

ЈЕЗЕРО И ПОТОК КАО ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (ТЕРЕН И ЛАБОРАТОРИЈА)

Многе животиње проводе читав живот, или један његов део, у води, тј. она је њихова животна средина⁵³. Поједине врсте живе на површини воде (тај део водених биоценоза је назван неустон⁵⁴). Друге су у води и активно пливају (нектон) захваљујући поседовању мишића, или лебде (планктон) пошто су ситне и/или имају малу специфичну тежину (захваљујући мехурићима ваздуха или капима уља у телу, и израштајима на телу). Треће су сесилне или се крећу (пузе, ходају, повремено трче или накратко пливају) по или при дну (бентос). Њима сличне су закачене за подводне предмете, камење, биљке и др. чинећи обраштај (перифитон).

Будући да ће практични рад подразумевати узорковање материјала из по једног вештачког акумулационог језера и потока у Шумарицама, или Водојаже и Грошничког потока (реке), укратко обнављамо основне еколошке зоне стајаћег и текућег воденог екосистема.⁵⁵

Стајаћи слатководни екосистеми - језера

Језера су већи и дубљи стајаћи водени екосистеми. По географском положају су поларна, субполарна, умерена, суптропска или тропска. По сланости воде могу бити „слатка“ и слана. Према постанку језера разликују се природна и вештачка, а по органском продуктивитету олиготрофна (ниско продуктивна), еутрофна (високо продуктивна) и дистрофна (одумирућа, на прелазу ка мочвари, у којима је вода мутна, органска продукција ниска, као и садржај раствореног кисеоника, па је и разградња органских материја спора). Природна језера могу бити: тектонска (=котлинска, где спадају и вулканска и реликтна – тј. остаци светског праокеана), попут Бајкалског, Охридског, Преспанског и Дојранског; ерозивна (гласијална или горске очи, попут Црног, Бледског и Бохињског; речна, која су заправо баре, попут Обедске и Мртве Тисе; крашка попут Скадарског; и пећинска језера); и акумулативна (речна попут Плитвичких, или атолска на коралним острвима).

Контактни појас између копнених и слатководних језерских екосистема махом представљају екосистеми плављених шума (којима су својствене врбе, јове и тополе, као на илустрацији) или плављених (влажних) ливада.

Еколошки гледано, језеро се састоји од **зоне слободне воде** (=лимнион, пелагијал) и **зоне дна** (=бентал, педон) где је водена средина у контакту са тлом.

Зона слободне воде језера

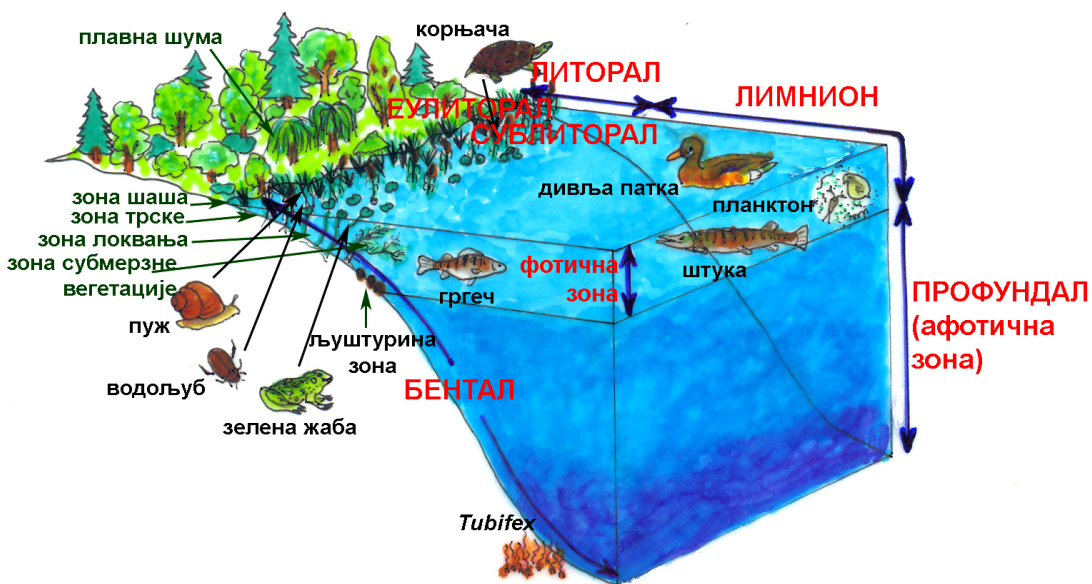
Зону слободне воде у језерима (=лимнион) насељавају делови биоценозе названи **планктон** (слободнолебдећи, ситни организми), **нектон** (активно пливајући организми) и **неустон** («кајмак», тј. корисници површинског напона воде).

⁵³ Прочитати из уџбеника ЕКОЛОГИЈА ЖИВОТИЊА стр. 116-124 и 374-395, а из ОСНОВИ ЕКОЛОГИЈЕ на стр. 33 део о хидросфери и стр. 102-107.

⁵⁴ Хипонеустон - ако су закачени са доње стране опне која раздваја воду од ваздушне средине. Епинеустон – ако су са ваздушне стране и користе водени напон да се одрже на површини воде.

⁵⁵ Препорука: за више података простудирајте уџбеник ЕКОЛОГИЈА КОПНЕНИХ ВОДА (2009) Снежане Б. Симић и Владице М. Симића.

У **планктону** су бројне алге (Pyrophyta: *Cryptomonas* и *Ceratium*; силикатне: *Asterionelle*, *Melosira*, *Fragilaria*, *Cyclotella*; златне: *Dynobryon*; зелене: *Scenedesmus*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Pediastrum*...), Protozoa (*Euglena*, *Chlamidomonas*, *Stylonychia*, *Euplotes*, *Colpidium*, *Paramecium*, *Vorticella*, *Diffugia*, *Codonella*...), Rotatoria (*Asplanchna*, *Polyarthra*, *Filinia*, *Keratella cochlearis*, *Kellicottia*, *Hexarthra*, *Brachyonus calyciflorus*, *B. plicatilis*...), рачићи Copepoda (*Limnocalanus macrurus*, *Eucyclops serrulatus*, *Canthocamptus*, *Diaptomus*...) и њихове ларве науплиус, али и рачићи Cladocera (*Daphnia*, *Bosmina longirostris*, *Leptodora*, *Polyphemus pediculus*, *Diaphanosoma*...).⁵⁶ По димензијама тела припадници планктонског насеља могу чинити **ултрамикрoпланктон** (=пикoпланктон, ситнији од 2 μm , тј. бактерије), **нанопланктон** (2-20 μm , тј. углавном ватрене, златне и жуто-зелене алге), **микрoпланктон** (20-200 μm , тј. ситни копеподни рачићи), **мезопланктон** (0,2-20 mm, махом ларве риба и извесни рачићи), **макрoпланктон** (20-200 mm, тј. ракови и медузе) и **мегапланктон** (крупнији од 200 mm, тј. углавном медузе).



Еколошке зоне еутрофног језера.

Нектонски део животне заједнице језера чине активни пливачи (рибе, ракови, а неки ту убрајају и амфиподне рачиће *Gammarus lacustris*, водоземце (у свим развојним стадијумима) и водене гмизавце.

Организми на површини воде су **неустон**. Ту су у **епинеустону** плутајуће биљке - сочивица *Lemna* spp.⁵⁷, водена папрат *Salvinia natans*, водени орашак *Trapa natans*, и животиње које ходају по површини воде захваљујући површинском напону (стенице *Hydrotetra stagnorum*, *Gerris najas* и *Velia caprai*, и колембола *Podura aquatica*, а са доње стране водене опне (**хипонеустон**) ларве комараца.

