke svijesti.

UVOD

Usprkos činjenici da od ukupno 1,4 milijarde km³ vode na našoj planeti, svega 0,52% otpada na kopnene vode, njihovo značenje je vrlo veliko. Tome u prilog govori i činjenica da za piće, higijenske potrebe, za potrebe industrije i poljoprivrede i sl., gotovo isključivo koristimo kopnene vode. Međutim, zbog njihovih ograničenih količina, našeg neodgovornog odnosa prema njima (postale su prijemnici najrazličitijih vidova onečišćenja) i sve većih potreba (porast stanovništva, razvoj industrije i poljoprivrede itd.), osjeća se sve veći nedostatak kopnenih voda. Samim time nameće se potreba istraživanja i upoznavanja kopnenih voda, a nauka koja se time bavi zove se *LIMNOLOGIJA*.

Mada su količine kopnenih voda neznatne u usporedbi s morima, one obiluju velikim brojem različitih staništa što, opet, uzrokuje i raznolikost živog svijeta u njima. Posebno se to odnosi na našu zemlju zbog njezine velike geografske raznolikosti, smještaja, klimatskih, geoloških i drugih karakteristika.

KARAKTERISTIKE KOPNENIH VODA I NJIHOVOG ŽIVOG SVIJETA

Između mora i kopnenih voda postoje brojne razlike. Prije svega, kopnene vode su „mlade“ vode, tj., nastale su poslije ledenog doba, osim malog broja jezera, među kojima je i naše Ohridsko, koja su nastala prije oledbe. Za razliku od mora koja su međusobno povezana, kopnene vode su oštro izolirane (osobito stajačice), plitke su (većinom pliće od 100 m) i uglavnom su mali ekosistemi (do 100 000 km²). Najuočljivija je razlika između mora i kopnenih voda u njihovom kemijskom sastavu. U kopnenim je vodama koncentracija soli oko 100 puta manja nego u moru. Za razliku od mora, gdje dominiraju kloridi, ovdje, uglavnom, dolaze karbonati i sulfati. U životinja koje žive u kopnenim vodama koncentracija tjelesnih tekućina mnogo je veća nego okolne vode, pa moraju postojati posebni organi i mehanizmi za izlučivanje koji reguliraju količinu vode u tijelu. To je također i dokaz da kopnene vode nisu primarno stanište, već je dio slatkovodnih životinja prvobitno bio morski, gdje je, uostalom, i nastao život. Osim toga, veliki dio životinja kopnenih voda sekundarno su vodene. Naime, prvobitno kopnene životinje prešle su u vodu, kao npr. mnoge ličinke kukaca, odrasli kukci, neki puževi, vodozemci, kornjače, zmije i sl.

Zbog svojih karakteristika kopnene su vode uzrokovale neke prilagodbe po kojima se slatkovodne životinje razlikuju od morskih, a to su:

- glavnina razvoja odvija se unutar jajne opne, pa jaja sadrže puno hranjivih tvari (velika su). Izuzetak su ličinke oblića — Nematoda (miracidij) i veslonožaca — Copepoda (nauplij);
- jaja imaju debeli ovoj koji sprečava prodor vode;
- vrlo je malo sjedilačkih oblika (mahovnjaci — Briozoa, spužve — Porifera);
- postoje trajni stadiji (ciste — praživotinje, gemule — spužve) pomoću kojih preživljavaju nepovoljne uvjete (zima);
- mnoge vrste su prilagođene na velike varijacije temperature i vlažnosti (dugoživci — Tardigrada, oblići — Nematoda).

U slatkovodnim biocenozama nedostaju cijele skupine životinja koje žive u moru (bodljikaši — Echinodermata, ramenonošci — Branchipoda, glavonošci — Cephalopoda, plaštenjaci — Tunicata), a vrlo je malo žarnjaka — Cnidaria i mnogočetinaša — Polychaeta. Također je vrlo malo skupina čije sve vrste žive u kopnenim vodama (vodozemci — Amphibia), ali postoje neke skupine (trepetljikaši — Ciliata, kol-

njaci — Rotatoria, rašljoticalci — Cladocera, vodengrinje — Hydracarina), čija velika većina vrsta živi u kopnenim vodama. Treba još spomenuti da od nekih skupina, prvenstveno kukaca (vodencvjetovi — Ephemeroptera, oblačari — Plecoptera, vretenca — Odonata, dvokrilci — Diptera i dr.), mnoge vrste samo dio života provode u kopnenim vodama.

Kada govorimo o kopnenim („slatkim“) vodama, uglavnom, mislimo na tekućice i stajaćice, ali, osim njih, tu spadaju i podzemne vode sa čitavim nizom različitih staništa. No, ovdje o njima nećemo govoriti.

Stajaće kopnene vode

U ovu kategoriju kopnenih voda ubrajamo lokve, močvare, bare i jezera.

Lokve su plitke udubine ispunjene vodom koje redovno presušuju.

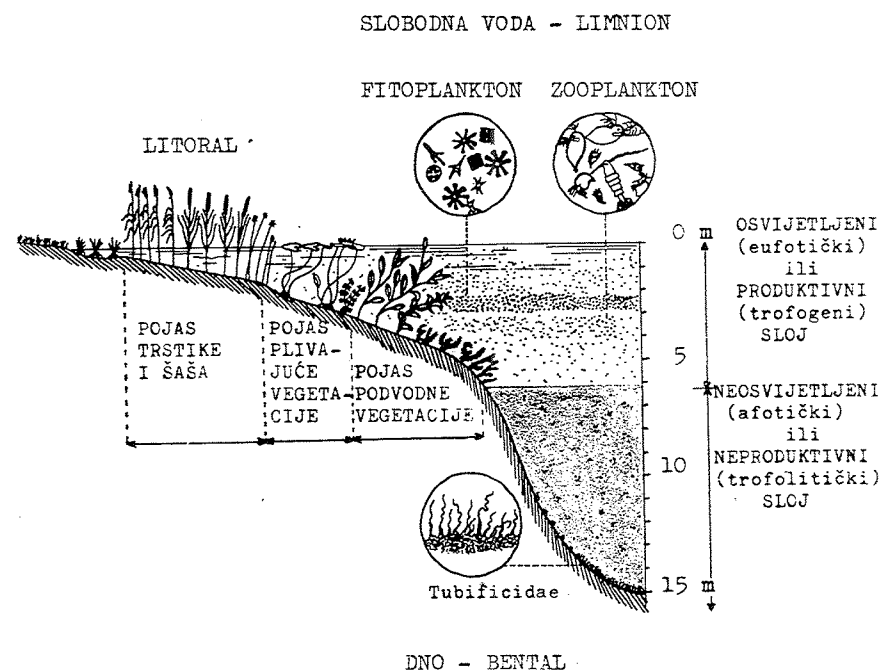
Močvare su zadnji stadij razvoja vodenih ekosistema, a karakteriziraju ih niski pH, malo soli i velika količina detritusa.

Bare od jezera razlikujemo, prvenstveno, po dubini. Plitke su, svjetlo prodire do dna, što omogućuje razvoj vodenog bilja po čitavom dnu. Također nema vertikalne stratifikacije količine kisika i temperature.

Jezera su, u pravilu, veće i dublje akumulacije gdje postoji gornji, osvijetljeni, **eufotički** sloj, koji je ujedno i produktivni, **trofogeni**, i dublji, neosvijetljeni, **afotički** sloj, koji je ujedno neproduktivni, **trofolitički** (sl. 1).

Dubina prodora svjetla, a time i veličina eupotičkog sloja ovisi o količini suspendiranih čestica i količini planktonskih organizama.

U stajaćicama u pojedinim sezonama postoji vertikalna stratifikacija temperature vode, tako da možemo razlikovati nekoliko slojeva. Površinski sloj, **epilimniji**, prati sezonska kolebanja temperature zraka, a donji duboki sloj, **hipolimniji**, ima stalnu nisku temperaturu vode. Između ta dva sloja za vrijeme stratifikacije postoji jedan tanji sloj vode u kojem dolazi do naglog skoka temperature, koji se naziva **metalimnion** ili **termoklina**. Većina naših kontinentalnih jezera spada u kategoriju umjerenih jezera u kojima postoji ljetna, direktna, i zimska, obrnuta, vertikalna stratifikacija, a dva puta godišnje (u proljeće i jesen) dolazi do izjednačavanja temperature cijelog jezera (**izotermija**). Za vrijeme izotermije, pod utjecajem vjetrova, dolazi do miješanja cijelog stupca vode, a za vrijeme termičke stratifikacije cirkulacija se odvija samo u površinskom sloju — epilimniju (sl. 2).



Sl. 1. SHEMA PROFILA JEDNOG PRODUKTIVNOG (EUTROFNOG) JEZERA: označene su zone i slojevi, te pojasovi vegetacije u litoralnoj zoni

Posljedica je termičke dinamike i raspored kisika i ugljen dioksida u jezeru, o čemu, opet, ovisi organska produkcija jezera.

Ljeti u epilimniju ima puno kisika, jer je to sloj u kojem se odvija intenzivna fotosinteza. Međutim, prema dnu količina kisika se smanjuje, a u nekim vrlo produktivnim jezerima pri dnu može potpuno nestati. U slabo produktivnim jezerima nije tako izražena vertikalna stratifikacija količine kisika. Sa ugljik dioksidom je obrnuto. Prema dnu se njegova količina povećava (nastaje bakterijskom razgradnjom organskih tvari koje padaju na dno), a na površini se pojačano troši zbog intenzivne fotosinteze.

Kod izotermije, kada dolazi do miješanja cijelog stupca vode, izjednači se i kemijski sastav znatno i slabo produktivnih jezera. Na taj se način površinski slojevi obogate ugljik dioksidom i mineralnim solima iz donjih slojeva jezera, što omogućuje veću organsku produkciju. Isto tako, u dubokim neosvijetljenim dijelovima jezera obnove se količine kisika, što, opet, omogućuje intenzivniju bakterijsku razgradnju organskih tvari (detritus i uginuli organizmi), koje padaju na dno.

Osim prema veličini, jezera možemo podijeliti i prema **geografskom položaju** (tropska, suptropska, umjerena, subpolarna, polarna), prema **postanku** (ledenjačka, vulkanska, riječna, umjetna), prema **kemijskom sastavu** (slana, „slatka“), te prema **intenzitetu produkcije** (slabo produktivna — oligotrofna, vrlo produktivna — eutrofna i odumirajuća — distrofna jezera ili močvare).

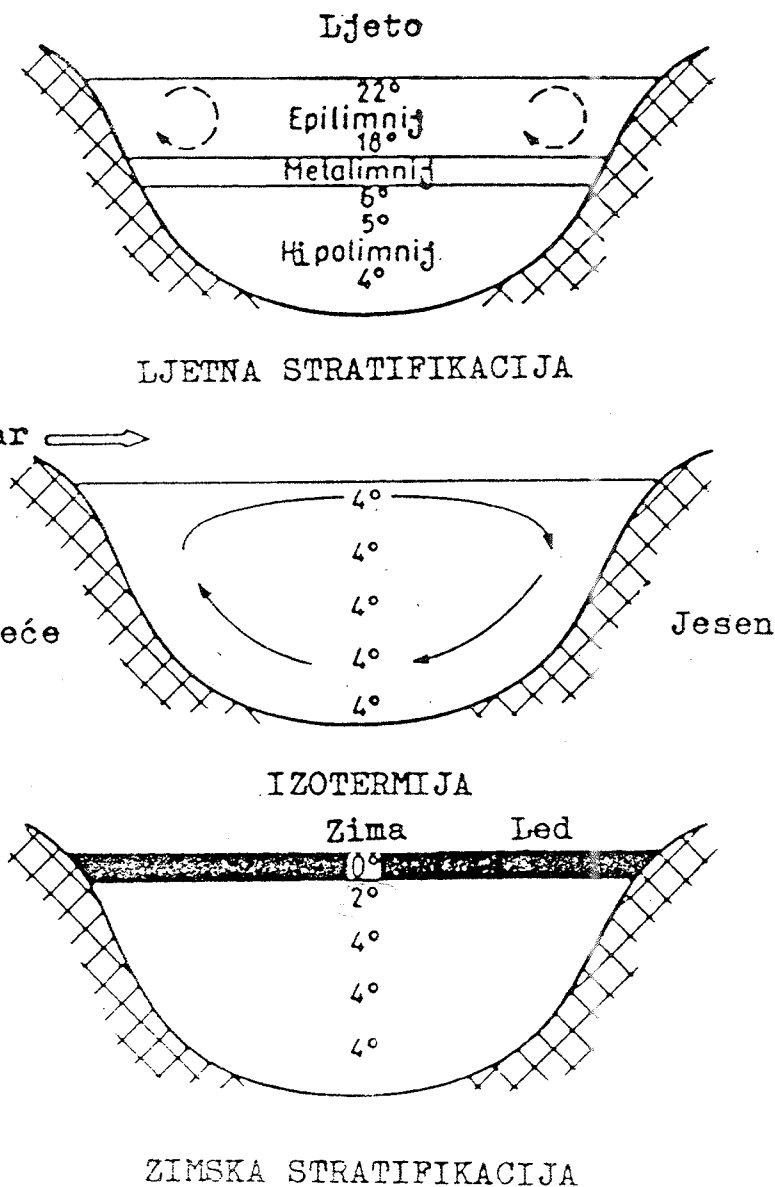
Intenzitet organske produkcije jezera ovisi o nekoliko grupa faktora:

1. **Edafski faktori.** Za intenzitet organske produkcije važna je karakteristika tala na području samog jezera ili njegovog slivnog područja. Npr., ako usporedimo dva jezera u klimatski istom području, jedno na vulkanskom, a drugo na sedimentnim stjenama, u tom slučaju prvo će jezero biti slabo, a drugo znatno produktivno.

2. **Klimatski faktori.** Najvažnija je temperatura, pa će u tropskim predjelima, gdje je ona visoka i duboka, jezera biti vrlo produktivna, jer viša temperatura ubrzava sve procese, pa tako i primarnu produkciju.

3. **Morfometrijski faktori.** U ovom slučaju najvažniji je odnos između osvijetljene — eufotičke i neosvijetljene — afotičke zone, tj. što je veći osvijetljeni te istovremeno produktivni (trofogeni) stupac u odnosu na neosvijetljeni, neproduktivni (trofolitički), to je jača trofija jezera.

Potrebno je naglasiti da su stajaće vode dinamičan ekosistem i svako slabo produktivno jezero nakon određenog vremena, i bez utjecaja čovjeka, prelazi u vrlo produktivno. Do toga prvenstveno dolazi



Sl. 2. TEMPERATURA I CIRKULACIJA VODE JEZERA UMJERENOG POJASA TIJEKOM GODINE

zbog postupnog zatrpavanja jezera uzrokovanog sedimentacijom organskih i anorganskih čestica. Na taj se način smanjuje trofolitički sloj, a povećava relativni volumen trofogenog sloja. To, opet, ima za posljedicu jaču primarnu i sekundarnu organsku produkciju, zbog koje se, opet, ubrzava sedimentacija i proces zatrpavanja jezera postaje sve brži. Konačno, nakon određenog razdoblja potpuno nestane trofolitičkog sloja i jezero pređe u baru. Jasno da čovjek ubacivanjem velikih količina otpadnih organskih tvari u jezera može znatno ubrzati taj prirodni proces.

Da bi bila jasnija razlika između slabo i znatno produktivnih jezera i močvara, navest ćemo neke njihove karakteristike.

SLABO PRODUKTIVNA JEZERA

- Duboka, strmih stepenastih obala.
- Volumen trofogene zone relativno mali u usporedbi s trofolitičkom.
- Vrlo prozirno, plave ili zelene boje.
- Voda siromašna solima.
- Taloži se malo organskog materijala.
- Puno kisika na svim nivoima i u svako doba godine.
- Ograničen pojas priobalne vegetacije.
- Malo fitoplanktona.
- Fauna dubokog dna vrlo raznolika i osjetljiva na nedostatak kisika.
- Mala gustoća populacija faune dna.
- U profundalu dolaze *Tanytarsus* ličinke.
- U vodi dolaze salmonidne ili koregonidne stenotermne ribe.

VRLO PRODUKTIVNA JEZERA

- Plitka, široka plitka priobalna zona.
- Volumen trofogene zone relativno velik u usporedbi s trofolitičkom.
- Prozirnost mala, zelenožute ili smeđe zelene boje.
- Voda bogata solima.
- Taloži se puno organskog materijala.
- Ljeti se kisik iscrpi u hipolimnionu.
- Širok pojas priobalne vegetacije.
- Puno fitoplanktona.
- Fauna dubokog dna siromašna vrstama i preživljava niske koncentracije kisika.
- Velika gustoća populacija faune dna koja se očituje i velikom biomasom.
- Na dubokom dnu dolaze ličinke hironomida i *Chaoborus*.
- U hipolimnionu nema stenotermnih vrsta riba.

DISTROFNO JEZERO ILI MOČVARA

Ova jezera su dobila ime prema medicinskom nazivu za bolest propadanja tkiva zbog nedovoljne količine hrane.

Obično su to plitke akumulacije obrubljene uskim pojasom trstike i šaša, a plivajuća vegetacija može prekrivati i cijelu površinu vode.

Prozirnost vode je vrlo mala zbog velikih količina suspendirane i otopljene organske tvari.

Zbog vrlo malo soli (naročito kalcija) i niskog pH, dolazi do blokiranja aktivnosti bakterija, zbog čega se vrlo sporo razgrađuju organske tvari. To sprečava recirkulaciju organskih tvari, pa je i mala produktivnost ovakvih močvara.

Po flori algi i po maloj količini hranjivih soli vrlo su nalik na slabo produktivna (oligotrofna) jezera, ali ih nikako ne smijemo zamijeniti s njima.

Prema fauni dna, koja se, uglavnom, sastoji od ličinaka hironomida i oligoheta, nalik su na vrlo produktivna (eutrofna) jezera. Međutim, zbog oskudne vegetacije dna i siromašnih planktonskih zajednica, bitno su različita.

Obično je relativno dobro razvijen zooplankton zastupljen vrstama koje se hrane suspendiranim humusnim tvarima.

JEZERSKE ŽIVOTNE ZAJEDNICE

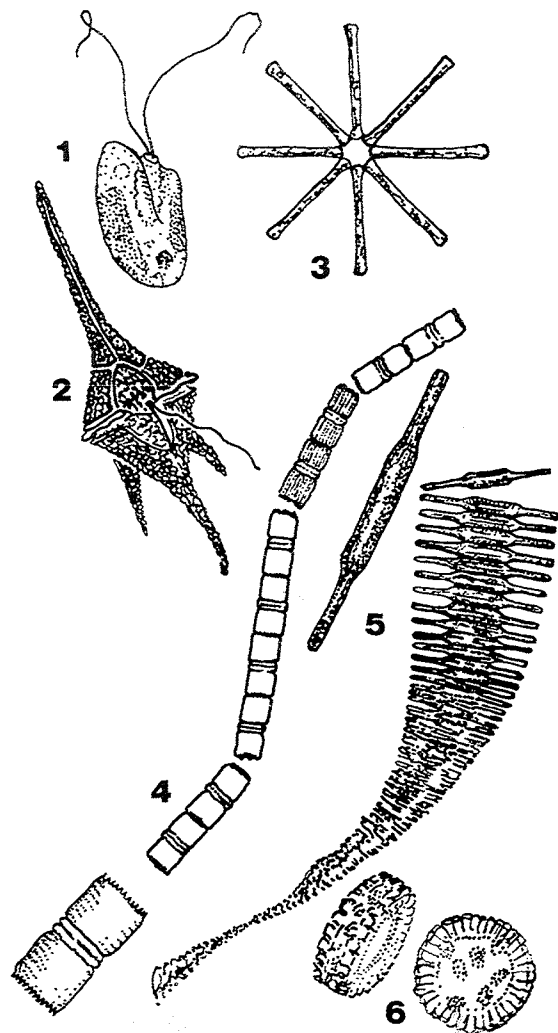
Kad govorimo o jezerima i njihovim životnim zajednicama, moramo naglasiti da su one vezane za veći broj različitih staništa koja možemo grupirati u nekoliko većih kategorija ili zona, od kojih su najveće **zona slobodne vode** i **zona dna** jezera.

I. Zona slobodne vode (limnion, pelagijal) također nije jedinstvena, već se dijeli na **eufotički** i **afotički** sloj.

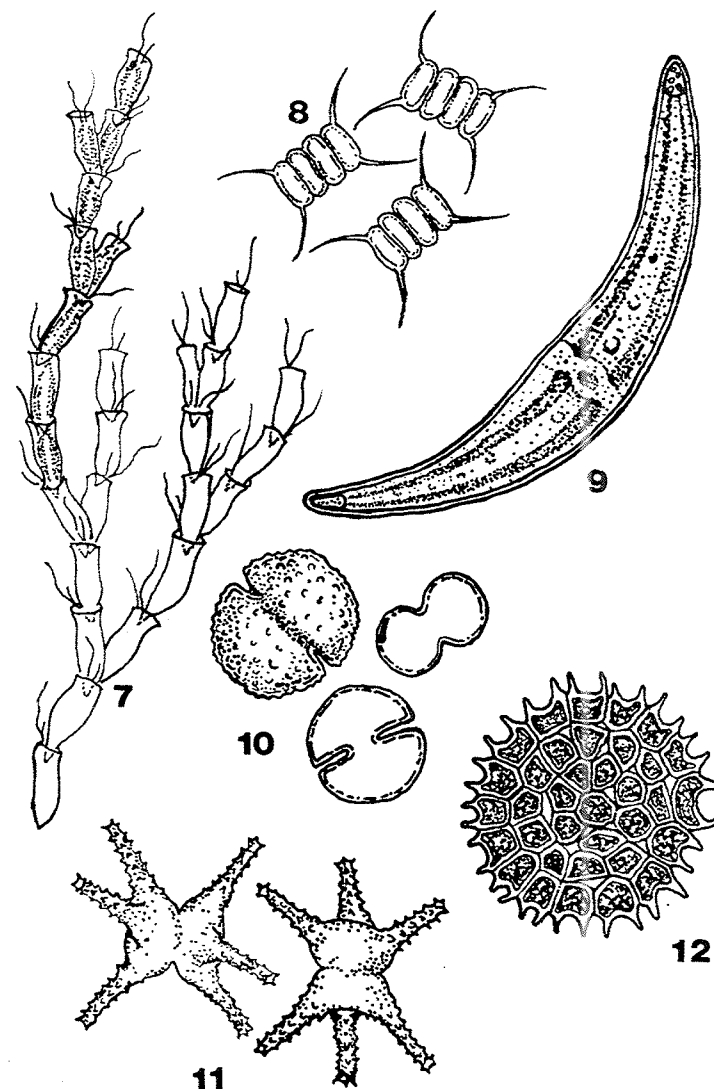
1. **Eufotički** je gornji, osvijetljeni sloj koji se, uglavnom, poklapa s dubinom prodora svjetla. U ovom sloju odvija se organska produkcija, pa ga nazivamo i **trofogeni** sloj. Tu je razvijena kompletna planktonska zajednica koju čini biljni plankton, fitoplankton (bakterije, alge) i životinjski plankton, zooplankton (praživotinje, kolnjaci, veslonošci, rašljoticalci) — sl. 3, 4, 5.

