



Лидија Амиџић

ОДРЖИВО УПРАВЉАЊЕ ВОДНИМ РЕСУРСИМА

Београд, 2021.



УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУМУ
ЖИВОТНА СРЕДИНА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ

Лидија Амиџић

ОДРЖИВО УПРАВЉАЊЕ ВОДНИМ РЕСУРСИМА

Прво издање

Београд, 2021.

ОДРЖИВО УПРАВЉАЊЕ ВОДНИМ РЕСУРСИМА

Аутор:

др Лидија Амиџић

Рецензенти:

Проф. др Зоран Кривошеј

Проф. др Данијела Продановић

Издавач:

УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ

Београд, Данијелова32

www.singidunum.ac.rs

За издавача:

др Милован Станишић

Припрема за штампу:

Милош Вишњић

Дизајн корица:

Александар Михајловић, МА

Година издања:

2021.

Тираж:

300 примерака

Штампа:

Caligraph, Београд

ISBN: 978-86-7912-753-2

Copyright:

© 2021. Univerzitet Singidunum

Izdavač zadržava sva prava.

Reprodukcija pojedinih delova ili celine ove publikacije nije dozvoljena.

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	1
1.1. Дефиниција и подела природних ресурса	1
1.2. Вода као извор живота и као природни ресурс	3
1.3. Хидрологија и хидробиологија	7
2. РАСПОРЕД И КРУЖЕЊЕ ВОДЕ НА ЗЕМЉИ	11
3. ХЕМИЈСКО-ФИЗИЧКЕ ОСОБИНЕ ПРИРОДНИХ ВОДА	17
4. МОРА И ОКЕАНИ	31
4.1. Распоред и вертикална структура мора и океана	31
4.2. Покрети морске воде	35
4.3. Животне заједнице светског мора	40
5. КОПНЕНЕ ВОДЕ	47
5.1. Подела копнених вода	47
5.2. Издани	48
5.3. Извори	53
5.4. Реке	57
5.5. Стајаће воде	70
6. ЖИВИ СВЕТ КОПНЕНИХ ВОДА	93
6.1. Живи свет издани	93
6.2. Еколошки типови биљака влажних и водених станишта	97
6.3. Зонални распоред животних заједница стајаћих вода	100
6.4. Зонални распоред животних заједница текућих вода	110
6.5. Птице и сисари везани за водене екосистеме	115
7. ЗАГАЂЕЊЕ ВОДА	119
7.1. Врсте загађења вода у природи	119
7.2. Физичко загађење воде у природи	122
7.3. Хемијско загађење воде у природи	125
7.4. Дејство штетних и токсичних материја	128
7.5. Нивои токсичности водених екосистема	131
7.6. Биолошки ефекти загађења вода органским материјама	132
7.7. Одређивање степена загађености вода физичко-хемијским методама	134
7.8. Одређивање степена загађености вода биолошким методама	136
7.9. Нивои сапробности вода	139
7.10. Оцена стања квалитета површинских вода	143
7.11. Загађење морских екосистема	145

8. ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ВОДА	153
8.1. Самопречишћавање водених екосистема	153
8.2. Вештачко пречишћавање отпадних вода	158
8.3. Пречишћавање и обрада воде за пиће	166
8.4. Екоремедијација	170
8.5. Конструисани екосистеми за пречишћавање воде	177
8.6. Аквапонички системи	183
8.7. Конструисана плутајућа острва	186
9. ЗАШТИТА И МОНИТОРИНГ ВОДА ЗА ВОДОСНАБДЕВАЊЕСТАНОВНИШТВА	191
9.1. Оцена стања и заштита подземних вода	191
9.2. Заштита изворишта водоснабдевања	194
9.3. Мониторинг воде за пиће	197
10. МЕЂУНАРОДНИ ОКВИР УПРАВЉАЊА ВОДАМА	201
10.1. Оквирна директива о водама Европске уније	201
10.2. Конвенција о заштити влажних станишта	204
11. НАЦИОНАЛНИ ОКВИР УПРАВЉАЊА ВОДАМА	209
11.1. Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године	209
11.2. Закон о водама	212
11.3. Закон о заштити животне средине	222
11.4. Закон о заштити и одрживом коришћењу рибљег фонда	226
11.5. Други закони од значаја за очување водних ресурса	230
11.6. Институције од посебног значаја за управљање водама	232
Литература	239
Биографија	247

1.



УВОДНА РАЗМАТРАЊА

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

1.1. ДЕФИНИЦИЈА И ПОДЕЛА ПРИРОДНИХ РЕСУРСА

Природне вредности су све творевине, појаве и процеси на планети Земљи који су настали и постоје независно од човека. Делови наше планете који поседују очуване, јединствене, ретке или репрезентативне геолошке, хидрогеолошке, хидролошке, геоморфолошке и биолошке природне вредности, део су природног наслеђа појединих народа и човечанства у целини, тако да обично добијају статус заштићених подручја у којима се природа чува од експлоатације и деструктивних активности човека.

Природни ресурси представљају природне вредности које се директно или индиректно могу користити и имају реалну или потенцијалну економску вредност. У природне ресурсе спадају сунчево зрачење, ваздух, вода, стенске масе, земљиште, флора, фауна, вегетација. Опстанак и задовољење биолошких, социо-економских, друштвених, научно-образовних, здравствено-рекреативних, културних и естетских потреба човека, безусловно су везани за природне вредности и ресурсе.

Подела природних ресурса може се извршити на основу већег броја критеријума.

Подела природних ресурса према припадности:

- природни ресурси атмосфере;
- природни ресурси литосфере;
- природни ресурси хидросфере;
- природни ресурси биосфере.

Подела природних ресурса према еколошким карактеристикама:

- абиотички ресурси (компоненте литосфере, атмосфера, педосфера и хидросфера);
- биотички ресурси (органске врсте, њихови продукти и заједнице).

Подела природних ресурса према квантитативној мерљивости:

- материјални ресурси чији се квантитет може измерити (сунчева енергија, минерали, нафта, угаљ, снага ветра и воде, дрвна маса, итд.);
- нематеријални ресурси чији се квантитет не може измерити (задовољење естетских, духовних, здравствено-рекреативних, истраживачких и образовних потреба).

Подела природних ресурса према степену истражености:

- доказани;
- вероватни;
- уочени;
- закључени;
- хипотетички;
- спекулативни.

Подела природних ресурса према степену економичности:

- рентабилни или билансни (искористивост преко 90%);
- условно рентабилни.

Подела природних ресурса према трајности:

- необновљиви;
- обновљиви;
- неисцрпљиви.
- **Необновљиви** (исцрпљиви) природни ресурси постоје у исцрпљивим количинама на различитим местима на Земљи, а стварани су геолошким, физичким и хемијским процесима у дугом временском периоду. У ове ресурсе спадају:
 - а) рециклабилни ресурси (металичне и неметаличне минералне сировине);
 - б) нерестилабилни (енергетске минералне сировине – угаљ, нафта, уљни шкриљци, земни гас).
- **Обновљиви** (или потенцијално обновљиви) природни ресурси условно могу трајати неограничено уколико се троше спорије него што се регенеришу природним процесима (земљиште, флора, фауна, вегетација, биомаса).
- **Неисцрпљиви** (трајни) природни ресурси могу трајати неограничено. У ове ресурсе спадају:
 - а) дисперговани ресурси (соларна енергија, енергија ветра, енергија воде, геотермална енергија, нуклеарна енергија);
 - б) акумулирајући ресурси (ваздух и вода).

Богатство сваке државе мери се количином и расположивошћу природних ресурса, степеном њихове очуваности и одрживог коришћења. Квалитативна и квантитативна ограниченост, као и убрзано исцрпљивање природних ресурса, доводе у питање перспективу будућег развоја сваког друштва. То је нарочито изражено у случају необновљивих, али и обновљивих ресурса, као што су чиста вода или биодиверзитет који се користе без јасно дефинисаних инструмената планирања, управљања и заштите. Поред расположивости ресурса, подједнако важан за стање ресурса и животне средине је начин на који се ресурси користе – каква је технологија експлоатације и прераде, колика је ефикасност искоришћавања, како се регулише одлагање отпада и рециклажа.

Опредељеност за дугорочан и одрживи развој у први план ставља реалну процену расположивости и стања природних ресурса, њихово одговорно коришћење и правичну расподелу, као и очување бар релативно задовољавајућег квалитета животне средине. Међутим, експоненцијални раст светског становништва, све већа потреба за ресурсима и њихова све интензивнија експлоатација, доводе до еколошких прекорачења и угрожавања перспективне будућности човечанства.

1.2. ВОДА КАО ИЗВОР ЖИВОТА И КАО ПРИРОДНИ РЕСУРС

Вода је једињење без којег би наша „водена“ планета изгледала сасвим другачије и без којег би живот био незамислив. Поред тога што има градивну, транспортну, физиолошку, формативну и дистрибутивну улогу у живом свету, вода је заједно са енергијом Сунца основни покретач биогеохемијских циклуса на Земљи. Сагледавајући значај воде за органске системе, још је Талес из Милета (624 – 546 г. п. н. е.) воду сматрао праматеријом из које је све настало, док је Емпедокле (490 - 430 г. п. н. е.) развио космолошку теорију по којој су вода, ваздух, земља и ватра основни елементи из којих је све настало.

Пре свега, вода је основни покретач свих животних процеса. Она је средина у којој је живот настао, у којој се усложњавао и дивергирао. Она је и унутрашња средина сваког организма заслужна за све биохемијске и физиолошке процесе.

Вода у сваком организму има пре свега, **градивну функцију**. Она представља основну компоненту сваке ћелије, и у зависности од врсте ћелија чини 50% до 95% укупне ћелијске масе. То значи да је далеко заступљенија у односу на сва остала једињења у ћелијама.

Цитоплазма сваке ћелије састоји се од сложеног комплекса молекула беланчевина који имају својства хидрофилних колоида зато што се везују са молекулима воде и бубре. На тај начин, стварају се услови за одвијање биохемијских и физиолошких реакција и процеса. У случајевима када ћелија губи воду, опада њена физиолошка активност и ремети се њена структурираност што доводи до лаганог умирања. Дакле, ћелија је активна и функционална само док је њена протоплазма довољно прожета водом што значи да је вода базични активатор свих животних процеса. Пошто је **универзални растварач** у којем се одвијају и усмеравају биохемијске и физиолошке реакције, нарочито активност катализатора, а пошто и сама има улогу катализатора, вода има и незаменљиву **метаболичку функцију**.

Хидрофилно-колоидна структура цитоплазме обезбеђује постојање **тургора**, унутарћелијског притиска који омогућује очување облика, чврстине и функције биљних ћелија и ткива. Што је већа количина воде везана за цитоплазматичне структуре, то је и тургор већи, а ћелија је метаболички активнија. То значи да вода има и **структуралну** улогу. Опадање тургора доводи до смежуравања не само ћелија, него и ткива.

Значај воде се огледа и у њеној **транспортној** функцији. Она је укључена у процес транспорта свих органских и неорганских једињења у организму, па самим тим, и у процес транспорта гасова. Сва једињења која циркулишу кроз организам, налазе се у облику воденог раствора.

Вода је код аутотрофних биљака „сировина“ за продукцију органских материја. Наиме, у процесу фотосинтезе вода је **давалац водоника** за изградњу простих шећера. Кисеоник који се у овом процесу ослобађа из ње, одлази у атмосферу доприносећи уравнотеженом балансу атмосферских гасова.

Вода је и ефикасан **терморегулатор**. Њено стално струјање кроз организам и испаравање преко епидермиса и стома (транспирација) код копнених биљака, односно, преко коже и респираторних путева код копнених животиња, омогућава очување њихове уравнотежене температуре. Ово је нарочито значајно за копнене организме изложене јаком сунчевом зрачењу и високим температурама.

Вода има незаменљиву улогу не само када су у питању појединачни организми, него и биосфера у целини. Циклус кружења воде је најобимнији биогеохемијски процес на Земљи који се захваљујући протоку енергије јавља као основни **покретач кружења материје**. Без кружења воде не би било могуће кружење осталих једињења и елемената, као и функционисање екосистема и биосфере у целини.

С обзиром да има изражену способност апсорпције и акумулације топлоте, вода је истовремено и најзначајнији **стабилизатор геофизичких и геохемијских** процеса на планети, па самим тим и климатског система Земље.

У еколошком погледу значај воде огледа се и у њеној **дистрибутивној** улози која се огледа у утицају на просторни распоред појединих еколошких група организама. Пре свега, вода је за огроман број организама непосредна **животна средина** којој су они оптимално прилагођени. У односу на то да ли се ради о морским, поточним, речним, ритским, барским или мочварним стаништима, зависи и распоред појединих еколошких типова организама. Поред тога што постоје разноврсна водена станишта, постоје и разноврсна копнена станишта која су у односу на водни режим умерено или екстремно сушна, умерено или екстремно влажна. Самим тим, од типа водног режима копнених станишта, зависи и распоред појединих еколошких типова организама дуж географских пространа.

Пошто је на различитим стаништима вода неједнако доступна, током еволуције су настајали организми са разноврсним адаптацијама на водни режим одређеног типа станишта. Њихово прилагођавање специфичном водном режиму станишта резултирало је јединственим анатомско-морфолошким, физиолошким и еколошким решењима што се испољава кроз појаву различитих животних форми. То значи да вода има и **формативну** улогу.

Ако воду посматрамо као ресурс, јасно је да је ни један други ресурс не може заменити јер је вода неопходна за пиће и припрему хране, за одржавање личне и комуналне хигијене, за рекреацију и спорт, али за обављање свих привредних делатности, првенствено пољопривреде, индустрије, енергетике, саобраћаја и туризма.

Крајем XIX века на Земљи је живело око 2 милијарде људи, крајем XX века готово 6 милијарди, а 2019. године преко 7,75 милијарди. Овакав експоненцијални раст становништва неминовно доводи до све веће потражње за водом као ресурсом. У просечним вредностима, глобална потрошња воде сваке године већа је за 2%, а чак 70% расположивих залиха воде троши се у процесу пољопривредне производње. Потрошња воде у градовима развијенијих држава достиже 300 до 600 литара по становнику на дан. Ову количину чини вода која се користи за пиће, у домаћинствима, комуналним делатностима, установама и индустрији. Међутим, 2,2 милијарде људи нема приступ сигурним залихама квалитетне воде за пиће, чак 4,2 милијарде људи нема приступ сигурним залихама воде за санитарне потребе, 2 милијарде људи живи у земљама које су изложене великом воденом стресу, док се 80% отпадних вода враћа у природне екосистеме без пречишћавања или поновне употребе (www.un.org/en/observances/water-day).

Уколико овакав тренд буде настављен услед неадекватног управљања водним ресурсима, према проценама Међународног института за истраживање прехранбене политике (The International Food Policy Research Institute), до 2050. године несташицом воде биће угрожено 4,8 милијарди људи, али ће бити угрожена и половина светске производње житарица. То значи да је наше време обележено **глобалном кризом воде** као међународним проблемом. Глобална криза воде првенствено се испољава кроз потешкоће у обезбеђивању свеже воде за потребе становништва, индустрије и пољопривреде услед њеног прекомерног коришћења, загађења и неадекватног управљања. Због тога водни ресурси као ограничавајући фактор развоја постају једна од најдоминантнијих ставки у стратешком планирању развоја сваке заједнице.

Стратешки дефинисано, одговорно и **интегрално управљање водним ресурсима** обухвата скуп мера и активности усмерених на:

- одржавање и унапређење водног режима;
- обезбеђивање потребних количина воде задовољавајућег квалитета за различите намене и потребе становништва;
- очување природних екосистема и укупног биодиверзитета како водених, тако и копнених станишта;
- заштиту вода од загађивања;
- заштиту од штетног дејства вода.

Управљање водама представља веома одговорну делатност јер питка и лако доступна копнена вода чини свега 0,014% укупног водног потенцијала наше планете. И ова количина могла би да подмири потребе укупног светског становништва када би се водама управљало рационално и када би се елиминисали сви они негативни чиниоци који ремете хидролошки циклус биосфере. Из овог разлога, управљању водним ресурсима треба да се приступи целовито, уз уважавање широког спектра услова – еколошких, економских, социјалних и политичких. Како би цео процес управљања био успешан, неопходно је обезбедити одређене предуслове, пре свега адекватан правни оквир, добро организоване институције, информациону и техничку подршку, као и подизање свести сваког појединца о неопходности очувања природних ресурса.

1.3. ХИДРОЛОГИЈА И ХИДРОБИОЛОГИЈА

Хидрологија (грч. *hydor* – вода, *logos* – наука) је географска научна дисциплина која се бави проучавањем вода у природи, њиховим распрострањењем на површини Земље, у земљишту и атмосфери, као и појавама и процесима који се дешавају у водама.

Хидрологија се према предмету истраживања може поделити на већи број научних дисциплина.

Општа хидрологија је научна дисциплина која проучава све водне објекте на нашој планети користећи се географским и геофизичким методама.

Океанологија проучава Светско море и све појаве и процесе везане за њега. У оквиру ове научне дисциплине издвајају се:

- геолошка океанологија која проучава тектонику плоча и остале појаве и процесе везане за морско дно;
- физичка океанологија која проучава физичке карактеристике морске воде (температуру, хидростатички притисак, морске струје, таласе, плиму и осеку, итд.);
- хемијска океанологија која проучава хемијски састав и хемијске процесе у морској води;
- океанографија која проучава поједине делове океана или поједина мора.

Хидрологија копна је научна дисциплина која проучава воде на површини Земље и у њеној кори. У оквиру ове дисциплине издвајају се:

- хидрогеологија која проучава подземне воде, првенствено њихово порекло, услове појављивања, законитости кретања и распрострањања, физичко-хемијска својства, њихове узајамне односе са атмосферским и површинским водама, као и могућности њиховог коришћења у одређене сврхе;
- потамологија која проучава порекло, распрострањање, географске, физичко-хемијске и биолошке особине текућих вода;
- лимнологија која проучава порекло, распрострањање, географске, физичко-хемијске и биолошке особине језера;
- талматологија која проучава порекло, распрострањање, географске, физичко-хемијске и биолошке особине бара и мочвара;
- глациологија која проучава порекло, распрострањање, састав и структуру глечера, као и њихов утицај на живи свет.

Хидрометрија је научна дисциплина која проучава све елементе хидролошког режима копнених и морских вода.

Урбана хидрологија је научна дисциплина која проучава водни режим и водни биланс подземних и површинских вода урбанизованих подручја.

Поред хидрологије, водом се баве и друге научне дисциплине, пре свега биолошке и опште еколошке.

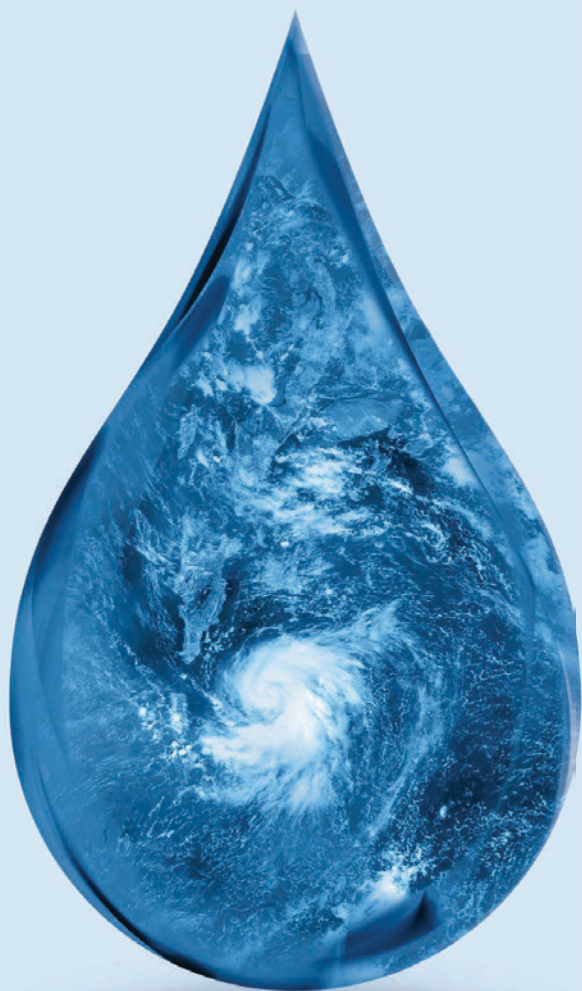
Екохидрологија (грч. *hydor* – вода, *oikos* – дом, домаћинство, *logos* – учење) је интердисциплинарна научна област која проучава интеракцију између воде и еколошких система како унутар водних тела, тако и на копну.

Хидробиологија (грч. *hydor* – вода, *bios* – живот, *logos* – наука) је научна дисциплина о воденим организмима и воденим екосистемима. У оквиру ове дисциплине проучавају се:

- физичке, хемијске и биолошке карактеристике вода у природи;
- морске воде као станишта водених организама (хидробионата);
- копнене воде као станишта водених организама (хидробионата);
- водени организми, њихове заједнице и водени екосистеми;
- утицаји које водена средина има на живи свет;
- утицаји које живи свет има на водену средину;
- интерактивни односи између водених станишта, организама и њихових заједница у воденим екосистемима;
- биолошка продуктивност водених екосистема;
- утицај негативних антропогених фактора на водене екосистеме;
- методе биолошког пречишћавања загађених вода.