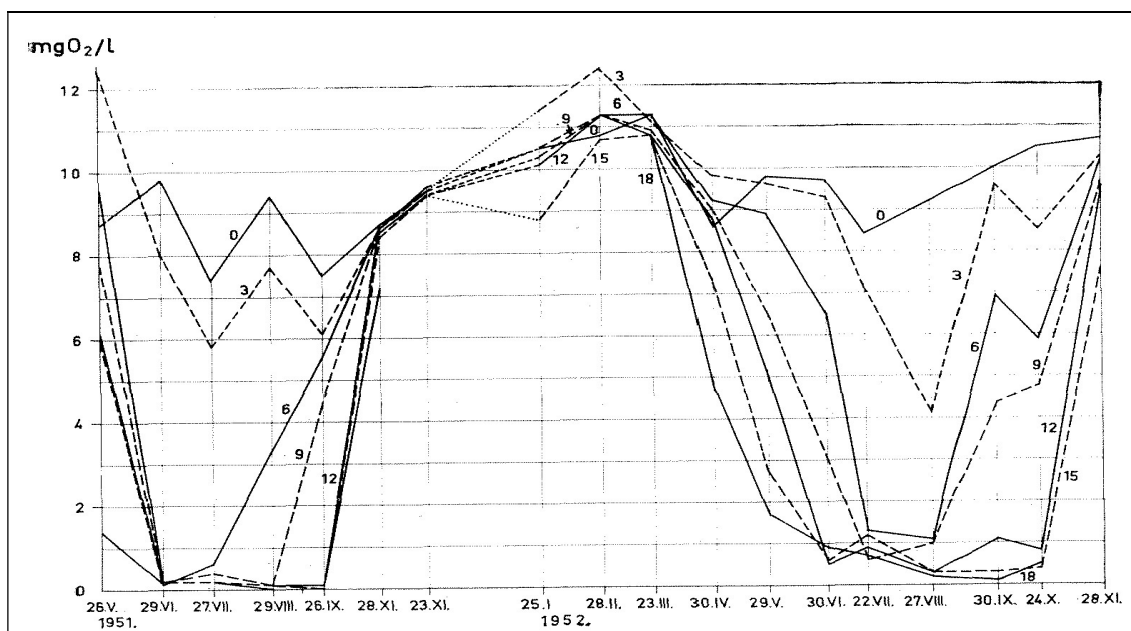
Уколико су у питању језера са високом продукцијом органске материје (**еутрофна**), горњи слој њихове воде до око 5 m дубине је осветљен (**фотични**), па стога и фотосинтетички продуктиван (**трофоген**), а дубље је неосветљени (афотични) или непродуктивни (**трофолитички**) слој, где је разградња органске материје доминантан про-

⁵⁶ Зоопланктонски део биоценозе у акумулацији Грошничко језеро (=Водојажа) је детаљно обрађен у монографији ЗООПЛАНКТОН АКУМУЛАЦИОНИХ ЈЕЗЕРА ГРОШНИЦА И ГРУЖА (2008), проф. др Александра Остојића.

⁵⁷ Ознака spp. иза латинског имена роди значи да је у питању више врста припадница тога рода, а ако је само sp. Онда је реч о једној врсти коју нисмо могли тачно да одредимо, али је из тога рода.

цес. Што је дебљи осветљени слој, то је **органска продукција (трофичност) језера** већа. Уколико водени басен нема неосветљени слој воде, тј. светло допире до дна, онда је то **бара**. Судбина сваког олиготрофног језера је да временом постаје еутрофно, а пошто наносима постаје све плиће даље прелази у бару, па у мочвару, и на крају у терестрични екосистем влажне ливаде.

Дубина до које светлост у језеру продире зависи од провидности воде, тј. количине суспендованих честица у њој и присутности планктонских организама. Језерски слојеви су и температурно различити у језерима умерених географских ширина у лето и зиму, када се између **епи-** и **хиполимниона** формира **термоклина (=металимнион)**, тј. језерска вода је вертикално стратификована (лети) или обрнуто стратификована (зими). Пратећи загрејаност слојева воде⁵⁸, лети је концентрација раствореног кисеоника у епилимниону знатно нижа него у зиму, али знатно виша него лети у хиполимниону (при дну може и да га уопште нема, тј. наступа аноксија; погледајте приложени графикон за Грошничку акумулацију 1951-1952. године). У пролеће и јесен, због **циркулације** воде и мешања слојева, наступа **изотермија**, а са њом долази и до изједначавања концентрације растворених гасова (па и кисеоника и угљендиоксида) и подизања минералних соли са дна, што омогућава већу продукцију у горњим слојевима воде, а више кисеоника у дубоким, што омогућава појачану бактеријску разградњу органских материја (детритуса и угинулих организама који падају на дно).



Сезонске промене количине раствореног кисеоника (mg/L) на дубини 0, 3, 6, 9, 12, 15 и 18 метара, у води Грошничке акумулације у току 1951-1952. године (из Janković, 1968).

У **слабо продуктивним (олиготрофним) језерима** термоклина, па и разлика у концентрацији раствореног кисеоника у време летње и зимске стратификације је слабије изражена.

Зона дна језера

Зону дна језера (=бентал) насељава део језерске биоценозе назван **бентос**.

⁵⁸ Растворљивост гасова у води опада са порастом температуре воде.

Будући да постоје многе варијанте контактеног дела језера у којем се вода и тло додирују, у оквиру ове зоне издвојене су три еколошке подзоне – **литорал** (до 30 m дубине), **сублиторал** (до 180 m) и **профундал** (који имају само малобројна језера, попут Охридског, Тангањиканског и Бајкалског).

Литорал се одликује таласањем воде, ерозијом, јаким таложењем и израженим колебањима температуре, а насељен је најразноврснијим и најбогатијим делом језерске биоценозе. По обалској вегетацији у литоралу се разликују четири појаса:

- **појас емерзне вегетације, тј. трске и шаша** (*Phragmites* и *Carex*) који насељавају пужеви, бројни инсекти (и адулти и ларве), жабе, водене змије, корњаче, барске птице и др.;
- **појас флотантне (плутајуће) вегетације** – укоренењени жути *Nuphar luteum* и бели *Nymphaea alba* локвањи, плутајуће врсте водени орашак *Trapa natans*, сочивице *Lemna* spp. и водена папрат *Salvinia natans*;
- **појас субмерзне (потопљене) вегетације** сеже до 7 m дубине и одликују га биљке *Ceratophyllum demersum*, дрезге *Myriophyllum spicatum* и *M. verticillatum* и водена куга *Elodea canadensis*, које обилато фотосинтезишу, па је овде најбогатији животињски свет у целом литоралу (бројне Protozoa, Rotatoria, Oligochaeta, Mollusca, Crustacea, ларве и одрасли инсекти, рибе и др.);
- **појас ливада вишећелијских харофитних алги** на којима су бројни пужеви, рачићи (*Amphipoda* и *Isopoda*), ларве *Chironomidae* и др.

Зависно од типа подлоге литорал може бити каменито-шљунковит, пешчан или муљевит и стога насељен трима различитим типовима животних заједница:

- животињске заједнице **каменитог дна** одликује сесилност (сунђери и маховњаци), смањена покретљивост (*Turbellaria*, *Hirudinea*), или покретљивост (ларве *Trichoptera* родова *Goera*, *Polycentropus*, *Tinodes*), али и скривање испод камења (*Amphipoda*, изопода *Asellus*, ларве двокрилаца, тврдокрилаца, *Ephemeroptera* родова *Nemoura* и *Heptagenia*, и *Odonata*);
- у животињским заједницама на **песковитом дну** су доминантне ларве *Chironomidae* и *Oligochaeta* родова *Tubifex*, *Limnodrilus* и *Psammoryctes*, а ту су и различите *Ciliata*, *Rotatoria*, *Bivalvia* родова *Unio*, *Anodonta*, *Pissidium*, *Sphaerium*, затим рачићи *Asellus*, ларве *Ephemeroptera*, *Odonata* рода *Gomphus*, и *Trichoptera* рода *Molanna*;
- заједнице муљевитог дна су махом на већим дубинама где се наталожио детритус, па су ту осим представника већ набројаних за песковиту подлогу и бројни детритофаги попут олигохета родова *Tubifex*, *Limnodrilus*, *Potamothrix* и *Psammoryctes*, и ларве *Chironomidae* *Tanytus*, *Tanitarsus*, *Polipedium* и *Chironomus*, али и бројни пужеви, шкољке и ларве *Trichoptera*.