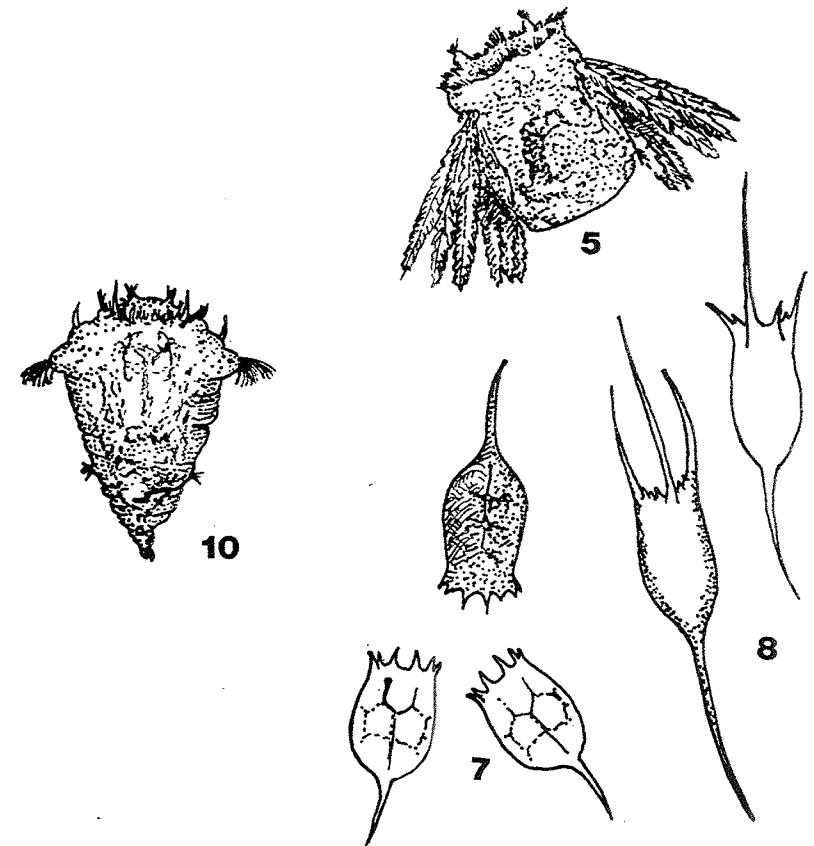
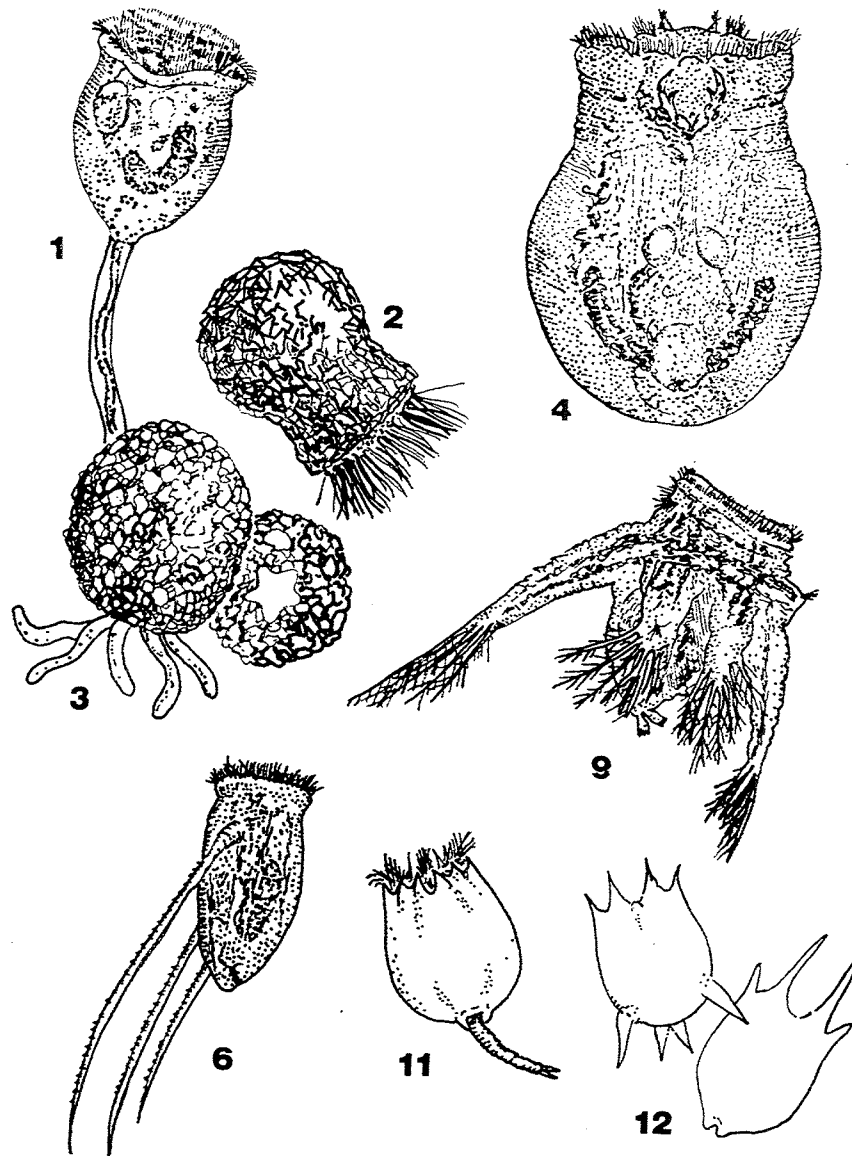
2. **Afotički** je donji, neosvijetljeni sloj koji se proteže od granice prodora svjetla do dna. Budući da ovdje nema svjetla, nema ni fotosinteze, pa nema ni fitoplanktona. Rijetki su i zooplanktonski oblici.

Ovaj sloj je posebno značajan jer se u njemu odvija bakterijska razgradnja organskih tvari, pa se stoga još naziva i **trofolitičkim** slojem.

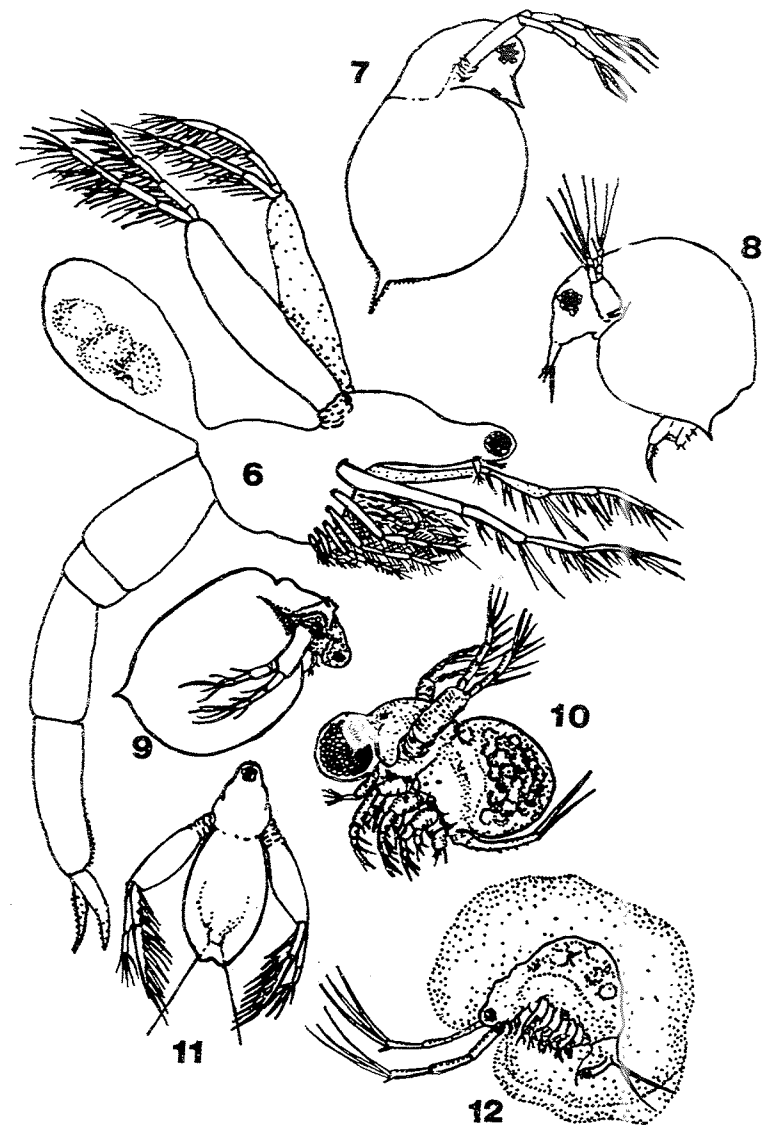
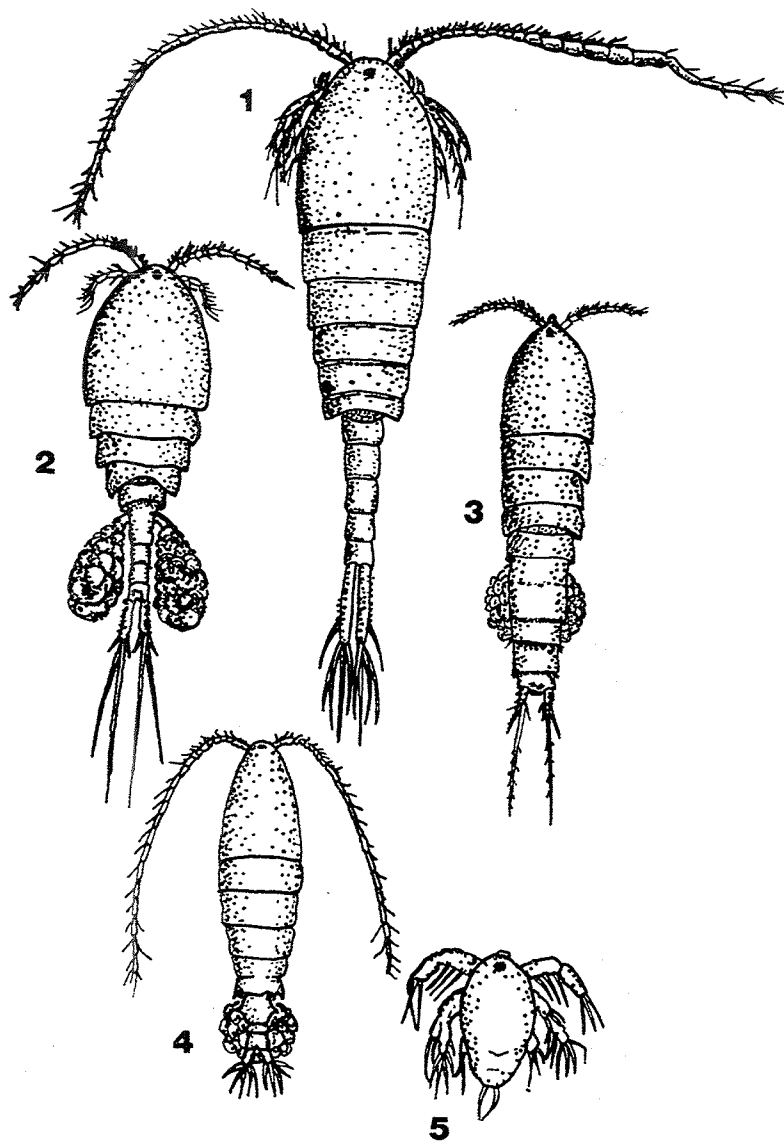


Sl. 3. NEKE PLANKTONSKE ALGE — svjetleći bičaši (Pyrrophyta): 1. *Cryptomonas*, 2. *Ceratium hirundinella*; alge kremenjašice (Bacillariophyceae): 3. *Asterionella*, 4. *Melosira*, 5. *Fragilaria*, 6. *Cyclotella*; zlatnosmede alge (Chrysophyceae): 7. *Dinobryon*; zelene alge (Chlorophyta): 8. *Scenedesmus*, 9. *Closterium*, 10. *Cosmarium*, 11. *Staurastrum*, 12. *Pediastrum*





Sl. 4. NEKE PLANKTONSKE PRAŽIVOTINJE I KOLNJACI
 praživotinje (Protozoa): 1. *Vorticella* (Ciliata), 2. *Codonella cratera* (Tintinnida), 3. *Diffugia lobostoma* (Rhizopoda); kolnjaci (Rotatoria): 4. *Asplanchna*, 5. *Polyarthra*, 6. *Filinia*, 7. *Keratella cochlearis*, 8. *Kellicottia*, 9. *Hexarthra*, 10. *Synchaeta*, 11. *Brachionus plicatilis*, 12. *Brachionus calyciflorus*



SI. 5. NEKI PLANKTONSKI VESLONOŠCI I RAŠLJOTICALCI
veslonošci (Copepoda): 1. *Limnocalanus macrurus*, 2. *Eucyclops serrulatus*, 3. *Canthocamptus*, 4. *Diaptomus*,
5. naupliji; rašljoticalci (Cladocera): 6. *Leptodora kindtii*,
7. *Daphnia*, 8. *Bosmina*, 9. *Ceriodaphnia*, 10. *Polyphemus pediculus*, 11. *Diaphanosoma*, 12. *Holopedium gibberum*

Osim planktonskih zajednica, u slobodnoj vodi živi i veći broj riba koje čine tzv. **nekton**. U nekim hladnim visinskim jezerima u kojima nema riba, neki u nekton ubrajaju i rakušce (*Amphipoda* — *Gammarus lacustris*), koji su naročito brojni u priobalnom pojasu takvih jezera.

II. Zona dna jezera (bental, pedon). Njezine životne zajednice (biocenozе) nazivamo **bentos**, a dijele se na tri zone: **litoral**, **sublitoral** i **profundal**.

1. **Litoralna zona** obuhvaća priobalnu terasu do 30 m dubine. Karakterizira ju pokretanje vode (valovi), erozija, jaka sedimentacija i veća kolebanja temperature. U ovoj zoni živi najveći broj biljnih i životinjskih vrsta, a možemo je podijeliti na nekoliko pojaseva (sl. 1).
 - a) **Priobalni pojas trstike i šaša** (*Phragmites* i *Carex*) s obiljem organskog materijala. Od životinja ovdje se najčešće sreću žabe, zmije, kornjače, vodene ptice, puževi, brojne ličinke, odrasli kukci i sl.
 - b) **Pojas plivajuće vegetacije**, u koji spadaju i ukorijenjene biljke čiji listovi plivaju na površini vode, kao što su: lokvanj (*Nuphar luteum*), lopoč (*Nymphaea alba*), vodeni orašak (*Trapa natans*), te prave plivajuće biljke od kojih treba spomenuti vodenu leću (*Lemna sp.*) i vodenu paprat (*Salvinia natans*).
 - c) **Pojas podvodne (submerzne) vegetacije** obuhvaća područje od 3 do 7 m dubine. Dominantne su biljke: krocanj (*Myriophyllum sp.*), voščika (*Ceratophyllum sp.*) i vodena kuga (*Helodea canadensis*). Zbog intenzivne fotosinteze i obilja hrane ovdje dolazi najviše životinjskih vrsta u cijelom litoralu: brojne prazivotinje (Protozoa), kolnjaci (Rotatoria), maločetinaši (Oligochaeta), mekušci (Mollusca), rakovi (Crustacea), mnogobrojne ličinke i odrasli kukci (Insecta), ribe i sl.
 - d) **Pojas kompaktnih livada višestaničnih algi-parožina** (*Chara*, *Nitella*), koji se proteže od 7 m dubine do dubine dosega litorala. Zbog dovoljne količine svjetla, i u ovom pojasu ima dosta kisika i malo ugljik dioksida, jer je fotosinteza intenzivna, što uzrokuje taloženje kalcijeva karbonata na dno i vo-

deno bilje. I ovdje žive brojne životinjske vrste, a dominiraju puževi (Gastropoda), rakušci (Amphipoda), jednakonošci (Isopoda), ličinke trzalaca (Chironomidae-Diptera) itd.

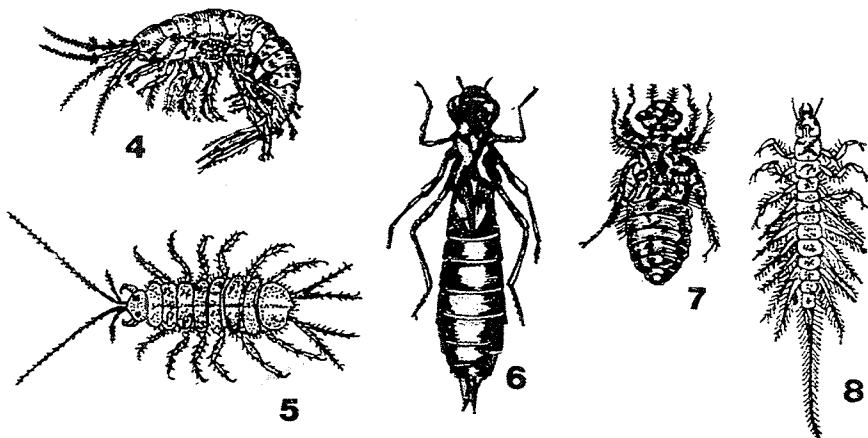
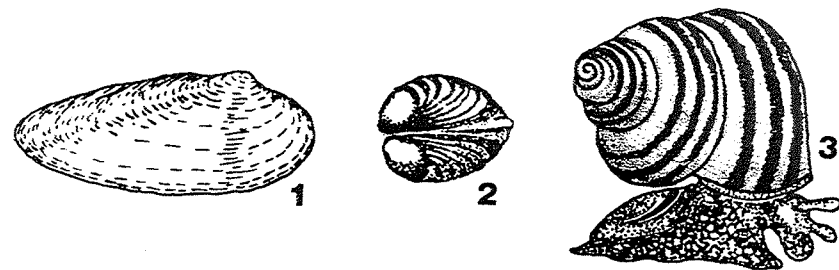
U litoralu se formiraju različite zajednice prema tipu supstrata, kao npr. zajednice na kamenom, pješčanom i muljevitom dnu (sl. 6).

Zajednice na **kamenom dnu** karakteriziraju sjedilačke, polusjedilačke i pokretne životinje, kao što su: spužve (Porifera), mahovnjaci (Bryozoa), virnjaci (Turbellaria), puževi (Gastropoda), ličinke tulara (Trichoptera — *Goera*, *Polycentropus*, *Tinodes*), pijavice (Hirudinea), a ispod kamenja dolaze rakušci (Amphipoda), vodenbabure (*Asellus*), ličinke dvokrilaca (Diptera), kornjaša (Coleoptera), vodencvjetova (Ephemeroptera — *Nemoura*, *Heptagenia*), vretenca (Odonata).

Zajednice na **pješčanom dnu** karakteriziraju brojne ličinke trzalaca (Chironomidae) i maločetinaša (Oligochaeta — *Tubifex*, *Limnodrilus*, *Psammoryctes*). Osim njih, brojniji su i trepetljikaši (Protozoa — Ciliata), kolnjaci (Rotatoria), školjkaši (Bivalvia — *Unio*, *Anodonta*, *Pissidium*, *Sphaerium*), vodenbabure (*Asellus*), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), vretenca (Odonata — *Gomphus*) i tulara (Trichoptera — *Molanna*).

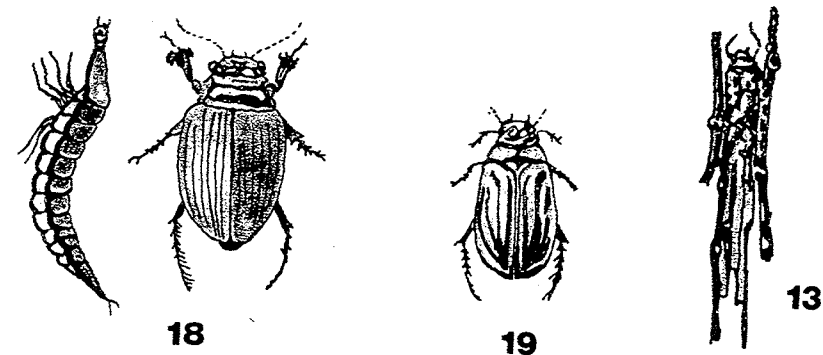
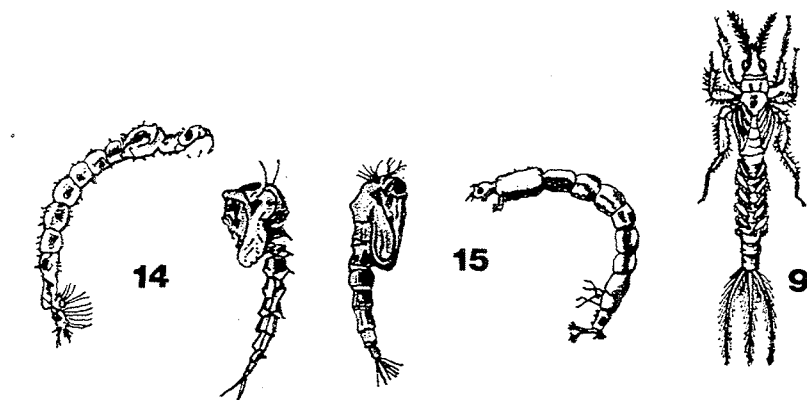
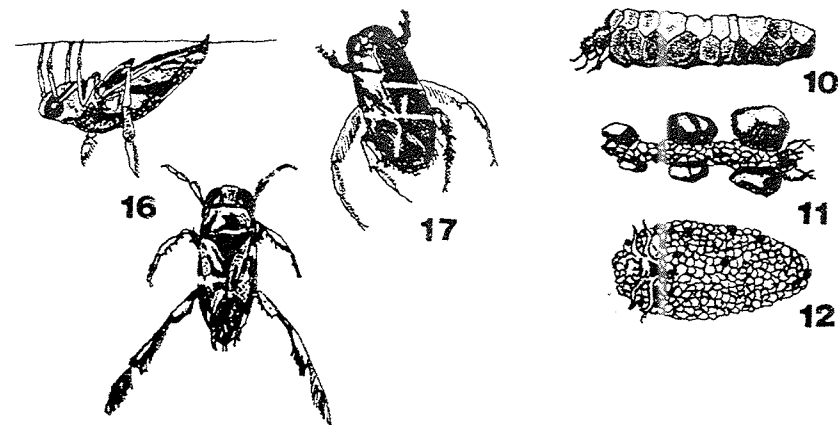
Zajednice **muljevitog dna** uglavnom se javljaju na većoj dubini, gdje se talože veće količine organskog detritusa, ili u muljevitim barama. Živi svijet muljevitog dna vrlo je sličan onom na pjeskovitom dnu, osim što ovdje, uglavnom, dolaze vrste koje se hrane djelomično razgrađenim organskim materijalom (detritus), a nazivamo ih detritofagima. Najbrojniji su oligoheti (*Tubifex*, *Limnodrilus*, *Potamotheix*, *Psammoryctes*) i ličinke hironomida (*Tanytus*, *Tanitarsus*, *Polipedium*, *Chironomus*), a nalazimo i brojne pužve (Gastropoda), školjkaše (Bivalvia) i ličinke tulara (Trichoptera).

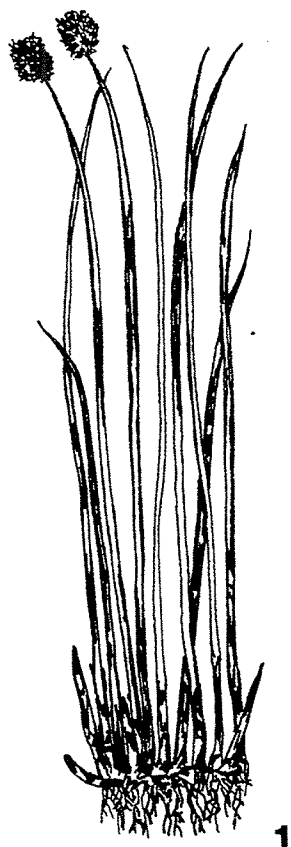
2. **Sublitoralna zona** slijedi litoralnu zonu. Nema je u plitkim jezerima, a u dubokim seže do 180 m dubine. Budući da je to zona bez svjetla (osim vrlo slabog prodora svjetla u njezinom najgornjem dijelu), prisutni su samo konzumenti (životinje) i reducenti (bakterije). Na dnu nalazimo zajednicu vrlo sličnu onoj na muljevitom dnu litoralne zone, u kojoj dominiraju oligoheti i ličinke hironomida. Osim njih, brojne su i spužve, rakušci (Amphipoda), jednakonošci i sl.