Због значаја и лошег стања вода у савременом свету, поред наведених географских и биолошких наука, водама као вредности, ресурсу и животном медијуму баве се и друге, не само природне, него и техничко-технолошке и друштвене дисциплине – хемија, физика, технологија, хидротехника, машинство, просторно планирање, метеорологија, агрономија, медицина, социологија, право, економија... Једино овакав мултидисциплинарни приступ може да обезбеди одговорно и интегрисано управљање водама.

2.



РАСПОРЕД И КРУЖЕЊЕ ВОДЕ У ПРИРОДИ

2. РАСПОРЕД И КРУЖЕЊЕ ВОДЕ НА ЗЕМЉИ

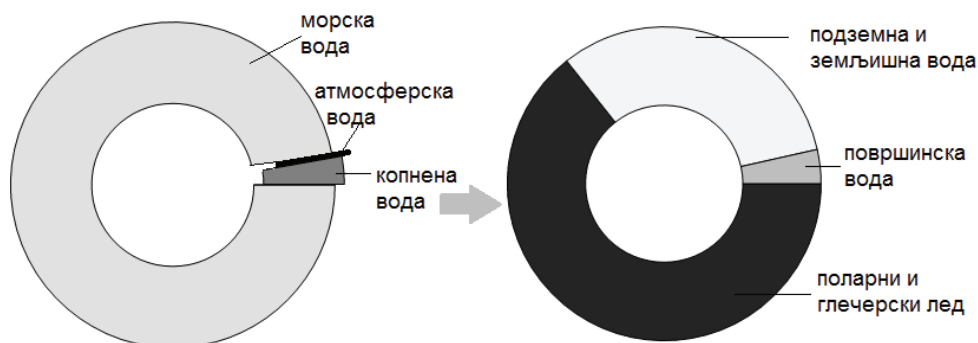
Савремена хидросфера је дисконтинуирани слој воде на Земљи који прекрива око 70,8% њене површине. Гради је сва вода у течном, гасовитом и залеђеном стању. Природне воде на Земљи могу бити:

- **морске;**
- **копнене** које се према хемијском саставу деле на слатке, брактичне (слано-слатке) и слане, према месту појављивања на подземне и надземне, а према агрегатном стању на течне и залеђене;
- **атмосферске** (пара, кишница, снег, ледена киша, град...).

Укупна запремина воде на Земљи износи приближно 1.386 милијарди km^3 . Од укупне количине воде, 97,199% отпада на морску воду, 2,800% на копнену воду, а свега 0,001% на атмосферску воду.

Од целокупне количине копнене воде, 1,8% налази се у облику глечерског или поларног леда, 0,9% у облику подземне и земљишне воде, а свега 0,02% у облику копнене површинске воде.

Слика 1. Заступљеност појединих облика воде у хидросфери



Кружење воде у природи представља квантитативно најобимнији биогеохемијски циклус на Земљи. У фазним прелазима воде током њеног кружења, дешавају се следећи процеси:

- испаравање (прелазак воде у водену пару);
- кондензација (прелазак водене паре у воду – кишу, росу, маглу);
- сублимација (прелазак водене паре у лед – снег, иње, слану);
- мржњење или залеђивање (прелазак воде у лед – снег, град, иње, слану);
- топљење (прелазак леда у воду).

У глобалном циклусу кружења, вода испарава са површине океана, копнених водних тела, земљишта и свих осталих водом прожетих површина. Овакав облик испаравања воде са физичких површина који подлеже законима физике, назива се **евапорација**. Велика количина воде испарава и из биљака преко кутикуле или стома. Испаравање воде из копнених биљака назива се **транспирација**. Овај процес подлеже не само физичким, него и физиолошким законитостима пошто се интензитет транспирације може регулисати физиолошко-анатомским механизмима појединих биљних ткива. Испаравање са површина на којима има и вегетације, назива се **евапотранспирација** јер представља испаравање воде како у процесу евапорације, тако и у процесу транспирације.

Захваљујући топлотној енергији Сунца, током једне године са површине Светског мора испари 505.000 km^3 воде, а са копнених платформи око 72.000 km^3 воде. Атмосферска водена пара се током хлађења кондензује, а видљиви продукти кондензације су сумаглице, магле и облаци. Из облака се даље излучују и обарају падавине у процесу **преципитације**. Падавине могу бити чврсте (снег, снежна крупа, снежна зрна, ледена крупа, ледена зрна, град) и течне (киша и сипећа киша). Облачни елементи (капљице, пахуље и лед) прелазе у падавине када достигну толику тежину да отпор и улазна струјања ваздуха не могу да их одрже у лебдећем стању.

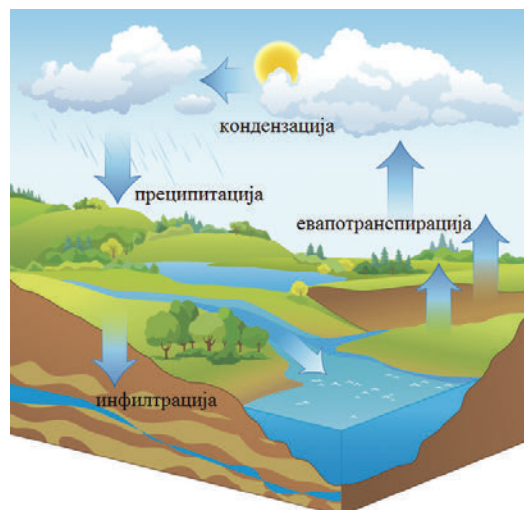
Током преципитације на површину Светског мора падне 450.000 km^3 воде. Остатак од 127.000 km^3 воде обара се изнад континенталних маса. Од укупне количине атмосферске воде која доспе на копно, око 39% се враћа у океане преко речних токова. Остатак бива апсорбован од стране земљишта у процесу **инфилтрације**.

У земљишту део доспеле воде шири се и задржава у уским земљишним капиларима под дејством капиларних сила тако да постаје доступан кореновом систему биљака. Овај део воде познат је под називом **капиларна вода**.

Део воде, такозвана **гравитациона вода**, брзо понире кроз веће шупљине у дубље слојеве земљишта под утицајем земљине теже. У дубљим слојевима подлоге доспева до непропусних стенских маса где се задржава и акумулише. Одатле поново избија на површину у облику извора или врела, или подземним отокама одлази у мора и океане. Део воде у земљишту се задржава много дуже. То је **опнена вода** која образује слој (опну) око земљишних честица за које се везује силама молекуларног привлачења или адсорпције. Због тога до ове воде биљке веома тешко долазе. Унутрашњи слој опнене воде је такозвана **хигроскопна вода** која је најприсније везана за површину земљишних честица. Ова се вода за земљишне честице држи снагом која износи и до 1000 бара, па је биљкама апсолутно недоступна и остаје уз честице земље чак и онда када је земљиште ваздушно суво.

За прелаз воде из течног у гасовито стање у процесу евапорације, потребна је велика количина сунчеве енергије. Супротно од овога, за прелаз воде из гасовитог у течно стање у процесу кондензације, ослобађа се део заробљене топлотне енергије Сунца. Потрошња или ослобађање топлотне енергије током промене агрегатног стања и кружења воде, обезбеђује регулисање термичког режима Земље. Из овог разлога, од обима и интензитета кружења воде на појединим деловима планете, зависе и климатске карактеристике појединих подручја. С обзиром да је далеко најзаступљенији облик воде, морска вода својом огромном запремином и површином складишти велике количине енергије, растворених елемената и једињења због чега је најзначајнији стабилизатор геофизичких и геохемијских процеса на Земљи.

Слика 2. Кружење воде у природи



Кружење воде на Земљи одвија се релативно брзо јер се водена пара у атмосфери обично задржава 10 до 120 дана. Након тога се кондензује, обара на копно или океане и укључује у нове хидролошке циклусе.

Водена пара у атмосфери није стационарна, него се преноси циркулацијом ваздуха често и на велике даљине које премашују више стотина километара. На Земљи постоје места која се одликују слабијим или јачим испаравањем, као што постоје и места која се одликују слабијим или обилнијим падавинама. Количине испарене воде и падавина зависе од интензитета сунчевог зрачење, од температуре, од ваздушног притиска и струјања ваздуха.

Водни биланс појединих области представља однос између интензитета испаравања воде, њеног отицања и количине падавина. Водни биланс се може изразити једначином која указује на узајамни однос између количине падавина (P) с једне стране, и збира количине воде која се губи отицањем (R) и воде која се губи испаравањем (E), с друге стране:

$$P = R + E$$

Прекомерно испаравање воде може озбиљније да угрози мање водене басене који немају директан контакт са изданским водама. Када су у питању океани, већа језера и баре у контакту са изданима, као и већи речни токови, испаравање не може озбиљније угрозити водене биотопе.

3.



**ХЕМИЈСКО-ФИЗИЧКЕ
ОСОБИНЕ ПРИРОДНИХ
ВОДА**

3. ХЕМИЈСКО-ФИЗИЧКЕ ОСОБИНЕ ПРИРОДНИХ ВОДА

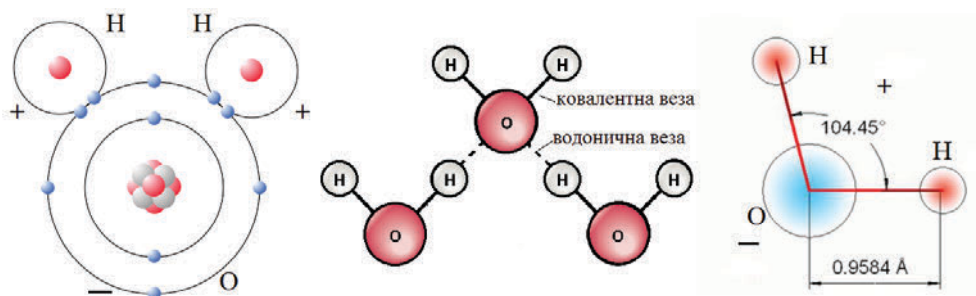
Вода је неорганско једињење које се јавља у сва три агрегатна стања. Незаменљива улога воде у функционисању и стабилности укупне биосфере, произилази из њених хемијских и физичких својстава.

Структура молекула воде

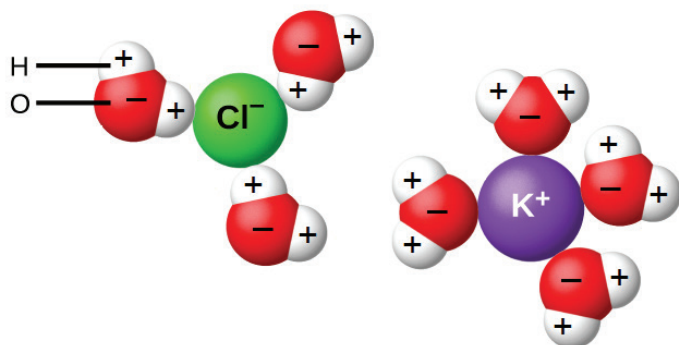
Молекули воде (H_2O) састављени су од једног атома кисеоника (O) и два атома водоника (H). У центру молекула воде налази се атом кисеоника, и у односу на њега атоми водоника склапају угао од $104,45^\circ$. Око позитивно наелектрисаног језгра атома кисеоника које је састављено од осам протона и осам неутрона, кружи осам негативно наелектрисаних електрона. Два од ових осам електрона налазе се у унутрашњој, а шест у спољашњој орбити. С друге стране, око позитивног језгра атома водоника састављеног од једног протона, кружи један негативно наелектрисан електрон. Два од шест електрона у спољашњој орбити кисеоника везују се са атомима водоника стварајући молекул воде, док се два независна електронска пара усмеравају према атомима водоника суседних молекула воде. У процесу спајања атома кисеоника и водоника ослобађа се топлота ($2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 537,6 \text{ J/g}$).

Молекули воде одликују се **поларношћу** што им обезбеђује могућност лаког везивања са другим јонима и самим тим, могућност њиховог транспорта. Наиме, молекули воде имају **диполну** природу јер се на њима разликују позитивно и негативно наелектрисан пол. Део молекула који је негативно наелектрисан учествује у образовању **водоничних веза** са суседним молекулима воде. То значи да њихова диполна природа омогућује стварање водених агрегата у којима молекули воде образују просторне структуре.

Слика 3. Структура молекула воде



Слика 4. Везивање воде са јонима



Када је вода у течном агрегатном стању, њени молекули налазе се у скупинама јер се међу собом држе јаким водоничним везама. За њихово раздвајање неопходна је додатна топлотна енергија тако да се на просечним температурама вода налази у течном агрегатном стању. Молекули воде лако ступају у везу са многим позитивним и негативним јонима (катјонима и анјонима). При томе се успоставља веза специфичног електростатичког привлачења између два супротно наелектрисана дипола. Енергија ове везе је релативно мала и лако се раскида при повишеној температури.

Агрегатна стања воде

Вода се јавља у три агрегатна стања – течном, чврстом и гасовитом. То је једина супстанца која има различите називе за своја три агрегатна стања: вода, лед и водена пара. Температурни распон између тачке мржњења и тачке кључања воде је велики и износи од 0°C до 100°C. У ком ће се агрегатним стању вода јавити, зависи превасходно од температуре. Температура је тај еколошки фактор који одређује хоће ли водоничне везе између молекула воде у воденом агрегату бити јаче или слабије, односно, хоће ли растојање између молекула воде бити мање или веће.

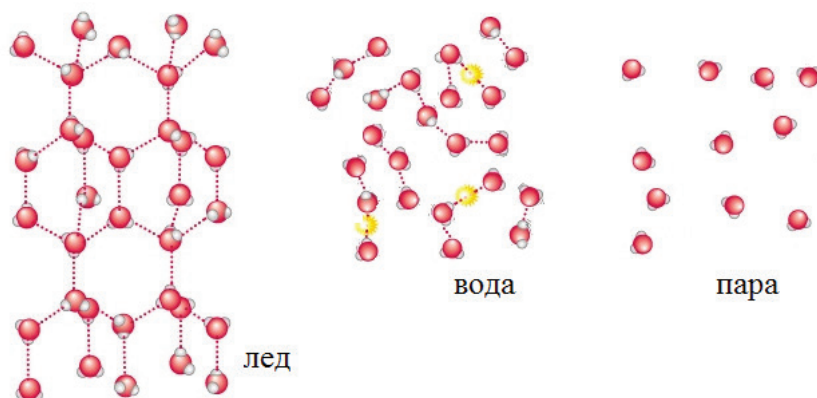
До преласка воде из течног у гасовито агрегатно стање долази при свим температурама, али је оно интензивније при већим температурама. Повећање температуре изазива слабљење водоничних веза између молекула воде, њихово међусобно удаљавање и хаотично кретање без много сударања. На температури од 100°C сва течна вода прелази у водену пару. Топлотна енергија која је потребна да би дошло до процеса испаравања воде, назива се **топлота испаравања**. Топлота која је потребна за испаравање воде износи 597 cal/g (2,5 kJ/g), а представља апсорбовану енергију Сунца.

Супротно топлоти испаравања налази се **топлота кондензације** која представља топлотну енергију која се ослобађа при прелазу воде из гасовитог у течно стање. Топлота која се ослободи у процесу кондензације једнака је топлоти која се утроши у процесу испаравања. Још већа количина топлоте ослобађа се у процесу сублимације (прелаза водене паре у лед). Она износи 680 cal/g (2,85 kJ/g).

Прелаз воде из течног у чврсто агрегатно стање представља процес супротан испаравању. До њега долази хлађењем воде до температуре од око 0°C. И у овом процесу долази до ослобађања топлотне енергије, и то од 79,7 cal/g (333,7 kJ/g). Дакле, током испаравања воде, троши се део топлотне енергије Сунца, и на тај начин се снижава температура околног ваздуха. Супротно овом процесу, током преласка водене паре у воду или лед, и током преласка воде у лед, ослобађа се део апсорбоване топлотне енергије, тако да се повећава топлота околног ваздуха. Управо због ових појава везаних за промену агрегатних стања воде, вода је значајан регулатор климатског система биосфере.

Када је вода у чврстом агрегатном стању, њени молекули су непокретни и граде хексагоналну кристалну решетку која подсећа на пчелиње саће. Стварањем кристалне решетке густина леда се смањује, али се зато повећава његова запремина. С обзиром да у кристалној решетки има много шупљина између молекула воде, лед се шири за око 9% у односу на запремину њене течне фазе. То ширење воде при њеном преласку из течног у чврсто агрегатно стање има велику улогу у пуцању и распадању стена, и стварању растресите подлоге. Установљено је да притисак леда на унутрашње зидове пукотина стена при температури од -22°C износи и до 2.100 атмосфера што временом изазива њихово пуцање и распадање.

Слика 5. Агрегатна стања воде



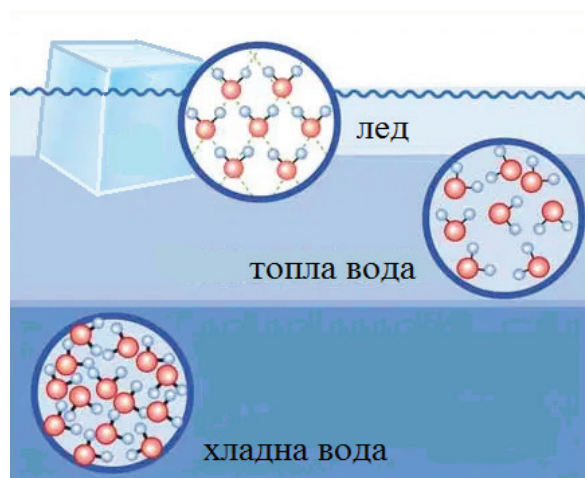
Густина воде

Густина неке супстанце у чврстом агрегатном стању већа је од њене густине када је у течном агрегатном стању. Због тога комад чврсте супстанце тоне у сопственој течной фази. За разлику од других супстанци, хлађењем воде њена запремина опада, а густина расте све до температуре од $+3,98^{\circ}\text{C}$. На овој температури молекули воде се највише примичу једни другима тако да њена густина достиже свој максимум. Даљим хлађењем до тачке мржњења густина воде опада, а запремина се повећава јер се молекули одмичу једни од других и захваљујући водоничним везама образују шупљикаву кристалну решетку. Због овакве физичке аномалије воде, лед уместо да тоне, плива по њеној површини.

Наведена аномалија воде управо и омогућава преживљавање водених организама у хладном периоду године. Када би густина леда била већа од густине воде, током хладних месеци лед би падао и гомилао се на дно водених басена где би се теже топио. У том случају не би долазило до природног мешања воде, не би било ефикасне ледене изолације, а температура воде била би знатно нижа што би онемогућило развој водених организама.

Неједнака густина воде доводи и до њеног вертикалног раслојавања и струјања. Током хладних месеци, расхлађена и гушћа вода тоне, а лакша и топлија са дна струји према површини. Ово мешање је значајно за водене организме јер доводи до обнављања кисеоника у дубљим слојевима водених биотопа и до струјања минералних материја са дна до водених биљака које се обично налазе ближе површини.

Слика 6. Густина воде у зависности од температуре



С обзиром да на густину воде утиче не само температура, него и парцијални притисак, присуство суспендованих честица и растворених соли, слана вода има већу густину од слатке. Тежина 1 cm^3 морске воде износи 1,028 g, док тежина 1 cm^3 ваздуха на нивоу мора достиже свега 0,0013 g што значи да је око 800 пута мања од тежине морске воде (Stanković, 1962). Захваљујући оваквој густини, природна водна тела су насељена кроз своју читаву масу што није случај са атмосфером која је насељена само у свом приземном слоју.

Густина воде омогућује многим организмима да воде лебдећи начин живота. Да би лакше лебделе, водене врсте су стекле многе анатомско-морфолошке прилагођености. Многе од њих имају различите спољашње израштаје који им повећавају површину и смањују специфичну тежину тела. Такође, поједине лебдеће врсте алги поседују капљице масти и уља или гасне мехуриће који смањују специфичну тежину тела.

Специфична топлота воде

Специфична топлота воде је она количина енергије која је потребна да се температура 1 kg воде са 15°C повећа на 16°C . Та енергија износи 1 kcal или 4,18 kJ. Вода поседује високу специфичну топлоту јер може да прими знатну количину топлоте уз релативно мало повећање температуре. Дакле, вода је добар акумулатор топлоте. Она се спорије загрева, али се спорије и хлади што је значајно за ублажавање наглих климатских промена у приобалним подручјима већих водених басена, као и за лакше преживљавање организама који се налазе на стаништима са великим температурним колебањима.

Хидростатички притисак

У воденој средини делује хидростатички притисак. Он зависи од густине и дубине воде и од јачине гравитационог поља. У приземном слоју ваздушне средине, на нивоу мора, притисак износи 1 атмосферу (760 mm Hg – 760 mm живиног стуба) и на сваких 300 m надморске висине опада за 25 атмосфера. Међутим, у воденој средини притисак на сваких 10 m дубине расте за једну атмосферу тако да на дубини од 10.000 m износи чак 1.000 атмосфера.

С обзиром да водени, нарочито морски организми, могу бити изложени различитим притисцима воденог стуба, они су различито распоређени. Организми који нису прилагођени великом притиску налазе се у приобалним зонама или у плићим деловима воденог басена где је притисак мањи, док организми који имају посебне анатомско-физиолошке прилагођености на већи хидростатички притисак, нормално живе и на већим дубинама.