Сублиторал не постоји у плитким језерима, а у језерима где постоји заузима од 30 до 180 m дубине, што значи да је веома мало светла присутно, па животну заједницу углавном сачињавају конзументи (животиње) и редуценти (бактерије), тј. она личи на заједницу муљевитог дна литорала.

Профундал (преко 180 m дубине) имају само најдубља светска језера. Дно је од најфинијег муља, температура воде је непроменљива, садржај раствореног кисеоника веома низак, а угљен-диоксида висок. Стога заједницу организама чине бројне олигохете, пужеви, амфиподни рачићи међу којима и род *Niphargus* који иначе обитава и у подземним водама.

Због сталног падања и таложења честица из горњих слојева воде, организми на дну воденог басена су увек изложени јачем степену сапробности и токсичности него организми у слободној води. За биолошку индикацију квалитета овога дела животне заједнице битно је присуство биоиндикаторских макробескичмењака.

На површини водених биљака, али и других потопљених објеката (стубови моста, докови, дно пловила, дебла, камење, љуштуре шкољака, потопљени чамци...) се развија посебан део заједнице језера звани **обраштај** (=перифитон) сачињен од бројних бактерија, алги (модрозелених, зелених, силикатних...), Protozoa, хидри, Nematoda, Oligochaeta, пијавица, пужева (*Planorbis*, *Physa*, *Lymnaea*...), Trichoptera (*Anabolia*, *Hydroptila*, *Stenofilax*), Odonata (*Aeschna*, *Argion*, *Lestes*), Coleoptera (*Dytiscus*, *Hydrophilus*...).

Текући слатководни екосистеми

Текућице су копнени водени системи у којима се вода приметно креће. Обухватају изворе, потоке (до 5 m ширине) и реке. Брзина кретања воде у њима зависи од нагиба, дубине и ширине корита, као и од количине воде и типа дна.

Изворишна вода има скоро непроменљиву температуру, једнаку просечној годишњој температури тога краја. И други услови у изворима су стеновалентни. Овај део слатководних екосистема насељава заједница **кренон**.

Услови у текућим воденим екосистемима у горњем, средњем и доњем делу тока текућице су различити. Другим речима, у текућицама нема вертикалне стратификације температуре, раствореног кисеоника и угљендиоксида, али постоји њихов градијент дуж тока (лонгитудинално). Температура воде је лети најнижа у изворском делу, а највиша на ушћу, док је зими обрнуто.

У **горњим токовима** (планински и брдски потоци) вода је најбржа (преко 2 m/s), хладна, бистра, дно је стеновито или каменито (осим уз обале, где може бити песковито или чак и муљевито уколико протиче кроз шуму). Садржај раствореног кисеоника је највиши, а угљендиоксида најнижи у о целом току текућице. Међу становницима овога дела биоценозе текућице, тј. у **ритрону**, доминирају силикатне алге родова *Cladophora* и *Batrachospermum*, и маховине (нпр. родови *Brium* и *Fontinalis*), а од животиња ту су у нектону рибе поточна пастрмка *Salmo trutta* (зато се ова зона тока често назива и **зоном пастрмке**), поточна мрена *Barbus meridionalis*, пеш *Cottus gobio*, пијор *Phoxinus phoxinus*, кркуша, и сл., а у бентосу су планарија (Turbellaria), пужеви, ситне шкољке рода *Pisidium*, пијавица *Erpobdella lineata*, лумбрициде *Eiseniella tetraedra* и *Dendrobaena byblica*, поточни рак *Austropotamobius torrentium*, амфиподни ракови рода *Gammarus* и ларве Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, ларве и адулти Coleoptera (гњурци и ронци). Животиње које живе у најјачој струји воде (нпр. диптерска ларва рода *Liponeura*) су **реобионти**. **Реофили** су и у мирнијем делу тока (нпр. пужић *Ancylus fluviatilis*), а **реоксени** су махом у мирнијој води. Животиње су на разне начине прилагођене да одолевају воденој струји. Неке су дорзо-вентрално спљоштене (код планарија Turbellaria је то најочљивије, али и код ларви Plecoptera и Ephemeroptera), друге имају специјалне органе за причвршћивање (пијавке попут пијавице *Glosiphonia heteroclita*, кукице и сл.), или живе испод камења, граде кућице од каменчића и зрнаца песка да би биле теже, или луче слуз попут пужа *Ancylus fluviatilis*.

Средњи и доњи ток текућица одликује мирније течење воде. Она је топлија, мутнија (провидна једва до 2,5 m). Веће су осцилације водостаја, температуре и растворених гасова, него горњи ток. Њих насељава део биоценозе назван **потамон**. Врстама је богатији од кренона и ритрона, а популације су веће.

У **средњем току** вода је спорија него у горњем, а супстрат ситнији - дно је по средини тока шљунковито и песковито, а уз обале може бити песковито и/или муљевито и обрасло емерзном вегетацијом. Температура воде више варира него у горњем току, нижи је садржај раствореног кисеоника, а виши угљен-диоксида. Састав овдашњих заједница организама је разноврснији него у горњем току, јер су услови еуривалентнији. Од макрофита, осим споменутих емерзних, у овом делу тока живе силикатне и зелене алге. Прилично је присуство нитастих бактерија и гљива. Од животиња овде су нпр. мрена *Barbus barbus* (L.) (отуда и назив **зона мрене** за овај део тока), клен *Squalius*

cephalus (L.), подуст *Chondrostoma nasus* (L.), смуђ *Sander lucioperca* (L.), главатица *Hucho hucho* (L.), бодорка *Rutilus rutilus* (L.), речни рак *Astacus astacus* L. Изоподни рак *Asellus aquaticus* (L.) живи у овој зони текућица, али и у доњем току и стајаћим водама.

У доњем току вода тече споро (до 1 m/s) и топлија је. Дно је песковито и муљевито (пуно детритуса), садржај раствореног кисеоника је најнижи, а угљендиоксида највиши у целом току текућице. Обале су обрасле тршћацима и шеваром. Због много детритуса, дубине и спорог тока, налик стајаћим водама, бројни су детритофаги организми који се заривају у подлогу, попут олигохета из фамилије Tubificidae, шкољки родова *Pisidium*, *Sphaerium* и *Unio*, ракова, ларви инсеката фамилије Chironomidae (Diptera), и редова Plecoptera и Odonata. По површини ових делова тока ходају стенице фамилије Gerridae, а стенице рода *Notonecta* кроз воду пливају леђним стилем. Од риба ту су деверика *Abramis brama* (зато је други назив за овај део токова **зона деверике**), шаран *Cyprinus carpio*, сом *Silurus glanis*, штука *Esox lucius*, караш *Carassius carassius* и др.

Због брзине воде текућице **немају праве планктонске заједнице**, осим у споротекућим и дубоким доњим деловима тока где планктон доспева из суседних мирних вода (бара или језера). Турбулентно кретање воде спира и доноси организме из узводних делова тока, па они заједно са мноштвом суспендованих органских и неорганских честица чине **сестон**.

Еколошки мониторинг копнених вода је детаљно описан у уџбенику ЕКОЛОГИЈА КОПНЕНИХ ВОДА (2009) проф. др Снежане Б. Симић и проф. др Владице М. Симића, од 247. до 274. странице.

Процена сапробности воде захтева идентификацију индикаторских организама.