SI. 6. NEKE ŽIVOTINJE SA DNA JEZERA

školjkaši (Bivalvia): 1. *Unio*, 2. *Sphaerium*; puževi (Gastropoda): 3. *Viviparus*; rakovi (Crustacea): 4. rakušac (Amphipoda), 5. vodenbabura (*Asellus*); ličinke vretenca (Odonata): 6. *Anax*, 7. *Gomphus*; ličinka muljara (Megaloptera): 8. *Sialis*; ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera): 9. *Ephemera*; ličinke tulara (Trichoptera): 10. *Crunocia*, 11. *Goera*, 12. *Molanna*, 13. *Anabolia*; ličinke trzalaca (Chironomidae): 14. *Corethra*, 15. *Chironomus*; raznokrilci (Heteroptera): 16. *Notonecta glauca*, 17. *Corixa punctata*; kornjaši (Coleoptera): 18. *Acilus* (ličinke i odrasli), 19. *Platambus* (odrasli)





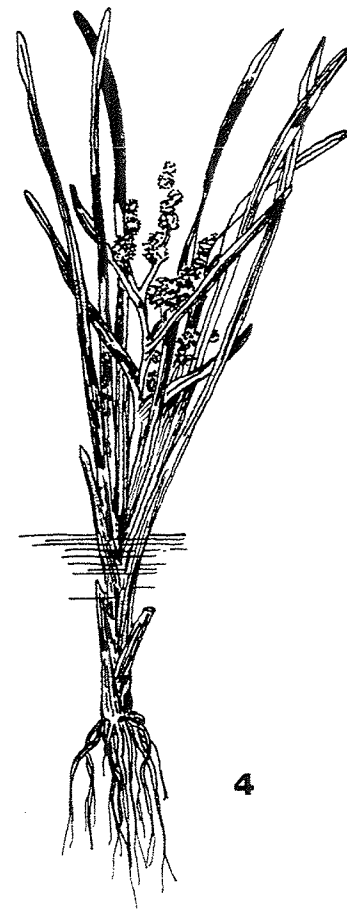
1



2

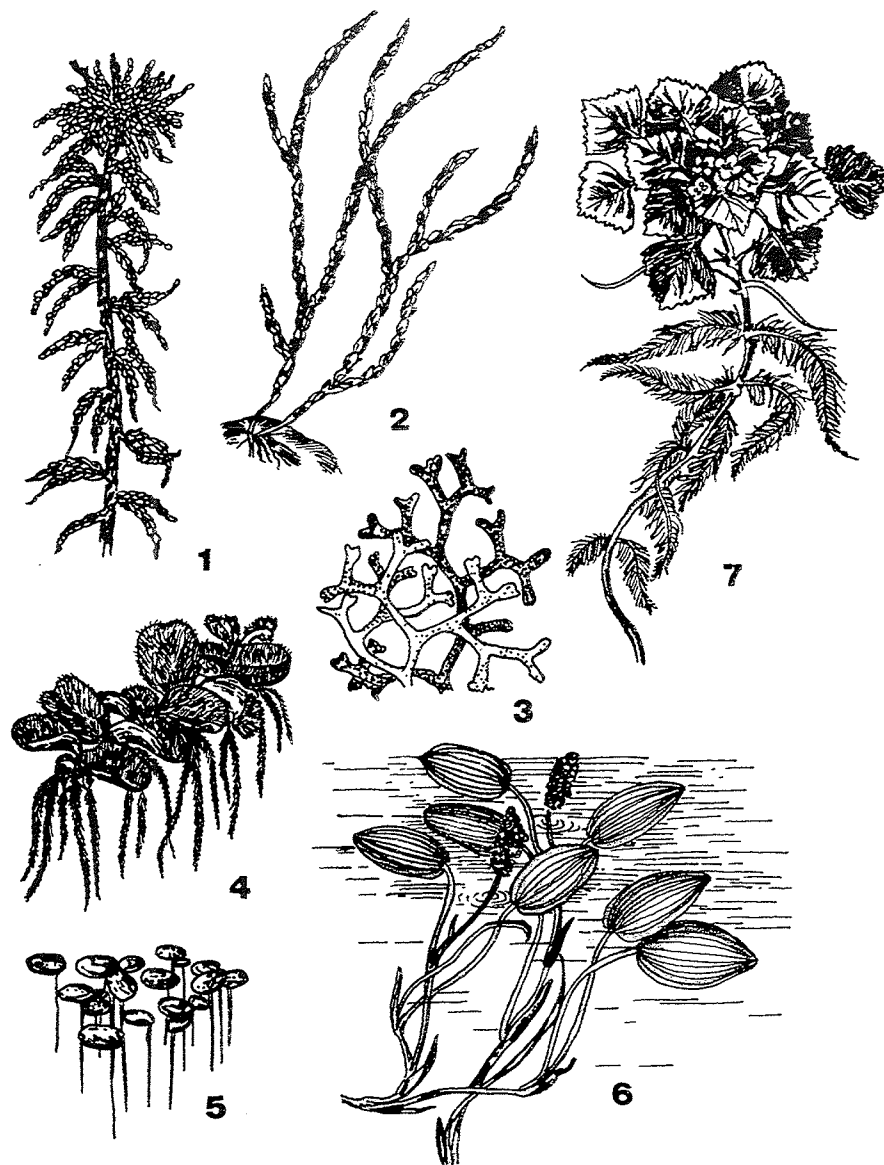


3



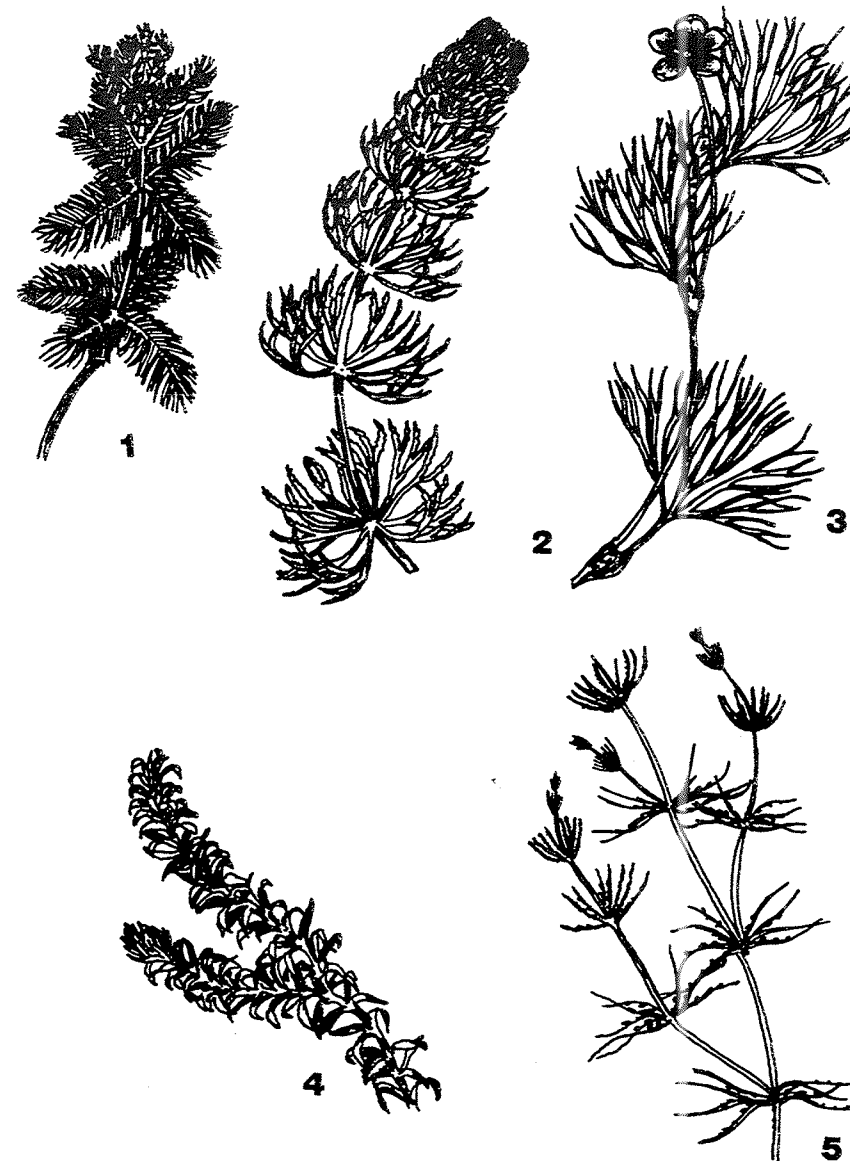
4

Sl. 7. NEKE BILJKE PRIOBALNOG POJASA:
1. šišina (*Scirpus lacustris*), 2. trska (*Phragmites communis*), 3. strelica (*Sagittaria sagittifolia*), 4. ježinac (*Sparganium erectum*)



SI. 8. VODENE MAHOVINE, PAPRATNJAČE I PLIVAJUĆE CVJETNICE

vodne mahovine: 1. *Sphagnum*, 2. *Fontinalis antipyretica*, 3. *Riccia fluitans*; papratnjače: 4. vodena paprat (*Salvinia natans*); cvjetnice: 5. vodena leća (*Lemna minor*), 6. mrijesnjak (*Potamogeton natans*), 7. vodeni orašak (*Trapa natans*)



SI. 9. PODVODNO BILJE: 1. krocanj (*Myriophyllum*), 2. voščika (*Ceratophyllum demersum*), 3. vodeni žabljak (*Ranunculus aquatilis*), 4. vodena kuga (*Helodea canadensis*), 5. parožina (*Chara*)

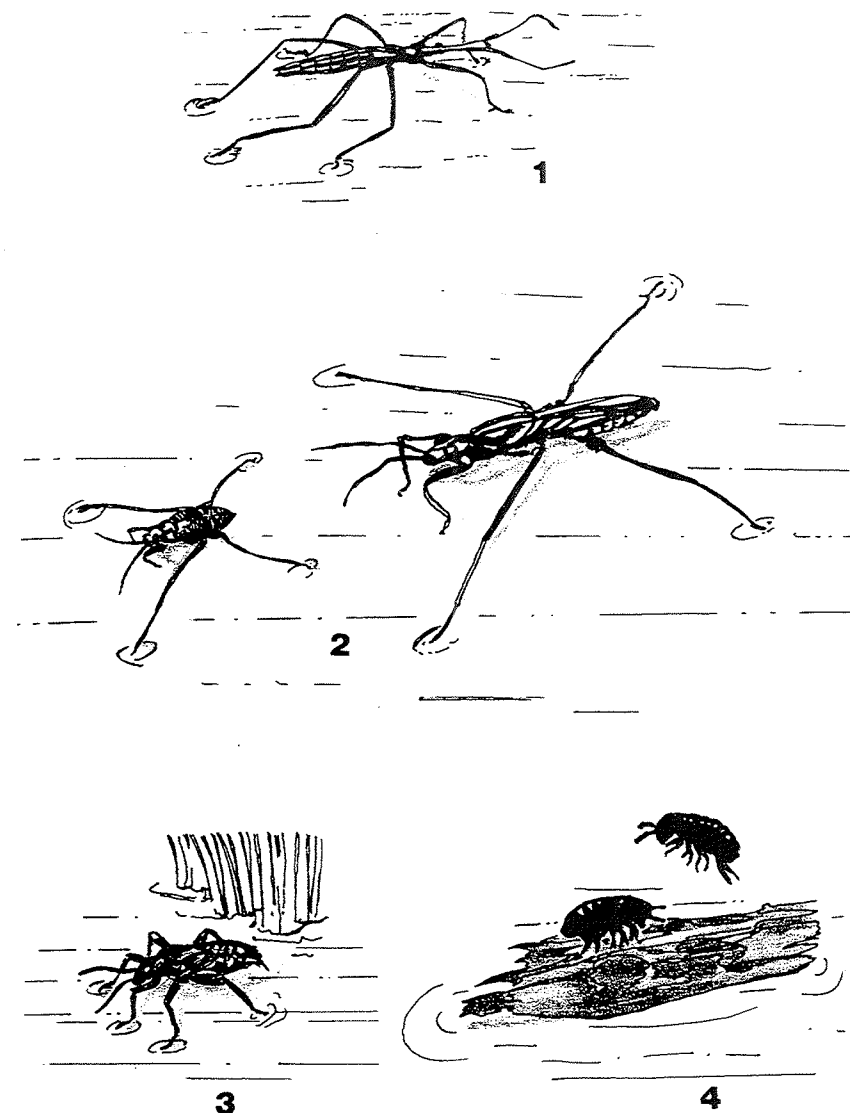
3. Profunda obuhvaća prostor ispod 180 m dubine i nalazimo ga u malom broju jezera, kakovo je npr. i naše Ohridsko. Na takvoj dubini dno se sastoji od finog mulja, stalne je temperature, visokog pritiska, s malo kisika i puno ugljik dioksida. I ovdje nalazimo brojne oligohete, puževe, rakušce (Amphipoda) i sl. Zbog uvjeta sličnim onima u podzemnim vodama, ovdje nalazimo i neke tipične podzemne životinje (npr. *Niphargus*).

Posebno bogat i vrlo raznolik živi svijet nalazimo u barama i oko njih. Prije svega, opažamo bujnu i raznovrsnu vegetaciju, a zatim mnogobrojne životinje, kao što su: ribe, vodozemci, gmazovi, ptice, sisavci i mnogobrojni kukci. Slično izgleda i litoralna zona eutrofnih jezera, gdje je još uočljivija bujna, pojasno raspoređena makrovegetacija. Uz obalu je pojas nadvodne vegetacije (trstika, rogoz, šaš), na koji se nadovezuje pojas plivajuće vegetacije (vodena leća, vodena paprat, lopoč, lokvanj i sl.). Iza ta dva pojasa slijedi pojas podvodne vegetacije, gdje u plićim dijelovima dolazi krocjanj, voščika i dr., a u dubljim dijelovima su livade parožina (*Chara*, *Nitella*).

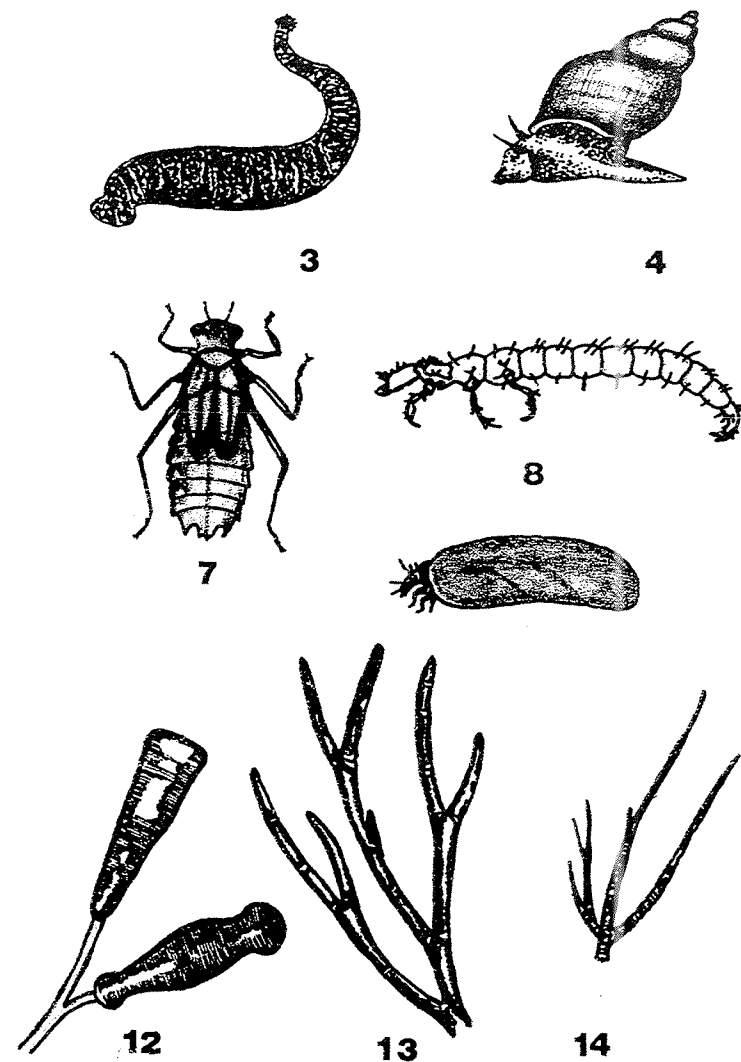
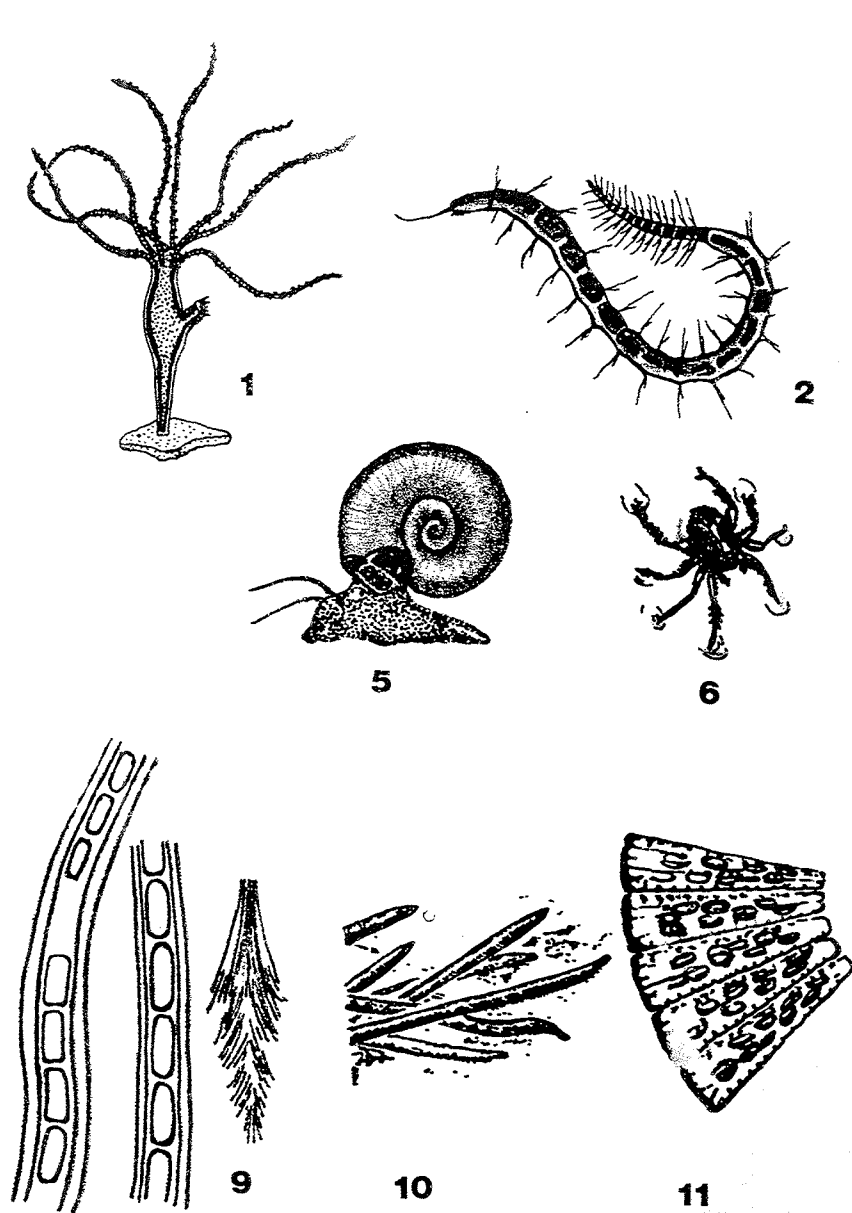
Zbog obilja i važnosti vodenog bilja, navodimo neke karakteristične biljke svakog od navedenih pojaseva (sl. 7, 8, 9).

Površinu stajaćih voda naseljava veliki broj organizama, a njihova se zajednica naziva **neuston**. U nju ubrajamo biljke koje plivaju na površini vode (vodena leća — *Lemna*, vodena paprat — *Salvinia natans*), te životinje koje hodaju po površini vode, kao što su: obična skakalica — *Hydrometra stagnorum*, kopnica — *Gerris najas*, *Velia caprai* i *Podura aquatica* (sl. 10). Također treba spomenuti da u samom površinskom sloju vode ili neposredno ispod njega živi i mnoštvo jednostaničnih organizama, kao što su: *Euglena*, *Chlamidomonas* i brojne praživotinje, uglavnom zastupljene trepetljikašima (Ciliata).

Potrebno je još spomenuti da na vodenom bilju nalazimo raznovrsne i brojne organizme, čiju zajednicu nazivamo **obraštaj** ili **perifiton**. Osim brojnih algi (smeđe, zelene) i bakterija, ovu zajednicu čine i različite životinje. Posebno su brojne praživotinje (Protozoa), oblići (Nematoda), maločetinaši (Oligochaeta — porodica Naididae), pijavice (Hirudinea), puževi (Gastropoda — *Planorbis*, *Physa*, *Lymnaea*), ličinke tulara (Trichoptera — *Anabolia*, *Hydroptila*, *Stenofilax*), ličinke vretenca (Odonata — *Aeschna*, *Argion*, *Lestes*), kornjaši (Coleoptera — *Dytiscus*, *Hydrous*). Od rakova uz brojne ljuskure (Ostracoda) često nalazimo i planktonske oblike iz skupina Copepoda i Cladocera (sl. 11).



Sl. 10. KUKCI KOJI ŽIVE NA POVRŠINI STAJAĆIH VODA:
1. obična skakalica (*Hydrometra stagnorum*), 2. kopnica (*Gerris najas* — ličinka i odrasla), 3. *Velia caprai*, 4. *Podura aquatica* (Collembola — skokuni)



SI. 11. NAJČEŠĆI PREDSTAVNICI OBRAŠTAJNIH ZAJEDNICA: 1. *Hydra*, 2. *Stylaria* (maločetinaši-Oligochaeta), 3. pasja pijavica — *Erpobdella* (pijavice — Hirudinea); puževi (Gastropoda): 4. *Lymnaea*, 5. *Planorbis*, 6. *Agynoneta aquatica* (pauci — Aranea), 7. ličinka vretenca (Odonata), 8. ličinka tulara (Trichoptera), 9. *Sphaerotilus* (bakterija), 10. *Phormidium* (modroz zelene alge — Cyanophyta); alge kremenjašice — Diatomeje (Bacillariophyta): 11. *Meridion*, 12. *Gomphonema*; zelene alge (Chlorophyta): 13. *Cladophora*, 14. *Stigeoclonium*

Tekućice

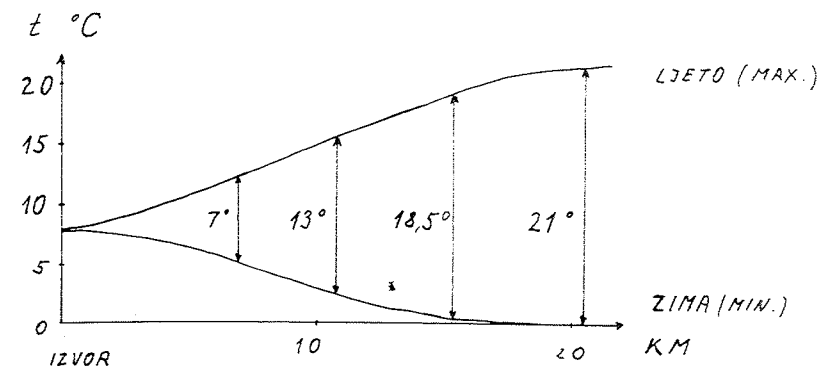
U ovu kategoriju kopnenih voda ubrajamo izvore, potoke i rijeke. Ponekad je teško odrediti granicu između potoka i rijeke, ali, u pravilu, potokom smatramo tekućice do 5 m širine.