Организми који не подносе велика колебања хидростатичког притиска означавају се као **стенобатни** (гр. *steno* – узак, *bathus* – дубина). За разлику од стенобатних организама, еурибатни организми (гр. *euri* – широк, *bathus* – дубина) имају широку еколошку валенцу у односу на хидростатички притисак. На пример, морски црв *Priapulus caudatus* је типична еурибатна врста пошто може да живи у приобаљу, али и на дубини од 7.000 m. Такође, неке врсте морских риба при вертикалним миграцијама могу се спустити и до 400 m дубље, а да то не изазове веће физиолошке проблеме код њих (Grginčević & Pujin, 1998). У дубоким језерима такође је присутна подела на стенобатне и еурибатне организме. Када су у питању речни организми, притисак воде нема већи значај за њихов просторни распоред пошто су речне воде релативно плитке.

Вискозност воде

Вискозност је унутрашње трење у течности које се јавља услед узајамног привлачења њених молекула. Због овог трења сва тела која пролазе кроз воду наилазе на отпор који расте са повећањем густине воде. Тај отпор може да буде и до 100 пута већи од отпора који се јавља у ваздушној средини. Од вискозности воде зависи брзина кретања многих водених животиња. Прилагођавајући се воденој средини, пливајући водени организми стекли су бројне адаптације, пре свега, хидродинамични (торпедни) облик тела и снажне мишиће. По својој спољашњој морфологији, најбоље прилагођени организми су рибе које својом линијом тела при кретању наилазе на најмањи отпор воде што иде у прилог њиховој брзини и уштеди телесне енергије.

Потисак воде

Потисак воде је сила која делује на тело потопљено у њој у смеру супротном од гравитације. То значи да на тело у води делује сила потиска усмерена вертикално навише. Интензитет те силе једнак је производу густине воде, гравитационог убрзања, тежине и запремине тела потопљеног у води. Водена маса силом потиска делује на тела која су потопљена у њој тежећи да их изгура, тако да се тежина тела у води привидно смањује. Захваљујући сили потиска која влада у воденој средини, поједине водене животиње, нарочито морске, могле су да достигну огромне размере и масу, а да се при томе без већих проблема крећу кроз воду. Као пример може да послужи плави кит који и поред тежине од преко 100 тона, сасвим суверено влада морским просторствима.

Провидност и боја воде

Вода је провидна јер пропушта видљиву „белу“ светлост таласне дужине 380 до 750 nm до одређене дубине, што омогућује процес фотосинтезе и код биљака потопљених у води. Вода апсорбује одређену количину светлости у црвеном делу сунчевог спектра, а пропушта плаво-зелени део спектра због чега су дубљи водени басени плавичасте боје.

Провидност воде мери се помоћу Секијевог диска, беле плоче пречника 30 cm која се урања у воду. Дубина на којој се бели диск губи из вида, представља границу провидности воде. Провидност је највећа у топлим морима, и постепено се смањује од екватора према половима. Саргаско море је на пучини провидно до дубине од 66,5 m, Црно море до 25 m, Балтичко море до 13 m, а Бело море до 8 m. Мали део сунчевог зрачења продире знатно дубље од границе провидности, чак и до дубине од 200 m, међутим, на дубинама од око 1.700 m влада потпуни мрак.

Провидност копнених вода је такође различита. У зависности од врсте водних тела и осталих еколошких фактора, копнене воде могу бити бистре, замућене, мутне и непрозирне. На пример, Бајкалско језеро је провидно до дубине од око 40 m, док у мутним рекама провидност може бити свега неколико сантиметара. Боја незагађених копнених вода зависи од растворених материја и присуства планктонских организама. На силикатној подлози незагађена вода је обично безбојна, на кречњачкој подлози је зеленкасто-плава, мочварне воде су жуто-мрке због много суспендованих честица, воде ледничких река су беличасте, док су воде у којима има много планктонских алги зелене боје.

Различити светлосни услови у воденим басенима утичу на стварање посебних адаптација водених организама, на њихову вертикалну и хоризонталну дистрибуцију, на понашање животиња, на интензитет фотосинтезе биљака.

Акустична својства воде

Звук је механичка осцилација честица неког еластичног медијума која се кроз њега најчешће простире као талас. С обзиром да већина кичмењака чулима слуха може да региструје осцилације одређене фреквенце (човек од 16 до 20.000 Hz), звук има велики значај у комуникацији и понашању у простору.

Док се звук кроз ваздух креће брзином од 330m/s, кроз воду се креће готово пет пута брже. Брзина преношења звука кроз воду зависи од њене температуре, густине и хидростатичког притиска. Обично са повећањем температуре, густине и притиска, расте и брзина преношења звука.

На пример, на температури од 0°C и салинитету од 35‰, звук се на површини воде преноси брзином од 1.445 m/s, а на дубини од 5.000 m брзином од 1.536 m/s. Звук се у води не простира само брже, него се преноси и на много већу даљину која је око 2.000 пута дужа у односу на ваздушну средину.

Растворене неорганске и органске материје у води

Вода спада у врло реактивне супстанце са израженим способностима растварања због диполне природе њених молекула. Природне воде никада нису чисте јер се у њима налазе различите супстанце у раствореном или диспергованом стању. У природним незагађеним водама утврђено је присуство 45 хемијских елемената (Stevanović, 2001). Мањи број елемената налази се у облику растворених гасова, а већи број у облику неорганских и органских молекула и јона који представљају наелектрисане честице са негативним (анјони) или позитивним (катјони) наелектрисањем. Неки јони су прости (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-), а неки су сложени (SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NH_3^+). Квантитативна разлика у хемијском саставу слатких и сланих вода, заснива се првенствено на врсти и концентрацији појединих растворених неорганских соли.

У морској води сланост (салинитет) непосредно испод површине, у просеку износи 35 ‰ (промила) што значи да је 35 g соли растворено у 1.000 g воде. Међутим, укупна концентрација неорганских соли у појединим морима или њиховим деловима значајно варира. По правилу, севернија мора или мора која имају већи број притока, имају мању концентрацију соли. На пример, сланост Балтичког мора износи 6 ‰, сланост Црног мора 20 ‰, сланост Јадранског мора 37 – 39 ‰, а сланост Црвеног мора 42 ‰.

Када је реч о слатким копненим водама, за њих је својствено да је концентрација растворених соли много мања, од 0,12‰ до 3 ‰ (Stanković, 1957). Међутим, постоје и веома слане копнене воде у којима концентрација неорганских соли у неким случајевима може вишеструко премашити концентрацију соли у морској води.

Поред разлике у концентрацији растворених соли, између морских и слатких копнених вода постоји разлика и у процентуалном учешћу појединих соли. У морској води преовлађују јони хлора, натријума, магнезијума, калијума, калцијума, сулфата, хлорида, бикарбоната и готово сви познати хемијски елементи који се јављају у јонском облику или везани у органским и неорганским једињењима. Најзаступљеније соли су хлориди, пре свега, натријум-хлорид (NaCl), као и сулфати од којих преовлађују

натријум-сулфат (Na_2SO_4), калијум-сулфат (K_2SO_4) и калцијум-сулфат (Ca_2SO_4). Њихово присуство даје морској води слано-горки укус.

У слатким копненим водама има много мање хлорида и сулфата. Оне претежно садрже соли магнезијума и калцијума, пре свега карбонате и бикарбонате. Ова једињења нарочито су присутна у такозваним тврдим водама док их у меким водама има у мањој количини. Садржај карбоната и бикарбоната у тврдим водама у просечним вредностима износи $0,063 \text{ g/l}$, док их је у меким водама знатно мање, око $0,010 \text{ g/l}$. Од других неорганских материја, у води су у траговима присутни Na , Fe , Si , Mn , Al , Cu , Zn , итд.

У зависности од толеранције на промену концентracије неорганских соли у води, водени организми могу бити **еурихални** (добро подносе промену концентracије соли) и **стенохални** (не подносе већу промену концентracије соли).

Када је реч о органским материјама, у природним водама оне су производ животних активности, распадања и труљења водених организама. Такође, многи органски продукти у водене екосистеме доспевају спирањем са околних копнених екосистема. Најзаступљеније органске материје у природним водама су јони нитрата (NO_3^-), нитрита (NO_2^-), амонијака (NH_3^+), органофосфата, као и биогена једињења гвожђа и силицијума. Све ове материје настале метаболичком активношћу организама, значајне су за водене организме, пре свега зато што представљају извор азота и фосфора који су неопходни за синтезу аминокиселина.

Фосфор се у природним, антропогено незагађеним водама, јавља у два облика: растворених неорганских соли фосфата и органофосфата. Дакле, у копнене воде фосфор доспева из геолошке подлоге на којој је формирано водно тело и из организама у процесу њиховог распадања и минерализације. Количина органски везаног фосфора знатно је већа од неорганског. Његова концентracија износи од $0,003 \text{ g/m}^3$ у језерима са слабијом органском продукцијом, до 30 g/m^3 у језерима са јачом органском продукцијом (Harvey, 1928; Stanković, 1962). Концентracија фосфора у незагађеним воденим басенима мења се у зависности од дубине и годишњих доба. Она обично расте са порастом дубине јер се у дубљим слојевима, нарочито у муљевитом дну, интензивније распада органска материја. Посматрано сезонски, концентracија фосфата је најмања преко лета када је услед бујања водених биљака његова апсорпција највећа.

Азот се у природним водама јавља у облику соли нитрата, нитрита и амонијака. Азотна једињења су знатно заступљенија од фосфатних, а од свих азотних једињења у природним водама су најприсутнији нитрати (NO_3^-).

Биљке које усвајају азот уграђују га у органска једињења, првенствено аминокиселине. У каснијем процесу труљења организама, овај азот се из аминокиселина ослобађа у облику азотних соли. Процес регенерације азотних соли се обично одиграва у дубљим слојевима воде и у седиментима дна. Ослобођене азотне соли се уз помоћ аутотрофних биљака, првенствено алги, поново апсорбују и укључују у ланце исхране на чијим се крајевима налазе редуценти. Повећана продукција и разградња органских азотних материја често доводи до органског оптерећења вода и повишене потрошње кисеоника.

Растворени гасови у води

У води се увек налази одређена количина растворених гасова. Растворљивост гасова у води зависи од њихове природе и њиховог парцијалног притиска, као и од температуре и степена минерализације воде. Растворљивост опада са повећањем минерализације, парцијалног притиска и температуре воде. То значи да је у хладнијим, плићим и мање минерализованим водама, више растворених гасова. Од атмосферских гасова, угљен-диоксид се интензивније раствара од кисеоника, угљен-моноксида, хелијума и водоника, а најмањи степен растворљивости показује азот. Због тога је процентуална заступљеност растворених гасова у води другачија у односу на процентуалну заступљеност гасова у атмосфери. На пример, док је у ваздуху однос запремине кисеоника и азота 1:4, њихов однос у води је 1:2 услед боље растворљивости кисеоника од азота. Од свих растворених гасова, за водене организме највећи значај имају кисеоник и угљен-диоксид.

Кисеоник (O_2) у водену средину доспева дифузијом из атмосфере са којом вода врши сталну размену гасова, или у процесу фотосинтезе водених биљака, углавном алги. Обично је највише кисеоника у хладнијим слатким водама. Међутим, кисеоник се непрестано троши његовим отпуштањем у ваздушну средину, као и у процесу оксидације која се одвија током дисања, варења, труљења и распадања организама. Због тога је његова количина у води веома променљива. У просечним вредностима, копнене воде на $00C$ под нормалним атмосферским притиском садрже око 10 cm^3 кисеоника на литар воде ($10\text{ cm}^3/l$), док морска вода под истим условима садржи 8 cm^3 кисеоника на литар воде ($8\text{ cm}^3/l$).

У дубљим, нарочито стајаћим водама, постоји вертикални градијент у заступљености кисеоника. У површинским слојевима ових вода насељених алгама, утросак кисеоника се надокнађује слободном разменом са атмосфером или кисеоником који се ослобађа током фотосинтезе.

У летњем периоду када маса планктонских алги може бити веома велика, ослобађа се и велика количина кисеоника, тако да га површински водени слој има у изобиљу. Међутим, у дубљим, неосветљеним слојевима водених басна, кисеоник се само троши у процесу дисања и разлагања органских материја, али се не надокнађује у процесу фотосинтезе које нема услед недостатка светлости и аутотрофних биљака. Тада се јасно уочава неједнак вертикални распоред (стратификација) кисеоника који указује на опадање његове концентрације са растућом дужином воде. Ипак, повремено долази до обнове утрошеног кисеоника и у дубљим воденим басенима. Његова обнова одвија се путем турбулентних кретања воде под дејством ветра, док се у дубљим слојевима мора и океана одвија захваљујући дубинским струјама које доводе хладну и кисеоником богату воду из поларних области све до тропских делова океана. У више или мање затвореним морима, регулаторни механизми размене кисеоника могу на великим дубинама изостати због чега дубљи слојеви воде остају без овог гаса. Класичан пример је Црно море у коме је читава маса воде испод 200 m до крајњих дубина од 2.200 m веома сиромашна кисеоником. Због оваквих аноксичних услова, живот у Црном мору ограничен је само на горње слојеве, док су најдубљи слојеви насељени углавном анаеробним бактеријама (Stanković, 1952).

Услед великих варирања концентрације кисеоника у природним водама, код водених организама (хидробионата), јавио се низ прилагођености за ефикаснију апсорпцију овог гаса. Организми који су слободно пливајући мигрирају у горње водене слојеве кад им понестане кисеоник, а организми причвршћени за дно, чекињама, ресицама или пипцима стварају водене струје настојећи да дођу до извесних количина кисеоника. Интересантан је пример појединих ракова чије се шкрге налазе на ножицама које су стално у покрету и изазивају струјање воде.

Угљен-диоксид (CO_2) у воду доспева дифузијом из атмосфере или у процесу оксидације органских једињења када долази до његовог ослобађања. Расходовање овог гаса одвија се у процесу фотосинтезе водених биљака, као и његовим преласком у атмосферу када је водена средина њиме засићена. Чиста природна вода садржи готово исту количину CO_2 као и атмосфера, мада природна вода апсорбује много већу количину овог гаса од оне која се налази у раствореном облику. Разлог у несразмери између количине апсорбованог и реално присутног угљен-диоксида у води лежи у његовом хемијском афинитету према води са којом лако гради слабо постојану угљену киселину (H_2CO_3). Ова киселина реагује у додиру са калцијум-карбонатом (CaCO_3) градећи растворљив бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Између бикарбоната и раствореног CO_2 у води постоји одређена равнотежа.

Кад биљке у процесу фотосинтезе утросе сав слободан CO_2 , или кад он због високих температура дифундује у атмосферу, бикарбонати се разлажу на калцијум-карбонат (CaCO_3) и угљену киселину (H_2CO_3), а угљена киселина се даље разлаже на воду и CO_2 . Овај процес у води тече све док се не успостави равнотежа између преосталог бикарбоната и угљен-диоксида.

4.



МОРА И ОКЕАНИ

4. МОРА И ОКЕАНИ

4.1. РАСПОРЕД И ВЕРТИКАЛНА СТРУКТУРА МОРА И ОКЕАНА

Мора и океани представљају међу собом повезану водену целину која гради Светско море. Оно се налази на делу литосфере који се назива океанска кора. Светско море заузима 3/4 Земље и раздваја континенте који заузимају свега 1/4 наше планета. Састоји се од 5 океана – Атлантског, Тихог (Пацифика), Индијског, Северно-Леденог (Арктичког) и Јужног. Мора представљају делове океана који су већим или мањим делом окружени копном.

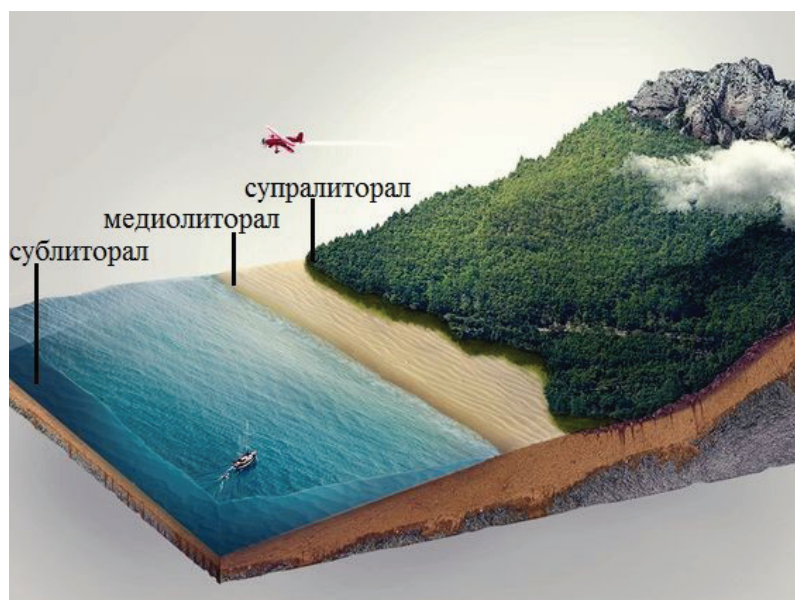
Слика 7. Распоред океана



Океански басен се може поделити на три основне вертикалне зоне: а) континентални плато, б) континенталну падину и ц) континенталну ложу.

- а) **Континентални плато** је релативно благ нагиб који представља приобалну, односно, **литоралну зону** океана (**литорал**). Настао је углавном услед ерозије обала под утицајем таласа, акумулацијом седимената и отапањем ледника током последњег леденог доба када је ниво мора нарастао за око 100 m.

Слика 8. Литорална зона



Дубина литорала досеже до око 200 m, а ширина може износити од 1 до 100 km. У оквиру литорала издвајају се три зоне – супралиторал, медиолиторал и сублиторал.

Супралиторал је прва степеница литорала. То је зона коју морска вода никада не плави, али по којој таласи стално распрскавају ситне капљице.

Медиолиторал (еулиторал) је друга степеница литорала. То је зона у којој делују плима и осека, тако да је ограничена највишим нивоом мора за време плиме, и најнижим нивоом мора за време осеке.

Сублиторал је трећа, најдубља степеница литорала која је увек под водом. Доња граница сублиторала најчешће представља доњу границу распрострањења биљака везаних за морско дно.

б) Континентална падина представља наставак континенталног платоа.

За разлику од платоа који има благ нагиб, континентална падина се релативно стрмо спушта до дубина од око 3.000 m, односно, до континенталне ложе. Најдубљи делови континенталне падине представљају последњу границу до које допиру таложне материје са копна. У овој зони нема биљака везаних за морско дно, тако да су животне заједнице састављене искључиво од планктонских организама и животиња прилагођених дубинском начину живота.

- ц) **Континентална ложа** обухвата дубоке делове океана, од 3.000 до 7.000 m. Дно ове зоне другачије се назива **абисална равница**. Она је углавном равна, местимично испресецана подводним хидротермалним испустима, вулканима и планинским венцима. Врхови подводних планина достижу висину и од неколико хиљада метара, тако да у појединим деловима океана израњају из воде као острва. У абисалној равници температуре су најчешће ниже од 4°C, хидростатички притисак је веома висок и влада потпуни мрак.

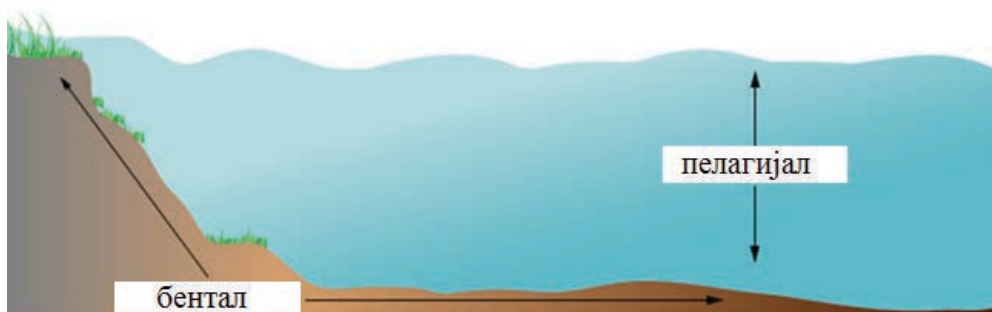
Слика 9. Зоне океана



У абисалној равници налази се преко 75% дна Светског мора. То значи да је дубина светског мора веома велика. Поређења ради, средња висина светског копна износи 875 m, а средња дубина светског мора 3.800 m. Поред планина и вулкана, у котлинама абисалне равнице јављају се велика издужена и уска удубљења. То су потолине или ровови који се другачије називају **хадал**. У овим потолинама су измерене највеће дубине. Најдубљи део светског мора представља Маријански ров на западу северног дела Тихог океана. Овај се ров налази између две тектонске плоче где је тихоокеанска плоча подвучена испод филипинске плоче. Дно рова досеже дубину од 11.033 m испод нивоа мора што је знатно више од висине Монт Евереста који се уздиже 8.848 m изнад нивоа мора.

Животни простор Светског мора може се поделити на две основне зоне: **бентал** (дно) и **пелагијал** (водену масу).