У Србији постоји тзв. 499 водних тела. Правни оквири и процедуре за праћење њиховог стања на 183 мерних места (<http://www.sepa.gov.rs/download/kvbg/uredba1.pdf>), по правилима прихваћеним у ЕУ су у документу „МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНИХ И ПОВРШИНСКИХ ВОДА; ЕУ стандарди и систем заштите вода у Србији“, доступном на веб-адреси http://www.emins.org/wp-content/uploads/2018/06/Evropske-sveske_7_2018-Monitoring-podzemnih-i-površinskih-voda---EU-standardi-i-sistem-zaštite-voda-u-Srbiji.pdf.⁵⁹

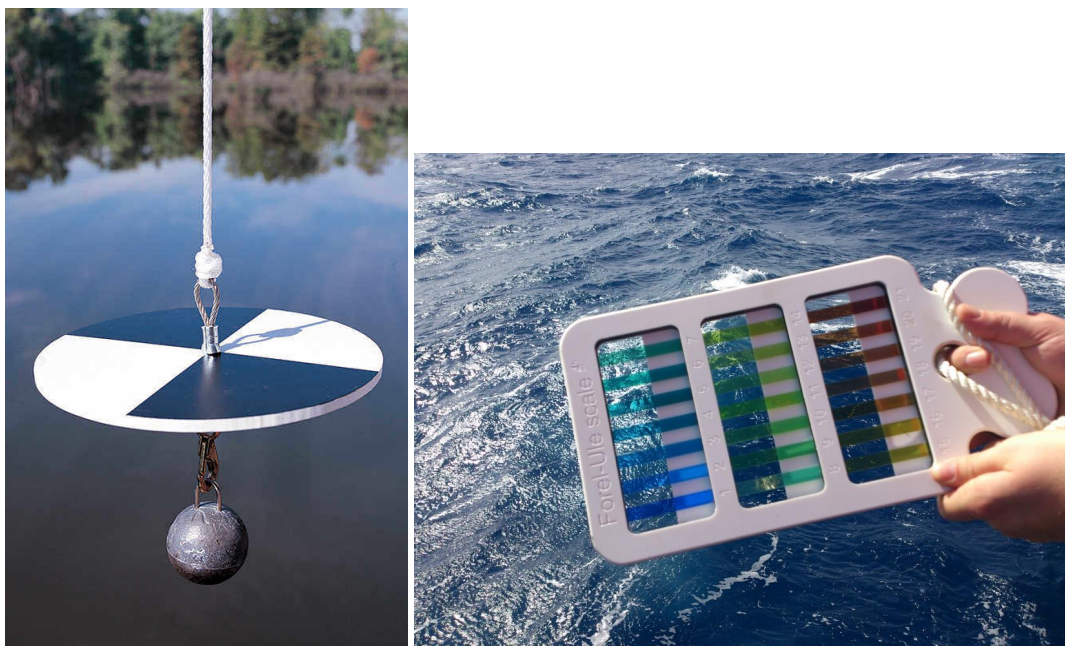
На адреси <http://www.sepa.gov.rs/download/kvbg/uredba4.pdf> је ПРАВИЛНИК О ПАРАМЕТРИМА ЕКОЛОШКОГ И ХЕМИЈСКОГ СТАТУСА ПОВРШИНСКИХ ВОДА И ПАРАМЕТРИМА ХЕМИЈСКОГ И КВАНТИТАТИВНОГ СТАТУСА ПОДЗЕМНИХ ВОДА. Он у приложеним табелама садржи и сегменте назване БИОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ ОЦЕНЕ ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА, где су прецизно дати критеријуми за сваки од шест типова водних тела присутних у Србији. У праћење су укључени **водени макробескичмењаци**, фитобентос, фитопланктон, водене макрофите и микробиолошки параметри (укупни колиформи, фекални колиформи и фекалне ентерококе).

⁵⁹ Као пример једног мониториншког водног извештаја за Србију погледајте “ВОДНИ РЕСУРСИ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ – анализа стања“ из 2018. године <http://eukonvent.org/wp-content/uploads/2019/02/OASIS-Vodni-resursi-RS-analiza-stanja.pdf>. На сајту Агенције за заштиту животне средине која ради при Министарству заштите животне средине Републике Србије на адреси <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=305&id=30000&akcija=showAll> можете сазнати више, а на <http://77.46.150.213:8080/apex/f?p=406:2:::::> су дневни извештаји о праћеним параметрима квалитета природних вода. Као пример локалног мониторинга који укључује и анализу водених екосистема документ можете погледати „Информација о стању животне средине на територији општине Пљевља, за 2018. и 2019. годину“ https://pljevlja.me/wp-content/uploads/2019/12/Informacija-o-stanju-z-sr_-Pljevlja-za-2018-i-2019-2.pdf. Приметићете да су извештаји углавном базирани на хемијским анализама, јер су лакше пративе, али треба знати и да су непоузданије од биолошких, због брзог мењања параметара, поготово у текућим водама.

САКУПЉАЊЕ И ПРИПРЕМА УЗОРАКА ВОДЕ ЗА АНАЛИЗУ

Природне воде су предмет истраживања и мониториншког праћења хемичара, физичара и биолога. Дobar избор места, метода, броја и начина узимања узорка воде за анализу је основни услов да резултати анализе покажу реално стање у датом воденом екосистему. **И најтачнија анализа узорка воде, ако је он узет погрешно, води погрешном резултату.** Бројни параметри утичу на добијање реалних резултата, па не постоји универзално упутство за узорковање, које би обухватило све могуће случајеве. У сваком посебном случају се разрађује методолошки приступ узорковању из водених екосистема. Ипак, увек треба да су задовољени ови основни принципи: узорак треба да репрезентативно одрази место и услове узорковања; начин узорковања, чување, транспорт и обрада узорка треба да без икаквих промена конзервишу стање у узорку какво је у моменту узорковања; запремина узорка треба да је довољна за све предвиђене анализе.

Физичка анализа воде на терену подразумева одређивање њене провидности помоћу Секијевог диска (округла или четвртаста црно-бела плоча, пречника или дијагонале 20-25 cm, са тегом одоздо, везана канапом са метарским ознакама: диск се спушта да тоне у воду све дубље и полако постане невидљив, а према броју одмотаних метара канапа се одређује та дубина и поново потврди при извлачењу диска натраг, у моменту када опет постане видљив: средња вредност ових двеју дубина је провидност; *погледајте слику доле лево*), боје воде (према међународној платино-кобалтној Форел-Ухлеовој скали од 21 нијансе; *погледајте доњу десну слику*), температуре воде (термометрима или сондама) и брзине кретања воде (помоћу калијум перманганата којим обожимо воду на месту убацивања и боја се шири низводно са током воде на унапред одређено растојање, нпр. 10 m и дељењем тог растојања са протеклим временом добијамо брзину тока).



Хемијске анализе воде на терену су бројне. Узорци се узимају 15 cm испод површине воде (у текућицама отвор боце окрећемо од извора, да честице из муља не би запрљале узорак и утицале на резултате), у боце које претходно два пута треба испрати управо водом коју треба да узоркујемо. Биолошки је пресудна концентрација раствореног кисеоника, која се одређује стандардним хемијским методама **одмах** на лицу места,

и по истеку пет дана (тзв. **БПК₅**⁶⁰, ради утврђивања колико је кисеоника током пет дана потрошено од стране организама, поготово аеробних бактерија, заробљених у узорку воде у посебним тзв. Винклер бочицама од око 100 mL). Савремени мерни инструменти (оксиметри) могу убрзати ова мерења.

Биолошке анализе воде су микробиолошке, ботаничке (алголошке и макрофитске) или зоолошке. Квалитативне методе се тичу таксономског састава заједница. Квантитативне методе доприносе одређивању нумеричких показатеља састава заједница.