Vrlo značajan ekološki parametar, po kojem se, uostalom, i tekućice razlikuju od stajaćica, jest brzina vode. Ona ovisi o **nagibu korita, propusnosti korita i količini vode**. U direktnoj je vezi s brzinom vode i karakter dna, tj. veličina čestica supstrata. U gornjim tokovima, gdje je, u pravilu, najveća brzina vode, dno će biti kamenito ili valutičasto, u srednjim tokovima šljunkovito, a u donjim tokovima muljevito s puno detritusa.

Postoje mnoge podjele sedimenta prema veličini čestica. Mi ćemo se služiti slijedećom:

Veličina čestica			Ime supstrata
preko	63	mm	valutice
	63 — 2	mm	šljunak
	63 — 20	mm	krupni šljunak
	20 — 6,3	mm	srednji šljunak
	6,3 — 2	mm	sitni šljunak
	2 — 0,06	mm	pijesak
	2 — 0,6	mm	krupni pijesak
	0,6 — 0,2	mm	srednji pijesak
	0,2 — 0,06	mm	sitni pijesak
ispod	0,06	mm	mulj

Osim navedene osnovne razlike između tekućica i stajaćica postoje i neke druge. Tako su npr. tekućice mnogo povezanije od stajaćica (slivovi), nemaju vertikalnu stratifikaciju temperature, otopljenog kisika i ugljik dioksida, već postoji njihov uzdužni, longitudinalni gradient. Za njih je, također, karakterističan rast godišnjih kolebanja navedenih parametara udaljavanjem od izvora. Najbolji primjer za to je temperatura vode. Na izvoru je stalna, relativno niska i odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi kraja. Zimi od izvora prema ušću temperatura vode opada, a ljeti raste (sl. 12). Količina kisika, u pravilu, opada od gornjeg prema donjem toku, za razliku od ugljen dioksida, čija



SL. 12. GODIŠNJA KOLEBANJA TEMPERATURE VODE POTOKA UDALJAVANJEM OD IZVORA

količina raste prema donjem toku. Ova pojava uvjetovana je manjim rasprskavanjem vode i intenzivnijom bakteriološkom aktivnošću u donjim tokovima, zbog čega se troši više kisika i stvara više ugljik dioksida.

Zbog brzine vode, u tekućicama nema pravih planktonskih zajednica, ali u vodi, zbog turbulentnog gibanja, nalazimo nešto živih organizama koji su doplavljeni iz biocenoze dna ili obraštaja s uzvodnih dijelova toka. Uz njih, u vodi nalazimo i mnoštvo suspendiranih organskih i anorganskih čestica, što zajedno nazivamo **seston**. Ipak, treba spomenuti da u donjim tokovima velikih rijeka, gdje je mala brzina vode, možemo naći neke prave planktonske oblike, a ponekad i cijele zajednice.

Prema fizikalno-kemijskim parametrima (brzina vode, supstrat, temperatura vode, količina O_2 , količina CO_2 i dr.), možemo kod tekućica razlikovati **gornji, srednji i donji tok**.

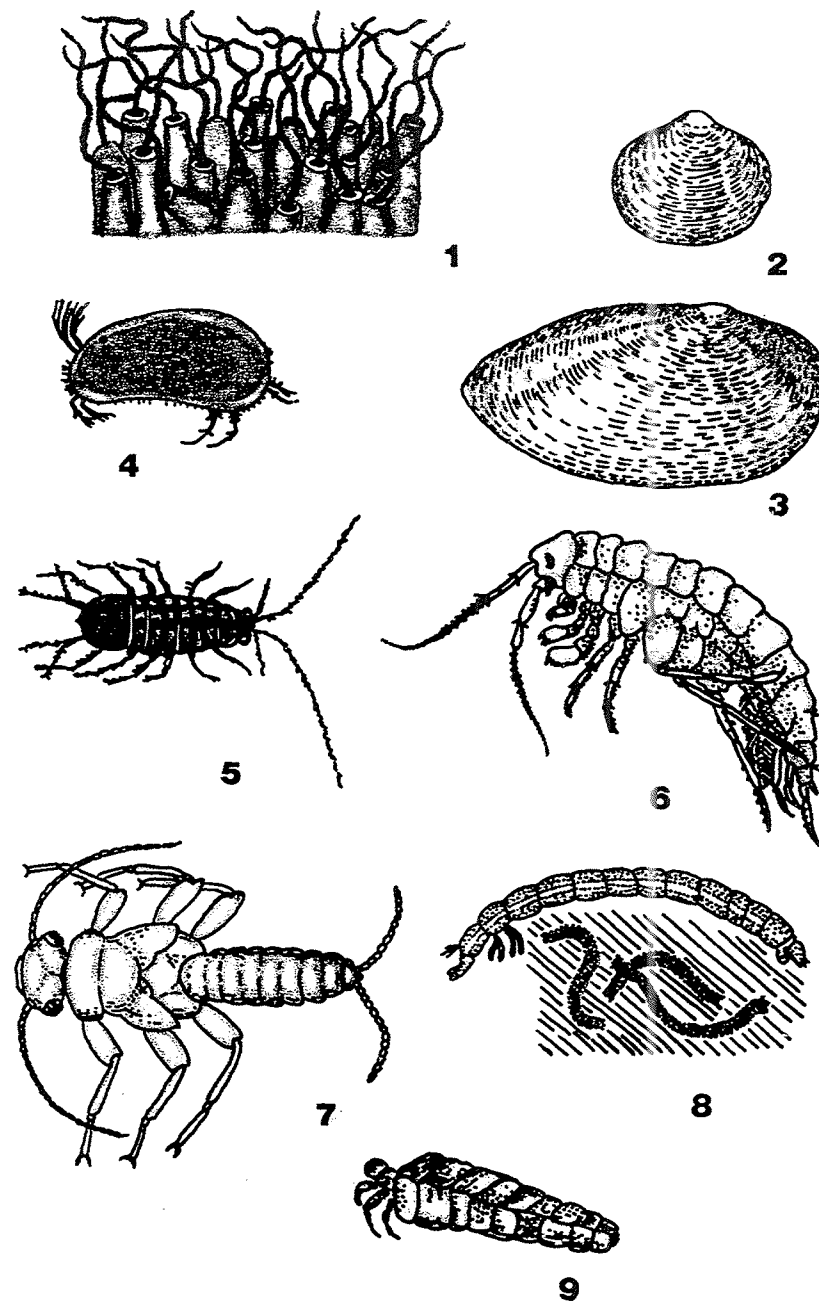
U gornjim tokovima velika je brzina vode, dno je uglavnom kamenito ili valutičasto, mala su godišnja kolebanja temperature, ima puno kisika, a od vodenog bilja, uglavnom, dolaze alge kremenjašice (Diatomeae) i mahovine (Bryophyta). Za organizme koji žive u gornjem toku, treba naglasiti da su **stenotermni**, tj. prilagođeni na stalnu nisku temperaturu vode (potočna pastrva, alpinska puzavica — *Planaria alpina*).

Srednji tok karakterizira manja brzina vode i sitniji supstrat (šljunak, pijesak), veća kolebanja temperature, manje kisika, više ugljičnog dioksida. Od biljaka, uz mahovine i alge kremenjašice koje su i dalje najzastupljenije, dolaze i zelene alge (Chlorophyta), nitaste bakterije i gljive. Zbog pogodnijih životnih uvjeta, veća je raznolikost živog svijeta nego u gornjem toku, a stenotermne vrste zamjenjuju euri-termne vrste koje podnose veća kolebanja temperature.

Zbog male brzine vode dno je u **donjim tokovima** pjeskovito ili muljevito s puno detritusa, pa to uvjetuje razvoj posebnih detritofagnih zajednica u kojima dominiraju maločetinaši (Oligochaeta-Tubificidae), školjkaši (*Pisidium*, *Sphaerium*, *Unio*) i mnoge ličinke kukaca (Chironomidae, Plecoptera, Trichoptera i sl.) — sl. 13.

Osim toga, ovdje nalazimo, zbog male brzine vode, i oblike koji žive i u stajaćim vodama. Dalje su karakteristike ove zone: velika godišnja kolebanja temperature, kisika i ugljen dioksida. Ponekad, naročito ljeti, u vodi može biti vrlo malo kisika, pa ovdje žive životinje prilagođene i na takve uvjete. Vrlo važno obilježje donjih tokova jest i obilje makrovegetacije sa cijelim nizom biljojednih (herbivornih) vrsta.

Kao što smo već više puta naglasili, osnovna je karakteristika tekućica brzina vode, pa životinje koje tu žive imaju posebne prilagodbe pomoću kojih se mogu održati i opstati usprkos jakoj struji vode (sl. 14). To se odnosi na životinje koje žive u tekućicama gdje je brzina



SL. 13. NAJČEŠĆE DETRITOFAGNE (SAPROFAGNE) VRS-
TE: 1. crvena glibnjača, maločetinaši (Oligochaeta): *Tu-
bifex tubifex*, školjkaši (Bivalvia): 2. *Pisidium*, 3. *Ano-
donta*; rakovi (Crustacea), 4. ljuskari (Ostracoda), 5.
jednakonošci (Isopoda), 6. rakušci (Amphipoda), 7. li-
činka obalčara (Plecoptera — *Capnia*), 8. ličinka trzala-
ca (Chironomidae), 9. ličinka tulara (Trichoptera —
Lepidostoma)

vode između 0,6 i 3,5 m/s. Na veću brzinu vode ne može se prilagoditi nijedna životinja, a pri brzinama manjim od 0,6 m/s nalazimo životinje i bez ikakvih prilagodbi na brzinu vode.

Zbog slojevitog, laminarnog strujanja, dolazi do trenja između pojedinih slojeva vode, pa se brzina vode smanjuje približavanjem podlozi i vodeni sloj neposredno uz podlogu miruje. Zbog toga, sitne (mikroskopske) životinje, kao što su prazivotinje (Protozoa) i kolnjaci (Rotatoria) koje žive neposredno uz podlogu, nemaju nikakve posebne prilagodbe. Ostale životinje vode sjedilački (sesilni) ili polusjedilački (semisesilni) način života ili, pak, imaju posebne prilagodbe kojima sprečavaju otplavlivanje iz staništa, što uglavnom znači smrt.

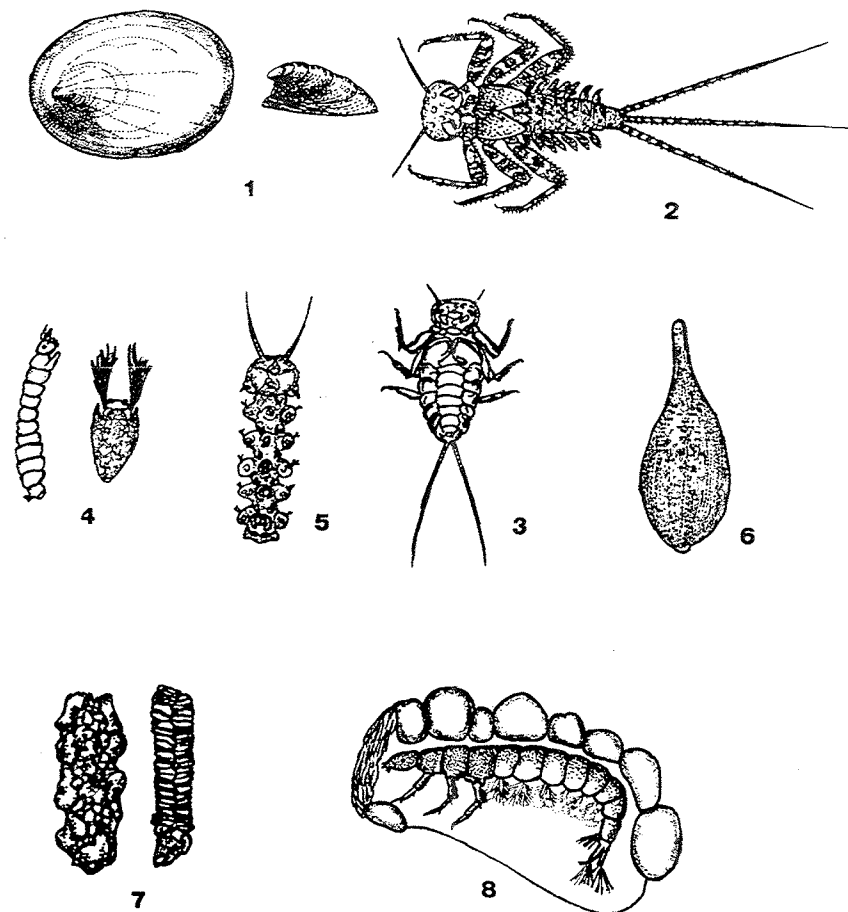
Neke životinje, koje žive u najjačoj struji vode, imaju posebne organe za pričvršćivanje. Ličinka *Liponeura* (dvokrilci — Diptera) ima prijanjalke s donje strane svakog kolutića, a ličinka braničevke — *Simulium* (Diptera) ima na kraju tijela vijenac sitnih kukica za prihvaćanje.

Neke vrste tulara (Trichoptera), koje žive ispod kamenja u jakoj struji vode, pletu ljevkaste mreže za lov, pa tako pribavljaju hranu bez napuštanja sigurnog zaklona. Za razliku od njih, neke druge ličinke tulara grade kućice od kamenčića i zrnaca pijeska, čime povećavaju težinu tijela, pa ih je teže otplaviti.

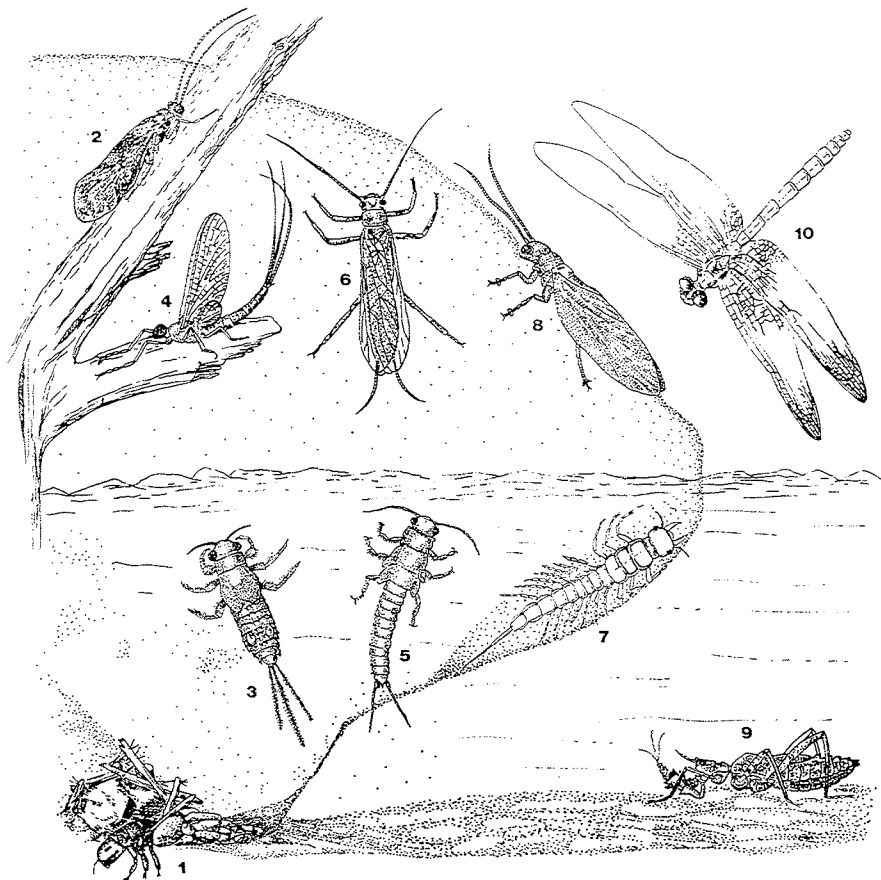
Možda je najuočljivija prilagodba leđno-trbušna spljoštenost tijela koju nalazimo kod mnogih virnjaka (Turbellaria), obalčara (Plecoptera) i vodencvjetova (Ephemeroptera). Zbog takvog oblika tijela tijesno su priljubljeni uz podlogu i vrlo malo se uzdižu od nje, čime smanjuju otpor vodi prilikom traženja hrane. U pravilu, prilikom hodanja po dnu, kreću se prema struji vode (pozitivna reotaksija).

Veliki broj životinjskih vrsta, koje žive u jakoj struji vode, uz druge prilagodbe, imaju na nogama, a neke i na kraju zatka, pandže za prihvaćanje za podlogu (tulari, obalčari, vodencvjetovi). Neke druge vrste, kao npr. virnjaci i puževi, luče sluz po kojoj pužu i koja im omogućuje tijesno prijanjanje uz podlogu.

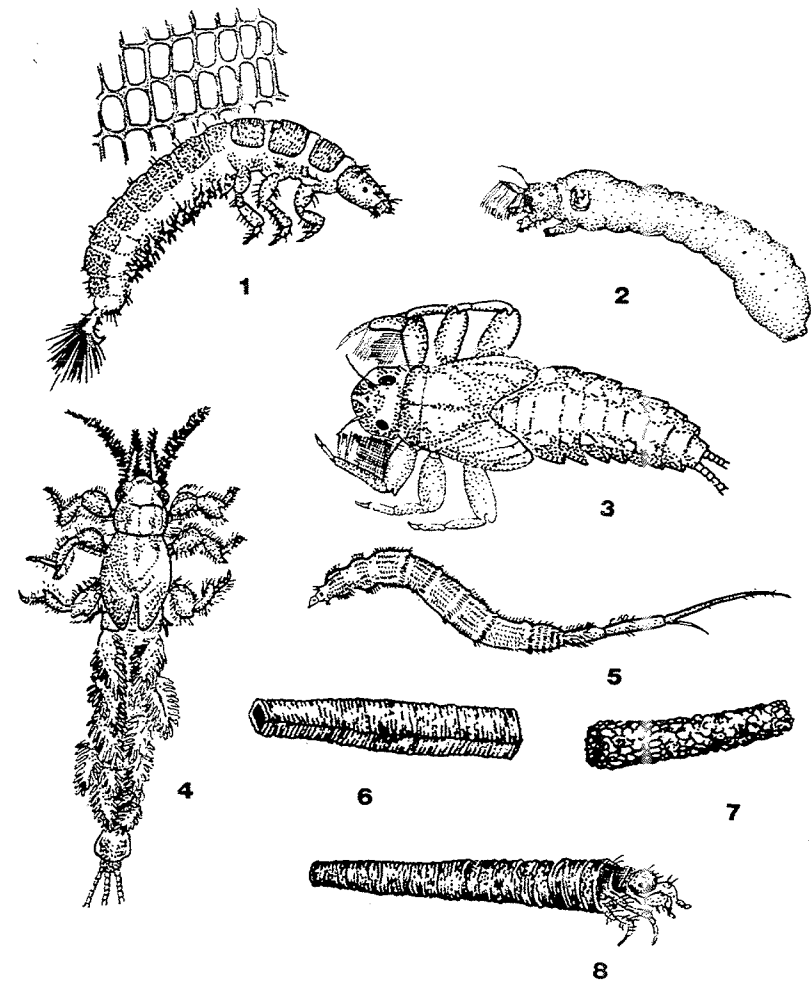
Od mnoštva životinja koje dolaze u tekućicama, najbrojniji su kukci. Međutim, postoji malo vrsta čiji su svi razvojni stadiji vezani za vodu (neki kornjaši — Coleoptera), a daleko najviše je vrsta čije samo ličinke i kukuljice žive u vodi. Naročito su brojni vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera) i vretenca (Odonata). Njihova je posebna karakteristika što nemaju stadij kukuljice, a ličinke su im vrlo nalik na odrasle, osim što su bez krila. Također su brojni i kukci



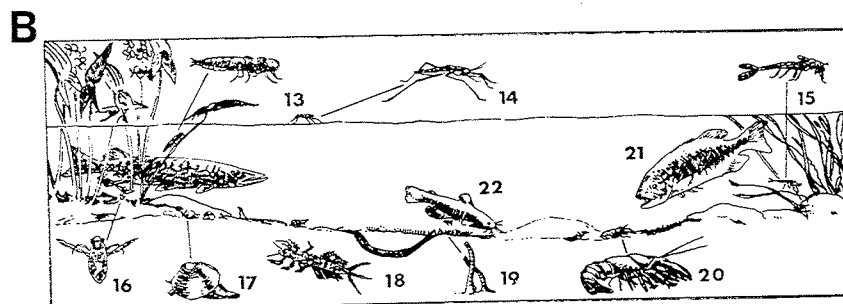
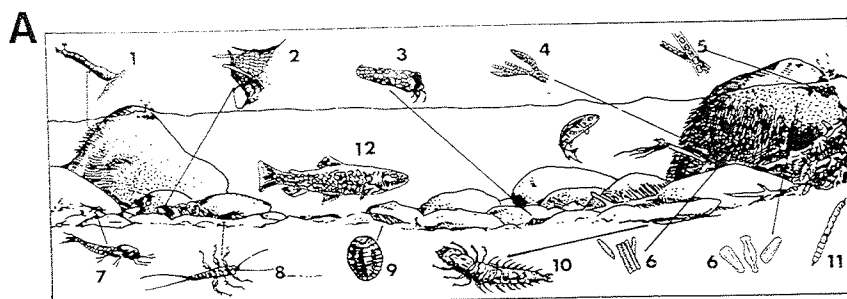
SI. 14. NEKE ŽIVOTINJE PRILAGOĐENE NA JAKU STRUJU VODE: puževi (Gastropoda): 1. *Ancylus fluviatilis*; ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera): 2. *Heptagenia*, 3. *Epeorus*; dvokrilci (Diptera): 4. *Simulium* (ličinka i kukuljica), 5. *Liponeura*; pijavice (Hirudinea): 6. *Glossiphonia heteroclita*; tulari (Trichoptera): 7. kućica tulara, 8. *Hydropsyche* (ličinka s mrežom za lov)



SI. 15. LIČINKE I ODRASLI KUKCI KOJE NAJČEŠĆE SREĆEMO U POTOCIMA I OKO NJIH: tulari (*Trichoptera*): 1. ličinka, 2. odrasli; vodencvijetovi (*Ephemeroptera*): 3. ličinka, 4. odrasli; obalčari (*Plecoptera*): 5. ličinka, 6. odrasli; muljari (*Megaloptera*): 7. ličinka, 8. odrasli; vretenca (*Odonata*): 9. ličinka, 10. odrasli



SI. 16. FILTRATORI I SAKUPLJAČI: 1. tular (*Trichoptera* — *Hydropsyche*) s mrežom za filtriranje, 2. braničevka (*Diptera* — *Simulium*) — ličinka, 3. vodencvijet (*Ephemeroptera*) — filtrator, 4. vodencvijet — sakupljač, 5. dvokrilac (*Diptera*) — sakupljač. 6, 7, 8. tulari s kućicama — sakupljači



S. 17. ŽIVI SVIJET BRZIH – PLANINSKIH (A) I SPORIH – NIZINSKIH (B) TEKUĆICA:

(A) 1. ličinka braničevke (*Simulium* – Diptera), 2. mreža za lov tulara (*Trichoptera*), 3. ličinka i kućica tulara, 4. vodena mahovina (*Fontinalis*), 5. zelena alga (*Ulothrix*), 6. alge kremenjašice (Diatomeje), 7. vodencvijet – ličinka (*Ephemeroptera*), 8. obalčar – ličinka (*Plecoptera*), 9. kornjaš – ličinka (*Coleoptera*), 10. kornjaš – ličinka, 11. trzalci – ličinka (*Chironomidae*), 12. pastrva (*Salmo trutta*); (B) 13. vretenca (*Odonata*) ličinka, 14. raznokrilci – kopnice (*Heteroptera* – Gerridae), 15. ličinka vretenca, 16. nauznačarka (*Notonecta*), 17. školjka (*Sphaerium*), 18. vodencvijet – ličinka, 19. maločetinjaš (*Oligochaeta* – Tubificidae), 20. riječni rak (*Astacus*), 21. šaran, 22. som, 23. štuka

s potpunom preobrazbom (jaje – ličinka – kukuljica – odrasli), čije se ličinke znatno razlikuju od odraslih. To su: muljari (*Megaloptera*), tulari (*Trichoptera*), dvokrilci (*Diptera*), kornjaši (*Coleoptera*) – sl. 15.