Слика 10. Животни простор Светског мора



Бентал или морско дно укључује:

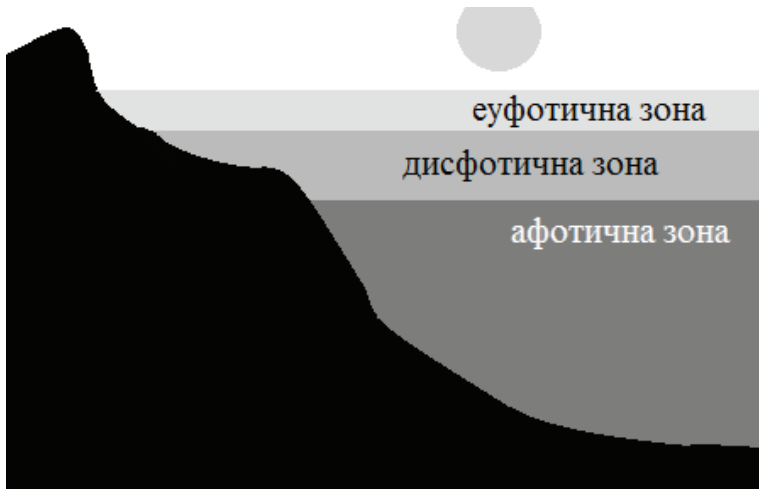
- **литорал** (обалну зону);
- **батијал** (дубинску зону);
- **абисал** (најдубљу зону).

Пелагијал или водена маса се према дубини и осветљености дели на неколико зона које се смењују у вертикалном правцу:

- **еуфотична** зона је прва зона која се простира од површине мора до дубине од 200 m, и има релативно довољно светлости за развој биљака и одвијање фотосинтезе;
- **дисфотична** зона је сумрачна зона која се простира испод еуфотичне зоне и допире до дубине од 1.000 до 1.500 m;
- **афотична** зона је мрачна зона која досеже до највећих дубина.

Услед недостатка светлости, у дисфотичној зони биљке су веома ретке, а у афотичној зони потпуно одсуствују.

Слика 11. Светлосне зоне у морима



4.2. ПОКРЕТИ МОРСКЕ ВОДЕ

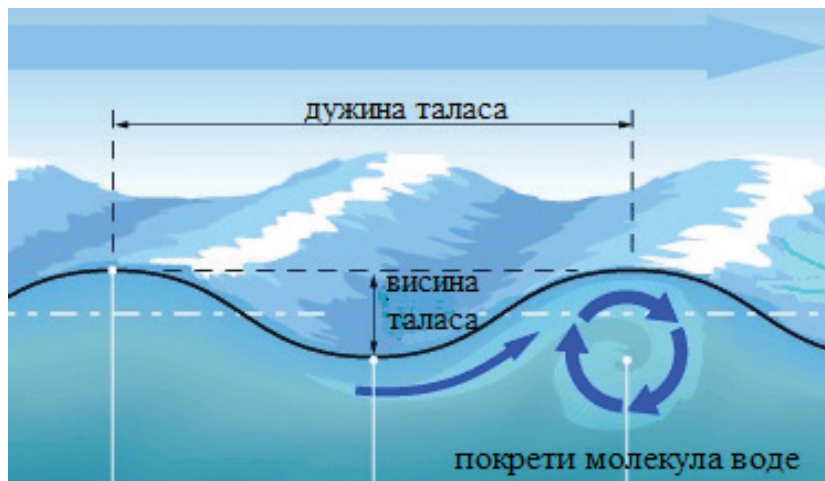
Основни покрети морске воде су **таласи, плима, осека и морске струје**.

Водени таласи су привидна површинска кретања воде током којих се честице воде не премештају, већ само описују пун круг и део своје кинетичке енергије преносе на околне честице. Ови покрети најчешће настају под утицајем ветра, ређе земљотреса. Посебна врста таласа су цунами који настају под утицајем подморских земљотреса и вулканских ерупција. На отвореном мору су мале висине (око 1 m), али када дођу до обала знатно су веће висине, и до 30 m, тако да имају рушилачку снагу.

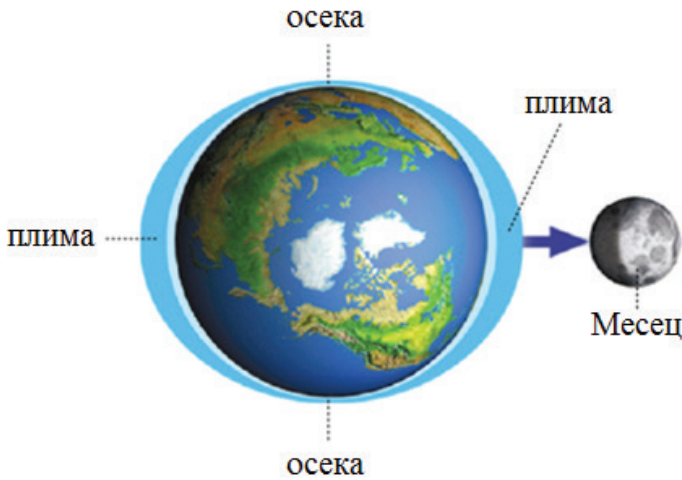
Таласи највише делују на организме у литоралу где њихова ударна снага може достићи и до 15 тона на m^2 . У зони која је под директним утицајем таласа, такозваној „млатној зони“, потребне су посебне адаптације да би организми опстали. Најбољи пример је такозвани пуж прилепак који живи на стенама уз саму обалу. Он има конусну љуштуру и снажне мишиће којима се припија за стену. Снага мишића му је толика да га ни најјачи таласи не могу одвојити од стене. Остали организми млатне зоне се за подлогу причвршћују слузним материјама, пијавкама, канџама и сличним творевинама, или се завлаче у пукотине стена.

Плима и осека представљају појаву подизања (плима) и спуштања (осека) нивоа морске воде под утицајем сила гравитације између Сунца, Месеца и Земље. Мада је маса Сунца далеко већа од масе Месеца, због близине Месеца његова привлачна сила је 2,5 пута већа према воденој маси од привлачне силе Сунца. Из овог разлога се водене површине Земље окренуте Месецу издижу. Ова појава представља плиму. На супротној страни Земље, Месечева гравитација јаче привлачи чврсто Земљино тело, тако да водене масе заостају за њим, па се и тамо у исто време јавља плима, само нешто нижег нивоа. На местима између ове две плиме вода се спушта и јавља се осека. Иако се Земља обрће, плима остаје увек на местима окренутим Месецу и на местима супротно од њих. Зато се у сваком мору на Земљи појављују две плиме и две осеке на дан. У зависности од распореда копна и мора, рељефа морског дна и обала, амплитуда плиме и осеке износи од 10 см до 12 м. Ова појава промене нивоа морске воде такође највише делује на организме приобалних подручја. У зони плиме и осеке живе организми који су прилагођени брзим променама спољашњих услова: доступности воде, температурним осцилацијама, интензитету осветљености, количини гасова и начину њиховог усвајања у зависности од тога да ли се налазе у ваздушној или воденој средини.

Слика 12. Водени таласи



Слика 13. Плима и осека

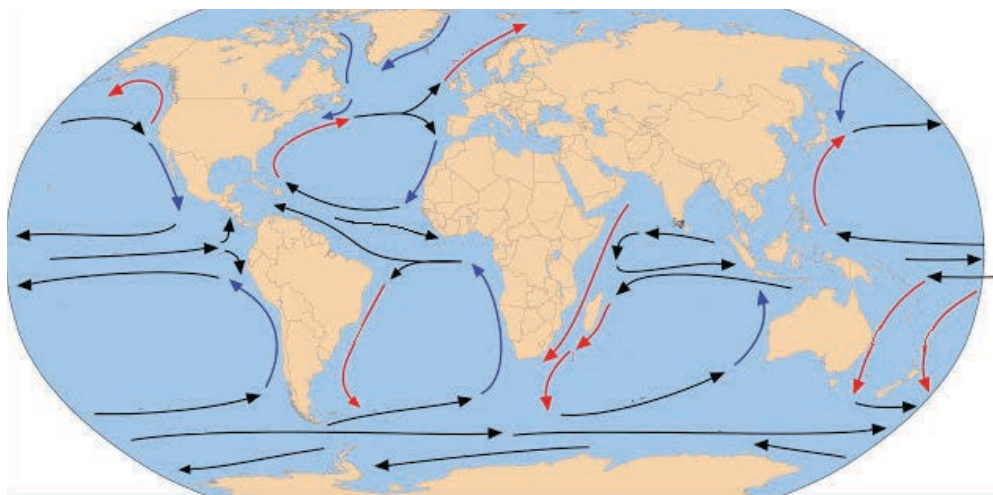


Морске струје представљају прогресивна кретања водене масе која настају услед трења ветра о водену површину, услед неравномерног загревања водене масе на одређеним географским ширинама, неједнаке концентracије растворених соли или специфичног облика морског дна и обала. Морске струје обично обухватају водену масу до дубине од око 200 m. Међутим, веће морске струје које захватају водену масу и до дубине од 1.000 m, првенствено настају услед ротације Земље, као и привлачних сила Месеца. Сила земљиног ротирања (Кориолисова сила) утиче на правац морских струја, тако да их на северној полулопти скреће удесно, а на јужној полулопти улево.

Ови покрети воде имају велику улогу у прерасподели енергије ускладиштене у океанима. У зависности од тога где се образују и у ком правцу теку, морске струје су хладне или топле. Хладне морске струје најчешће су оријентисане из виших географских ширина према нижим, тј. из хладнијих ка топлијим областима. За разлику од хладних, топле морске струје углавном су оријентисане из нижих ка вишим географским ширинама, односно, из топлијих према умереним и хладнијим областима. Једна од већих хладних морских струја је Лабрадорска струја Атлантског океана која полази од обала канадског полуострва Лабрадор и носи освежење према Њуфаундленду где се састаје са топлим Голфском струјом и понире испод њених топлих вода. Овај контакт хладних арктичких струја са топлим суптропским струјама веома повољно утиче на развој морских организама чија продукција расте у зони контакта.

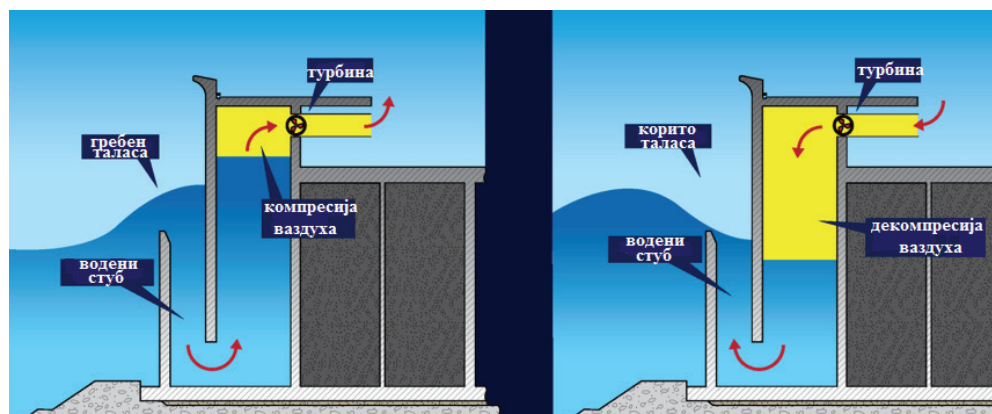
С друге стране, једна од највећих топлих морских струја је Голфска струја која настаје у Мексичком заливу и у ширини од 500 km тече ка северу уз источну обалу САД. Код обала северне Каролине одваја се од обала северне Америке и тече према истоку Атлантика. Код Њуфаундленда Голфска струја се спаја са Лабрадорском струјом чије хладне воде пониру дубље и заједно теку према северној Европи. Благодарећи утицајима Голфске струје, западна Европа и поред близине Северног мора, има релативно благу зиму и падавине равномерно распоређене током читаве године што омогућава развој бујне вегетације.

Слика 14. Највеће топле и хладне морске струје



Морске струје значајно доприносе прерасподели топлоте, гасова и хранљивих материја, што побољшава станишне услове морских организама. Такође, оне утичу и на просторну прерасподелу морских организама који их између осталог, често користе за лакше савладавање великих морских пространа. На копну, морске струје значајно мењају топлотни и падавински режим појединих подручја углавном ублажавајући климатске екстреме. Због тога имају важан утицај на састав, структуру и распоред копнених екосистема, нарочито оних који се налазе ближе морским обалама.

Слика 15. Једно од решења искоришћавања енергије таласа



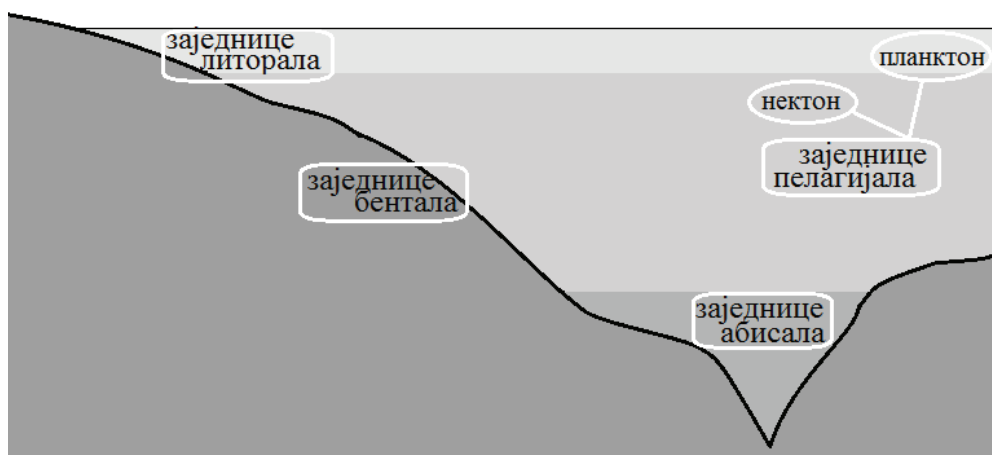
Водени таласи, плима, осека и водене струје представљају појаве током којих се ослобађа огромна енергија генерисана под утицајем сила гравитације и као облик трансформисане енергије Сунца. Из овог разлога, интензивно се развијају техничка и технолошка решења за искоришћавање овог неисцрпљивог извора енергије у поступку производње електричне енергије. Најновија технологија искоришћавања енергије таласа укључује различита решења – осцилирајуће стубове воде који покрећу осцилирајуће стубове ваздуха за покретање турбина, цилиндри који плутају на таласима и својим осцилирањем пумпају флуид који пролази кроз турбине, фиксне усидрене бове чије вертикалне осцилације покрећу цевне пумпе или линеарне генераторе. Технологија која користи енергију плиме и осеке углавном се базира на преузимању енергије плимног таласа постављањем подводних турбина које се покрећу током деловања појачаних струјања морске воде.

4.3. ЖИВОТНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ СВЕТСКОГ МОРА

У океанима и морима просторни распоред и организација животних заједница показују зоналност која је првенствено условљена географском ширином, различитом дужином морске воде и разликама у рељефу морског дна. У односу на дубину и карактеристике морског дна, разликују се:

- а) животне заједнице литорала (обалне зоне);
- б) животне заједнице бентала (морског дна);
- ц) животне заједнице пелагијала (слободне воде);
- д) животне заједнице абисала (најдубљих делова океана).

Слика 16. Зонирање животних заједница у морима



а) Животне заједнице литорала

Као што је наведено у претходном тексту, литорал се физички дели на **супралиторал**, **медиолиторал** и **сублиторал**. Од животних заједница литорала најспецифичније су оне које припадају медиолитору. Организми ове зоне углавном су амфибијски јер живе у посебним условима ритмичких смена плиме и осеке. Из овог разлога морају бити прилагођени како воденој средини за време плиме, тако и ваздушној средини за време осеке. Највећи проблем за њих је период осеке када се нађу у сувој ваздушној средини изложени директном сунчевом зрачењу и загревању које често доводи до сушења периферних делова тела.

И поред тога што смена ваздушне и водене средине овим организмима може створити проблеме, она има и одређене предности јер плима доноси свежу морску воду богату планктоном, а осека односи на пучину јаја, ларве, семење и споре потпомажући успешно размножавање и ширење организама на нова станишта.

Неки покретни организми проблем смене плиме и осеке превазилазе укопавањем у влажну песковиту подлогу, док неки организми различитим физиолошким и анатомско-морфолошким прилагођеностима успевају да одрже виталне животне функције. Њихов опстанак у медиолиторалу управо указује да су они и поред бројних проблема, успели да се прилагоде и оваквим сталним, веома специфичним променама услова животне средине. На пример, црвена морска саса за време плиме избацује пипке којима хвата ситније животиње, а за време осеке увлачи пипке и затвара се градећи лоптасту форму.

Поред плиме и осеке, проблем за организме литорала често могу да буду таласи који веома снажно ударају у одређене делове обале, нарочито вертикалне стене ртова и клифова. На оваквим местима јаким удара таласа живе организми који захваљујући различитим адаптацијама успевају да превазиђу опасност да буду одвојени од подлоге и однети у дубље делове мора. Модрозелене алге (*Cyanophyta*) луче дебели слузни омотач који им чува влажност док се налазе на сувом. Овај слузни омотач их такође снажно везује за стење и штити их од удара таласа. Пужеви рода литорина (*Littorina*) живе у пукотинама стена где се хране модрозеленим алгама и планктоном који доносе плима и таласи. Најнижи завој њихове љуштуре већи је од свих осталих заједно. У њему се задржава вода која им омогућава да преживе осеку или период слабих таласа. Као адаптивни одговор на специфичне услове средине, код литорина су се развили и зачеци плућа који им обезбеђују дисање у условима ваздушне средине. Ракови витичари (*Cirripedia*) имају брадавичасте кречњачке љуштуре срасле за стење. У време плиме или сталних таласа оклоп се отвара и рак избацује своје ножице у облику витица којима сакупља планктон. У време осеке љуштурса се херметички затвара тако да рак у њој може дуго опстати без воде.

б) Животне заједнице бентала

Животне заједнице бентала везане су за морско дно без обзира да ли се ради о плитким или дубоким деловима мора. У литоралној зони до дубине од око 200 m која представља осветљену (еуфотичну) зону, налази се обиље алги везаних за подлогу.

Ове алге представљају фитобентос – микрофитобентос (микроскопски ситне алгице) или макрофитобентос (крупне алге). Микрофитобентосу најчешће припадају модрозелене (*Cyanophyta*), зелене (*Chlorophyta*) и силикатне (*Bacillariophyta*) алге, док макрофитобентосу претежно припадају зелене (*Chlorophyta*), мрке (*Phaeophyta*) и црвене (*Rhodophyta*) алге. Оне граде богате подводне ливаде у којима животиње проналазе храну и склоништа.

Што се животиња тиче, неке од њих цео свој животни циклус проводе живећи на самом дну. Овој групи бенталних животиња припадају морски јежеви, звезде, краставци, пужеви, шкољке, многочекињасти црви, неки ракови, итд. Неке друге животиње воде комбиновани, бентални и пливајући (пеларгични) начин живота. То је чест случај са многим рибама, хоботницама, сипама, полипима, морским змијуљицама, неким раковима. Такође, велики је број сесилних животиња које су трајно причвршћене за морско дно. Такав је случај са асцидијама, коралима, морским сасама, сунђерима, неким шкољкама... Сесилне животиње хране се садржајем који им доноси околна вода. Оне су принуђене да кроз свој организам спроведу велике количине воде како би из ње исфилтрирале хранљив садржај. Механизми спровођења воде кроз тело су различити. Неке од њих око усног отвора имају венце пипака прекривених трепљлицама. Треперењем трепљлица вода се заједно са храном усмерава према усном отвору. Сунђери и сесилне шкољке имају у телу систем сложених канала и шупљина у којима стално трепере ситне длацице које филтрирају органски садржај из воде. Пипци код неких непокретних животиња су издужени и служе за активно хватање животињица које се нађу у околној води.

Животиње које се активно крећу по дну, хране се биљним и животињским детритусом, али се чешће хране биљкама, угинутим животињама или активно лове свој плен. Да би лакше дошле до плена и истовремено избегле предаторе, животиње бентала стекле су најразноврсније прилагођености као што су апосемија, мимикрија, хитри покрети, присуство жарних и отровних ћелија, присуство електричних органа, љуштура, бодљи, итд. Све ове прилагођености указују на сложене ланце исхране који владају у бенталној зони.

ц) Животне заједнице пелагијала

Животне заједнице пелагијала простиру се у слободној води. Граде их планктонски и нектонски организми.

Планктонски организми припадају бактеријском планктону, фитопланктону и зоопланктону. Фитопланктон чине углавном једноћелијске, колонијалне и ситне вишећелијске алге од којих су неке снабдеване трепљлицама и бичевима за кретање.

Главна маса фитопланктона налази се до дубине од 50 m, а најбројнији представници ових алги припадају групама силикатних, модрозелених, ватрених и зелених алги. Зоопланктон је углавном састављен од праживотиња (*Protozoa*), жарњака (*Cnidaria*), реброноша (*Ctenophora*), рачића (*Copepoda*, *Amphipoda*), и других ситних животињица. За планктонске организме је карактеристично да у свом телу имају капљице масти и уља, гасове или слуз који смањују њихову специфичну тежину.