Текст који следи ће се ограничити на зоолошке узорке и то за анализу насеља бескичмењака.

УЗОРКОВАЊЕ ЗООПЛАНКТОНА ИЗ ЈЕЗЕРА

Планктонске заједнице су део биоценоза у стајаћим или крајње споротекућим водама. Узorkовање планктонских организама се изводи филтрирањем (процеђивањем) воде. За сакупљање узорака планктона потребна је или планктонска мрежица, или специјална боца за узorkовање, или обе.

Планктонска мрежица је купаста, сашивена од млинске свиле промера окаца 30-50 μm за фито-планктон, односно 80-250 μm за зоопланктон. Јасно је да фитопланктонском мрежицом можемо сакупити и зоопланктон, а обрнуто не. Што су окца ситнија, мрежа треба да је утолико дубља (купа веће висине), да се окца не би пребрзо зачепљивала и мрежа постала неспособна да филтрира воду⁶¹. Мрежица треба да је стављена на округли жичани рам, добро везана бродским канапом, на којем су означени метри (*погледајте на слици*) како би могли да буду рађени квантитативни прорачуни густине планктонских популација. У шпицу мрежице је тешка метална посудица са славиницом, тачно одређене запремине (у нашем случају 25 mL), у којој се концентришу планктонски организми профилтрирани из воде вучењем мрежице.

Мрежица може бити коришћена двојачко:

- **вертикално** (спуштањем из усидреног пловила, или са дока, моста, бране и сл. стабилних објеката), при чему се филтрирају сви слојеви воде, од дна до површине воденог басена. У таквом узорку су организми из свих дубина, односно добија се квалитативно (по саставу врста) репрезентативан узорак за *пункт* где је узорак извучен, али без могућности одређивања подзаједница по дубинама;
- **хоризонтално** (вучењем на одређеној дубини, дуж унапред одређене линије *трансекта*, захваљујући кретању пловног објекта са којег се мрежица спушта у воду – бржа пловидба значиће плиће позиционирану мрежицу, а спорија дубље; или избацивањем из руке мрежице са навојима канапа на жељену даљину од позиције истраживача и вучењем натраг,



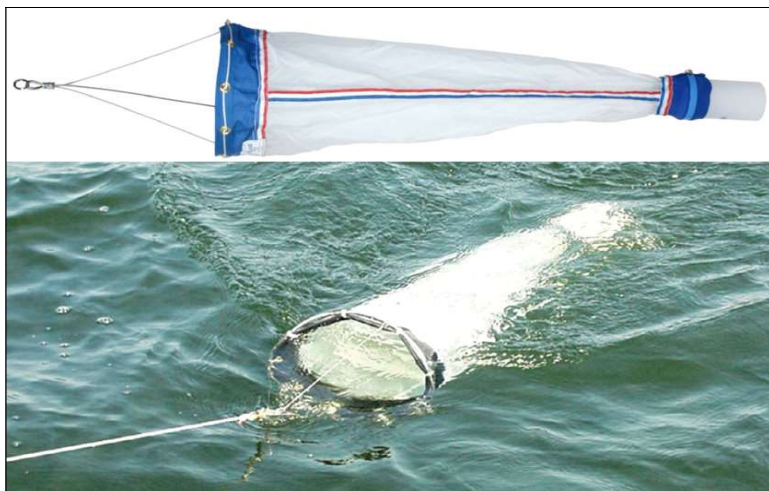
⁶⁰ Скраћено од „биолошка потрошња кисеоника за 5 дана“.

⁶¹ После свакога рада на терену, планктонске мрежице треба добро испрати чесменском водом, и то са обе стране, и споља и изнутра, а посебно у сабирном, шпицастом делу и осушити је на чистом месту.

што се може радити са обале или са неког усидреног објекта).

Уколико је водени басен из којег узоркујемо планктон са густом вегетацијом, или је вода непрозирна и има потопљених објеката у њој, да не би ризиковали цепање, мрежицу можемо „обући“ заштитним омотачем (*погледајте слику доле десно*).

Пре почетка узорковања на терену је добро у теренском дневнику одмах после унетог датума рада, назива и описа локације, скицирати и фотографисати водени систем из којег који ће бити црпљени узорци, као и сваки појединачни пункт или трансект. Добро је и додатно забележити сва запажања која би могла имати утицај на резултате.



За израчунавање густине популација планктонских организама неопходно је знати колико је воде профилирано кроз мрежицу, тј. из колике заремине воде су организми сабивени (концентровани) у посуду на дну мрежице. Будући да је отвор мрежице кружног облика, а пролазећи кроз воду она описује геометријску фигуру ваљак, запремина процеђене воде (V) је једнака производу површине отвора мрежице (зато треба знати тачно колики јој је полупречник, r)⁶² и дужине пута (**трансекта**) којим је мрежица вучена (d): $V = \pi \times r^2 \times d$.

Предност употребе планктонске мрежице у односу на боцу је што нема потребе за додатном концентровањем сакупљеног материјала, да би била редукована запремина узорка (он је 25 mL) на величину одговарајућу микроскопу са коморама за преглед планктона. Друга предност је што је могуће профилирати далеко више воде него што је могуће нацрпити планктонским боцама. Недостатак је што није могуће баш прецизно по слојевима воде (дубинама) обрадити дубље узорке (поготово ако су у питању веома дубоке воде), јер прво је тешко прецизно вући мрежицу на тачно жељеној дубини, а друго - док мрежица при извлачењу стигне до површине, ипак захвати и плиће слојеве, тј. заграби и организме који живе у горњим слојевима.

Планктонске боце су различито конструисане стаклене или пластичне направе, углавном цилиндричног облика, са уграђеним термометром и затварањем са горње и доње стране, и славиницом на дну; *погледајте доле десно слику Рутнер боце*) којима је могуће нацрпити узорак воде са планктонским насељем из тачно жељене дубине. Користе се у стајаћим и евентуално у сасвим спорим водама доњег тока. Запремине су им различите, зависно од произвођача. Углавном су у употреби боце од (тачно толико, или приближно) 1, 2, и 5, а ређе 10 L. Веома је битно знати тачну запремину боце, да би могли да урадимо квантитативну анализу сакупљеног материјала. Избор боце по запремини зависи од трофичности, тј. густине планктонског насеља у истраживаном воденом

⁶² За зоопланктонску мрежицу пречник је углавном 30 cm, а њена дубина (тј. висина купе) 60 cm.

басену – што је планктон ређи (нпр. у олиготрофним језерима), то је већи узорак воде потребан да би вероватноћа захватања свих присутних облика била задовољавајућа. Пошто је и узорак од 1 L исувише велики за прегледање под микроскопом, уобичајено је концентровање нацрпљеног узорка воде пропуштањем кроз планктонску мрежицу одговарајућег промера окаца, чиме се узорак своди на нпр. 25 mL. У случају да не поседујемо сет боца различитих запремина, већ само најмању, онда је потребно да теренски сакупљач узорака у олиготрофном језеру бар 10 пута спушта ову боцу на сваку радну дубину на сваком од пунктова за узорковање и тако има профилирано по 10 L сирове воде, с тим да сву ту запремину на крају процеди кроз планктонску мрежицу и сведе на 25 mL.

Предност коришћења планктонске боце у односу на планктонску мрежицу је што одмах, без прерачунавања, знамо запремину узорковане сирове воде, као и температуру на дубини узорковања. Недостатак је што је запремина узорка ограничена, често⁶³ недовољна за добро квалитативно узорковање⁶⁴, па треба виšekратно понављати спуштање боце, што је дангубно поготово када су у питању врло дубоки водени басени⁶⁵ и ако је јак ветар и вода узбуркана може бити отежано у случају рада са усидреног пловила.

У сваком случају, уз планктонску боцу је потребна и планктонска мрежица одговарајуће порозности.