Životinjske vrste tekućica, a i drugih ekosistema, razlikujemo i prema načinu prehrane. Tu nalazimo brojne biljojedne vrste, kao što su puževi (*Theodoxus*, *Physa*, *Viviparus*), ličinke tulara (*Hydroptila*, *Glossoma*), ličinke dvokrilaca (*Deuterophlebia*), ličinke kornjaša (*Psephenus*) i sl. Značajan udio imaju i grabežljive vrste (predatori), tj. vrste koje se hrane drugim životinjama.

Posebna su grupa životinje koje filtriraju vodu pomoću određenih naprava ili, pak, skupljaju organske čestice hodajući po dnu, pa na taj način dolaze do hrane (sl. 16).

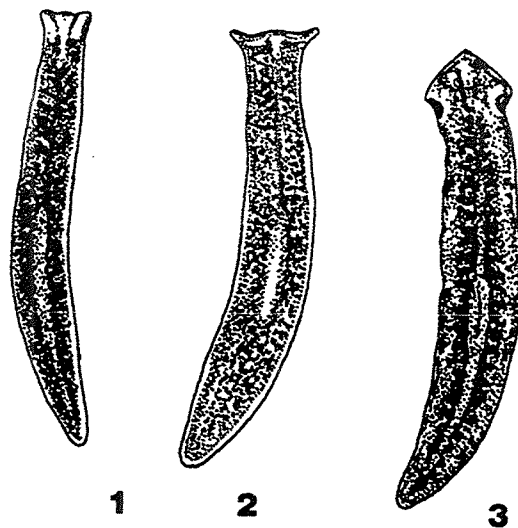
ZONACIJA TEKUĆICA

Kao što smo prije naglasili, u tekućicama postoji jasan uzdužni gradient ekoloških činilaca koji prate karakteristične životinjske vrste. To znači da u pojedinim zonama tekućica, koje karakterizira kompleks određenih ekoloških činilaca, dolaze posebne životinjske vrste kojima odgovaraju upravo takvi ekološki uvjeti (sl. 17). Možda je najpoznatiji primjer zonacija potoka prema virnjacima (*Turbellaria*, *Tricladida*) koji prate zone godišnjih kolebanja temperature (sl. 18).

U izvorišnom području potoka, gdje su kolebanja temperature neznatna, dolazi *Crenobia alpina*, a u gornjem i srednjem dijelu toka dolazi *Polycelis felina* (*cornuta*) koja podnosi veća kolebanja temperature i, konačno, u donjem toku, gdje su godišnja kolebanja temperature najveća, dolazi vrsta *Dugesia gonocephala*.

Druga podjela tekućica može se izvesti na osnovi faune riba koje prate promjene brzine vode, temperature vode i količine otopljenog kisika. Tako u rijekama možemo razlikovati pet zona za koje su karakteristične određene vrste riba. To, međutim, ne znači da, osim tih karakterističnih vrsta po kojima su zone dobile ime, u pojedinim zonama ne dolaze i druge vrste riba (sl. 19).

ZONA PASTRVE – karakteristična je vrsta pastrva (potočna pastrva – *Salmo trutta fario*, kalifornijska pastrva – *Salmo gairdneri*), uz koju su još uobičajene balavi peš (*Cottus gobio*) i zlatni pijor (*Phoxinus phoxinus*). Ova zona obuhvaća brdske potoke s kamenitim dnom i jakom strujom vode.



Sl. 18. VIRNJACI (TURBELLARIA, TRICLADIDA) POJEDINI-
NIH PODRUČJA POTOKA: 1. alpinska puzavica: *Crenob-
bia (Planaria) alpina*, 2. mnogooka puzavica: *Polycelis
felina (cornuta)*, 3. šiljoglava puzavica: *Dugesia (Planaria)
gonocephala*

ZONA LIPLJENA (*Thymallus thymallus*) je, u stvari, prelazno područje između potoka i rijeke u kojem je, uz lipljena, uobičajena vrsta pastrva, balavi peš i zlatni pijor, a također dolaze i vrste nizvodnih područja, kao što je mrena, klen, podust.

ZONA MRENE (*Barbus barbus*) podudara se s gornjim tokovima rijeke, a uobičajne su vrste, uz mrenu: klen (*Leuciscus cephalus*), podust (*Chondrostoma nasus*), smuđ (*Stizostedion lucioperca*), glavatica (*Huco huco*), bodorka (*Rutilus rutilus*), uklija (*Alburnus alburnus*).

ZONA DEVERIKE (*Abramis brama*) obuhvaća srednje i donje tokove rijeke, gdje je brzina vode mala, dno muljevito-pjeskovito, a povremeno se javljaju situacije s vrlo niskim vrijednostima otopljenog kisika. Uz deveriku, česte su vrste: šaran (*Cyprinus carpio*), linjak (*Tinca tinca*), grgeč (*Perca fluviatilis*), som (*Silurus glanis*), štuka (*Esox lucius*), crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), karas (*Carassius carassius*), krupatica (*Blicca bjoerkna*).

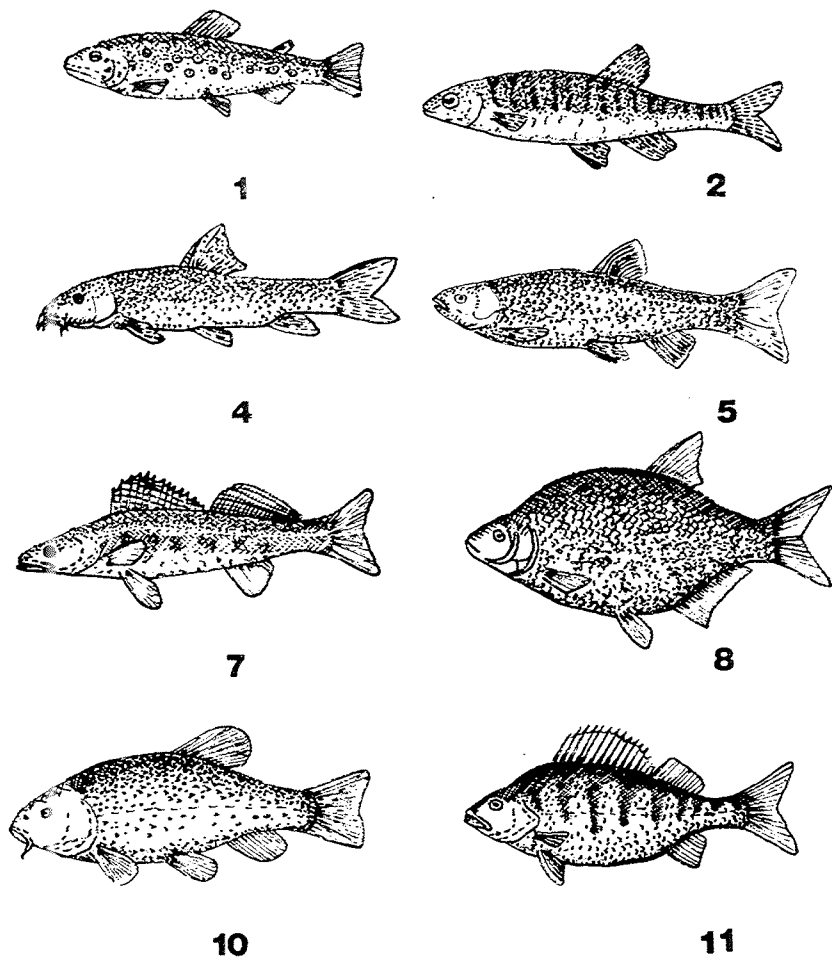
ZONA BOČATIH VODA, u stvari je područje ušća rijeke u more gdje dolazi do velikih kolebanja slanosti i temperature. Karakteristične su ribe: iverak (*Pleuronectes flesus luscus*), cipal (*Mugil i Liza*), lubin (*Dicentrarchus labrax*), jegulja (*Anguilla anguilla*).

Kada govorimo o ribama, treba spomenuti da u našim vodama, osim domaćih, autohtonih vrsta, nalazimo i brojne vrste unešene iz drugih dijelova svijeta. Uz već spomenutu kalifornijsku pastrvu, takve su poznate vrste američki somić (*Ictalurus melas*) i sunčanica (*Lepomis gibbosus*) iz Sjeverne Amerike, te babuška (*Carassius auratus gibelio*) iz Azije. Sve te vrste, uglavnom, uzrokuju velike negativne posljedice na cijeli slatkovodni ekosistem, a pogotovo na domaće vrste riba koje potiskuju iz staništa.

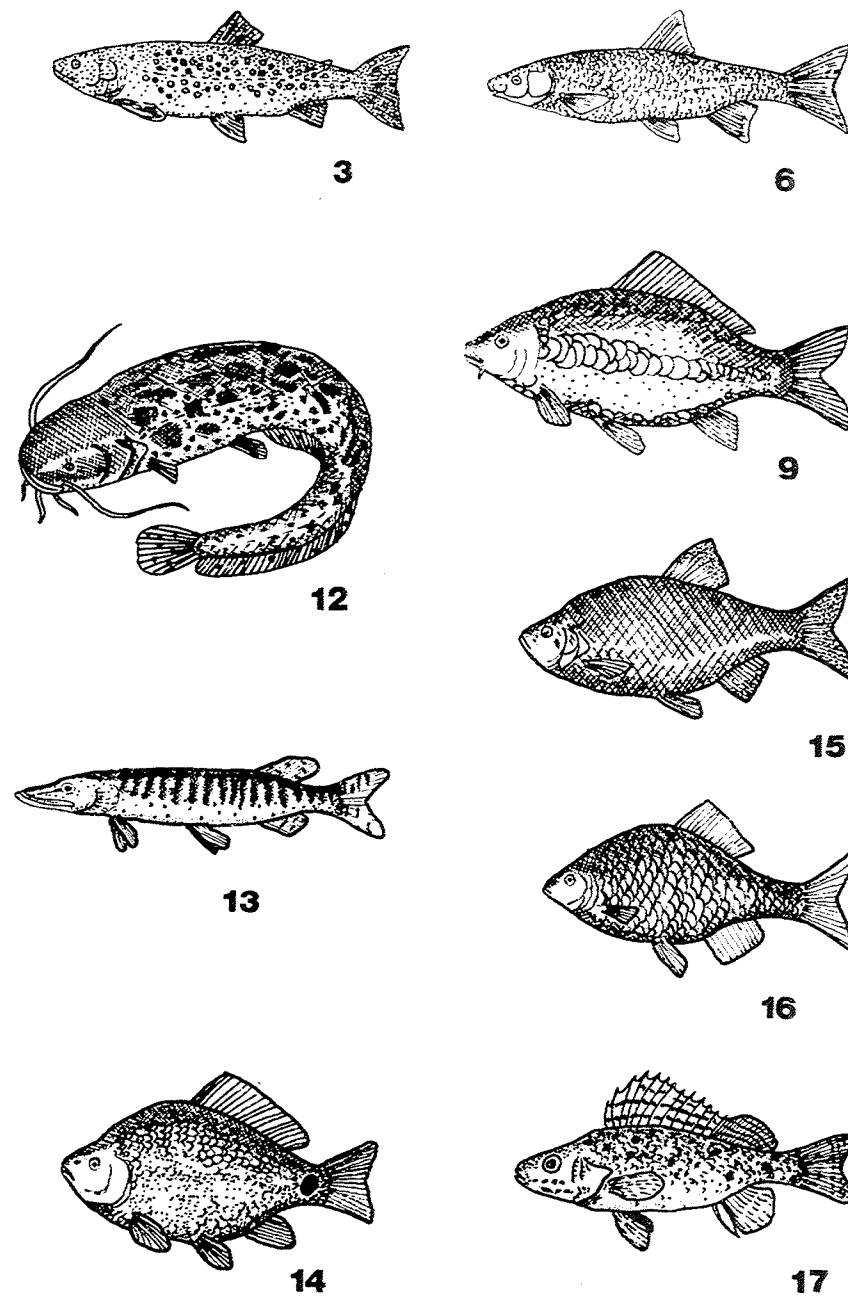
No, ima i primjera kada su unešene vrste riba korisne, kao npr. gambuzija (*Gambusia affinis*), koja je donešena iz južnih dijelova Sjeverne Amerike radi borbe protiv malarije, pa je sada ima duž cijelog našeg primorja.

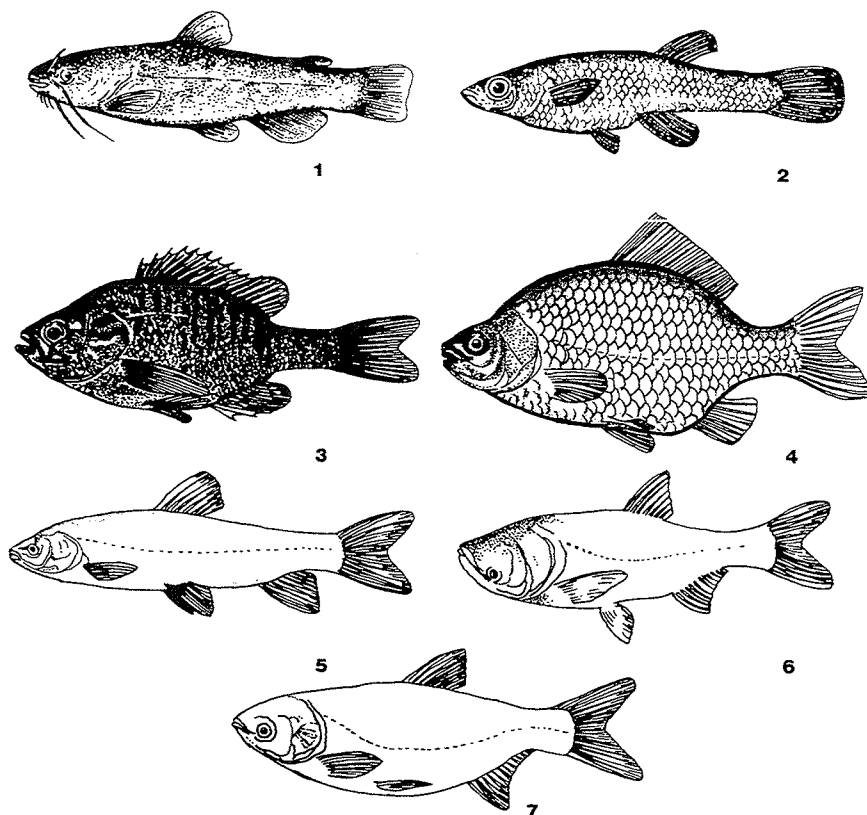
Vrlo značajno je unošenje biljojednih vrsta riba u naše šaranske ribnjake, jer su na taj način maksimalno iskorištene mogućnosti pojedinih ribnjaka. Naime, te vrste direktno pretvaraju biljnu komponentu (primarne producente) u visokovrijedne bjelančevine. U ovu skupinu spadaju: bijeli amur (*Ctenopharyngodon idella*), bijeli glavaš (*Hypophthalmichthys molitrix*) i sivi glavaš (*Aristichthys nobilis*). Posljednje dvije vrste nazivaju se još i bijeli, odnosno sivi tolstolobik. Velika je prednost ovih vrsta riba što se u našim vodama prirodno ne razmnožavaju, pa je na taj način moguće regulirati i kontrolirati njihovu brojnost (sl. 20).

Na kraju treba još jednom naglasiti da je vrlo opasno **svako nestručno unašanje novih vrsta** (ne mislimo samo na ribe), jer to može izazvati nesagledive posljedice za cijeli ekosistem. Slične pogreške smo, na žalost, u mnogim slučajevima već učinili. Takve zahvate treba prepuštiti isključivo stručnjacima i znanstvenicima koji će poduzeti sve da se nađe najbolje rješenje.



SI. 19. NEKE RIBE NAŠIH POTOKA I RIJEKA: 1. potočna pastrva (*Salmo trutta fario*), 2. zlatni pijor (*Phoxinus phoxinus*), 3. lipljan (*Thymalus thymalus*), 4. mrena (*Barbus barbus*), 5. klen (*Leuciscus cephalus*), 6. podust (*Chondrostoma nasus*), 7. smuđ (*Stizostedion lucioperca*), 8. deverika (*Abramis brama*), 9. šaran (*Cyprinus carpio*), 10. linjak (*Tinca tinca*), 11. grgeč (*Perca fluviatilis*), 12. som (*Silurus glanis*), 13. štika (*Esox lucius*), 14. karas (*Carassius carassius*), 15. crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), 16. gavčica (*Rhodeus sericeus amarus*), 17. balavac (*Gymnocephalus cernua*)





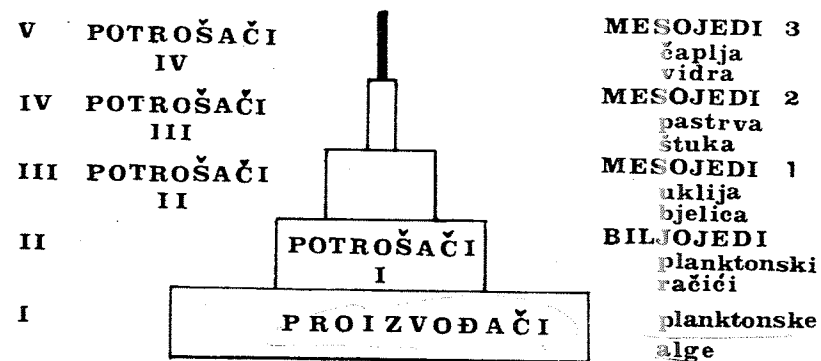
Sl. 20 NEKE UNEŠENE (ALOHTONE) RIBE: 1. američki somić (*Ictalurus melas*), 2. gambuzija (*Gambusia affinis*), 3. sunčanica (*Lepomis gibbosus*), 4. babuška (*Carassius auratus gibelio*), 5. bijeli amur (*Ctenopharyngodon idella*), 6. sivi tolstolobik ili glavaš (*Aristichthys nobilis*), 7. bijeli tolstolobik ili glavaš (*Hypophthalmichthys molitrix*)

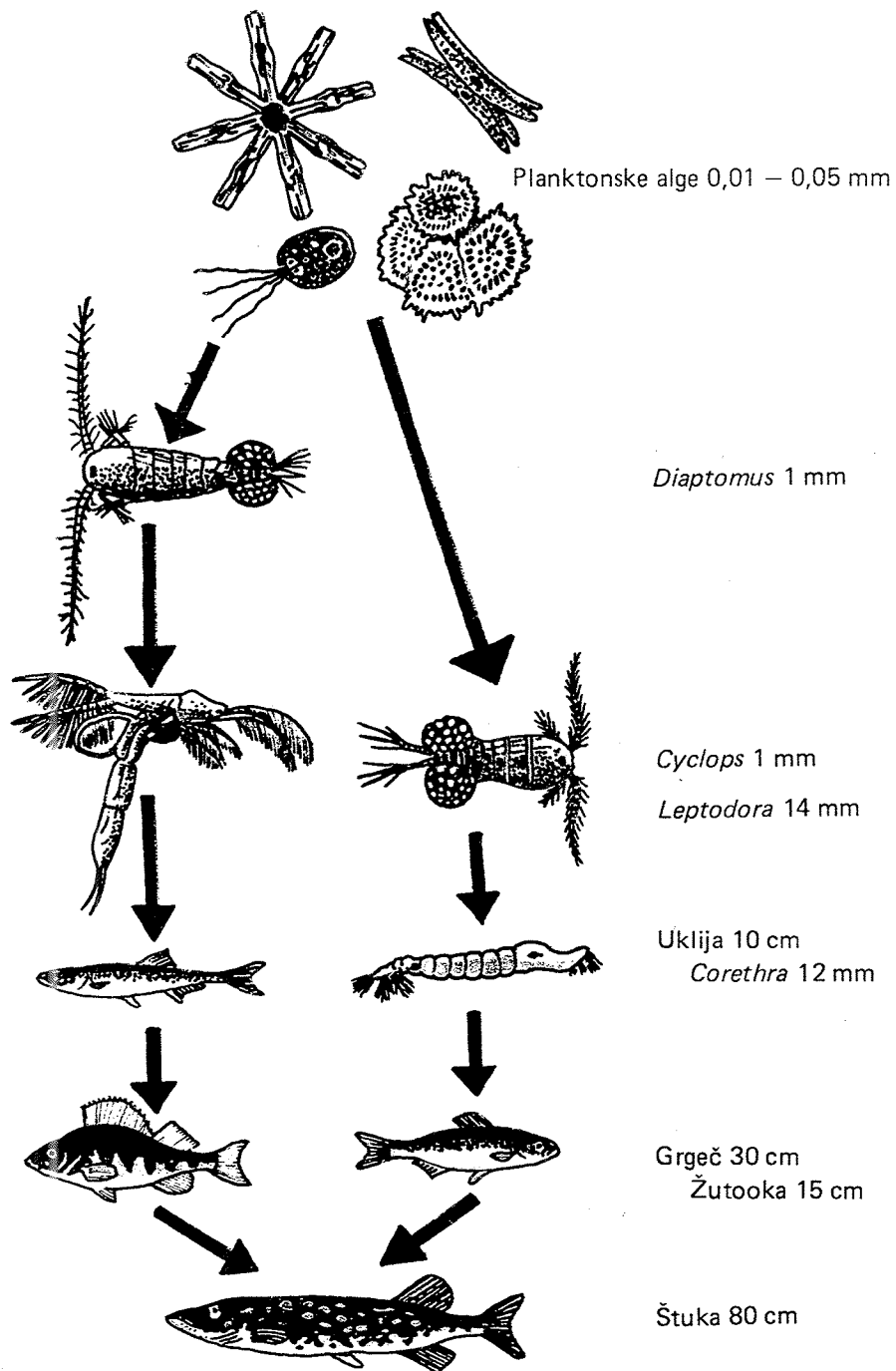
Odnosi ishrane u biocenozi

Temelj ishrane svake životne zajednice čine **autotrofni organizmi** (zelene biljke), jer su samo oni u stanju pretvarati svjetlosnu u kemijsku energiju. Nakon njih dolaze mnogobrojni **potrošači** (konzumenti) koje zajedničkim imenom nazivamo **heterotrofi**. Prema vrsti hrane koju koriste, dijelimo ih na nekoliko grupa. One koji se hrane biljnom organskom tvari (biljkama), nazivamo **biljojedi** (fitofagi), a **mesojedi** (karnivori) se hrane drugim životinjama. Važnu ulogu u ekosistemu imaju **saprofagi**, koji se hrane usitnjenim i djelomično razgrađenim uginulim biljnim i životinjskim dijelovima (detritus). Osobitu važnost u svim biocenozama imaju **razlagači** (**reducenti**), koji razgrađuju i mineraliziraju organske tvari do anorganskih sastojaka — voda, ugljik dioksid, mineralne soli.