Нектонски организми воде активно пливајући начин живота. То су пре свега рибе са коштаним скелетом (зракоперке и шакоперке), рибе са хрскавичавим скелетом (ајкуле и раже), сисари (делфини, китови, моржеви, морски лавови, фоке), главоношци (сипе, хоботнице, лигње, октоподи). Ове животињске групе усавршиле су различите технике пливања у савлађивању отпора водене средине. Највећи број њих за кретање користи репно пераје које се креће лево-десно и омогућава кретање унапред. Китови и делфини се крећу такође уз помоћ репа који се покреће у правцу горе-доле. Фоке и моржеви пливају захваљујући предњим екстремитетима, док хоботнице, сипе и лигње имају посебан левак који потискује воду и образује млаз који их покреће. Поред врста које се хране планктоном, нектону припадају и веома агресивни предатори.

д) Животне заједнице абисала

Дубинска или абисална зона океана је специфична област живота с обзиром да је то афотична зона до које не допире светлост, тако да је онемогућено присуство биљака. Пошто нема биљака, нема ни органске продукције. Због тога су животиње абисала упућене на изворе хране који доспевају из горњих слојева воде. Поред недостатка светлости, животиње абисала су суочене и са другим проблемима као што су велики притисак, повећана количина угљене киселине и ниска температура.

На дну абисала живе бројне сесилне животиње причвршћене за муљевиту подлогу која преовлађује у овој зони. То су првенствено морски сунђери, корали, асцидије, кринови, сасе, итд. Од животиње које се активно крећу по дну, срећу се морски црви, пауци, краставци, звезде, ракови и други веома интересантни организми који углавном припадају бескичмењацима. У води абисала живе и необичне форме риба са специфичним адаптацијама крајње отежаним условима живљења. Неке рибе су проблем проналажења хране у потпуном мраку решиле великим устима која су стално отворена. Поред великог усног отвора, често се јављају и крупни зуби уз чију се помоћ лакше хвата плен. Типичан пример је риба иглозуб (*Chauliodus sloani*) са огромним чељустима и игличастим зубима.

Неке рибе имају и светлеће органе који им служе за проналажење партнера и хране. Појава светлуцања појединих делова тела назива се биолуминисценција. Светлуцање изазивају биолуминисцентне бактерије које су обично сконцентрисане у посебним израштајима на предњем делу тела или на боковима. Материја која изазива светлуцање назива се луциферин.

Стварање кречњачких љуштура и скелета у абисалној зони је веома отежано. Разлог лежи у великој количини угљене киселине која изазива убрзано растварање калцијум-карбоната. Због тога, мекушци са љуштурама су веома ретки, па су чак и морски јежеви који живе у овој зони изгубили свој кречњачки оклоп. Као замена за кречњачке оклопе и љуштуре код неких животиња су се током еволуције појавиле силицијумске или органске заштитне творевине. Недостатак карбоната се одразио и на рибе. Код многих од њих скелет никада не окошта потпуно и остаје трајно мекан. У оваквим случајевима говори се о такозваном „абисалном рахитизму“.

У мрачном и ретко насељеном абисалном простору често је тешко наћи партнера за парење. И ову врсту проблема становници абисала решили су на специфичне начине. Једно од оригиналнијих решења јавља се код риба печача (*Melanocetus johnsoni*). Код њих је мужјак и до 20 пута мањи од женке. Кад се сретне с њом, он се за њу закачи, срасте с њом, кожа женке га прекрије и цео живот проведе са њом. На тај начин ове животиње обезбеђују сигурно доживотно парење.

5.



КОПНЕНЕ ВОДЕ

5. КОПНЕНЕ ВОДЕ

5.1. ПОДЕЛА КОПНЕНИХ ВОДА

Копнене воде, за разлику од мора и океана, не представљају континуирано водено пространство јер су копненим масама изоловане међу собом. Површинске копнене воде представљене су сасвим малим барицама и поточићима, али и великим рекама и језерима какво је на пример, Каспијско језеро које представља остатак некадашњег мора. Поред величине, и дубина копнених вода варира од неколико сантиметара до 1.741 m колико је измерено у Бајкалском језеру.

У односу на мора и океане, копнене воде су еволутивно млађе и пролазне творевине које настају и нестају у одређеним временским размацима. Већина језера северне Европе и северне Америке настала је пред крај последњег леденог доба, пре 12.000 до 10.000 година, и већина њих ће нестати за око 12.000 до 45.000 година услед затрпавања речним наносима, промене климе, убрзане еутрофикације и деловања других абиотичких фактора.

Многе физичке и хемијске одлике копнених вода попут концентracије растворених соли, органских материја, гасова, температуре или прозирности, знатно варирају и граде специфичне комплексе еколошких фактора који условљавају појаву разноврсних екосистема. Поделу копнених вода могуће је извршити на основу више критеријума:

- према саставу и физичко-хемијским својствима копнене воде деле се на слатке, заслањене, **слане, минералне, термалне и тресавске**;
- према пореклу деле се на **природне и вештачке**;
- према трајању деле се на **сталне и привремене**;
- према начину кретања деле се на **текуће и стајаће**.

Текуће воде су копнене воде код којих се целокупна водена маса непрекидно креће у одређеном правцу. У текуће воде убрајају се издани, извори, потоци, речице и реке.

Стајаће воде су копнене воде код којих су водени покрети сведени на таласе и струјања. У стајаће воде спадају језера, баре, мочваре и ритови.

5.2. ИЗДАНИ

Издани (аквифер) представљају најчешћи облик концентracије подземне воде изнад непропустљивог слоја стена. Јављају се на различитим дубинама и обично на одређеним местима избијају на површину у облику извора. Сам назив ових водних тела објашњава да она „издају“ воду изворима.

Издани се водом могу хранити на три начина:

- а) процеђивањем атмосферских падавина кроз земљиште;
- б) процеђивањем површинских вода кроз обале река, језера, мочвара и бара;
- ц) кретањем воде из дубљих према плићим хоризонтима.

а) Прехрана издани падавинском водом која до тла доспева у процесу **преципитације**, одвија се понирањем кишнице или снежнице у дубље слојеве растресите подлоге под утицајем земљине теже. Док део падавинске воде остаје ближе површини земље у виду хигроскопне и капиларне воде, део падавинске воде слободно понире у дубље слојеве кроз веће земљишне шупљине у виду такозване гравитационе воде. Процеси понирања слободне воде су **филтрација** и **инфилтрација**. Филтрација (процеђивање) представља процес механичког кретања воде кроз порозно земљиште. Инфилтрација је процес кретања воде кроз порозну стенску масу и њено кретање у правцу слободне површине издани.

б) Прехрана издани процеђивањем површинских, најчешће речних вода кроз обале, обично се дешава у време високих водостаја када површинске воде излазе из својих корита и долазе до водопропустљивих обалских слојева земљишта процеђујући се кроз земљишне шупљине до непропусних слојева у дубини земље.

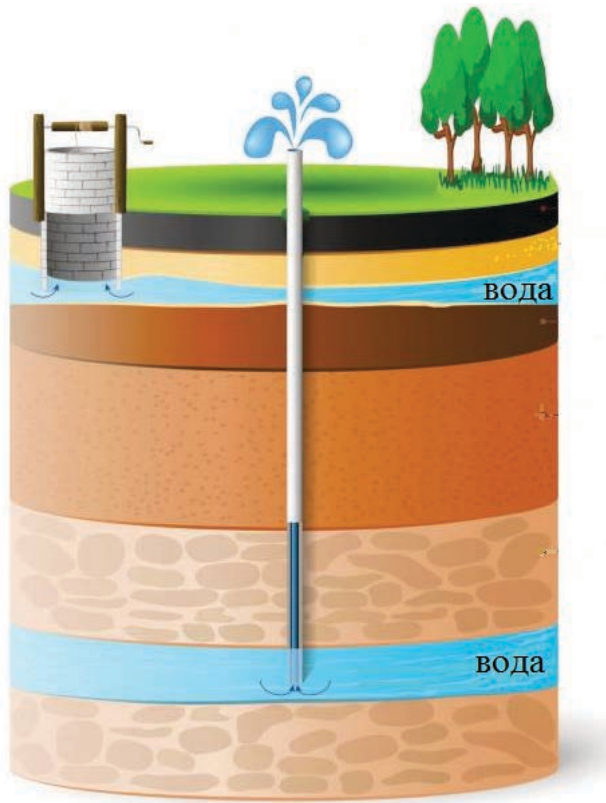
ц) Прехрана издани струјањем воде из дубљих у плиће хоризонте, обично се дешава када се у дубљим слојевима водонепропусних стена повећа хидростатички притисак под чијим се утицајем кроз стенске пукотине истискује вишак воде у шупљине горњих слојева стена.

У зависности од геолошке подлоге у којој се образују, издани могу бити **фреатске, артешке или крашке**.

Да би дошло до формирања издани, неопходно је да гравитациона вода током свог понирања процеђивањем дође до вододрживог или непропустљивог слоја стена где почиње да се нагомилава.

Уколико се изнад вододрживог слоја на којем се сакупља изданска вода, налази растресит, шупљикав земљишни слој, онда изданска вода попуњава све земљишне шупљине и капиларе све до неке висине. Ако је издан ближа површини земљишта, њен горњи слој се може видети током копања бунара, па се зато овакве, релативно плиће издани у растреситој подлози називају **бунарске** или **фреатске** издани.

Слика 17. Фреатска и артешка издан



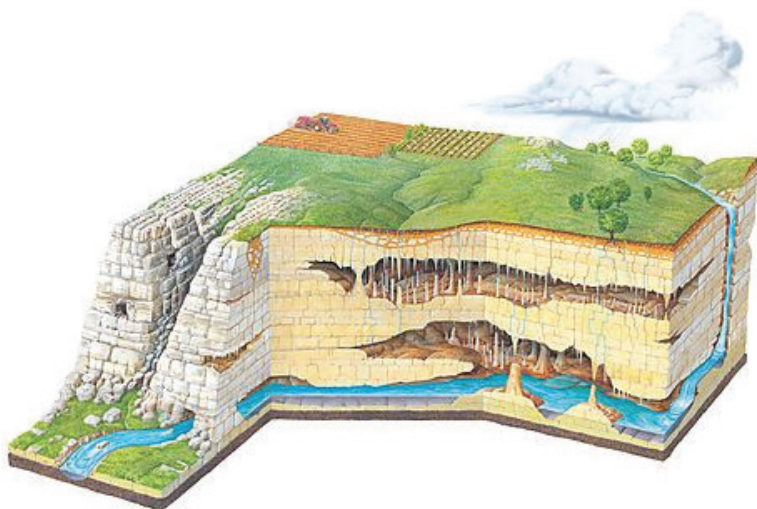
Уколико се издан налази између два вододржива слоја стена, и ако у њој влада одређен хидростатички притисак, онда се таква издан назива **артешка**. Овакав тип издани настаје инфилтрацијом падавинске воде кроз поре и пукотине стена које се налазе у горњем слоју, односно, изнад издани. Вода из артешке издани обично под великим притиском избија на неком месту где се налази већа пукотина у стенској маси. Уколико се оваква издан отвори помоћу дубинске бушотине, и уколико вода из ње избија у виду водоскока, таква бушотина се назива **артешки бунар**.

Међутим, уколико вода из бушотине не избија на површину терена, него се вади са извесне дубине у бушотини, онда се таква бушотина назива **субартешки бунар**.

Изданске воде које се налазе на вододрживом слоју удубљеног облика, не крећу се, и понашају се као подземна језера. Ниво свих бунара изнад оваквих издани је на истој висини. У свим осталим случајевима, чак и при најмањем нагибу вододрживог слоја, изданска вода се креће. Брзина кретања изданске воде је обично мала. Кроз ситан песак изданска вода креће се брзином од 1 m на дан, а кроз крупнији песак 5 m на дан. У засутих речним коритима где осим песка има крупнијег шљунка и облутака, изданска вода креће се брзином и до више стотина метара на дан. Таква издан назива се **изданска река** (Dukić & Gavrilović, 2006).

За разлику од фреатских и артешких издани које настају на отпорним вододрживим магматским стенама, **крашке издани** настају на кречњачким и доломитским стенама које су веома подложне хемијском разлагању под дејством воде. До формирања крашких издани долази понирањем падавинске воде кроз вертикалне пукотине, канале и галерије кречњачких стена које су повезане међу собом, и често распоређене у више нивоа. Сви ови канали настајали су растварањем кречњака под утицајем воде. Обично је најнижи хоризонт ових замршених шупљина увек испуњен водом, док се виши хоризонти пуне водом само повремено. Највиши хоризонти обично увек остају суви.

Слика 18. Крашка издан и извор



У зависности од зоне засићења слободним подземним водама, издани могу бити **збијене** и **разбијене**. Збијене (континуалне) издани карактерише повезаност изданске воде у границама њеног распрострањења, што је условљено међузрнском порозношћу водоносне средине. За разлику од збијених, разбијене (дисконтинуалне) издани јављају се у стенама са пукотинском и кавернозном порозношћу. Карактерише их дисконтинуалност зона засићених слободним подземним водама.

Хемијски састав изданских вода зависи од неколико фактора: од површине зоне контакта са стенским масама, од брзине њиховог кретања и од састава стена кроз које пролазе. Уколико је додирна површина са стенском масом већа, и брзина кретања воде мања, то је већа концентracија минералних материја с обзиром да процес њиховог растварања из земљишта и стена дуже траје. У антропогено назагађеним изданима најзаступљенији елементи су хлор, сумпор, натријум, калијум, азот, магнезијум, калцијум, гвожђе, алуминијум, силицијум...

Температура подземних вода варира у границама од -5°C у високим планинама и областима са замрзнутим земљиштем, па до $+120^{\circ}\text{C}$ у вулканским областима. У подручјима умереног климата коме припада и територија Србије, температура плиће подземне воде најчешће одговара средњој годишњој температури ваздуха, мада су присутне и појаве термалних вода.

Изданске воде су најчешће без укуса, али уколико у њима има вишка одређених минералних материја, ове воде могу имати одређени укус. Слан укус изданске воде потиче од раствореног натријум-хлорида, горак од магнезијум-сулфата, опор од соли гвожђа, слadak од вишка органских материја.

За живи свет подземних вода нарочито је значајно присуство гасова. Од гасова су углавном присутни кисеоник, угљен-диоксид, азот, водоник-сулфид и неки гасовити угљоводоници. Кисеоник у изданским водама потиче из атмосфере, и углавном га уносе понорнице. Има га мало, нешто више у плићим него у дубљим изданима. У дубоким изданима кисеоника углавном нема. Угљен-диоксид такође потиче из атмосфере или се ослобађа у процесу дисања водених организама уколико их има у изданима. Пошто са водом лако гради угљену киселину, угљен-диоксид утиче на брже растварање калцијум-карбоната крашких терена.

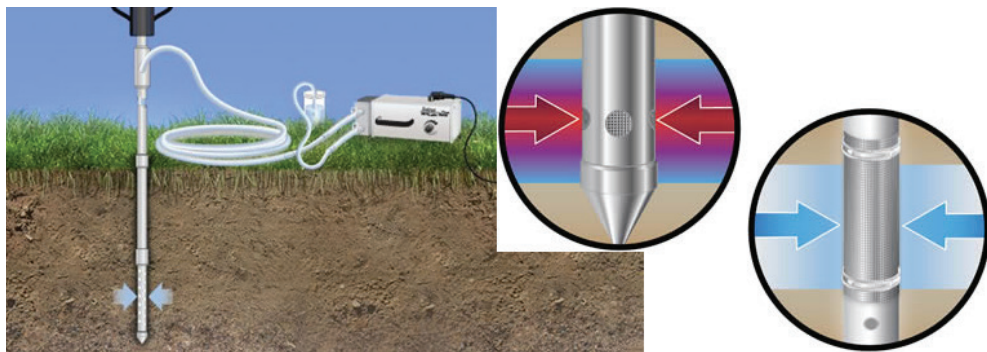
Органских материја у изданима има веома мало. Представљају резултат животних активности и распадања водених организама уколико их има, или доспевају надземним водама које пониру до издани.

У водопривреди се за веће запремине подземне воде унутар једног или више водоносних слојева често користи термин **водно тело подземне воде**. Водно тело подземне (изданске) воде представља основну јединицу за управљање ресурсом подземних вода, праћење статуса и примену мера за достизање њиховог доброг статуса. У Србији су издвојена 153 велика водна тела подземних вода. Површина појединих већих водних тела креће се од 35 km² до 2.643 km².

Посебан вид изданских вода су минералне воде (са повећаним садржајем минерала и олигоелемената), термалне воде и термоминералне воде. Сложена геолошка грађа и повољни хидрогеолошки услови створили су на територији Србије значајно богатство у минералним и термоминералним водама.

Елементи режима подземних вода (ниво, издашност, температура, хемијски састав), прате се помоћу хидрогеолошких бушотина, такозваних пијезометара. Захваљујући мрежи пијезометријских станица могуће је пратити дневне, сезонске, годишње и вишегодишње промене режима подземних вода.

Слика 19. Пијезометар



5.3. ИЗВОРИ

Извор је појава природног излаза изданске воде на површину. Подземне воде избијају на површину подлоге најчешће у виду млазева, и такви извори се називају **млазни** или **прави**. Местимично подземне воде могу да избијају на површину на већој површини, и тада стварају замочварене површине. Такви извори називају се **дифузни**, а у народу су познати и као пиштољине.

По времену трајања избијања воде, извори се деле на **сталне, периодичне и повремене**.

По начину кретања воде у односу на површину терена, извори се деле на **силазне** (гравитационе) и на **узлазне**.

а) У **силазне** (гравитационе) изворе спадају оцедни, преливни и контактни извори.

Оцедни извори се јављају на местима где је ерозивним процесима откривена изданска вода.

Преливни извори настају када се водонепропусна баријера нађе на путу кретања изданске воде. Због тога вода мења правац кретања и прелива се преко баријере излазећи на површину земље.

Контактни извори настају на месту контакта водопрпусних и водонепропусних стена.

б) У **узлазне** изворе спадају артешки, пукотински, гасни извори и гејзери.

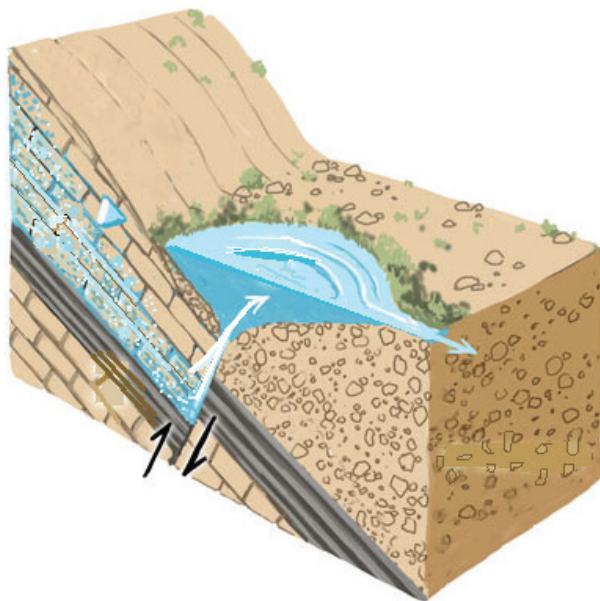
Артешки извори се јављају на месту откривања артешких водоносних хоризоната ерозивним процесима.

Пукотински извори су везани за тектонске раседе. Вода кроз ове раседе из великих дубина избија на површину услед јаког хидростатичког притиска који влада у издани или услед притиска прегрејане водене паре. Већина извора минералних вода припада управо овом типу извора.

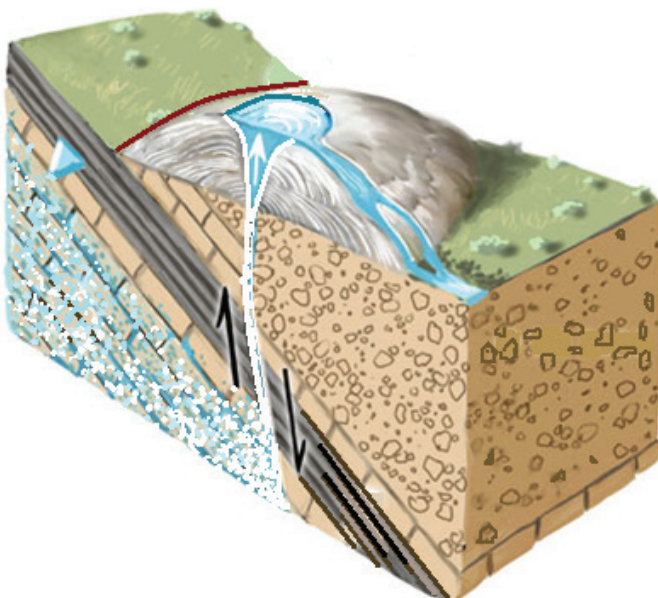
Гасни извори истичу захваљујући притиску гасова који су нагомилани у води или до издани допиру из других хоризоната литосфере.

Гејзери су периодични термални извори из којих вода избија у одређеним интервалима. До њеног избијања у облику водоскока долази услед јаког прегрејавања воде и њеног претварања у водену пару. Кад притисак водене паре постане велики, долази до њене ерупције, односно узлазног изливања у виду гејзерског извора (Dukić & Gavrilović, 2006).

Слика 20. Преливни извор



Слика 21. Пукотински извор



Крашки извори представљају посебну групу извора. За њих је карактеристично да су велике и често колебљиве издашности, а да је тврдоћа воде велика. У односу на неке заједничке особине, крашки извори се могу поделити на више група. Најчешћи су то воклиски извори, потајнице, еставеле, сланасте извори и вруље.

Воклиски извори су јака врела из којих вода избија улазним каналима из дубине.