Било на који начин да је извучен, зоопланктонски узорак треба фиксирати наливањем конзерванса (најчешће 4% формалдехида⁶⁶ или 75% етанола у сразмери 1:1 у односу на запремину узорка) док укупно не буде 100 mL. Фиксирани планктонски узорак даље подлеже лабораторијској обради.

УЗОРКОВАЊЕ БЕНТОСА ИЗ СТАЈАЊИХ ВОДЕНИХ ЕКОСИСТЕМА

За сакупљење бентосних узорака из стајаћих, као и дубоких, сасвим споро текућих водених екосистема, користе се алатке зване **багери**. Које ће конструкције и величине багер бити, зависи од типа



⁶³ уколико је планктонско насеље врло ретко

⁶⁴ да узорак захвати стварно све врсте присутне у планктону и то у пропорцији каква јесте по бројности њихових популација

⁶⁵ у том случају се користи мотор и чекрк за брже извлачење боце

⁶⁶ Формалдехид је одличан фиксатив и конзерванс, али је по здравље људи врло опасна супстанца и треба веома пажљиво радити са њим, избегавајући да директно буде удахнуто његово испарење и директан додир са кожом. Стога је за рад са студентима препоручљивије коришћење етанола.

подлоге на дну и од захтева истраживања. Уколико је дно уједначено мекано, тј. од песка и/или муља, користе се багери са равним странама „кашика“, а ако је обрастало, са камењем, крупним шљунком, шкољкама и сл., онда су оне назубљене. На сликама је багер са равним кашикама, из наше лабораторије. То је **багер по Екману**⁶⁷, који је заправо метална коцка, од нерђајућег материјала, странице 20 cm⁶⁸, са два покретна „крилца“ одозго (као поклопац), две покретне „кашике“ одоздо, системом за натезање и отварање „кашика“. Све то је на дршци везаној квалитетним бродским канапом, са обележеним метрима. Канап је провучен кроз шупљи тешки ваљак. Он служи као тег, који падањем низ вертикално стојећи канап активира затварање „кашика“.

Багер се сасвим вертикално спушта на дно, отворених „кашика“ (као на десној слици), тако да тоне захваљујући сопственој маси, са дока, бране, или чврсто укотвљеног пловила⁶⁹. Док тоне, крилца на горњем делу се отворе и вода несметано пролази кроз багер. Чим багер стигне до дна и зарије се у њега отворен, тј. када престане одмотавање канапа, одозго се низ канап спушта тег за активирање затварања и багер заграби део⁷⁰ материјала са дна, у нашем случају површине 20 x 20 cm.



Потом се багер са узорком извлачи, садржај изручи у већи суд и испира, тако да буде одстрањен сав небиолошки садржај, а организми пребаце у плићи бели суд, наливен водом уколико се одмах ради идентификација. Уколико нема времена и одређивање материјала се одлаже, онда издвојене организме из узорка треба пребацити у теглицу одговарајуће величине, ширег отвора, са поузданим затварачем, налити фиксатив (који ће усмртити организме и конзервирати их) и прецизно обележити теглицу (у води и алкохолу нерастворним маркером), или убацити у њу папирић са подацима о узорку (датум/време узорковања, место, пункт, дубину, име сакупљача...).

УЗОРКОВАЊЕ БЕНТОСА ИЗ ТЕКУЋИХ ВОДЕНИХ ЕКОСИСТЕМА

Бентосне мреже (=ентомолошке мреже за лов зглавкара у води) и њихова примена у прикупљању узорака бентосног насеља у текућицама и плитким деловима стајаћих водених екосистема су већ описане на стр. 82 и 83.

УЗОРКОВАЊЕ ПЕРИФИТОНА

Ако је истраживани водени екосистем обрастао вегетацијом, бентос је неприступачан за узорковање, али је перифитон доступан.

Сакупљање перифитона је већ објашњено на стр. 83.

⁶⁷ Постоје и другачија решења, попут Петерсоновог багера

⁶⁸ Димензије, а то значи и захватна површина, запремина и маса, багера се разликују од произвођача до произвођача.

⁶⁹ Ако није стабилно место са којег се багер спушта, канап се искоси и тег не може ваљано да активирање затварање, па узорак бива изгубљен или непотпун.

⁷⁰ Важно је да знамо величину узорковане површине због квантитативне обраде материјала, тј. прерачунавања густине популација затечених врста на јединицу површине.

Треба напоменути да **на сваком радном пункту** узимамо бар по три бентосне и перифитонске пробе (радимо **најмање по три понављања**) како би сваки сабрани узорак био што репрезентативнији.

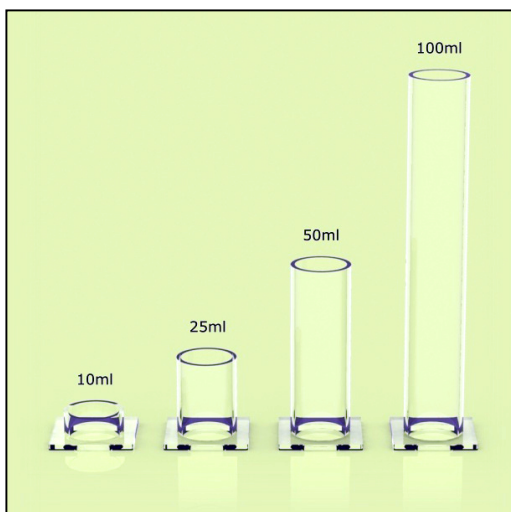
Било на који начин сакупљени, бентосни и перифитонски узорци спаковани у бочице ширег грлића, фиксирани 75% етанолом, или само 4% формалдехидом, или мешавином 75% етанола, глицерина и 4% формалдехида у сразмери 15:1:4⁷¹, даље подлежу лабораторијској обради⁷².

ЛАБОРАТОРИЈСКА ОБРАДА УЗОРАКА ЗООПЛАНКТОНА

На терену фиксирани узорци зоопланктона у лабораторији подлежу даљој анализи. Уколико на самом терену запремина сваког узорка није додавањем фиксатива (опредељујемо се за 75% етанол, из већ спомињаних разлога) доведена до 100 mL, то урадимо сада.

Узорке планктона пре анализе под микроскопом треба добро **хомогенизовати** (=промућкати) и брзо из средине бочице, док се материјал није сталожиио, извући широм пипетом (никако НЕ ВУЋИ УСТИМА!!!) 1 mL и прегледати га пажљиво под микроскопом. У бележницу одмах уписивати препознате (помоћу „кључева“ или монографских дела) таксоне и број јединки из сваког. Од сваког узорка треба прегледати бар по 5%, што значи да овај поступак хомогенизације, извлачења и прегледања по **1 mL**⁷³ треба понављати **пет пута!** Другим речима, прегледање планктона захтева много времена и стрпљења. После прегледа свих 5 mL, саберемо све податке и помножимо са 20 како би добили слику о сумарном квантитативном присуству регистрованих таксона у узорку. Наравно да и за сваки таксон појединачно израчунамо присуство. Будући да је узорак представљао концентрат из профилираног ваљка воде (ако је за сакупљање узорка коришћена мрежица) или запремину планктонске боце (пажња, ако је боца више пута коришћена за исти узорак онда треба помножити број извлачења пуне боце и њену запремину!), малопређашњим множењем са 20 је заправо добијен број организама у читавој профилираној запремини воде, па га треба поделити бројем литара како би добили **густину укупног зоопланктона по једном литру** воде у датом узорку истраживаног екосистема. Исто радимо за сваки идентификовани таксон и на основу добијених вредности одређујемо **доминантност сваког таксона**.