U svakoj biocenozi postoji veliki broj hranidbenih lanaca koji su međusobno povezani. Tako od jedne vrste zelenih biljaka može kretnuti veći broj hranidbenih lanaca, a većina potrošača sudjeluje također u većem broju lanaca jer nisu ograničeni na samo jednu vrstu hrane.

Ako lanac ishrane započinje jednostaničnim algama, tada je svaki sljedeći član u lancu krupniji. U ostalim lancima ishrane to vrijedi samo za mesojede. Druga osobina hranidbenog lanca jest sve manja brojnost i biomasa, te manja ukupna energija svakog idućeg člana hranidbenih lanaca (sl. 21, sl. 22)





PROIZVOĐAČI — pretvaraju svjetlosnu u kemijsku energiju:

- fotosintetske bakterije,
- planktonske alge,
- alge dna,
- mahovine,
- vodena i priobalna makrovegetacija

POTROŠAČI I = BILJOJEDI

hrane se fitoplanktonom:

- praživotinje (Protozoa),
- spužve (Porifera),
- kolnjaci (Rotatoria),
- mahovnjaci (Bryozoa),
- rašljoticalci (Cladocera),
- veslonošci (Copepoda),
- ličinke dvokrilaca (Diptera),
- puževi (Gastropoda),
- školjkaši (Bivalvia),
- neke ribe

hrane se makrovegetacijom.

- oblići (Nematoda),
- vodencvjetovi (Ephemeroptera),
- puževi,
- neke ptice,
- neke ribe,
- neki sisavci (vodeni voluhar)

POTROŠAČI II = MESOJEDI (sl. 23)

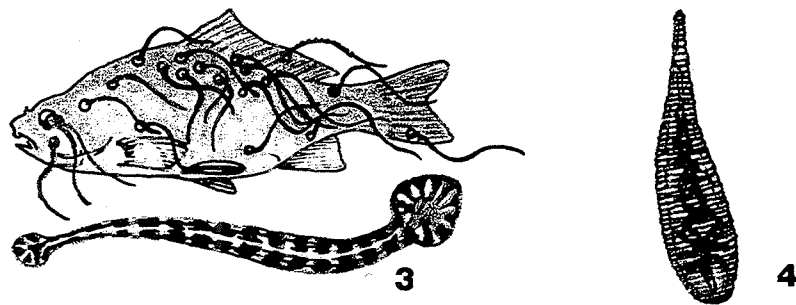
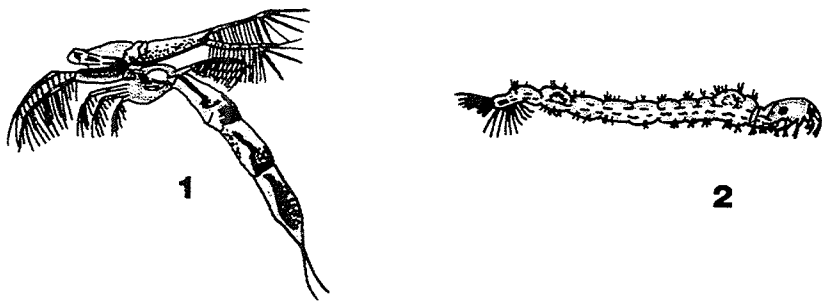
hrane se zooplanktonom

- virnjaci (Planaria),
- kolnjaci,
- oblići,
- veslonošci (npr. *Leptodora*),
- ličinke dvokrilaca (*Diptera-Corethra*),
- mlade ribe

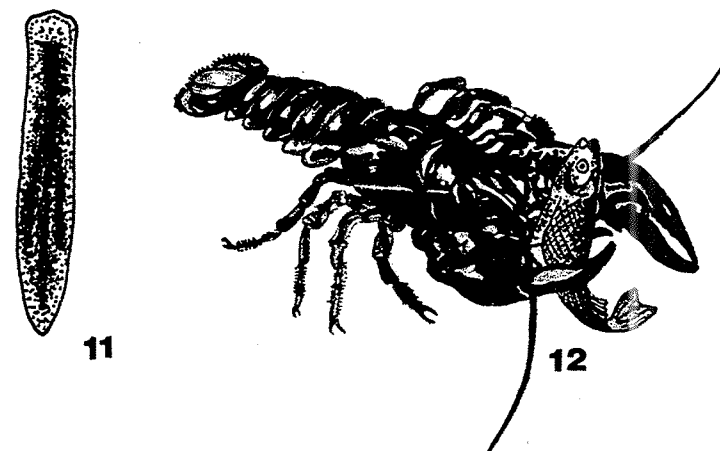
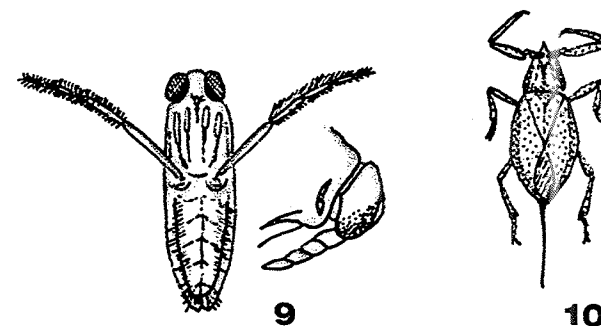
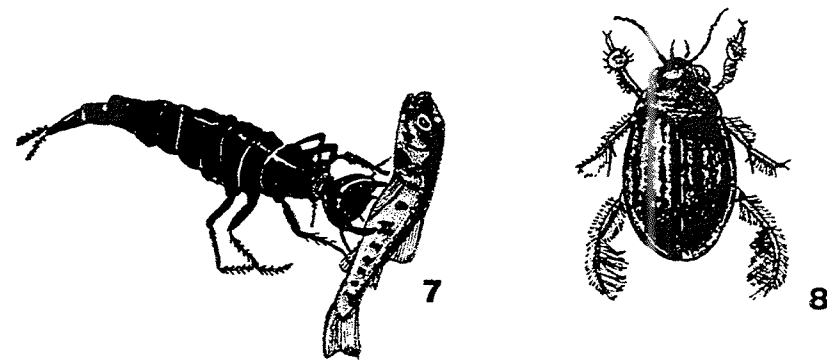
hrane se većim beskralješnjacima:

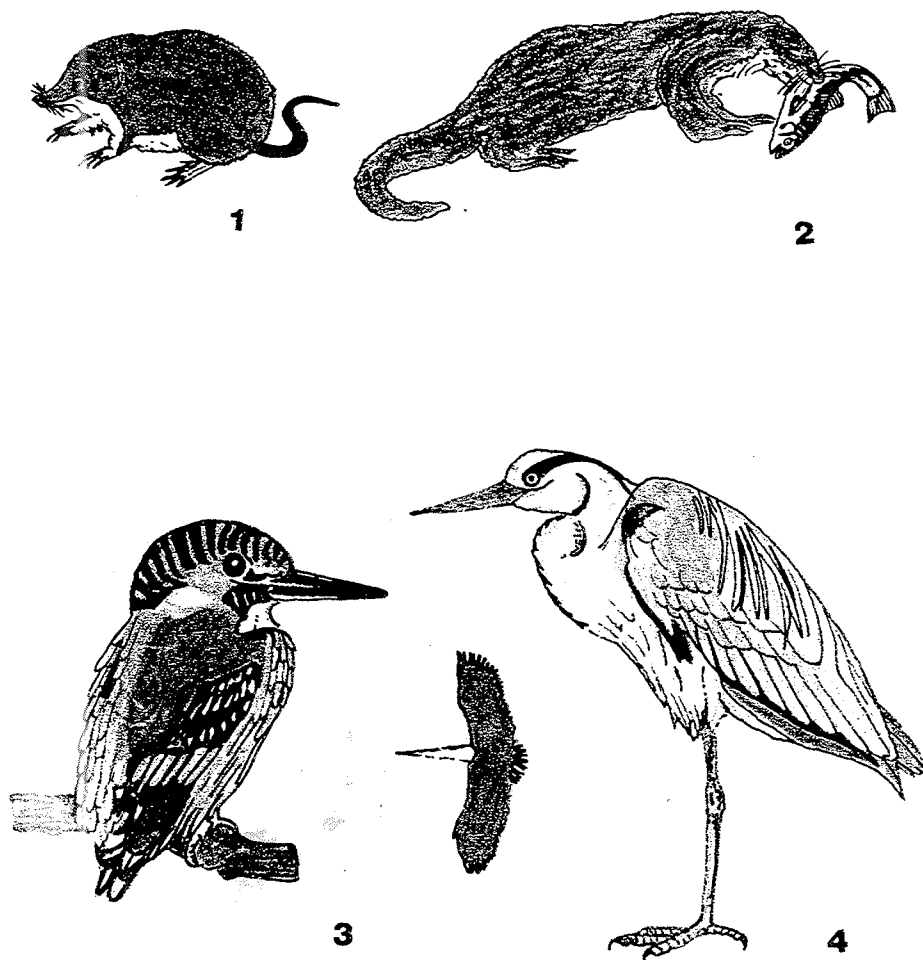
- kornjaši (Coleoptera — ličinke i odrasli),
- vretenca (Odonata — lič.),
- raznokrilaši (Heteroptera — vodene stjenice),
- ribe,
- žabe, vodenjaci,
- kornjače,
- ptice

SI. 22. ČLANOVI LANCA ISHRAŃE U JEZERU I NJIHOVI VELIČINSKI ODNOSI



Sl. 23. NEKI BESKRALJEŠNJACI MESOJEDI — vrste koje se hrane zooplanktonom: 1. *Leptodora* (Cladocera), 2. *Corethra* (Diptera); vrste koje se hrane drugim većim životinjama: 3. riblja pijavica (*Piscicola*), 4. *Helobdella*, 5. konjska pijavica (*Haemopsis*), 6. ličinka vretenca (Odonata), 7. ličinka kornjaša (*Dytiscus*), 8. odrasli kornjaš (*Dytiscus*), 9. modra nauznačarka (*Notonecta*), 10. vodena štipavica (*Nepa*), 11. virnjaci (Tricladida), 12. riječni rak (*Astacus*)





Sl. 24. KRALJEŠNJACI MESOJEDI KOJE ČESTO SUSREĆE-MO U KOPNENIM VODAMA I UZ NJIH: 1. vodena rovka (*Neomis*), 2. vidra (*Lutra lutra*), 3. vodomar (*Alcedo atthis*), 4. siva čaplja (*Ardea cinerea*), 5. barska kornjača (*Emys orbicularis*), 6. bjelouška (*Natrix natrix*), 7. zelena žaba (*Rana esculenta*), 8. mukač (*Bombina*), 9. obični vodenjak (*Triturus vulgaris*)

POTROŠAČI III (sl. 23, 24)

hrane se većim beskralješnjacima i malim ribama:

- velike mesojedne ribe (grgeč, pastrva, štika, smuđ, som),
- žabe,
- kornjače,
- zmiје,
- ptice,
- sisavci (vidra)

SAPROFAGI

hrane se mrtvom, djelomično razgrađenom organskom tvari biljnog i životinjskog porijekla:

- | | |
|--|---------------------------|
| — bakterije, | — veslonošci, |
| — praživotinje, | — rašljoticalci, |
| — oblići, | — ljuskari (Ostracoda), |
| — koljnjaci, | — rakušci (Amphipoda), |
| — kolutičavci (Annelida-
—Oligochaeta), | — jednakonošci (Isopoda), |
| — ličinke dvokrilaca | — školjkaši |

Metode istraživanja kopnenih voda, pribor i pomagala

Prilikom istraživanja kopnenih voda neophodno je poznavanje ekoloških činilaca koji direktno uvjetuju dinamiku i strukturu životnih zajednica ili biocenoza. Najvažniji su: temperatura vode, brzina vode, količina otopljenog kisika i ugljen dioksida, tvrdoća vode, alkalinitet, količina organskih tvari, intenzitet osvjetljenja itd. Za njihovo određivanje postoje propisane metode kojih se moramo pridržavati, a opisane su u priručniku Mihanović—Perina (1982): Fizikalno i kemijsko ispitivanje zagađenosti vode.

Budući da navedeni činioci direktno utječu na sastav životnih zajednica, vrlo su značajna istraživanja dinamike i strukture zajednica. Osim toga, može se istraživati dinamika i struktura populacija pojedinih vrsta u različitim sezonama ili na različitim lokalitetima.

Istraživanja kopnenih voda možemo podijeliti na dvije etape: terenska istraživanja i laboratorijska obrada sabranog materijala. Za svaku pojedinu etapu istraživanja potrebna je određena specifična oprema i pribor, bez čega nije moguće provesti istraživanje. Treba posjedovati opremu u skladu s programom istraživanja.

Rad na terenu

Kad istražujemo sastav zajednica dna, služimo se bentos-mrežama koje se mogu razlikovati po veličini i obliku otvora, a naročito prema veličini okašca. Ako uzorke sabiremo s veće dubine, koristimo mreže na dužem bambusovom ili metalnom štapu (sl. 26.1). Osim toga, s veće dubine možemo uzorke sabirati i različitim tipovima povlačnih mreža koje nazivamo dredže (sl. 26.2).

Međutim, kad istražujemo gustoću populacija ili produktivnost određenog staništa, tada moramo uzorke sabirati s određene površine kako bi ih mogli međusobno uspoređivati. U plitkim tekucicama i stajaćicama u tu svrhu koristimo Surberove mreže pomoću kojih možemo sabrati uzorke s određene površine (sl. 26.3). Površina s koje sabiremo uzorke može biti različita, a određena je horizontalnim metalnim okvirom. Najčešće je to površina od 5 do 10 dm² (ili 0,05 do 0,1 m²).

Prilikom upotrebe mreža se postavi tako da struja vode dolazi prema ulazu mreže kao na slici 26.3. Zatim utisnemo horizontalni okvir u

podlogu i pomoću male lopatice prebacimo sav materijal unutar okvira i do 5 cm dubine u mrežu. Ako se radi o muljevitoj podlozi, uzorak dobro isperemo kako bismo odstranili višak mulja, prebacimo ga u kadu, orijentacijski pregledamo i spremimo u bocu širokog grla. Ako je podloga šljunkovita ili sastavljena od većeg kamenja, tada iz uzoraka moramo odstraniti kamenje koje smo prilikom sabiranja prebacili u mrežicu. Prije toga, kamenje isperemo u mrežici i dobro pregledamo kako s njim ne bismo odbacili i neke životinje. Dalji je postupak isti kao i s uzorkom sabranim na muljevitoj dnu. Jasno je da na ovaj način možemo sabrati uzorke samo na plićim, priobalnim mjestima. Ako se radi o većim dubinama (obično preko 0,5 m), koristimo različite tipove grabila ili bagera (Peterson, Ekman i dr.). No, i za to je potrebna i druga, također vrlo skupa oprema, koju će škole teško moći nabaviti (sl. 26.4).

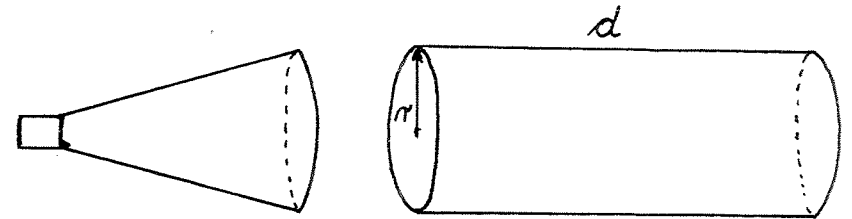
Korišćenje navedenog pribora i metoda vrlo je jednostavno ako je supstrat dna sitniji (mulj, pijesak, šljunak). No, ako se radi o kamenitoj podlozi, pojavit će se teškoće, naročito pri sabiranju uzoraka s određene površine. Ponekad možemo veće kamenje isprati i sastrugati u nekoj većoj posudi (npr. kanti), a zatim takav uzorak profiltrirati kroz običnu bentos-mrežu i spremiti u bocu širokog grla.

Za istraživanja zajednica slobodne vode (plankton) koristimo se posebnim planktonskim mrežama u obliku stošca (sl. 26.6). Mreža je izrađena od mlinarske svile, određene veličine okašca, što ovisi o vrsti istraživanja. Ako istražujemo biljni plankton (fitoplankton), služimo se vrlo gustim mrežama (veličina okašca od 30 do 50 μm), a za istraživanje zooplanktona okašca mogu biti od 80 do 250 μm . Mlinarska svila, tj. materijal za izradu planktonske mreže, može se nabaviti u trgovinama „Mlinoopskrba“ i uz malo truda, uz pomoć kroja, možemo izraditi planktonsku mrežu (sl. 26.7). Pri izradi imamo na umu da mreža mora biti duža što su okašca sitnija, jer će se, u protivnom, vrlo brzo začepiti i neće biti sposobna filtrirati vodu. Mreža se razapne oko obruča od jače nerđajuće žice, a na njezinom donjem, užem kraju nalazi se metalni ili plastični ljevkast nastavak s pipcem ili gumenom cjevčicom sa stezaljkom, kroz koju ispuštamo uzorak planktona.

Na sličan način, uz pomoć nastavnika PTO-a, mogu se izraditi i ostale, već prije spomenute mreže za sakupljanje bioloških uzoraka.

U kvantitativnim istraživanjima planktona, kao što je gustoća populacija ili produktivnost, možemo koristiti obične planktonske mreže. Da bismo dobili volumen vode koji smo profiltrirali, moramo znati

površinu otvora mreže i dužinu poteza (put). Na taj način dobijemo valjak čija osnovica odgovara površini otvora mreže, a visina je dužina poteza mrežom (sl. 25). Ovu metodu možemo koristiti prilikom vertikalnih ili horizontalnih poteza mrežom.



$$V = r^2 \pi \times d$$

V = volumen valjka

r = polumjer

d = duljina poteza (put)

Sl. 25. IZRAČUNAVANJE VOLUMENA PROFILTRIRANE VODE IZ POVRŠINE OTVORA MREŽE I DUŽINE POTEZA MREŽOM

Posve sigurno da ćemo točnije rezultate dobiti ako profiltriramo precizno određeni volumen vode, ali takve uzorke, u pravilu, možemo sabirati samo uz obalu i na površini vode. Moramo spomenuti da za sabiranje kvantitativnih uzoraka sa veće dubine postoje posebne dubinske boce i crpci koji su, međutim, vrlo skupi i zahtijevaju također skupu dodatnu opremu (sl. 26.8.9).

Kao što smo spomenuli, jedan je od važnih ekoloških čimbenika i svjetlo, zbog čega je vrlo važno znati **prozirnost vode** koja nam govori i o dubini prodora svjetla. Sama prozirnost vode ovisi o količini planktonskih organizama i suspendiranih organskih i anorganskih čestica, što nam u nekim slučajevima ukazuje i na intenzitet produkcije pojedinih vodenih biotopa. Prozirnost vode mjerimo pomoću bijele ploče promjera 30 cm (Secchi-disk), koju konopom polagano spuštamo u dubinu. U trenutku kada je više ne vidimo, izmjerimo dužinu konopa koja nam predstavlja prozirnost vode (sl. 26.10).

Osim opisane opreme, pri sabiranju i spremanju bioloških uzoraka iz kopnenih voda, koristimo i drugi pribor i pomagala o kojima će

biti riječi usporedno s opisom daljeg postupka. Nakon što smo mrežom ili grabilom sabrali uzorke, istresemo ih u bijelu metalnu ili plastičnu fotografsku kadnicu. Sada možemo orijentacijski pregledati uzorak, odstraniti veće kamenje i dijelove biljaka, te zabilježiti vrste koje možemo prepoznati. Također je važno znati koje su vrste najbrojnije, pa zato zabilježimo i njihovu relativnu brojnost. Sigurno da na terenu nećemo moći odrediti veliki dio životinjskih vrsta, pa zato uzorak treba spremati i prenijeti u laboratorij. Najbolje je uzorak spremati u staklene ili plastične boce širokog grla, pri čemu trebamo posebno paziti da se mogu dobro zatvoriti, kako nam se uzorak putem ne bi prolio (sl. 26.11). U svaku bocu s uzorkom trebamo staviti etiketu od **pausa papira** na kojoj **običnom olovkom** napišemo slijedeće podatke: mjesto sabiranja uzoraka, datum i vrijeme sabiranja, vrstu uzoraka i opis lokaliteta.

Lokalitet: rijeka Sava, 21. 05. 1986.
2 km nizvodno od mosta Mladost 10h30'

Uzorak dna, desna obala, 2 m dubine,
šljunkovito-pjeskovito dno s dosta detritusa

Iste podatke i rezultate mjerenja fizikalno-kemijskih parametara (temperatura vode, brzina vode, količina otopljenog kisika i ugljen dioksida i sl.) te sva ostala zapažanja, kao što su podaci o vremenu (sunčano, oblačno, vjetrovito), upisujemo u posebnu bilježnicu koja se naziva **terenski dnevnik**. Najbolje je podatke upisivati u unaprijed pripremljene tablice (**terenski listići**), kakva je priložena na kraju ovog priručnika (Prilog 1).