Потајнице су извори који функционишу са прекидом од неколико минута до неколико сати.

Еставеле су извори који функционишу као врела у влажно доба године, а као понорнице у суво доба године.

Сланасте извори се налазе у близини морске обале и из њих избија слана вода.

Вруље су подморски извори из којих избија слатка или слана вода.

У зависности од тога колика им је **издашност**, сви извори се деле на осам група (Табела. 1).

Табела 1. Подела извора према издашности (Dukić & Gavrilović, 2006).

Група	Просечна издашност извора
I	10 m ³ /s или више
II	1 – 10 m ³ /s
III	0,1 – 1 m ³ /s
IV	10 – 100 l/s
V	1 – 10 l/s
VI	0,1 – 1 l/s
VII	10 – 100 cm ³ /s
VIII	мање од 10 cm ³ /s

У односу на **хемизам** воде, извори су **слатководни** или **минерални**. Минерализација слатководних извора износи до 1,0 g/l, док минерализација минералних извора варира од 1,0 до 10,0 g/l, мада у ретким случајевима достиже и 50,0 g/l.

У односу на **температуру**, извори се деле на шест група:

- врло хладне (0 - 4°C);
- хладне (4 - 20°C);
- топле или термалне (20 - 37°C);
- вреле (37 - 42°C);
- веома вреле (42 - 100°C);
- изузетно вреле (преко 100°C).

У Србији изузетно високом температуром издвајају се извори у Врањској Бањи (94,1°C), Јошаничкој Бањи (77,2°C), Сијаринској Бањи (72,2°C), Богатићу (75,5°C), Куршумлијској бањи (68,0°C), Кањижи (67,0°C), Луковској Бањи (61,0°C), Бањској (54,0°C), Новопазарској Бањи (54,0°C), итд. На жалост, хидрогеотермална енергија код нас се још увек незнатно користи, и то углавном у балнеологији. Њена употреба за производњу електричне енергије, за загревање просторија, у пољопривреди и индустрији, тек је у оквиру симболичних зачетака мада Србија припада групи држава у којима постоје повољни услови за експлоатацију хидрогеотермалне енергије. Колики је значај ових вода као извора енергије, говори податак да снага свих природних термалних извора и свих хидрогеотермалних бунара током самопражњења износи око 320 MW. Минималне резерве овог облика енергије процењују се као термички еквивалент од преко 550 милиона тона течног горива.

Лековите изворске воде обухватају оне воде које имају повољно дејство на људско здравље. То су **минералне воде** које имају 1,0 g/l или више растворених елемената (натријума, магнезијума, сумпора, калијума, калцијума, литијума, брома, хлора, гвожђа, радијума, арсена, цинка, бакра, итд.), њихових соли и киселина, или имају специфичан састав и концентрацију растворених гасова (угљен-диоксида, водоник-сулфида, радона). У лековите воде спадају и **термалне воде**. Уколико термалне воде имају повећан садржај растворених соли и киселина или растворених гасова, онда су то **термоминералне воде**. Овакве лековите воде деле се на хипотерме са температуром од 20°C до 34°C, **хомеотерме** са температуром од 34°C до 38°C и **хипертерме** са температуром вишом од 38°C. У Србији је регистровано преко 1.200 извора минералне и термоминералне воде који представљају значајан природни ресурс.

5.4. РЕКЕ

Река је велики природни ток водене масе која се од извора до ушћа креће кроз корито које представља жлеб усечен у копнену масу. Река се храни водом издани која избија у виду извора, водом језера, делом атмосферских падавина које не пониру у дубље слојеве земљишта него отичу низ падине или водом ледника и глечера у фази топљења.

Отицањем изворске воде настају поточићи. Спајањем поточића стварају се потоци који примајући нове поточиће постају речице. Реке су највећи водотоци који настају од више речица и потока, а изузетно, у крашким теренима, и од издашних врела.

• Типови речних токова

Водотоци могу бити **стални**, **периодични** и **повремени** што зависи од особина географске средине у којима се налазе.

Стални водотоци постоје у оним областима где је укупно притицање воде у речна корита веће од њених губитака испаравањем и понирањем.

Периодични водотоци постоје у оним областима где режим падавина омогућава само у одређеном периоду године веће притицање воде кроз речна корита него што су њени укупни губици. Такви токови су у нашем народу познати као сушице или суваје.

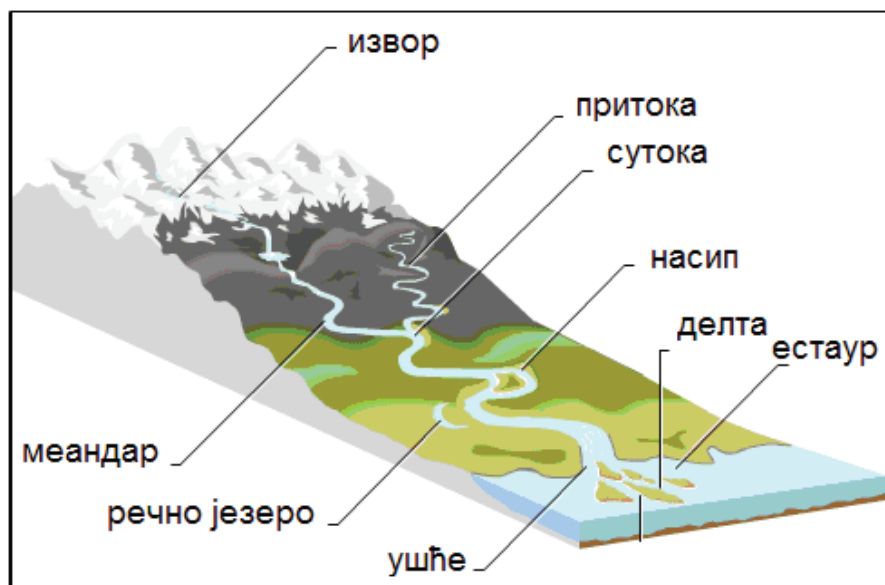
Привремени водотоци карактеристични су за сушне пределе у којима је само у изузетним приликама и за кратко време, притицање воде у корита веће од свих њених губитака.

Понорнице или пониквице су водотоци крашких терена који се јављају као стални или периодични токови. Њихова вода понире у удубљења која се називају понор или пропаст, а затим избија у виду јаких врела у другим долинама, на морској обали, па чак и испод морске површине образујући подморске изворе – вруље.

• Елементи речног тока

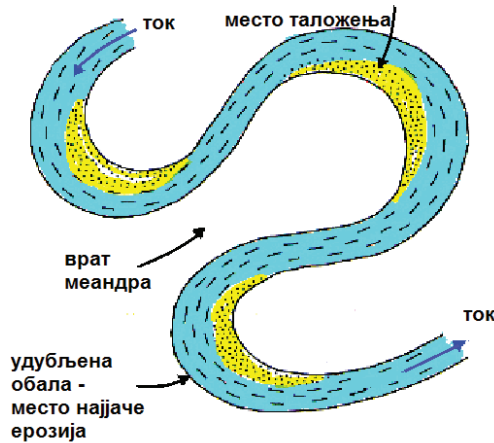
Место одакле почиње водоток назива се **извор** или глава реке. Извор може бити не само место на коме вода излази на површину земље, него и језеро, мочвара или ледник од којих полази неки већи или мањи водоток. Ако река почиње спајањем два мања водотока, онда се место њиховог спајања, такозвана **сутока**, сматра почетком реке.

Слика 22. Елементи речног тока



На свом току, нарочито кроз равничарске пределе, реке често меандрирају. **Меандар** је појава кривудања реке у облику латиничког слова S. До кривудања реке обично долази ерозивним деловањем воде на земљиште око речног корита. У том случају, вода се не креће праволинијски, него вртложно, и изазива ерозију која делује само на поједине тачке корита. Деловање воде најслабије је дуж испупчених, а најјаче дуж удубљених страна. Због тога вода постепено руши удубљене обале, и временом део речног корита добија облик меандра. На меандру се разликује врат који представља најкраћи размак између конкавних обала једног меандра, и дужина која представља растојање на реци од почетка до завршетка врата. Након дуготрајног деловања воде, може се десити да меандри буду одсечени од матице реке, и да се претворе у речна језера која представљају такозване мртваје.

Слика 23. Речни меандар



Слика 24. Меандар Велике Мораве



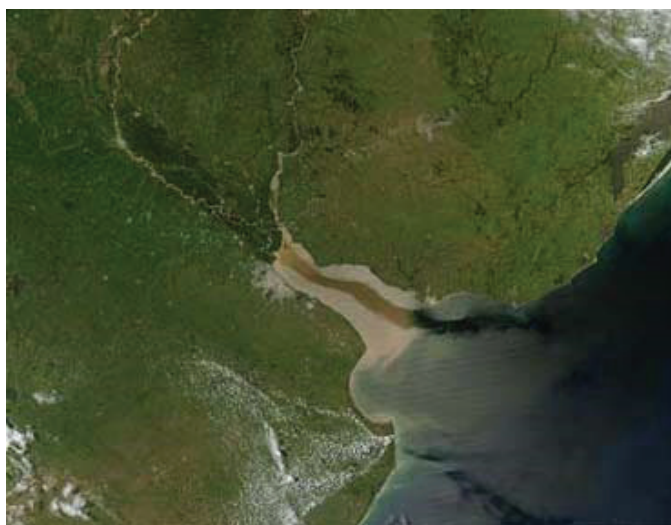
Дуж многих речних токова јављају се и **укљештени меандри** чија речна долина на попречном профилу има карактер клисуре или кањона. Укљештени меандри представљају пример јаке вертикалне флувијалне (водне) ерозије. Они указују да је река некад била развијена на знатно вишем нивоу где је имала нормалну долину, са широким дном, по којем је мигрирала и слободно формирала меандре. Услед наглог јачања вертикалне ерозије, река није имала времена да исправи своје корито, него је његово усецање настављено по меандрима, тако да је тај део долине добио карактер клисуре.

Место где река утиче у другу реку, језеро или море, назива се **ушће**. Посебан тип ушћа представљају делте и естуари. **Делте** су ушћа река у језера или мора која настају таложењем речних наноса преко којих се вода разлива у више рукаваца. **Естуари** су левкаста ушћа река у мора која настају на обалама са великим висинским разликама између плиме и осеке.

Слика 25. Делта



Слика 26. Естуар



Растојање између извора и ушћа реке представља **дужину водотока**. С обзиром да се вода реке слива према нижим kotaма све до мора, свака река има свој пад. На уздужном профилу реке појављују се места са већим падовима: брзаци, водопади и слапови.

Брзаци су краћи сектори река са већим падом због чега вода отиче великом брзином.

Водопади су места где се речна вода сурвава са висине због вертикалног одсека у речном кориту.

Слапови представљају краће делове река на којима речна вода тече низ брзакe и пада низ мање водопаде.

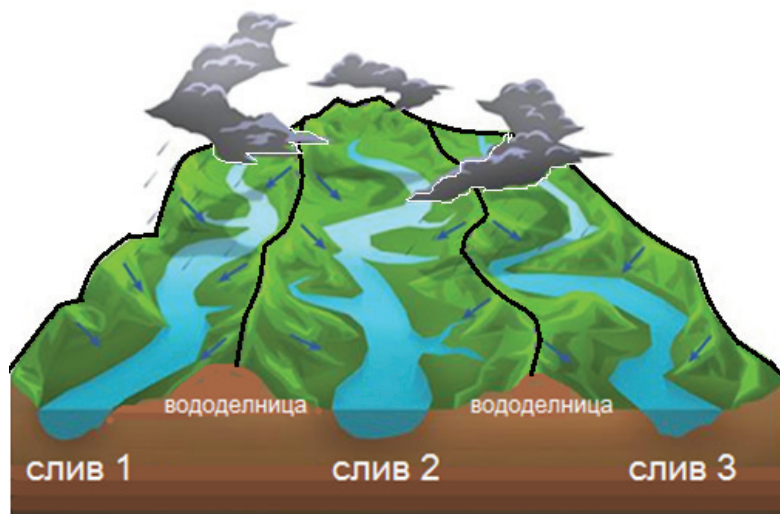
• Речни систем, речна мрежа и речни слив

Све површинске воде на копну сачињавају његову **хидрографску мрежу**. У хидрографску мрежу спадају водотоци (потоци, речице, реке), језера, мочваре, баре, ледници и друга водна тела.

Главна река са својим притокама чини **речни систем**. Сви водотоци неког речног система сврставају се у редове. Водоток првог реда је онај који не прима притоке. Спајањем два водотока првог реда настаје водоток другог реда, а спајањем оваква два водотока, настаје водоток трећег реда, итд. Дакле, водоток првог реда има најмање воде, док водотоци виших редова прикупљају све више воде. Речни системи неког континента или региона чине **речну мрежу**. То значи да речна мрежа представља густину водотока неког подручја, а да је гради већи број речних система. На пример, у Србији се може говорити о речном систему Мораве, Тимока или Колубаре, али сви водотоци Србије представљају њену речну мрежу. Највећу густину речне мреже код нас углавном имају планински предели изграђени од вододрживих стена који обилују падавинама. Тако на пример, у изворишту Рибнице, десне притоке доњег Ибра, густина речне мреже износи 3.490 m/km^2 , док у низијским деловима Војводине она износи само 75 m/km^2 . Иначе, Србија има речну мрежу дугу 65.980 km , што значи да просечна дужина речне мреже Србије износи 747 m/km^2 (Dukić & Gavrilović, 2006).

Под утицајем земљине теже падавине се сливају низ одређена узвишења у рељефу. **Слив** је географски простор са кога све воде отичу према одређеном језеру, мору или океану. Граница два суседна слива назива се **развође**. Развођа речних сливова најчешће су узвишења на копну која деле падавинске воде тако да оне теку различитим правцима у различите речне системе. Та узвишења називају се **вододелнице**.

Слика 27. Речни слив



Текуће воде Србије припадају **црноморском, јадранском и егејском сливу.**

Слика 28. Речни систем Западне Мораве



Слика 29. Речни сливови Србије



Слив Црног мора чине реке које се уливају у Дунав као главну артерију овог слива у Југоисточној Европи. Претежни део воде Дунав у Србији добија од Саве (са притокама Босутом, Дрином, Таром, Лимом, Увцем, Колубаром...), Тисе (са Бегејом), Тамиша, Караша, Нере, Велике Мораве, (са Лепеницом, Ресавом, Јасеницом, итд.), Јужне Мораве (са Биначком Моравом, Моравицом, Власином, Јабланицом, Косаницом, Топлицом, Нишавом, Јермом...), Западне Мораве (са Ћетињом, Рзавом, Ибром, Ситницом, Лабом, Гружом, Студеницом, Расином...), Млаве, Пека, Поречке реке и Тимока са његовим мањим притокама.

Слив Јадранског мора чине реке које се уливају у Бели Дрим у Метохији. Претежни део воде Бели Дрим у Србији добија од Призренске Бистрице и Плавске реке које се са својим притокама спуштају низ западни и југозападни део Шар-планине, као и од река које се сливају са Метохијских Проклетија – Пејке Бистрице, Дечанске Бистрице, Ереника (Рибника), Мируше (Љубижње), Клине.

Слив Егејског мора чине реке које се уливају у Лепенац, Пчињу и Драговиштицу. Лепенац дренира југоисточне падине Шар-планине, Пчиња се спушта са планине Дукат и дренира крајњи југоисточни део Србије, док Драговиштица настаје од Божичке и Љубатске реке и одлази у Бугарску.

Хидрографско чвориште Србије које истовремено представља и чвориште западног Балкана, налази се на Дрманској глави планине Црнољеве (1.364 m н.в.) која представља огранак Шар-планине. Дрманска глава је дакле, тачка разграничења црноморског, јадранског и егејског слива. Дунавом се у Црно море одводњава 92,5% територије Србије. Према Јадранском мору одводњава се 5,3 %, а према Егејском мору само 2,2 % државне територије. Још веће разлике у корист слива Црног мора су када се посматра укупан протицај јер све реке Србије дуже од 100 km, изузев Белог Дрима, припадају сливу Црног мора. Дунавом у Црно море са територије Србије отиче 505 m³воде/s, Белим Дримом у Јадранско море отиче 61 m³воде/s, а Пчињом, Лепенцем и Драговиштицом у Егејско море отиче свега 2 m³воде/s.

• Речна долина и речно корито

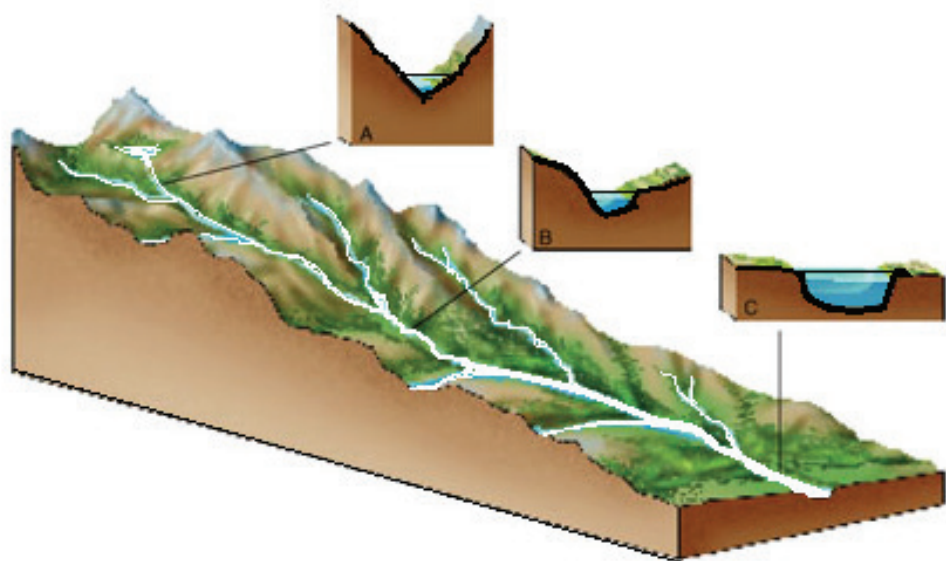
Речне долине су дуга и релативно уска, обично кривудава удубљења на копну са падом који је усмерен у правцу њиховог излаза у друге долине, језерске басене или на морске обале. Долине су најчешћи облик рељефа на теренима изграђеним од вододрживих или полупропустљивих стена. У свакој речној долини разликују се три основне морфолошке целине: стране долине, дно долине и речно корито.

Стране долине су на попречном профилу косе, испупчене или удубљене. У речним долинама често се јављају речне терасе. То су веће или мање површине на странама долина, благо нагнуте према реци. Оне представљају раније остатке долинског дна када је река текла у нивоу који одговара висини тераса. Речне терасе могу бити усечене у стеновиту подлогу или у речни нанос.

Дно долине је шира или ужа долинска раван изнад које се издиже одсек најниже терасе или, ако ње нема, стране долине. Најнижи део дна долине који се редовно плави великим водама и на коме се таложи речни нанос, назива се **алувијална раван**. Велике реке по правилу имају простране алувијалне равни.

Речно корито је усечено у алувијалној равни или по долинском дну ако алувијалне равни нема. Оно представља жлеб којим протичу мале или средње воде, док се велике воде изливају из њега. На странама корита се налазе обале. У ужем смислу, обала је линија дуж које се додирују вода и копно.

Слика 30. Профил речне долине



Према дубини усецања у подлогу, положају долинских страна и дна долина, разликује се више морфолошких типова долина: теснаци, кањони, клисуре и нормалне долине.

Теснаци су тип уских долина насталих вертикалном ерозијом водоотпорних стена у планинским пределима. Стране су им вертикалне, често надвијене над реком.

Кањони су веома дубоко усечене долине стрмих, често вертикалних страна. Немају долинско дно, тако да стране кањона прелазе непосредно у речно корито.

Клисуре су дубоко усечене долине стрмих страна, са уским долинским дном или без њега.

Нормалне долине имају стране са малим падовима, пространо дно и за разлику од клисура и кањона, нису дубоко усечене.

У односу на правац пружања, долине се деле на уздужне, попречне и дијагоналне.

Уздужне долине пружају се паралелно са планинским венцима или леже у тектонском рову.

Попречне долине управно пресецају планинске венце пробијајући се кроз њих, због чега се зову и пробојнице.

Дијагоналне долине пресецају планинске венце под неким углом.

• Физичко-хемијске одлике речне воде

Речна вода никада није чиста, а њен хемијски састав варира у зависности од многих физичко-географских и биолошких услова у којима се та вода формира. У речној води лишеној антропогених загађења, присутна је већина познатих хемијских елемената, неки у нешто већој концентracији, а неки у траговима. У највећој количини присутни су катјони натријума, калцијума, магнезијума и калијума, као и анјони хлорида, сулфата, хидрокарбоната и карбоната. Ови јони најчешће граде соли натријум-хлорида, калијум-хлорида, калцијум-сулфата, магнезијум-карбоната, калцијум-карбоната и друге карбонатне соли. Просечна минерализација речне воде износи 63 mg/l што значи да већина река има воду мале минерализације (Dukić & Gavrilović, 2006).

Када је у питању **киселост** речних вода, оне су углавном слабо алкалне, са рН вредношћу која се креће од 7 до 8,5. Алкалитет није једнак дуж читавог водотока. Обично је највећи у изворишту и постепено се смањује низводно јер због таложења кречњака долази до смањења количине растворивих бикарбоната и повећања количина угљене киселине.