Прегледање зоопланктона је у случају поседовања одговарајуће микроскопске опреме могуће и на други начин, коришћењем седиментацијских **коморица за микроскопирање планктона**. Коморице су различитих запремина. *На слици десно* су Утермол коморице, запремина 10, 25, 50 и 100 mL. Истраживач бира коју ће користити зависно од густине планктонског насеља у узорку – што је



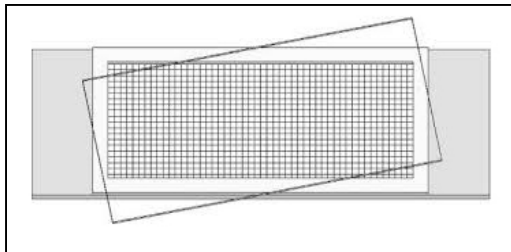
⁷¹ За литар оваквог конзерванса треба помешати 750 mL 75% етанола, 200 mL 4% формалдехида и 50 mL глицерина. У њему фиксирани организми остају очуване боје. Ипак, из раније наведених разлога за рад на вежбама са студентима је најбезбедније коришћење етанола.

⁷² За наредни сегмент објашњења корисна су и неуторизована скрипта за предмет Хидробиологија: Симић, В., Симић, Б.С., Петровић, А., Ђорђевић, Н. (2014): *Хидробиологија и заштита вода - радна свеска за практичну и теренску наставу*.

⁷³ У случају да не можемо одједном цели милилитар да ставимо на предметну плочицу, обрадићемо капи од по 0,1 mL.

ређе, то му већа комора треба. Хомогенизовани узорак планктона се преспе у комору, сачека да се сталожу и онда веома пажљиво микроскопира дно коморе где су се наталожили планктонски организми. Истраживач идентификује таксоне и пребројава њихово присуство.

Коморице за пребројавање планктонских организама могу бити и другачије, са шрафираном мрежицом за лакши рад. *На десној слици* је схема Сецвик-Рафтер коморице за квантитативну микроскопску анализу планктона.



Осим овако прецизног одређивања бројности планктонских организама, тј. густине њихових популација у анализираној води, базираног на директном пребројавању јединки, могуће је исто приказати и **релативном бројношћу** према субјективном сагледавању присутности у односу на укупно сакупљен материјал **скалом од 1 до 5** или од **1 до 7**, при чему су најмањим бројем означене врсте заступљене тек појединачним примерцима, док највећи приписујемо најбројнијој врсти, а остале смештамо између ових оквира. Ипак, овакво **процењивање** захтева веће искуство.

ЛАБОРАТОРИЈСКА ОБРАДА УЗОРАКА БЕНТОСА И ПЕРИФИТОНА

Што се квантитативне анализе сакупљеног материјала из бентосног насеља тиче, и она се, слично планктонској, базира на методи пробних простора, с тим да је тамо коришћена запремина, а овде површина (рамом Сурберове мреже, односно отвором багера је ограничена површина дна за узорковање).

Пошто смо на сваком пункту узели најмање по три пробе и тако добили репрезентативне узорке за сваки пункт, почињемо обраду појединачних узорака. Најпре у бележницу препишемо теренске податке о узорку, у плитак бели суд излијемо садржај узорка из бочице и пинцетама почињемо да разврставамо организме, раздвајајући их по групама у Петри-посуде са 75% етанолом. За ситније морамо користити лупу са увећањем бар 50x. Идентификацију радимо помоћу „кључева“ или монографских дела, и у бележницу уписујемо број јединки за сваки констатовани таксон. Након завршеног прегледања једног узорка израчунамо доминантност за сваки констатовани таксон.

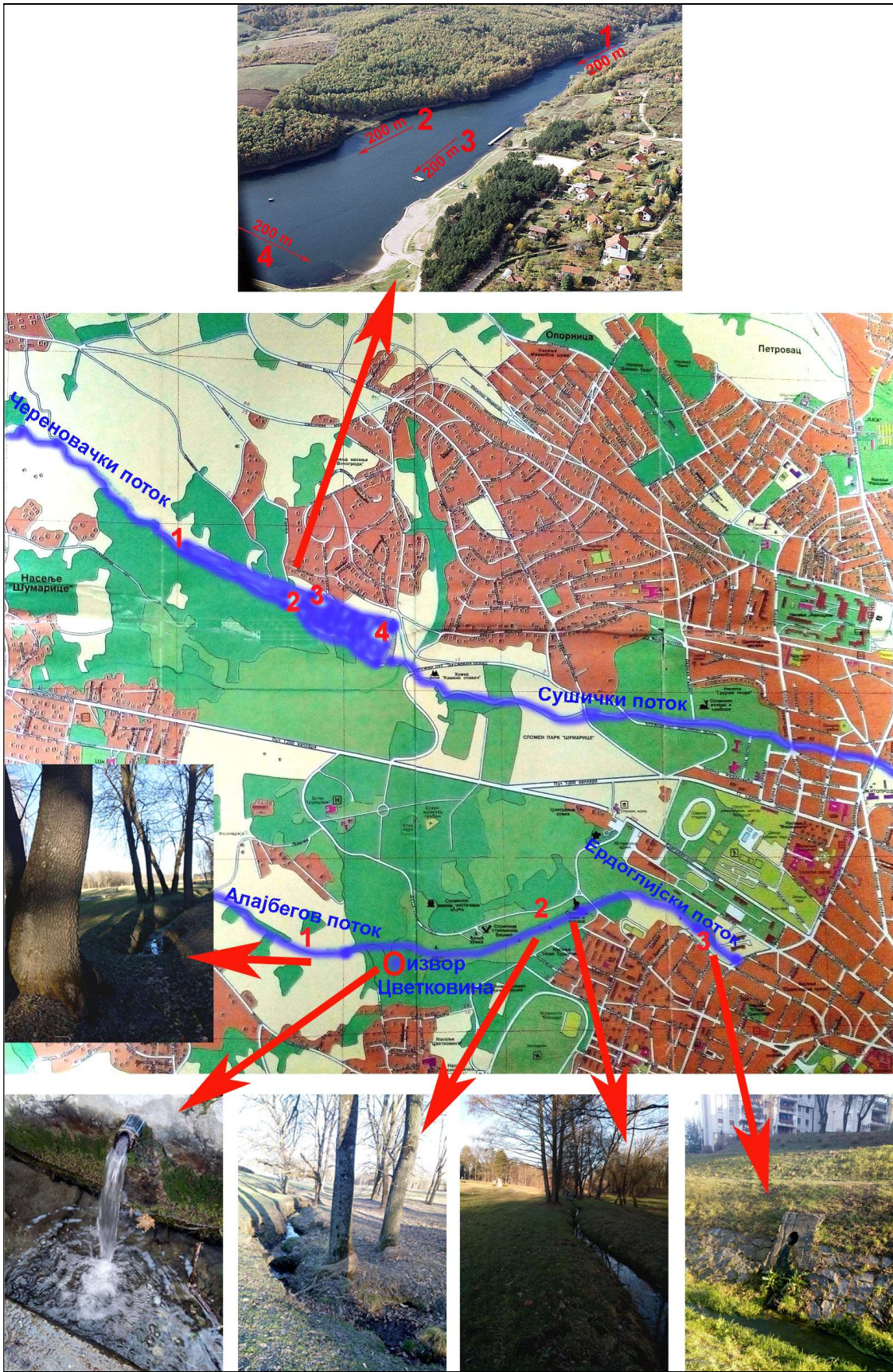
Циљ ове вежбе, која се углавном спроводи у мају, је да студенти испробају сакупљање зоолошког материјала (планктона, бентоса и перифитона) из потока и акумулационог језера надомак Крагујевца. Осим тога, вежбаће идентификацију сакупљених организама. На крају ће на основу добијених фаунистичких података закључити о два истражена слатководна екосистема колико су стабилни и да ли трпе негативне последице антропогеног притиска.

Практични рад (терен и лабораторија)

Овај практични рад подразумева два термина за вежбе, један за узорковање, а други за анализу узорака.

Пошто Крагујевац има солидну хидрографску мрежу, зависно од конкретних околности у школској години, могућ је избор различитих локалитета за рад, а у даљем тексту је као пример узета комбинација „језера“ и потока у Шумарицама.