Ako uzorak možemo obraditi neposredno nakon sabiranja, dakle odmah nakon što smo se vratili s terena, nije ga potrebno konzervirati. U protivnom, takav uzorak konzerviramo najčešće formaldehidom (metanal), i to tako da na 100 ml uzorka dodamo 10 ml 35% formalina, na 200 ml uzorka 20 ml formalina itd. Na taj način dobijemo 3–4%-tnu otopinu koja je dovoljna za konzerviranje svih beskralješnjaka u uzorku. Ako konzerviramo kralješnjake, tada koristimo formalin veće koncentracije (oko 10%), koji priredimo tako da na 1 litru vode dodamo 250 ml 35% formalina. Ipak, najbolje je kralješnjake i velike beskralješnjake spremati u mješavinu 75%-tnog alkohola,

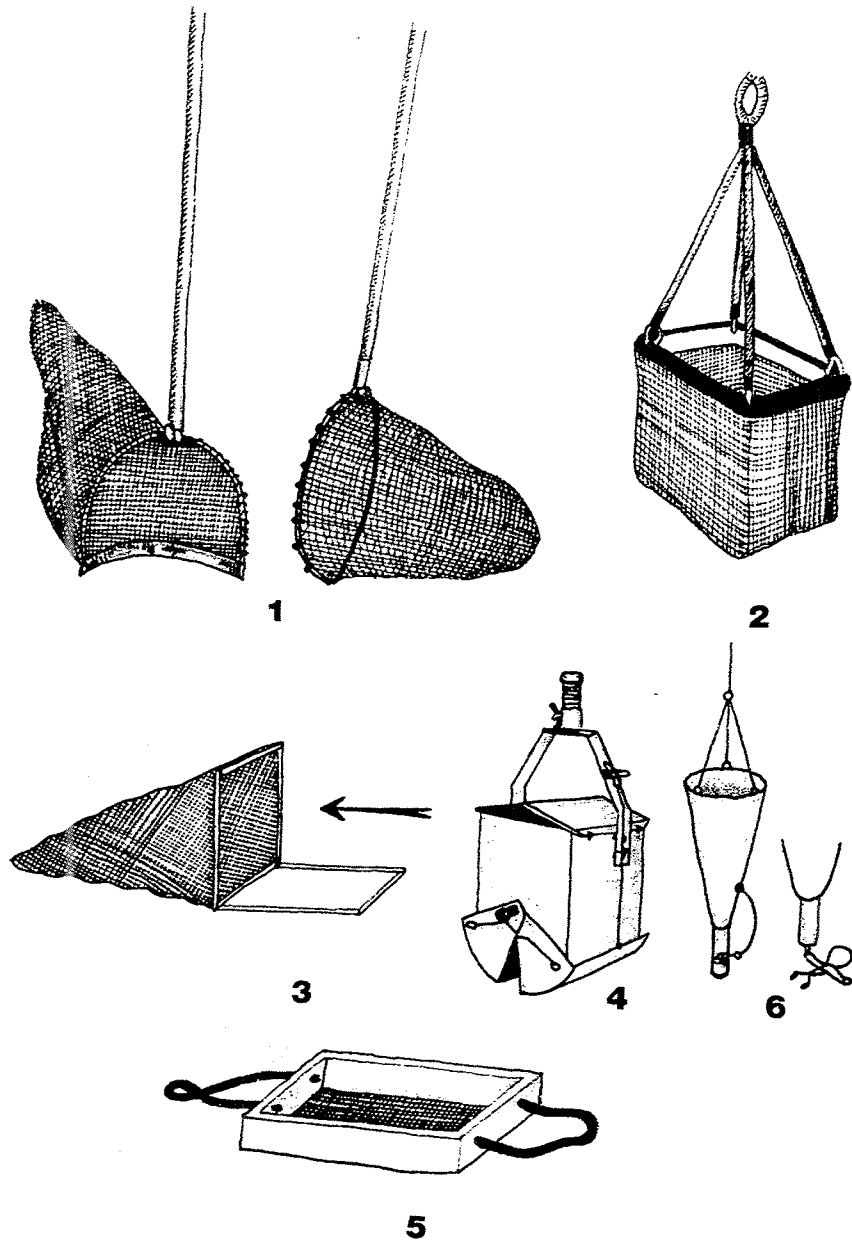
glicerina i 4%-tnog formalina, u omjeru 15:1:4, jer u tom konzervansu životinje neće izgubiti boju. Za pripremu litre konzervansa pomiješamo 750 ml 75% alkohola, 200 ml 4% formalina i 50 ml glicerina. Pri istraživanju nekih skupina životinja, kao što su praživotinje (Protozoa) i kolnjaci (Rotatoria), uzorke ne smijemo konzervirati, jer će se mnogi od njih raspasti ili toliko deformirati da ih je nemoguće odrediti. Jasno je da takve uzorke moramo pregledati odmah, dok su životinje još žive.

Rad u laboratoriju

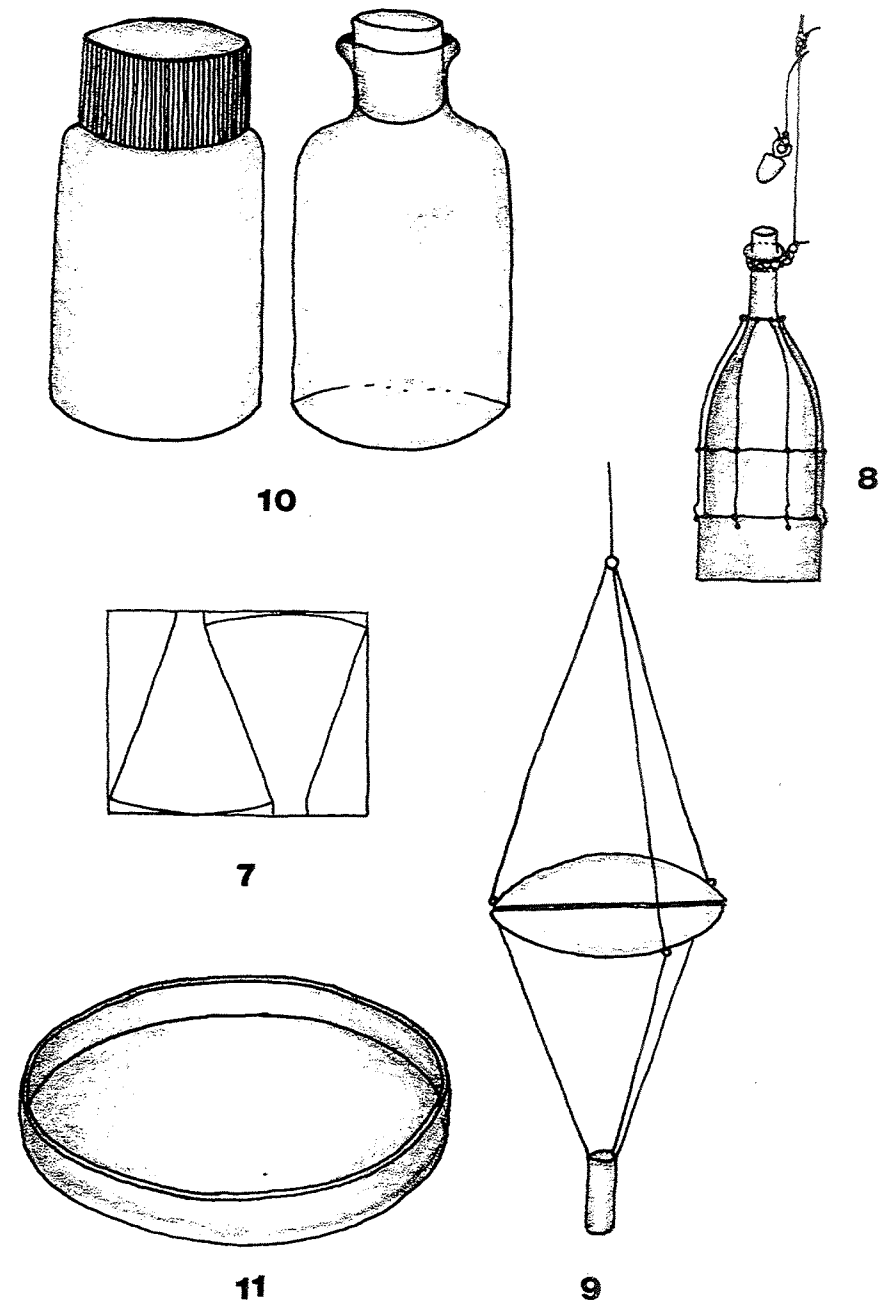
Uzorke sabrane na terenu dalje obrađujemo u laboratoriju. Prva faza se sastoji od izdvajanja, prebrojavanja i svrstavanja organizama po skupinama. Za to su nam potrebne Petrijeve zdjelice promjera 10 do 15 cm (sl. 26.12), satna stakalca sa stalcima, staklene kivete (epruvete) različite veličine, pincete, pipete, iglice i, što je najvažnije, lupa s povećanjem bar do 50 puta.

Postupak: uzorak istresemo u više Petrijevih zdjelica, ovisno o veličini uzorka, pričekamo da se istaloži i prvo izdvojimo životinje vidljive prostim okom. Dalje izdvajanje organizama nastavljamo pod lupom, i to tako da ih izdvajamo u satno stakalce ili male petrijeveke sa 4%-tnim formalinom. Nakon toga, uz pomoć nastavnika i različitih priručnika („ključeva”) za određivanje izdvojimo u kivete, u kojima je također 4%-tni formalin, pojedine grupe ili vrste životinja u skladu s vrstom i ciljem istraživanja. U svaku kivetu stavimo etiketu od pausa papira i običnom olovkom ili tušem napišemo podatke o uzorku, te ime i broj jedinki vrste ili grupe koja se u njoj nalazi. Kivete zatvorimo čepom od vate i spremimo u reboce napunjene također 4%-tnim formalinom. Tako spremljeni uzorci mogu neograničeno dugo stajati, pa se mogu naknadno detaljno obraditi.

Također moramo voditi i dnevnik rada u laboratoriju. Najbolje je za svaki uzorak rezervirati jedan list u bilježnici. Prije svega, treba upisati sve podatke o uzorku (prepišemo ih iz terenskog dnevnika), a zatim bilježimo rezultate laboratorijske obrade. Uz svaku skupinu ili vrstu, koju smo odredili i izdvojili, upišemo broj jedinki, a ako je moguće i neka druga zapažanja, npr. da li se radi o odraslim ili mladim jedinkama, mužjacima ili ženkama i sl.



Sl. 26. OPREMA I PRIBOR KOJI KORISTIMO PRILIKOM ISTRAŽIVANJA KOPNENIH VODA: 1. bentos mreže, 2. dredža, 3. Surberova mreža, 4. grabilo (bager), 5. sito za ispiranje uzoraka dna, 6. planktonska mreža, 7. kraj za izradu planktonske mreže, 8. dubinska boca, 9. Secchi - disk, 10. boce širokog grla, 11. Petrijeva zdjelica



Planiranje i izvođenje istraživanja

Istraživanja, od kojih ćemo neka spomenuti, nisu zamišljena tako da moraju dati originalne rezultate, već im je cilj da učenici upoznaju neka područja biologije, određena staništa u svojoj okolini i vrste organizama koje tu žive. Vrlo značajno je da dobiju uvid u sve faze istraživačkog rada: postavljanje problema, terenska istraživanja, laboratorijske obrade materijala i interpretaciju rezultata. Također je važno da učenici raspolazu literaturom iz područja kojim će se baviti, jer će tako znatno lakše izraditi i realizirati program istraživanja. Prilikom podjele zadataka i tema istraživanja, moramo paziti da učenike previše (ili premalo) ne opteretimo. Prema obimu poslova i raspoloživom vremenu, u istraživanjima mogu sudjelovati cijeli razredi, manje grupe ili pojedinci.

Istraživanja u kojima sudjeluju cijeli razredi. Najveća je prednost ovakvih istraživanja relativno mala količina rada koju svaki učenik mora uložiti, a ipak možemo dobiti zadovoljavajuće rezultate. Ovakva istraživanja naročito su pogodna kada za realizaciju imamo vrlo malo vremena. Osnovno je da se cijeli program istraživanja izloži i objasni pred razredom, a posebno se naglase pojedini dijelovi istraživanja, kako bi svaki učenik mogao odabrati područje koje mu najviše odgovara. Na primjer, cijeli razred može sudjelovati u istraživanju populacija kukaca u različitim tipovima kopnenih voda. Pojedine manje grupe mogu obraditi različite aspekte unutar cijelog projekta, kao npr. mjerenje fizikalno-kemijskih parametara, sabiranje i spremanje kukaca i sl. Prilikom stvaranja programa istraživanja, a posebno pri realizaciji i interpretaciji rezultata, odlučujuća je uloga nastavnika koji, ako želi postići zadovoljavajuće rezultate, mora uložiti dosta truda i vremena.

Grupna istraživanja omogućuju učenicima da prihvate i obrade problem koji jedan učenik sam, fizički i vremenski, ne bi mogao riješiti.

Individualna istraživanja omogućuju učeniku najveći izbor problema i tema, a takav je način istraživanja osobito pogodan kad ima dovoljno vremena za njegovo izvršenje. Pri izboru problema nastavnik mora procijeniti mogućnosti učenika i svakom dati takvu temu koju će moći izvesti u zadanom vremenu. Osim toga, nastavnik mora stalno pratiti tok rada kako bi, prema potrebi, mogao suziti ili proširiti opseg istraživanja.

Prije početka istraživanja, treba odabrati mjesto (lokalitet) istraživanja i precizno ga označiti na karti.

Kad istražujemo stajačice (jezero, bara, močvara), bilo bi ih dobro nacrtati, označiti dimenzije i dubine, te locirati točke istraživanja. U tekućicama (potoci, rijeke) moramo izmjeriti brzinu vode, zabilježiti karakteristike dna i, pomoću topografske karte, odrediti pad u metrima na svaki kilometar toka. Zatim, na odabranom mjestu, prema vrsti istraživanja, prvo uzimamo uzorke vode za određivanje koncentracije kisika i ugljen dioksida, te izmjerimo temperaturu i pH vode. Tek nakon toga, možemo sabirati biološke uzorke prema programu i ciljevima istraživanja.

GUSTOĆA POPULACIJE

Vrlo su značajna istraživanja kojima pratimo gustoću populacija svih ili nekih vrsta u pojedinim staništima, odnosno pratimo njihove sezone promjene.

Gustoća populacija može se prikazati na više načina. Najčešće se izražava **brojem jedinki** na jedinicu prostora. U zajednicama dna to je površina (dm^2 , $0,1 \text{ m}^2$, 1 m^2 i sl.), a volumen je u planktonskim zajednicama (1 l , 50 l , 100 l , 1 m^3 i sl.). Ova je metoda vrlo dobra kad se radi o populacijama u kojima su sve jedinke približno jednake veličine i uglavnom sitne, kao što su praživotinje, rotatorije, veslonošci. Međutim, u populacijama u kojima se mlade i stare jedinke znatno razlikuju po veličini, gustoća populacija izražena brojem jedinki može nas navesti na pogrešne zaključke. Tako velik broj mladih jedinki može biti težinski znatno manji nego mali broj odraslih jedinki. Zato u takvim slučajevima gustoću populacija izražavamo **biomasom** na jedinici prostora. Biomasu možemo izražavati svježom težinom, suhom težinom (sušimo na 105°C), ili gubitkom pri žarenju (organizme spalimo na 400 do 600°C).

Prema cilju istraživanja, možemo koristiti različite metode za određivanje gustoće populacija, a dijelimo ih na **apsolutne** (1) i **relativne** (2).

1. Od apsolutnih metoda spomenut ćemo dvije:

a) **Metoda potpunog prebrojavanja (cenzus)** koristi se u proučavanju velikih, dobro uočljivih životinja, kao što su ptice, lovna divljač i sl. Međutim, kad se radi o manjim organizmima, tada, zbog njihove brojnosti u nekim biocenozama, njihovo potpuno prebrojavanje nije

moгуće, pa tada koristimo druge metode. Naročito je to uočljivo u istraživanju zajednica dna i slobodne vode.

b) **Metoda probnih prostora** (površina ili volumen), uz primjenu kod istraživanja dna i planktona vode, vrlo često se koristi i u fitocenologiji.

Kad istražujemo **zajednice dna** na jednom lokalitetu, saberemo nekoliko uzoraka određene površine (najmanje tri) pomoću Surberove mreže ili grabila. Na taj smo način dobili reprezentativni uzorak, na osnovi kojeg s većom sigurnošću možemo zaključivati o gustoći populacija na tom lokalitetu. Dalji postupak s uzorcima isti je kao što je opisan na str. 57–58. Potrebno je još naglasiti da u tako sabranim uzorcima moramo prebrojiti sve organizme ili, prema potrebi istraživanja, posebno navesti brojnost pojedinih vrsta ili skupina. Osim toga, uobičajeno je da se gustoća populacija (izražena brojem ili biomasom) izražava na 0,1 ili 1 m², pa dobivene rezultate preračunamo na tu površinu.

Prilikom istraživanja **planktonskih zajednica** već prije opisanim postupkom (str. 55, 56) saberemo uzorke točno poznatog volumena, koji nam u ovom slučaju predstavljaju probne prostore. Tako sabrane uzorke kasnije obradimo u laboratoriju. U najvećem broju slučajeva, u takvim uzorcima bit će velik broj mikroskopskih organizama (biljnih i životinjskih), za čije nam prebrojavanje treba puno vremena. Kako u takvim istraživanjima sabiremo veći broj uzoraka, trebalo bi nam mnogo vremena i truda da bismo sve obradili, pa da bismo olakšali rad, koristit ćemo jednu modifikaciju metode probnih volumena.

Postupak: Uzorak prebacimo u odmjernu tikvicu od 100 ml i nadopunimo do oznake 4%–tnim formalinom. Nakon toga uzorak dobro promiješamo te odmah, prije nego se istaložio, iz sredine tikvice pipetom uzmemo 1 ml uzorka i prebacimo ga u komoricu za brojenje. To može biti mala petrijevka koja ima ucrtanu mrežu s donje strane. Na staklu mrežu urežemo nožem za rezanje stakla. Nakon što smo u posudicu za brojenje nalili malo vode, da nam se organizmi pravilno rasporede, prebrojimo ih. Taj 1 ml uzorka predstavlja 1% cijelog uzorka, pa takav postupak moramo ponoviti bar 5 puta, tj. moramo pregledati najmanje 5% uzorka. Na taj način znatno smo smanjili količinu posla za obradu svakog uzorka. Ukupni broj jedinki ili broj pojedinih vrsta u cijelom uzorku izračunamo tako da dobivene vrijednosti za 5% uzorka pomnožimo s 20.

2. Osim ovih apsolutnih metoda, postoje i **relativne**, od kojih ćemo spomenuti metodu **abundancije** ili **relativne brojnosti**. Ovom se metodom koristimo kad nemamo sabrane kvantitativne uzorke, tj. uzorke s određene površine ili određenog volumena, a zanima nas kakva je zastupljenost pojedinih vrsta ili skupina. U ovom slučaju ne vršimo prebrojavanje jedinki, već na osnovi pregleda uzoraka svrstavamo pojedine vrste ili skupine unutar različitih skala. Najčešće se koriste skale 1–2–3–4–5 i 1–2–3–4–5–6–7, na kojima najmanjim brojem označimo vrste što u uzorku dolaze pojedinačno, a najvećim brojem najbrojniju vrstu (ili vrste). Ostale vrste svrstavamo unutar skale prema vlastitoj procjeni. Primjena ove metode iziskuje malo više vježbe i iskustva, ali zato, uz relativno malo utrošenog vremena, daje dobre rezultate.

RAZNOLIKOST ZAJEDNICA

Na osnovi kvantitativne (gustoća populacija) i kvalitativne (broj vrsta) obrade uzoraka, mogu se usporediti različiti tipovi voda, kao što su jezero – bara, brzi – spori potok i sl. Mogu se međusobno uspoređivati različita staništa na jednom tipu kopnenih voda (npr. gornji, srednji i donji tok potoka). Pri takvim uspoređivanjima može nam pomoći raznolikost vrsta, izražena **indeksom raznolikosti (d)** ili **kvocjentom sličnosti (QS)**, koji nam pokazuje sličnost između pojedinih staništa na osnovi analize vrsta.

Indeks raznolikosti bazira se na poznatom biološkom načelu koje kaže da se u ekstremnim životnim uvjetima razvijaju životne zajednice siromašnije po broju vrsta, ali, zbog manje kompeticije, s većom gustoćom populacija. Obrnuto, pri optimalnim uvjetima, velika je raznolikost vrsta koje su, međutim, zastupljene s malim brojem jedinki. Iz ovog slijedi da odnos broja vrsta i broja jedinki ukazuje na određeno stanje ekoloških uvjeta na tom lokalitetu, a to će nam pokazati i i vrijednosti indeksa raznolikosti (d), koji izračunavamo po formuli:

$$d = \frac{S}{N}$$

S = broj vrsta

N = broj jedinki na određenom prostoru
(1 m², 1 m³ i sl.)

Prema tome, ako za neki biotop izračunamo veći indeks raznolikosti nego za drugi, znači da tamo vladaju povoljniji životni uvjeti nego

u drugom biotopu. Obrnuto, mali indeks raznolikosti, zbog malog broja vrsta i velikog broja jedinki, ukazuje na udaljšavanje životnih uvjeta od optimuma. To udaljšavanje može biti uzrokovano promjenom jednog ili više ekoloških činilaca, a možda, najočitije ukazuje na djelovanje onečišćenja.

Kvocjent sličnosti (QS) pokazuje sličnost ili raznolikost pojedinih biotopa na osnovi sastava njihovih biocenoza. Veći ili manji broj istih vrsta u dva biotopa ukazuje na veću ili manju sličnost među njima. Ona se može izraziti u postocima koje dobijemo iz formule za kvocjent sličnosti:

$$QS = \frac{2c}{a+b} \times 100$$

c = broj zajedničkih vrsta dvaju biotopa
a = broj vrsta u jednom biotopu
b = broj vrsta u drugom biotopu

Najbolje će se to objasniti na jednom primjeru utvrđivanja sličnosti između gornjeg, srednjeg i donjeg doka potoka:

gornji tok = 16 vrsta	Broj zajedničkih vrsta (c)
srednji tok = 13 vrsta	gornji — srednji = 6
donji tok = 8 vrsta	gornji — donji = 3
	srednji — donji = 3

Sličnost između **gornjeg i srednjeg** toka:

$$QS = \frac{2 \times 6}{16 + 13} \times 100 = \frac{12}{29} \times 100 = 41,3\%$$

Sličnost između **srednjeg i donjeg** toka:

$$QS = \frac{2 \times 3}{13 + 8} \times 100 = \frac{6}{21} \times 100 = 28,6\%$$

Sličnost između **gornjeg i donjeg** toka:

$$QS = \frac{2 \times 3}{16 + 8} \times 100 = \frac{6}{24} \times 100 = 25\%$$

Iz ovih rezultata vidi se da je najveća sličnost između gornjeg i srednjeg toka, a najmanja između gornjeg i donjeg toka potoka.

Nakon završetka istraživanja izrađuje se konačni izvještaj koji bi trebao sadržavati slijedeće:

1. **Uvod** — uz opće napomene treba istaknuti cilj istraživanja
2. **Opis mjesta istraživanja** popraćen preglednim kartama
3. **Materijal i metode rada** — opis metoda i materijala kojim smo se služili tijekom istraživanja
4. **Rezultate istraživanja (rada)**
5. **Diskusiju** o dobivenim rezultatima
6. **Zaključke**
7. **Sažetak istraživanja**
8. **Literaturu** — popis literature kojom smo se služili tijekom rada.

Posebno treba naglasiti da je **sadržaj rada** (izvještaja) važniji od njegove dužine, pa ga je nepotrebno opterećivati nepotrebnim podacima.

Na kraju ovog priručnika reći ćemo nešto o jednom vrlo značajnom činiocu koji u znatnoj mjeri utječe na prirodnu ravnotežu u vodenim ekosistemima, a to je **onečišćenje**. Kopnene vode, posebno u novije vrijeme, izložene su najrazličitijim vrstama onečišćenja koje ima značajan utjecaj na sastav živog svijeta u njima. Važno je naglasiti da pojedini stupanj onečišćenja karakteriziraju određene životne zajednice, čiji članovi imaju sposobnost razgradnje otpadnih tvari, pa samim time smanjuju stupanj onečišćenja. To, opet, ima za posljedicu promjenu životne zajednice i taj se proces, koji se naziva samoočišćenje ili autopurifikacija, nastavlja dok se ne završi mineralizacija (razgradnja) organskih tvari. Svaki stupanj u procesu samoočišćenja karakteriziraju odgovarajuće životne zajednice, pa se na osnovi sastava živog svijeta može odrediti stupanj onečišćenja voda.

Od organizama koji imaju najznačajniju ulogu u razgradnji organskih tvari, posebno treba spomenuti bakterije, praživotinje (posebno trepetljikaše — Ciliata), maločetinaše (Oligochaeta, posebno porodicu Tubificidae) i ličinke trzalaca (Chironomidae — Diptera).