Речна вода садржи довољно **кисеоника** пошто непрекидно мешање и кретање воде омогућава његову сталну апсорпцију из атмосфере. По правилу, концентracија му је обрнуто пропорционална температури воде и броју потрошача.

Светлост је значајан еколошки фактор у речним екосистемима. Дубина продирања светлости зависи од замућености воде и обично је већа у планинским рекама које немају много суспендованих честица муља, док је мања у мирним, дубоким равничарским рекама.

Боја речне воде зависи од концентracије лебдећих и растворених материја. Због одбијања светлости од дна, плитке реке имају боју подлоге. Међутим, дубље реке које примају воду из кристалних и магматских стена су бистре, у дубљим слојевима плавичасте. Крашке реке имају зеленкасто-плаву воду, док мочварне реке и реке лесних предела имају жуто-мрку боју која потиче од хумусних материја.

Температура речне воде зависи од више фактора – географске ширине, надморске висине, годишњих доба, дубине речног корита и количине воде. Температура речне воде се мења у току дана и у току године. У току дана температурна варирања речне воде износе до $1,6^{\circ}\text{C}$, при чему су најниже температуре између 7 и 8 сати, а највише око 15 сати. Сезонска колебања су знатно већа, и код плитких река могу износити и до 30°C .

• Водни режим река

Водни режим река представља комплекс појава које се односе на снабдевање река водом и њихово стање – водостај, водостање и протицање.

Водостај представља висину нивоа воде у односу на неку условну раван у датом тренутку. Ниво воде може се мерити помоћу водомерне летве, лимниграфа или бесконтактнoг мерача.

Водостање представља колебање водостаја у току извесног периода, на пример, у току годишњег доба, у току једне године, у периоду од 10 година, итд. Варирање нивоа воде изазивају климатски услови, првенствено падавине и температура ваздуха.

Протицање, односно, брзина протока воде, значајан је фактор у свакој реци. Брзина протока воде представља дужину пута коју пређе честица воде у јединици времена – секунди, тако да се изражава у m/s . Брзина протока воде директно зависи од нагиба терена, масе воде и храпавости речног дна. Брзина кретања воде равничарских река у просеку износи 2 – 2,5 m/s јер речна корита имају падове од 2 – 5 cm на 1 km . На неким деловима равничарских река, такозваним мртвајама, стиче се и утисак да вода стоји. Брзина кретања воде планинских река у просеку износи 6 – 7 m/s јер речна корита имају много веће нагибе. Постоје разлике и у брзини водене масе у истом кориту. Обично се вода поред обала и на дну спорије креће, док се горња трећина водене масе креће најбрже.

Протицање се може мерити непосредним или посредним методама. Непосредним методама мери се на хидротехничким објектима, првенствено преливима и суженим пресецима на којима је дефинисана функционална веза између нивоа и протицања. Посредним методама протицање се најчешће мери методом површина – брзина или методом мешавине која подразумева убацивање трасера (неке хемијске супстанце) са константном концентрацијом и количином. Узорак воде узима се на низводном профилу па се на основу промене концентрације трасера одређује проток.

• Енергија речних токова

Енергија речних токова представља кинетичку енергију воде у кретању. Ради трансформације ове енергије у електричну енергију, конструишу се хидроелектране. **Хидроелектране** су постројења за производњу електричне енергије са погоном на воду. Текућа вода обрће својом кинетичком енергијом хидрауличну турбину која је повезана са електричном машином – генератором електричне енергије.

Велике хидроелектране се граде на местима где постоји довољно текуће воде у смислу количине водене масе. Њихова снага сразмерна је количини воде и паду воденог тока. У односу на количину воде и нагнутост речног корита, могуће је конструисати више типова хидроелектрана.

Акумулациона хидроелектрана преграђује реку и зауставља речни ток подизањем бране која води стварању акумулационог језера узводно од бране. Акумулационо језеро поседује потенцијалну енергију која је резултат висинске разлике горње коте речног језера и тачке монтаже генератора. Ова енергија се претвара у кинетичку енергију воде која се одводи тунелима до места где су постројења електране са турбинама и генераторима. Брана има улогу да повећа висинску разлику воде између акумулационог језера и турбина, и да контролише проток воде.

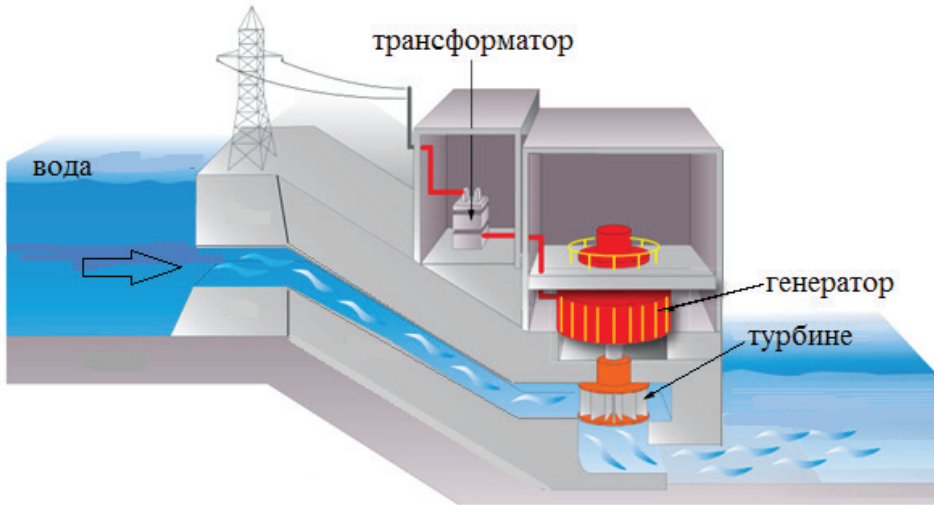
Реверзибилна хидроелектрана је по конструкцији слична акумулационој хидроелектрани, али има велике пумпе које у време мање потрошње струје враћају воду у акумулационо језеро, док се у време повећане потрошње струје вода пушта из акумулације и повећава се њена енергија. Оваква електрана служи уравнотежењу производње и потрошње у електричној мрежи.

Проточна хидроелектрана има малу висинску разлику испред и иза места захватања воде тако да не користи потенцијалну енергију разлике нивоа воде, већ само кинетичку енергију коју поседује водени ток. Стога је снага овакве електране зависна од тренутне количине протока воде.

И поред значаја за производњу електричне енергије, хидроелектране имају и бројне негативне ефекте на животну средину јер:

- повећавају ризике од клизишта и поплава;
- нарушавају структуру и стабилност речног корита и приобаља;
- доводе до гомилања муља узводно од бране;
- утичу на појачано физичко и хемијско загађење вода;
- драстично нарушавају биодиверзитет јер између осталог, спречавају слободно кретање и природне миграције водених животиња, нарочито риба.

Слика 31. Акумулациона хидроелектрана



Мале хидроелектране се углавном заснивају на деривацијама којима се остварује концентрација пада. То значи да се вода захвата, неколико километара спроводи кроз цеви, пропушта кроз турбине и на крају враћа у своје корито. На овај начин мали водотоци остају без живота и угрожавају се не само у биолошком, него и хидрогеографско-хидролошком и амбијенталном смислу.

Иако су мале хидроелектране новијег датума, већ је у водотоцима на којима се оне налазе осетна редукција популација риба и ракова. Због погубног деловања ових хидроелектрана на водни режим, климу, земљиште и биодиверзитет, у Европи је до сада срушено око 400, а у САД 1.000 оваквих објеката.

5.5. СТАЈАЋЕ ВОДЕ

Стајаће воде су копнене воде код којих не постоји континуирани ток у једном правцу, него су водени покрети сведени на таласе и струјања. У стајаће воде спадају језера, баре, мочваре, ритови и рибњаци.

5.5.1. ЈЕЗЕРА

Језеро је природно удубљење на копну испуњено водом која се привидно не креће. Свако језеро се састоји од два елемента: самог удубљења, односно, депресије на копну које се назива језерски басен, и од водене масе којом је језерски басен испуњен.

• Подела језера по начину постанка

По начину постанка сва језера могу се сврстати у четири групе. То су а) тектонска, б) ерозивна, в) акумулациона и г) вештачка или загати.

а) **Тектонска језера** се образују у депресијама (потолинама) које су спуштене дуж раседа у земљиној кори. Већа таква језера су на пример, Бајкалско, Тангањика, Ири, Онтарио, Охридско, Преспанско, Дојранско и многа друга.

Овој групи језера припадају и такозвана **реликтна језера** која представљају остатке некадашњих мора. Она су углавном настајала издизањем делова литосфере у подручју мореуза или залива. То уздизање подлоге стварало је природну пречагу између светског мора и његовог дела у зони залива или мореуза. На овај начин створена су на пример, Каспијско и Аралско језеро, али и нека мања језера у Македонији (Врапчинско, Островско).

Групи тектонских језера припадају и **вулканска језера** која су настајала у кратерима, односно калдерама угашених вулкана. Због места и начина постанка, вулканска језера најчешће су кружна. Најпознатије из ове групе је Кратерско језеро у САД. Његов пречник износи 8 km, а дубина 650 m. Вулканским језерима припадају и она језера која су настала преграђивањем речних долина лавом. Највеће међу овако насталим језерима је Викторија у Африци.

На сличан начин настала су и **урниска језера**, али у њиховом случају речни ток није преградила лава, него маса земље, камења и стена која се стропоштало низ падине за време јаких падавина, земљотреса или због активирања клизишта.

Ова појава забележена је и код нас 1977. године када је на обронцима планине Облик у југоисточној Србији дошло до клизања стенске масе и земљишта који су на више места створили клизне депресије дуж тока Јовачке реке, притоке Јужне Мораве. Депресије су се испуниле водом тако да је настало Јовачко језеро и још пет мањих језера.

Тектонским језерима припадају и **метеоритска језера** настала у кратерима који су удубљени при паду џиновских метеорита. Највеће такво језеро је Мистастин на полуострву Лабрадор чији пречник износи око 20 km.

б) **Ерозивна језера** настају радом спољашњих сила у удубљењима створеним ледничком, речном, крашком или еолском ерозијом.

Глацијална или ледничка језера леже у цирковима, односно у удубљењима у којима су се налазили планински ледници током последњег, плеистоценог леденог доба. То су такозвана **циркна језера**. Оваквих језера има на високим планинама које су биле захваћене глацијацијом – Алпима, Карпатима, Пиринејима, Кавказу... У Србији и суседним балканским земљама такође их има, и то на Рили, Шар-планини, Проклетијама, Пелистеру, Дурмитору... У Србији су највећа Јажиначко, Големо и Ливадичко језеро на Шар-планини, као и Неџинатско, Ђеравичко и Црно језеро на Проклетијама. Ледничким језерима слична су и **валовска језера** која су настала у валовима, односно, удубљењима које су ледници накнадно формирали клизећи низ планинске падине.

Речна ерозивна језера настају флувијалном ерозијом у проширеним речним коритима. Оваква језера се називају проточна језера. Много чешћа од проточних језера су мртваје, језера која се налазе у одсеченим речним меандрима. Мртваје су обично облик слова С. Код нас се таква језера око Дрине називају дрињаче, а око Мораве, моравишта.

Крашка ерозивна језера образују се у крашким удубљењима – вртачама, увалама и крашким пољима. Типично језеро у красу је на пример, Скадарско језеро у Црној Гори или Попово поље у Херцеговини које представља периодично крашко језеро. Овом типу језера припадају и пећинска крашка језера.

Еолска језера су настала у удубљењима која су створена радом ветра или су образована у међудинским улегнућима. Оваква међудинска језера се јављају у Сахари и у близини Каспијског језера. У Србији еолска језера су Палићко, Лудашко, Келебијско, Крваво и Слано у околини Суботице. Наведена језера су настала у међудинским улегнућима (депресијама) из којих је ветар одувао слабо везан песак и лес до горње површине издани која је оголићена.

ц) **Акумулациона језера** такође настају радом спољашњих сила. Ова језера су образована у удубљењима која су настала иза нагомиланих наноса ледника и река.

Ледничка акумулациона језера настају иза чеоне морене, односно наноса које је ледник гурао испред себе док се спуштао низ планинске падине. Таква језера су на пример, Бледско и Бохињско у Словенији или Плавско и Биоградско у Црној Гори.

Речна акумулациона језера настају таложењем раствореног калцијум-карбоната на брзацима у речном кориту, на местима са већом аерацијом воде. Типичан пример су Плитвичка језера.

Лагуне представљају језера у приобалним деловима мора која су према пучини ограђена пешчаним бедемима.

Лимани су језера слична лагунама. Она настају од морског и речног наноса нагомиланог у облику природног бедема који преграђује левкаста ушћа река. У бедему постоји мањи пролаз којим речна вода отиче у море. Лимани су типични за приобаље Балканског полуострва.

Зоогена језера настају на коралним острвима стварањем коралних пречага које одвајају острвска језера од слободног мора. Такође, зоогена језера могу настати радом колонија даброва које обореним стаблима могу преградити речно корито.

д) **Вештачка језера** или **загати** настају преграђивањем речних долина, клисура и кањона каменитим, бетонским, земљаним или бетонско-земљаним бранама. Ова језера формирају се ради водоснабдевања, производње електричне енергије, наводњавања, заштите од поплава, развоја рибарства, спортско-рекреативних активности. Највећа вештачка језера у Србији су Ђердапско језеро на Дунаву, Власинско на Власини, Перућачко и Зворничко на Дрини, Газиводе на Ибру, Увачко, Златарско и Радоињско на Увцу, Ћелије на Расини, Заовинско на Тари, Белоцркванска језера поред Дунава, итд.

Ђердапско језеро је наше највеће вештачко језеро. Налази се на Дунаву, на граници Србије са Румунијом где се испречила и највећа клисура пробојница у Европи. Настало је 1972. године изградњом хидроцентрале „Ђердап I“. Језеро је дугачко преко 100 km, широко од 178 m до 8 km. Највећа дубина овог језера износи 90 m.

• Вертикална структура језерског басена

Морфологија језерског басена и његове непосредне околине указују на начин његовог постанка, али има и велики утицај на физичко-хемијске особине водене масе, на распоред водених организама, састав и распоред водених екосистема. У сваком језерском басену разликују се:

- а) стране језерске котлине;
- б) литорални појас;
- ц) сублиторални појас;
- д) дубински појас.

а) **Стране језерске котлине** представљају копнени појас који ограничава језеро са свих страна. Овај појас језерска вода никада не плави.

б) **Литорални појас** је најплићи приобални језерски појас у коме постоји и најдинамичније кретање воде. Овај појас се састоји из три дела:

- **суве обале** као највишег дела литорала који запљускују већи таласи;
- **плављеног појаса** који је стално под водом за време већег водостаја, а који остаје сув за време мањег водостаја;
- **подводног појаса** или **појаса разарања** који се налази под водом и при најнижем водостају.

Литорални појас може имати различиту ширину, а код већих језера спушта се до дубине од око 20 m. Овај појас се одликује великом локалном разноврсношћу услова за живот, нарочито у погледу природе и распореда седимената. У њему водени покрети, нарочито таласни, стално еродирају обалу због чега се и назива појас разарања. Крупнији еродирани материјал (блокови, крупније камење, шљунак) остаје у приобалном појасу, док се ситнији материјал (ситан песак, минерогене и органогене честице) односи и таложи у дубљим деловима језера. Сортирање седимената неједнако је на појединим тачкама литорала. Због тога је присутна велика локална разноврсност подлоге (испрано каменито дно, обурвани блокови стена, крупније и ситније камење, шљунковите и пешчане плаже, муљ).

У литоралној зони умерених и суптропских језера највећа су температурна колебања, како сезонска, тако и дневна, тако да се литорални екосистеми у принципу састоје од еуритермних организама (организама који добро подносе веће колебање температуре). Литорална зона осветљена је у читавом свом пространству чиме је омогућен живот зелених биљака.

ц) **Сублиторални појас** је нешто дубљи приобални појас који представља прелазну зону између литоралног појаса и дна језерског басена. На њему се разликују:

- **прибрежна тераса** која настаје акумулацијом шљунка и песка;
- **одсек језерског басена** који води ка језерском дну.

Сублиторални појас такође може имати различиту ширину, а код већих језера спушта се до дубине од око 50 m. У овом појасу подлога је муљевита, светлост је слабија, водени покрети су сведени само на унутрашња струјања, а температура у току године показује мања колебања него у литоралном појасу.

д) **Дубински појас** се означава и као **профундал**. Он се налази испод сублиторалног појаса и допире до самог језерског дна. Основне карактеристике ове зоне у дубљим језерима су готово потпуно одсуство светлости, ниска и уједначена температура, инертност водене масе.

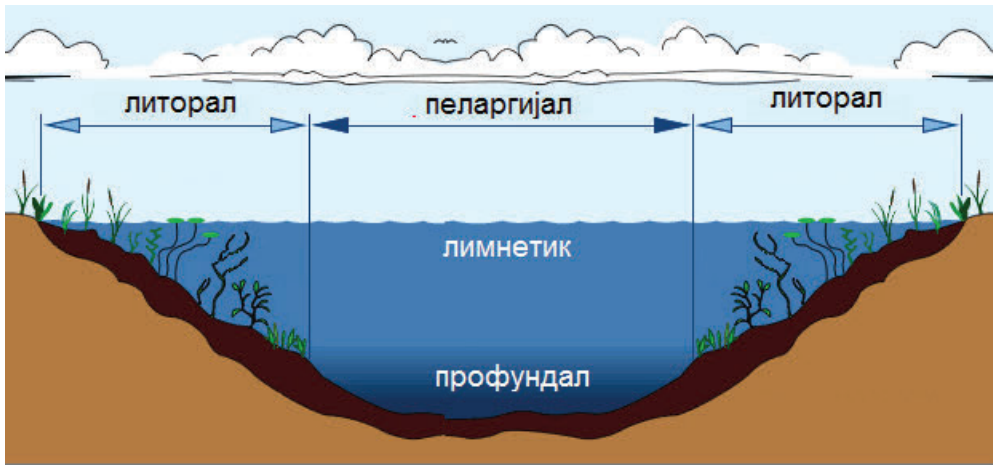
Дно језера назива се и **централна језерска раван**. Примарно језерско дно може на почетку бити неравно, међутим, временом се оно пуни и заравњује ситним језерским седиментима. Ти седименти обухватају поред распаднутих делова угинулих организама, и фине минерогене честице које потичу из обалске зоне или су донете притокама и ветром. Ове минерогене честице у почетку лебде у слободној води, а затим се таложе на дну. Количина органских честица у фином, ситном дубинском муљу главни је извор хране дубинских становника и зависи од органске продукције језера. Језерски седименти граде такозвану **бенталну** зону.

Водена маса језера такође одговара наведеним појасевима. Она се дели на:

- **литорал** који се налази изнад обалског, односно, литоралног појаса;
- **пелагијал** који обухвата масу слободне воде.

Плићи слојеви пелагијала називају се **лимнетик** или **лимнетичка зона**, док се дубљи слојеви називају **профундал** или **профундална зона**.

Слика 32. Зоне водене масе језера



• Водни биланс и режим језера

Количина воде у језеру стално се мења пошто се један њен део губи, док други део притиче. Језера се хране водом на више начина:

- излучивањем падавина на саму језерску акваторију;
- притицањем текућих вода са његовог слива;
- из издани и подводних извора;
- кондензацијом атмосферске водене паре на површини језера.

Језера воду губе такође на више начина:

- испаравањем са њихове површине;
- површинским отицањем воде;
- подземним отицањем воде;
- коришћењем језерске воде за привредне делатности.

Водена маса која се губи и притиче у језеро, није увек подједнака, тако да се и количина воде у језеру стално мења. Однос количине водене масе која у језеро притиче и количине водене масе која се из језера губи у неком одређеном временском периоду, представља **водни биланс језера**.

Према условима формирања водног биланса, сва језера се могу поделити у две групе: **уворна (затворена језера)** и **оточна (отворена језера)** језера.

Уворна или затворена језера немају отоке, а воду губе углавном у процесу евапорације. Оваква језера се најчешће јављају у сушним областима

Слика 33. Затворено, оточно и проточно језеро



Оточна или отворена језера највећи део воде губе отоком којом вода обично отиче током целе године. Оваква језера се углавном јављају у умерено влажним и влажним подручјима. Оточним језерима припадају и **проточна језера**. За њих је карактеристично да поред отока имају и утоке (притоке) које најчешће доносе исто онолико воде колико отокама отиче из језера. На пример, Скадарско језеро има притоку Морачу и отоку Бојану. Вода се у језерима на крашком терену често одводи кроз пукотине, односно поноре.

У вештачким језерима велики део воде губи се и њеним испуштањем преко преливних брана, преко турбина хидроелектрана, црпљењем за потребе водоснабдевања, за наводњавање. Из ових разлога, водни биланс вештачких језера је много сложенији од водног биланса природних језера.

Капацитет утока и отока, количина падавина и интензитет испаравања, одређују динамику обнове воде у језеру и одржавање његовог нивоа на одређеној висини. Примање и расходовање језерске воде, пре свега се одражава на промену нивоа језерске површине. Уколико је већа разлика између примања и одавања воде, утолико је веће колебање нивоа воде, па су веће и амплитуде тих колебања што даље утиче на водене екосистеме.