Пример распореда пунктова/линија трансекта за узорковање су приказани на доњој схеми, на примеру акумулационог „језера“ и Ердоглијског потока у Шумарицама.



Будући да на другим наставним предметима студенти обрађују појединачне сегменте водених биоценоза, у овом случају акценат ће бити на зоолошком бескичмењачком насељу.

Потребно за рад

Минимално потребно за рад на терену јесу алат, посуде, хемикалије за фиксирање, додатне ситнице и лична средства, тј. конкретно по овим категоријама:

- багер, бентосна мрежа, планктонска мрежа, бентосна мрежа, евентуално боца за узорковање планктона, термометар;
- две кофе, бела кадица и два бела тањира, Петри посуде, 30-ак пластичних боца за узорке запремине 100 и 250 mL, пинцете, теренска лупа;
- 96% етанол (који ће додавањем у узорке са водом достићи концентрацију 75%)
- штоперица, папирићи за етикете, маркер, графитна оловка, бележница, теренски „кључеви“ за идентификацију врста;
- гумене чизме и одбојно средство против комараца.

Пре почетка рада ОБАВЕЗНО треба проверити чврстину канапа на багеру и мрежици, отворивост и затворивост славинице на мрежици и да није негде подерана.

За рад у лабораторији потребна је бинокуларна лупа, више Петри посуда, пинцете, 75% етанол, бележница, графитна оловка, „кључеви“ за идентификацију врста, евентуално рачунар са доступним интернетом.

УЗОРКОВАЊЕ

Акумулационо „језеро“ у Шумарицама

Планктон (и у оквиру њега и зоопланктон) студенти могу да сакупљају из акумулације у Шумарицама планктонском мрежицом са окцима промера 25 μm , радећи на три начина. Избор начина рада зависи од величине групе, метеоролошких услова и расположивих средстава за рад.

- Уколико имају на располагању чамац, и нема ветра, узорковаће дуж четири хоризонталне линије **трансекта**, позициониране *као на горњој схеми*, тј. једну у најплићем (1), једну у најдубљем делу код бране (4) и две уздуж језера (2 и 3), ближе обали обраслој шумом и ближе другој, купалишној обали) дуге по 200 m. Најплића зона ће бити обрађена само до дубине 0,5 m, док ће уз брану бити узоркована вода са пет дубина (до 0,5, на 2, на 5, на 10 и при дну, тј. на 15-19 m. Бочне линије ће бити обрађене са по две или три дубине, зависно од дубине воде. Ово значи да би на овај начин у једном снимку (изласку на терен) могло бити узето до 12 узорака планктона.
- Други начин, уколико постоји адекватан чамац, би био узорковање **вертикалних узорака** на четири пункта (као на слици), што значи да би укупно било четири узорка.
- Трећи начин, без чамца, би био реализован **ручним избацивањем мрежице** са обала. Радило би се са четири локације - по једна у најплићем делу и уз брану, и са обе обале, тако што би по пет студената на сваком пункту радило. Сваки студент би се опробао као бацач мреже бар по једном, а на основу дужине избачаја канапа би било рачунато колико је воде на сваком пункту процеђено.

Бентос (бескичмењачки зообентос) би био узоркован на два начина:

- помоћу **багера** (на иста четири места где су извучени вертикални узорци планктона), ако се ради из чамца или са дока, и

- помоћу **бентосне мреже**, на четири локације уз обале (одакле је планктон сакупљан ручним избацавањем мрежице), али у по три понављања, да би добили репрезентативни узорак.

Осим планктона, и бентоса на акумулацији у Шумарицама могуће је узорковати и **перифитон** у најплићим деловима обраслим вегетацијом, њеним чупањем и испирањем у бентосној мрежи, или стругањем са стубова дока, камења, потоњених комада дрвета и сл. и тако допунити слику о насељу бескичмењака у овом воденом екосистему.

Ердоглијски поток

Из ове невелике текућице студенти би могли да на три пункта (*као на слици*), у по три понављања, да би добили репрезентативни узорак, узоркују **бентос** и **перифитон** помоћу бентосне мреже. Обавезно ће одредити и брзину тока на сва три пункта (пуштањем папирића или калијум-перманганата као боје, низ ток у дужини 10 m, и мерењем потребног времена штоперицом).

Сви узорци треба да су тачно обележени и добро фиксирани, јер добра фиксација значи добру конзервацију и дуготрајну (вишегодишњу) могућност очувања узорака.

ОБРАДА САКУПЉЕНОГ МАТЕРИЈАЛА

Сакупљене крупније бентосне и перифитонске организме могуће је одмах по улову на терену идентификовати помоћу илустрованих теренских кључева. Сав остали материјал подлеже детаљној обради у лабораторији, на већ описани начин. „Кључеви“ су исти као за предмет Хидробиологија.

- Пошто у радне табеле буду унети подаци о свим узорцима сакупљеним у датом (вероватно мајском) аспекту истраживаног „језера“ и потока, израчунавају се доминантности свих таксона у сваком узорку, и таксони разврставају по категоријама датим на стр. 63 овога Практикума.
- Потом треба израчунати индексе општег диверзитета (по Шенон Виверовом обрасцу на стр. 63) за сваки обрађени пункт/трансект, али и обједињени за све, тј. за екосистем акумулације и потока у целини.
- Упоредити израчунате индексе општег диверзитета за пунктове у сваком екосистему, као и укупне за „језеро“ и поток и закључити колико су регистроване заједнице стабилне и има ли евенталног угрожавања од стране људи.

РЕЗУЛТАТИ ПРАКТИЧНОГА РАДА

ЈЕЗЕРО _____, _____.20__ год.

Абиотички параметри

Параметар	Језеро - пункт/трансект			
	1	2	3	4
Географска дужина				
Географска ширина				
Надморска висина (m)				
Приближна површина (m ²)				
Температура воде (°C) на површини				
Температура воде (°C) на 50 cm				
Температура воде (°C) на 2 m				
Температура воде (°C) на 5 m				
Температура воде (°C) на 10 m				
Температура воде (°C) при дну				
Сат узорковања				
pH воде				
Процеђено литара воде на 50 cm				
Процеђено литара воде на 2 m				
Процеђено литара воде на 5 m				
Процеђено литара воде на 10 m				
Процеђено литара воде при дну				
Процеђено литара воде (за избачаје)				
Временске прилике				

Зоопланктонско насеље - број јединки

	Таксон	Језеро - пункт/трансект			
		1	2	3	4
1					
2					
3					
Σ					

Зоопланктонско насеље – доминантност врста

	Таксон	Језеро - пункт/трансект			
		1	2	3	4
1					
2					
3					

Зоопланктонско насеље – индекс општег диверзитета

Језеро - пункт/трансект			
1	2	3	4

Зообентосно насеље - број јединки

	Таксон	Језеро - пункт			
		1	2	3	4
1					
2					
3					
Σ					

Зооперифитон – доминантност врста

	Таксон	Језеро - пункт			
		1	2	3	4
1					
2					
3					

Зооперифитон – индекс општег диверзитета

Језеро - пункт/трансект			
1	2	3	4

Зоопланктон, зообентос и зооперифитон – индекс општег диверзитета

Језеро - пункт/трансект			
1	2	3	4

ПОТОК _____, _____.20__ год.

Абиотички параметри

Параметар	Поток - пункт		
	1	2	3
Географска дужина			
Географска ширина			
Надморска висина (m)			
Приближна дужина (m)			
Температура воде (°C)			
Брзина воде (m/s)			
Сат узорковања			
pH воде			
Временске прилике			

Зообентосно насеље - број јединки

	Таксон	Поток - пункт		
		1	2	3
1				
2				
3				
Σ				

Зообентосно насеље – доминантност врста

	Таксон	Поток - пункт		
		1	2	3
1				
2				
3				