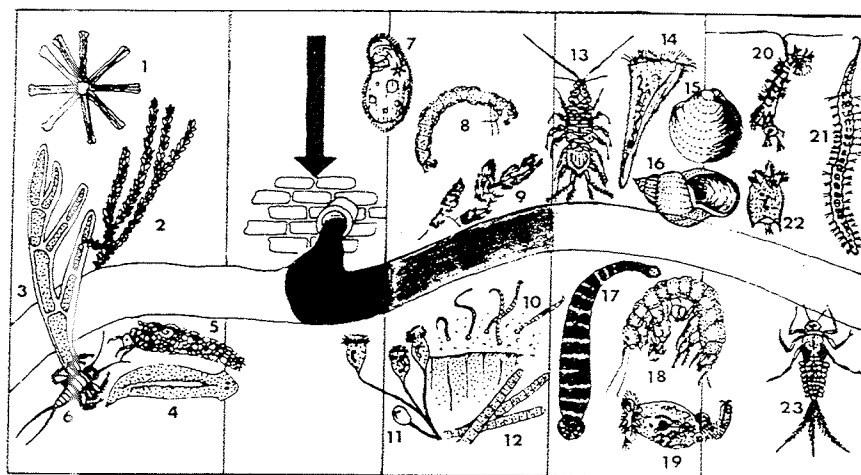
OLIGO-
SAPROBNA
ZONA

OTPADNE
VODE

POLI-
SAPROBNA
ZONA

α -MEZO-
SAPROBNA
ZONA

β -MEZO-
SAPROBNA
ZONA



SI. 27. UTJECAJ ONEČIŠĆENJA NA ZAJEDNICE DNA TE-
KUĆICA I SUKESIJE UZROKOVANE PROCESOM
AUTOPURIFIKACIJE

1. Diatomeje, 2. mahovine, 3. zelene alge (*Cladophora*), 4. virnjaci,
5. ličinke tulara (Trichoptera), 6. ličinke obalčara (Plecoptera),
7. ličinke trzalaca (Chironomidae), 9. mitasta bakterija (*Sphaerotilus*),
10. glibnjače (Tubificidae), 11. trepetljikaši (*Vorticella*), 12. mo-
drozelene alge (*Oscillatoria*), 13. vodenbabura (*Asellus*), 14. trepet-
ljikaši (*Stentor*), 15. školjkaši (*Sphaerium*), 16. puževi (*Lymnaea*),
17. pijavice (*Erpobdella*), 18. rakušci (*Gammarus*), 19. kolnjaci (Ro-
tatoria), 20. ličinke komaraca (*Culex*), 21. maločetinaši (*Stylaria*),
22. kolnjaci (*Keratella*), 23. ličinke vodencvjetova (*Ephemeroptera*)

PRIJEDLOZI NEKIH ISTRAŽIVANJA KOPNENIH VODA

- Praćenje nekih fizikalno-kemijskih parametara, kao što su: brzina vode, temperatura, koncentracija kisika i ugljen dioksida, alkalinitet, pH i sl. u pojedinim tipovima kopnenih voda (jezero, bara, potoci, rijeke i dr.), ili u pojedinim sezonama.
- Upoznavanje strukture i sastava biocenoza pojedinih tipova kopnenih voda ili praćenje sezonskih promjena u jednom tipu voda. Osim toga, mogla bi se pokušati uočiti veza između sastava biocenoza i fizikalno-kemijskih karakteristika istraživanih voda.
- Mogle bi se pratiti razlike u gustoći populacija pojedinih grupa i vrsta organizama u različitim tipovima voda (jezero, bara, potok, rijeka, itd.), ili u različitim sezonama. Takva se istraživanja izvode prilikom proučavanja zajednica dna (bentos) i slobodne vode (plankton). U ovim istraživanjima pridržavajte se uputa datih na stranicama 54–58, 62–66.
- Vrlo su značajna istraživanja hranidbenih lanaca u pojedinim tipovima voda, te brojnost (ili biomasa) svakog stupnja u hranidbenom lancu.
- Postoje različite mogućnosti istraživanja organizama koji žive na vodenom bilju (obraštaj), kao što je uspoređivanje vrsta na pojedinim dijelovima biljaka, zatim na pojedinim vrstama makrovegetacije ili u pojedinim tipovima voda.
- Naročito zanimljiva i korisna mogu biti sabiranja i upoznavanja organizama pojedinih tipova voda, jer na taj način možemo najbolje upoznati živi svijet naše najbliže okolice.
- Osim istraživanja životinja, vrlo zanimljiva i značajna mogu biti i istraživanja vegetacije u pojedinim tipovima voda i uz njih.
- Korisne podatke mogu dati i istraživanja kralješnjaka (riba, vodozemaca, gmazova, ptica i sisavaca) u vodama ili oko njih. Posebno su zanimljiva istraživanja prehrane nekih vrsta (npr. riba, žaba), u kojima se analiziraju sadržaji želuca određenog broja jedinki.

Literatura

- Benton, A. H., Werner, W. E. Jr. (1972): *Manual of Fild Biology and Ecology*, Burgess Publishing Company, Minneapolis, 400 pp.
- Brown, A. L. (1971): *Ecology of Fresh Water*, Heinemann Educational Books Ltd., London, 192 pp.
- Cole, G. A. (1983): *Textbook of Limnology*, C. V. Mosby Company, St. Louis—Toronto—London, 401 pp.
- Kerovec, M. (1986): *Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka*, Liber, Zagreb, 127 pp.
- Meštrov, M. (1977): *Organizam i okoliš*, u: *Biologija za srednje škole*, Školska knjiga, Zagreb, 153—195.
- Miegel, H. (1981): *Laborbücher Biologie, Praktische Limnologie*, Verlag Diesterweg, Salle, Saurländer, 223 pp.
- Mihanović—Perina (1982): *Fizikalno i kemijsko ispitivanje zagađeno-
sti vode*, Priručnik za nastavnike, Školska knjiga, Zagreb, 132 pp.
- Stanković, S. (1961): *Ekologija životinja*, Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd, 432 pp.
- Thienemann, A. (1953): *Život u slatkoj vodi*, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Zagreb, 96 pp.

[illegible]

KAZALO

Abramis brama (deverika), 41, 42
Acilus, 21
Aeschna, 26
 afotički sloj (neosvijetljeni sloj), 6, 11
Agyroneta aquatica, 28
Alburnus alburnus (uklija), 40, 46
Alcedo atthis (vodomar), 50
 alge kremenjašice (v. Bacillariophyceae — v. diatomeje)
 alpinska puzavica (v. *Crenobia (Planaria) alpina*)
 američki somić (v. *Ictalurus melas*)
 Amphibia (vodozemci), 5
 Amphipoda (rakušci), 18, 20, 33
 amur (v. *Ctenopharyngodon idella*)
Anabolia, 21, 26
Anax, 20
Ancylus fluviatilis, 35
Anguilla anguilla (jegulja), 41
Anodonta (bezupka), 19
Aranea (pauci), 29
Ardea cinerea (siva čaplja), 50
Argion, 26
Aristichthys nobilis (sivi glavaš ili tolstolobik), 41, 44
Asellus aquaticus (vodenbabura), 19, 20, 66
Asplanchna, 13
Astacus (riječni rak), 38, 49
Asterionella, 12
 autopurifikacija (samoočišćenje), 65
 babuška (v. *Carassius auratus gibelio*)
 Bacillariophyceae (alge kremenjašice, v. diatomeje), 12, 28–29, 32
 balavac (v. *Gymnocephalus cernua*)
 balavi peš (v. *Cottus gobio*)
Barbus barbus (mrena), 40, 42
 barska kornjača (v. *Emys orbicularis*)
 bental (dno, pedon), 18
 bentos, 18
 bezupka (v. *Anodonta*)
 bijeli glavaš (tolstolobik) (v. *Hypophthalmichthys molitrix*)
 biljni plankton (v. fitoplankton)
 biljojedi (herbivori)
 Bivalvia (školjkaši), 19
 bjelouška (v. *Natrix natrix*)

Blicca bjoerkna (krupatica), 41
 bodorka (v. *Rutilus rutilus*)
Bombina (mukač), 51
Bosmina, 17
 braničevke (v. *Simulium*)
Brachionus calyciflorus, 14
Brachionus plicatilis, 14
 Bryozoa (mahovnjaci), 5
 Bryophyta (mahovine), 32
Canthocamptus, 16
Capnia, 33
Carassius auratus gibelio (babuška), 41, 44
Carassius carassius (karas), 41, 43
Carex (šas), 18
Ceratium hirundinella, 12
Ceratophyllum (voščika), 18, 25
Ceriodaphnia, 17
Chaoborus, 10
Chara (parožina), 18, 25
 Chironomidae (trzalci), 10, 19, 32
Chironomus, 19, 21
Chlamidomonas, 26
 Chlorophyta (zelene alge), 12
Chondrostoma nasus (podust), 40, 43
 Chrysophyceae (zlatnosmede alge), 9, 12
 Ciliata (trepeljikaši), 5, 19
 cipal (v. *Mugil*)
 ciste, 5
 Cladocera (rašljoticalci), 6, 17, 66
Cladophora, 29
Closterium, 13
 Cnidaria (žarnjaci), 5
Codonella cratera, 13
 Collembola (skokuni), 26, 27
 Coleoptera (kornjaši), 19, 20, 26
 Copepoda (veslonošci), 5, 16
Corethra, 21, 48
Corixa punctata, 21
Cosmarium, 13
Cottus gobio (balavi peš), 39
Crenobia (Planaria) alpina (alpinska puzavica), 32, 39, 40
Crunoecia, 21
 Crustacea (rakovi), 18
 crvena glibnjača (v. *Tubifex tubifex*)
 crvenperka (v. *Scardinius erythrophthalmus*)
Cryptomonas, 12

Ctenopharyngodon idella (amur), 41, 44
Culex (komarac), 66
 Cyanophyta (modrozelenne alge), 29
Cyclops, 46
Cyclotella, 12
Cyprinus carpio (šaran), 38, 41, 43
Daphnia, 17
 detritofagi, 19
Deuterophlebia, 39
 deverika (v. *Abramis brama*)
Diaphanosoma, 17
Diaptomus, 16, 46
 diatomeje (alge kremenjašice, v. Bacillariophyta)
Dicentrarchus labrax (lubin), 41
Diffugia lobostoma, 14
Dinobryon, 13
 Diptera (dvokrilci), 6, 19
 distrofna jezera (jezera koja odumiru, močvare), 11
 dno (v. bental)
Dugesia gonocephala (šiljoglava pužavica), 39, 40
 dugoživci (v. Tardigrada)
 dvokrilci (v. Diptera)
Dytiscus, 26, 49
Emys orbicularis (barska kornjača), 51
Epeorus, 35
Ephemera, 21
 Ephemeroptera (vodencvjetovi), 6, 36, 66
 epilimniji, 6
Erpobdella (pasja pijavica), 29, 66
Esox lucius (štuka), 38, 41, 43
Eucyclops serrulatus, 16
Euglena, 26
 eufotički sloj (osvijetljeni sloj), 6, 11
 euritermni organizmi, 32
 eutrofna jezera (jako produktivna jezera), 8, 10
Filinia, 14
 fitoplankton (biljni plankton), 11, 12–13
Fontinalis antipyretica, 24, 38
Fragilaria, 12
Gambusia affinis, 41, 44
Gammarus lacustris, 18

gavčica (v. *Rhodeus sericeus amarus*)
 gemule, 5
Gerris najas (kopnica), 26, 27, 38
 glavatica (v. *Huco huco*)
Glossiphonia heteroclita, 35
Glossoma, 39
Goera, 19, 21
Gomphonema, 29
Gomphus, 19, 20
 grabežljivci (v. predatori)
 grgeč (v. *Perca fluviatilis*)
Gymnocephalus cernua (balavac), 43
Haemopsis (konjska pijavica), 49
Helobdella, 48
Helodea canadensis (vodena kuga), 18, 25
Heptagenia, 19, 35
 herbivori (biljojedi), 45
 Heteroptera (raznokrilci), 20
Hexarthra, 14
 hipolimniji, 6
 Hirudinea (pijavice), 19, 26
Holopedium gibberum, 17
Huco huco (glavatica), 40
Hydra, 28
 Hydracarina (vodengrinje), 6
Hydrometra stagnorum (obična skalica), 26, 27
Hydropsyche, 35, 37
Hydroptila, 26, 39
Hydrous, 26
Hypophthalmichthys molitrix (bijeli glavaš ili tolstolobik), 41, 44
Ictalurus melas (američki somić), 41, 44
 Isopoda (jednakonošci), 19, 33
 iverak (v. *Pleuronectes flesus luscus*)
 izotermija, 6
 vrlo produktivna jezera (v. eutrofna jezera)
 jednakonošci (v. Isopoda)
 jegulja (v. *Anquilla anquilla*)
 ježinac (v. *Sparganium erectum*)
 Kalifornijska pastrva (v. *Salmo gairdneri*)
 karas (v. *Carassius carassius*)

Kellicottia, 15
Keratella cochlearis, 15, 66
 klen (v. *Leuciscus cephalus*)
 kolnjaci (v. Rotatoria)
 komarac (v. *Culex*)
 konjska pijavica (v. *Haemopsis*)
 kopnica (v. *Gerris najas*)
 korjenonošci (v. Rhizopoda)
 kornjaši (v. Coleoptera)
 krocanj (v. *Myriophyllum*)
 krupatica (v. *Blicca bjoerkna*)

Lemna (vodena leća), 18, 24
Lepidostoma, 33
Lepomis gibbosus (sunčanica), 41, 44
Leptodora kindtii, 17, 46, 47
Lestes, 26
Leuciscus cephalus (klen), 40, 42
 limnion (pelagijal, slobodna voda), 11
Limnocalanus macrurus, 16
Limnodrilus, 19
 limnologija, 4
 linjak (v. *Tinca tinca*)
 lipljen (v. *Thymallus thymallus*)
Liponeura, 34, 35
 litoral, 18
 lokvanj (v. *Nuphar luteum*)
 lopoč (v. *Nymphaea alba*)
 lubin (v. *Dicentrarchus labrax*)
Lutra lutra (vidra), 50
Lymnaea, 26, 29, 66

 ljuskari (v. Ostracoda)

 mahovnjaci (v. Bryozoa)
 maločetinaši (v. Oligochaeta)
 mahovine (v. Bryophyta)
 Megaloptera (muljari), 20, 36
Melosira, 12
Meridion, 28
 metalimniji (termoklina), 6
 miracidij, 6
 mnogooka puzavica (v. *Polycelis felina*)
 močvare (v. distrofna jezera, odumirajuća jezera)
 modra mauznačarka (v. *Notonecta glauca*)
 modrozelenne alge (v. Cyanophyta)
Molanna, 19, 21
 mrena (v. *Barbus barbus*)

mrijesnjak (v. *Potamogeton natans*)
Mugil (cipal), 41
 mukač (v. *Bombina*)
 muljari (v. Megaloptera)
Myriophyllum (krocanj), 18, 25

Naididae, 26
Natrix natrix (bjelouška), 51
 nauplij, 6, 16
 nekton, 18
 Nematoda (oblici), 5, 26
Nemoura, 19
Neomis (vodena rovka), 50
 neosvijetljeni sloj (v. afotički sloj)
Nepa (vodena štipavica), 49
 neproduktivni sloj (v. trofolitički sloj)
 neuston, 26
Niphargus, 26
Nitella (parožina), 18
Notonecta glauca (modra nauznačarka), 21, 38, 49
Nuphar luteum (lokvanj), 18
Nymphaea alba (lopoč), 18

obalčari (v. Plecoptera)
 obična skakalica (v. *Hydrometra stagnorum*)
 obični vodenjak (v. *Triturus vulgaris*)
 oblici (v. Nematoda)
 obraštaj (v. perifiton)
 Odonata (vretenca), 6, 19, 29, 36
 odumirajuća jezera (v. distrofna jezera, močvare)
 Oligochaeta (maločetinaši), 18, 26
 oligotrofna jezera (slabo produktivna jezera), 8, 10
 onečišćenje, 65, 66
Oscillatoria, 66
 Ostracoda (ljuskari), 33
 osvjetljeni sloj (v. eufotički sloj)

parožine (v. *Chara*, *Nitella*)

pasja pijavica (v. *Erpobdella*)
 pauci (v. Aranea)
Pediastrum, 13
 pedon (v. bentl)
 pelagijal (v. limnion)
Perca fluviatilis (grgeč), 41, 42

perifiton (obraštaj), 26
Phormidium, 28
Phoxinus phoxinus (zlatni pijor), 39, 42
Phragmites communis (trstika), 18, 22
Physa, 26, 39
 pijavice (v. Hirudinea)
Piscicola (riblja pijavica), 48

Pissidium, 19, 32, 33
Planorbis, 26, 28
Platambus, 21
 Plecoptera (obalčari), 6, 32, 36
Pleuronectes flesus luscus (iverak), 41
Podura aquatica, 26, 27
 podust (v. *Chondrostoma nasus*)
Polipedium, 19
 polusjedilački (v. semisesilno)
Polarthra, 15
Polycelis felina (mnogooka puzavica), 39, 40
Polycentropus, 19
Polyphemus pediculus, 17
 Porifera (spužve), 5
Potamogeton natans (mrijesnjak), 24
Potamothenix, 19
 potočna pastrva (v. *Salmo trutta fario*)
 praživotinje (v. Protozoa)
 predatori (grabežljivci), 39, 46–51
 produktivni sloj (v. trofogeni sloj)
 profundal, 26
 Protozoa (praživotinje), 14, 26, 34
Psammoryctes, 19
Psephenus, 39
 Pyrrophyta (svjetleći bičaiši), 12

rakovi (v. Crustacea)
 rakušci (v. Amphipoda)
Rana esculenta (zelena žaba), 51
Ranunculus aquatilis (vodeni žabnjak), 25
 rašljoticalci (v. Cladocera)
 raznokrilci (v. Heteroptera)
 Rhizopoda (korjenonošci), 14
Rhedeus sericeus amarus (gavčica), 43
 riblja pijavica (v. *Piscicola*)
Riccia fluitans, 24
 riječni rak (v. *Astacus*)

Rotatoria (kolnjaci), 6, 14–15, 34
Rutilus rutilus (bodorka), 40

Sagittaria sagittifolia (strelica), 23
Salmo gairdneri (kalifornijska pastrva), 39
Salmo trutta fario (potočna pastrva), 32, 38, 39, 42
Salvinia natans (vodena paprat), 18, 24
 samoočišćenje (v. autopurifikacija)
 saprofagi, 45
Scardinius erythrophthalmus (crvenperka), 41, 43
Scenedesmus, 13
Scirpus lacustris (šašina), 22
 semisesilne životinje (polusjedilačke životinje), 19, 34
 sesilne životinje (sjedilačke životinje), 19, 34
 seston, 31
Sialis, 20
Silurus glanis (som), 38, 41, 43
Simulium (braničevka), 34, 35, 37
 sivi glavaš (tolstolobik) (v. *Aristichthys nobilis*)
 siva čaplja (v. *Ardea cinerea*)
 sjedilačke životinje (v. sesilne životinje)
 skokuni (v. Collembola)
 slabo produktivna jezera (v. oligotrofna jezera)
 slikarska lisanka (v. *Unio*)
 slobodna voda (v. limnion)
 smuđ (v. *Stizostedion lucioperca*)
 som (v. *Silurus glanis*)
Sparganium erectum (ježinac), 23
Sphaerium, 19, 20, 32, 38, 66
Sphaerotilus, 28, 66
Sphagnum, 24
 Spužve = Spongila (v. Porifera)
Staurostrum, 13
Stenofilax, 26
 stenotermni organizmi, 32
Stentor, 66
Stigeoclonium, 29
Stizostedion lucioperca (smuđ), 40, 42
 strelica (v. *Sagittaria sagittifolia*)
Stylaria, 28, 66

sublitoral, 19
 sunčanica (v. *Lepomis gibbosus*)
 svjetleći bičaši (v. *Pyrrophyta*)
Synchaeta, 14

šaran (v. *Cyprinus carpio*)
 šaš (v. *Carex*)
 šašina (v. *Scirpus lacustris*)
 šiljoglava puzavica (v. *Dugesia gonocephala*)
 školjkaši (v. *Bivalvia*)
 štika (v. *Esox lucius*)

Tanitarsus, 10, 19
Tanytus, 19
 Tardigrada (dugoživci), 5
 termoklina (v. metalimniji)
Theodoxus, 39
Thymallus thymallus (lipljen), 40, 43
Tinca tinca (linjak), 41, 42
Tinodes, 19
 Tintinnida, 14

Trapa natans (vodeni orašak), 18, 24
 trepetljikaši (v. *Ciliata*)
 Trichoptera (tulari), 19, 26, 29, 36
Triturus vulgaris (obični vodenjak), 51
 trofogeni sloj (produktivni sloj), 6, 11
 trofolitički sloj (neproduktivni sloj), 6, 11
 trstika (v. *Phragmites communis*)
 trzalci (v. *Chironomidae*)
Tubifex tubifex (crvena glibnjača), 19, 33, 66

tulari (v. *Trichoptera*)
 Turbellaria (virnjaci), 19, 39, 40

uklija (v. *Alburnus alburnus*)
Ulrix, 38
Unio (slikarska lisanka), 19, 20, 32, 33

Velia caprai, 26, 27
 vesloonošci (v. *Copepoda*)
 vidra (v. *Lutra lutra*)
 virnjaci (v. *Turbellaria*)
Viviparus (živorodni ogrc), 20, 39
 vodenbabura (v. *Asellus aquaticus*)
 vodena kuga (v. *Helodea canadensis*)
 vodena leća (v. *Lemna*)
 vodena paprat (v. *Salvinia natans*)
 vodena rovk (v. *Neomis*)
 vodena štipavica (v. *Nepa*)
 vodencvjetovi (v. *Ephemeroptera*)
 vodene mahovine, 24
 vodengrinje (v. *Hydracarina*)
 vodeni orašak (v. *Trapa natans*)
 vodeni žabnjak (v. *Ranunculus aquatilis*)
 vodomar (v. *Alcedo atthis*)
 vodozemci (v. *Amphibia*)
Vorticella, 14, 66
 voščika (v. *Ceratophyllum*)
 vretenca (v. *Odonata*)
 zelena žaba (v. *Rana esculenta*)
 zelene alge (v. *Chlorophyta*)
 zlatni pijor (v. *Phoxinus phoxinus*)
 zlatnosmede alge (v. *Chrysophyceae*)
 zooplankton (životinjski plankton), 11, 14–17

žarnjaci (v. *Cnidaria*)
 živorodni ogrc (v. *Viviparus*)
 životinjski plankton (v. zooplankton)

SADRŽAJ

UVOD	4
KARAKTERISTIKE KOPNENIH VODA I NJIHOVOG ŽIVOG SVIJETA	5
Stajaće kopnene vode	6
Jezerske životne zajednice	11
Tekućice	30
Zonacije tekućica	39
Odnosi ishrane u biocenozi	45
METODE ISTRAŽIVANJA KOPNENIH VODA, PRIBOR I POMAGALA	53
Rad na terenu	53
Rad u laboratoriju	57
Planiranje i izvođenje istraživanja	60
Gustoća populacija	61
Raznolikost zajednica kopnenih voda	63
Prijedlozi nekih istraživanja kopnenih voda	67
LITERATURA	68
KAZALO	70

Mada kopnene vode čine tek oko 0,5% ukupne vode na Zemlji njihovo je značenje izuzetno. One gotovo isključivo služe za piće i u domaćinstvu. Moderna je industrija danas nezamisliva bez kopnenih voda, a u isti mah najdrastičnije ugrožava živi svijet u njima.

Uz biološke i ekološke značajke stajaćih i tekućih kopnenih voda opisani su njihovi karakteristični organizmi i životne zajednice. Detaljno su opisane metode, pomagala i način rada na terenu i u laboratoriju.