Водни биланс језера превасходно зависи од географског положаја и надморске висине, односно, климатских прилика области у којима се језера налазе. У топлим областима где постоје изражени сушни и кишни периоди, највиши водостај језера је за време киша, а најнижи у периоду суша.

У умереним климатским подручјима најнижи водостај је у току зиме и лета, а највећи у пролеће када се отапа снег, као и у јесен када су интензивније кише. У поларним и субполарним областима најнижи водостај језерске воде је током зиме, а највиши за време лета када долази то топљења снега и леда.

• Топлотни режим језера

Топлотни режим језера од великог је значаја за синтезу, разлагање и кружење материја, за састав и трофичке односе животних заједница у њима. Температура језерске воде директно је зависна од интензитета сунчевог зрачења и осталих климатских утицаја, од површине воденог огледала и дубине језера, од интензитета и карактера мешања језерске воде.

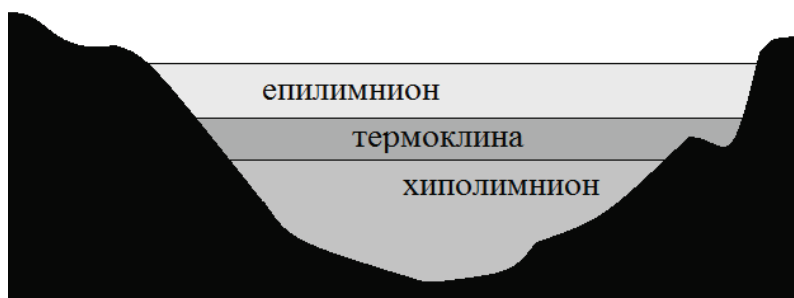
У зависности од топлотног режима, језера могу бити динамичка, амиктична, хладна мономиктична, топла мономиктична, олигомиктична и полимиктична (Hutchinson & Loffler, 1956).

– **Динамичка језера** присутна су у умереној зони и суптропским пределима на већим надморским висинама. Оваква језера присутна су и на простору Србије. У динамичким језерима до вертикалне циркулације воде долази два пута годишње, у пролеће и у јесен. Током лета и током зиме јавља се стратификација (раслојавање) водене масе која се дели на две вертикалне термичке зоне – **эпилимнион** и **хиполимнион**.

Эпилимнион је горњи топлији слој воде који се загрева посредством сунчевог зрачења. Овај слој је богат раствореним кисеоником, добро осветљен, богат планктоном и продуктиван с обзиром да у њему мноштво алги обавља фотосинтезу. Због тога се назива и **трофогени** слој.

Хиполимнион је доњи хладнији слој који је неосветљен или слабо осветљен и непродуктиван због одсуства алги. У њему се одвија разградња органских материја услед чега се назива и **трофолитички** слој.

Слика 34. Летња стратификација језерске воде

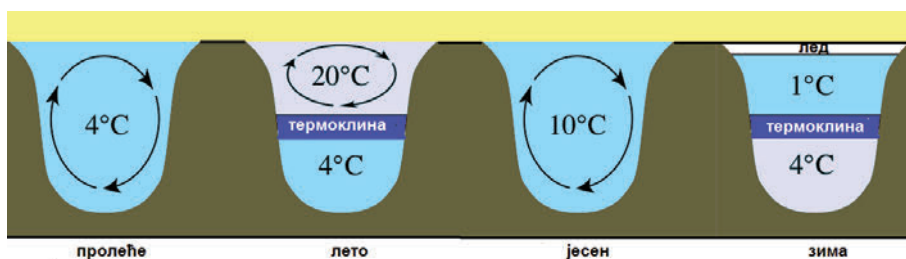


У већим језерима између епилимниона и хиполимниона често се ствара још један слој – термоклина.

Термоклина је хладан и густ слој језерске воде који се понаша као физичка баријера која спречава или отежава мешање топле воде епилимниона са хладном водом хиполимниона, тако да је размена топлоте између ова два слоја минимална.

У току јесени, када површински слојеви епилимниона почну да се хладе, његова температура се изједначава са температуром хиполимниона, тако да се термоклина губи. Нестанком термоклине долази до турбулентног мешања читаве водене масе. Овакво турбулентно кретање ствара услове за обнову утрошеног кисеоника у хиполимниону и до допремања минералних материја из хиполимниона у епилимнион.

Слика 35. Стратификација језерске воде током године



У зимском периоду долази до појаве такозване **инверзне стратификације** јер вертикална дистрибуција језерске воде постаје супротна летњој дистрибуцији. Површински слојеви воде за време зиме губе већу количину топлоте и постају хладнији у односу на воду језерског дна. Уколико се на површини језера формира лед, температура језерске воде се може знатно стабилизovati пошто лед игра улогу ефикасног топлотног изолатора. Током пролећа температура воде се изједначава на читавом вертикалном профилу и поново долази до турбулентних мешања њених слојева.

– **Амиктична језера** су трајно покривена ледом и тиме заштићена од већих температурних промена. Код њих се не јавља циркулација воде. Ова језера присутна су на Антарктику, на веома високим планинама и ретко на Гренланду.

– **Хладна мономиктична језера** не прелазе температуру од 4°C. Циркулација водених слојева одвија се једном годишње, током кратког лета. Ова језера срећу се на Арктику и веома високим планинама.

– **Топла мономиктична језера** никада се не хладе испод 4°C . Циркулација воде се одвија током целе зиме на температури од или изнад 4°C . У осталим периодима године успоставља се температурна стратификација. Ова језера су честа у топлим деловима умерене зоне, нарочито оним који су под дејством океанске климе.

– **Олигомиктична језера** имају температуру увек изнад 4°C . Код њих се циркулација воде испољава веома ретко и у неправилним интервалима зато што је температура веома уједначена. Оваква језера се јављају у екваторијалној области.

– **Полимиктична језера** се одликују непрекидном или веома честом циркулацијом воде. Разликују се два типа оваквих језера. Хладна полимиктична језера непрекидно циркулишу на температури од или нешто изнад 4°C . Јављају се на високим планинама екваторијалног појаса где су велика колебања дневно-ноћних температура. Топла полимиктична језера имају воду која често циркулише на температури знатно вишој од 4°C .

• Осветљеност, провидност и боја језерске воде

Осветљеност језерске воде представља количину светлости која падне на јединицу површине воденог огледала. Изражава се луксима (lx) и мери се луксметрима, а зависи од висине Сунца изнад хоризонта, облачности и провидности атмосфере.

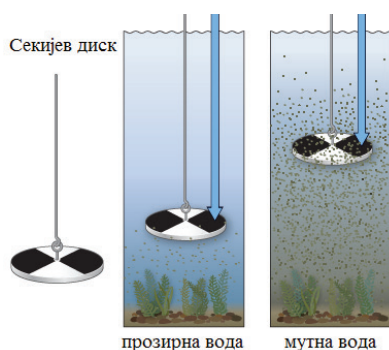
Осветљен површински слој језера у коме планктонске алге обављају фотосинтезу зове се **трофогена зона**. Њено вертикално простирање само у веома провидним језерима премашује 30 m, иначе је знатно мање. Остала мрачна водена маса представља такозвану **трофолитичку зону** у којој нема фотосинтезе и у којој искључиво теку процеси разлагања органских материја.

Слика 36. Трофогена и трофолитичка зона језерске воде

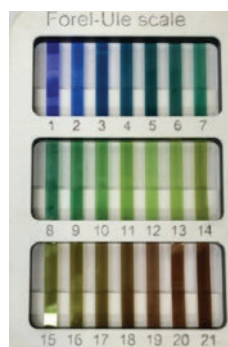


Провидност језерске воде зависи од количине суспендованих честица и густине планктонских организама. Мери се Секијевим диском који представља бело или црно-бело офарбан диск. Док се за мерење провидности морске воде користи диск пречника 30 cm, за мерење провидности језерске воде користи се диск пречника 20 cm. Диск се везује за конопац помоћу кога се спушта у воду када нема таласа. Дубина на којој диск нестаје из видокруга, представља дубину до које је вода провидна. Најпровиднија су чиста планинска језера чија је просечна провидност износи од 40 m до 20 m. Најмања провидна су језера која се хране водом мочвара, у којима има много суспендованих честица, и у којима су развијене планктонске заједнице. Њихова провидност може да се смањи и на 0,3 m.

Слика 37. Секијев диск



Слика 38. Форел-Улеова скала



Боја језерске воде зависи од висине Сунца изнад хоризонта, али и од других абиотичких и биотичких фактора. Најчешће се мери помоћу Форел-Улеовој скали. Чини је 21 затворена епрувета са растворима различитих боја које се упоређују са бојом језерске воде. Чиста и дубока језера обично имају плаву боју. Језера мочварних подручја имају жуту или мрку боју. Језера која имају већу концентрацију соли обично имају и развијенији фитопланктон који условљава зеленкасту боју воде. Међутим, присуство појединих врста планктонских алги и бактерија може утицати да вода буде црвенкаста или пурпурна.

• Хемијски састав језера

Хемијски састав језерске воде зависи од низа фактора, а превасходно од природе геолошке подлоге језерског басена, од интензитета падавина и евапорације, од карактеристика подземних и надземних вода којима се језера хране, од живог света у њима.

У језерској води присутни су јони, микроелементи, растворени гасови и органске материје (Dukić & Gavrilović, 2006).

Јони својом количином одређују ниво минерализације језерске воде. Најзаступљенији јони су хидрогенкарбоната (HCO_3^-), карбоната (CO_3^{2-}), сулфата (SO_4^{2-}), фосфата (PO_4^{3-}), хлора (Cl^-), амонијума (NH_4^+), калцијума (Ca^{2+}), магнезијума (Mg^{2+}), натријума (Na^+) и калијума (K^+) који граде различите соли.

Микроелементи потичу из лежишта руда метала која се налазе у сливном подручју језера. Обично се налазе у траговима, али могу да буду индикатори присуства појединих руда.

Растворени гасови могу да буду алохтони и аутохтони. Алохтони гасови потичу из атмосфере. То су O_2 , CO_2 и N_2 . Аутохтони гасови настају у језеру. То су H_2S , CH_4 , NH_3 , H_2 , а такође O_2 и CO_2 .

Органске материје у језера доспевају њиховим спирањем са копна или настају у самим воденим екосистемима испуштањем различитих сувишних продуката метаболизма живих организама, као и њиховим распадањем, труљењем и минерализацијом. То могу бити угљени хидрати, протеини, аминокиселине, масти, воскови, смоле, пигменти, фулвинске и хумусне киселине, итд.

Количина растворених соли у језерима може значајно да варира. Најчешће износи 100 до 300 mg/l што значи да је језерска вода благо разблажен раствор. Међутим, у појединим језерима може да буде и много већа. Слана језера обично се налазе у аридним и топлим областима. Најсланија језера су Епекулан у Аргентини са салинитетом од 375 ‰ (375 g соли растворено у 1.000 g воде), Гуслундаг у Турској са 368 ‰, Туз такође у Турској са салинитетом од 322 ‰, Мртво море између Израела и Јордана са салинитетом 275 ‰.

Слично вертикалном распореду температуре и светлости, вертикални распоред растворених соли и гасова у дубљим језерима јасно је стратификован.

Вертикални рапоред O_2 и CO_2 је обично обрнуто пропорционалан. У осветљеној трофогеној зони, услед фотосинтетичких активности планктонских алги, количина CO_2 се смањује због његове појачане потрошње. Истовремено, количина O_2 се повећава, често до презасићености. Супротно трофогеној зони, у неосветљеној трофолитичкој зони у одсуству фотосинтетичких активних алги, O_2 се не ослобађа, него се само троши како у процесу дисања дубинских становника, тако и у процесу разлагања органских материја. Истовремено долази до повећане продукције и нагомилавања CO_2 . У језерима умерене зоне током лета у хиполимниону се количина O_2 може свести чак и на нулу, што представља ограничавајући фактор за опстанак дубинских организама.

Тек када у јесен нестане термоклина, и када дође до турбулентне циркулације воде, у дубинским слојевима језера долази до обнове утрошеног O_2 .

И количина хранљивих соли, посебно фосфата и нитрата, вертикално је стратификована јер се те соли троше у осветљеној трофогеној зони, док се у дубинској зони регенеришу у процесу разлагања органске материје. Њихова обнова у горњем слоју одвија се у процесу мешања водених маса за време тоталне циркулације језера. У језерима умерене зоне то се дешава у јесен и пролеће.

• Биолошки типови језера

Растворене соли и гасови у језерској води представљају основу за органску продукцију и развој живота у њима. Према садржају хранљивих материја, сва језера деле се на: олиготрофна, мезотрофна, еутрофна и дистрофна.

Олиготрофна језера су обично велика и дубока језера. Њихова вода је прозирна или плавичасто-зеленкаста и хладна. Ова језера имају оскудан фитопланктон и приобалну вегетацију тако да је органска продукција слаба. Мала количина хранљивих материја ограничава интензивнији развој фауне. Због слабе органске продукције и седименти дна су сиромашни органским материјама, а ако их има, њихово разлагање је успорено услед ниских температура.

Мезотрофна језера су такође већа језера умерено богата фитопланктоном и приобалном вегетацијом. То значи да је у њима органска продукција умерена – већа него у олиготрофним језерима, али мања него у еутрофним језерима. Животињски свет је богатији у односу на олиготрофна, али сиромашнији у односу на еутрофна језера.

Еутрофна језера су плитка и топла језера са водом која је слабо провидна и тамнија. Ова језера су богата фитопланктоном и приобалном вегетацијом. Због интензивне органске продукције зелених биљака, вода је богата органским материјама. Повећана количина хране омогућава опстанак и много већем броју животиња тако да су воде богате како крупнијим пливајућим животињским врстама, тако и зоопланктонским и бентосним организмима. У еутрофним језерима продукција надмашује разградњу органских материја због чега се оне заједно са угинулим остацима биљака и животиња таложе на дно. Вишак органских материја на дну и њихово разлагање захтева већу потрошњу кисеоника, тако да је он у дубљим слојевима увек у недостатку. Муљ дна богат је органским материјама, јавља се у дебелим слојевима и назива се **сапропел**.

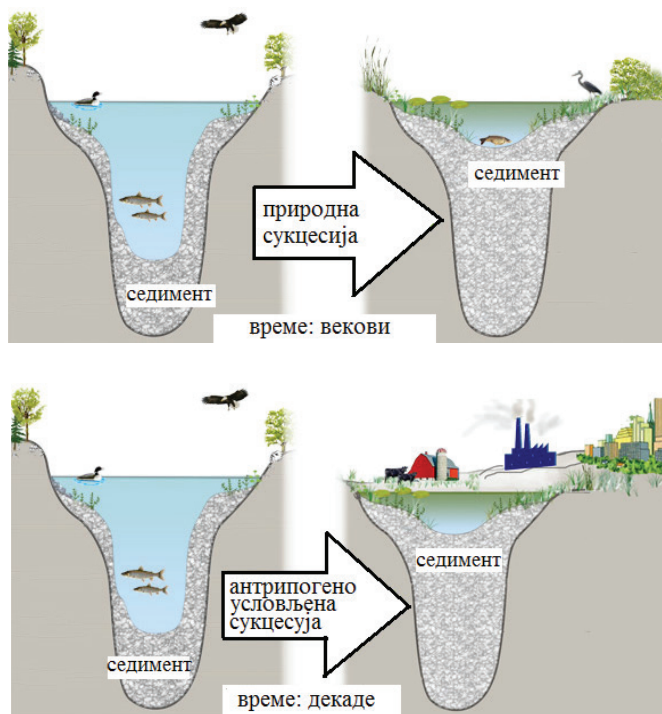
Дистрофна језера припадају барском (хумусном) типу језера. Оваква језера су плитка и због тога се брзо загревају. Вода је слабо провидна, мрка и обично киселе реакције ($\text{pH} = 4 - 6$). Органска продукција је велика, нарочито у литоралу где се налази бујна макрофита вегетација састављена од цветница, крупних водених папрати и маховина. Биогени елементи се налазе у тешко приступачном облику, а кисеоник се у процесу њихове оксидације интензивно троши тако да је увек у дефициту. На дну дистрофних језера је тресетни муљ који обично гради дебеле слојеве. Последњу сукцесивну фазу дистрофних језера представљају **хипереутрофна језера**.

• Сукцесије језера

Хидролошке, физичко-хемијске и биолошке карактеристике језера временом се мењају под утицајем различитих ендогени и егзогени процеса. Ове промене доводе до квалитативно-квантитативног састава биоценоза, до поремећаја органске продукције и трофичких односа.

У природи је чест случај да олиготрофна језера која су дубока, хладна, бистра и са слабом органском продукцијом, временом пређу у мезотрофна језера са повећаном органском продукцијом. Разлози за ове сукцесивне промене могу бити разноврсни. На пример, то могу бити промена климе, гомилање песка, муља, хумуса, органских материја и неорганских соли који у језеро доспевају речним притокама, процесима спирања, ветровима или ерозијом околног земљишта. Разлог може бити и таложење органског материјала угинулих организама, њихових кречњачких, силикатних и хитинских љуштурица. Након одређеног временског периода услед стварања све дебљег талогa на дну језера, она постају плића, температура воде се повећава, светлосни и гасни режим се мењају, расте органска продукција. На овај начин олиготрофна језера прелазе у мезотрофна, а ова у еутрофна или дистрофна, па чак и хипертрофна која су изузетно богата хранљивим материјама. Овакав процес повећања органске продукције и гомилања органских и минералних материја у језерима који доводи до њихове сукцесије, назива се **еутрофикација** (грч. *eutrophos* од *eu* - добро, *trophe* - храна).

Слика 39. Еутрофикација језера



Еутрофикација примарно представља природни процес који се може знатно убрзати деловањем човека. Антропогене активност убрзавају еутрофикацију нарочито када у језера доспевају комуналне отпадне воде, отпадне воде из пољопривреде и појединих грана индустрије (прехранбене, хемијске, фармацеутске, текстилне, петрохемијске). Овакве воде често су богате многим солима, нарочито нитратима и фосфатима. Повећана количина соли интензивира процес фотосинтезе и изазива убрзан раст водених биљака, нарочито алги. Колоније алги, посебно зелених и модрозелених, почињу да бујају и да се у виду скраме развијају по површини воденог огледала. Ова појава назива се „цветање воде“. Услед интензивне фотосинтезе вода је у површинским слојевима веома богата кисеоником. Међутим, бујање алги подразумева и њихово све масовније угинуће, распадање и минерализацију на дну језерског басена. Минерализација се одвија под утицајем бактерија које за овај процес троше кисеоник. На тај начин, у еутрофним језерима бујају и популације бактерија, а кисеоник у дубљим деловима језера почиње да понестaje. Веома често прекомерно трошење кисеоника током минерализације органских материја доводи до успостављања потпуне

анаеробије на дну језера што утиче на све организме дна, и драстично мења састав језерске флоре и фауне. У почетним стадијумима еутрофикације и појачане органске продукције, долази до раста и популација појединих животињских група. Међутим, у каснијим стадијумима, услед драстичних промена физичких и хемијских карактеристика воде, следи нагли пад бројности популација осетљивијих водених животиња или њихов нестанак. У најекстремнијим условима анаеробије, испод површине језерске воде преживљавају искључиво анаеробни организми међу којима су најбројније бактерије.

5.5.2. БАРЕ, МОЧВАРЕ, РИТОВИ И РИБЊАЦИ

БАРЕ

Баре су углавном плитке стајаће копнене воде које могу настати на више начина, а првенствено еутрофикацијом језера или одвајањем речних меандара и рукаваца од главног тока реке, а потом њиховим обрастањем богатом макрофитском вегетацијом. На овај начин, на месту некадашњих еутрофних језера и речних токова, постепеним сукцесијама настају дистрофна језера, односно, баре.

Слика 40. Положај Обедске баре

Слика 41. Обедска бара

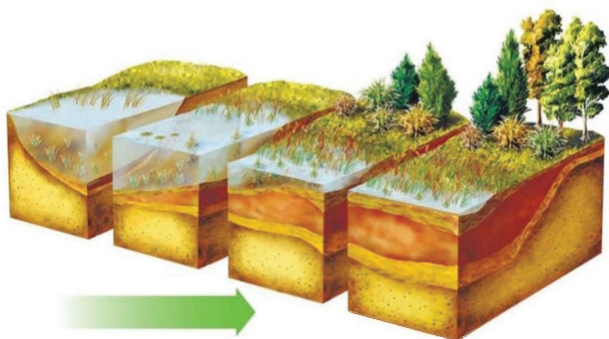


Баре се одликују плитком водом чија температура прати температуру ваздуха тако да могу бити делимично или потпуно замрзнуте до дна током зиме, али и веома топле током лета.

Светлосни режим бара углавном је неповољан услед велике концентрације суспендованих честица. Вода бара обично је неутралне или слабо базне реакције. Због мале дубине, кретања воде су веома слаба.

У барама је вегетација макрофитних алги, маховина, папрати и цветница веома бујна, али су фитопланктон и зоопланктон слабије развијени. Интензивна органска продукција макрофитске барске вегетације и убрзана оксидација органских материја на дну, доводи до богатства кисеоником у површинским деловима воде, али и до његовог дефицита на дну уз истовремено повећање количине угљен-диоксида. Овакав однос гасова може бити ограничавајући фактор за опстанак аеробних организама муљевитог дна.

Слика 42. Сукцесија еутрофних језера у बारे и мочваре



У Србији постоји велики број бара међу којима су најпознатије Обедска бара и Засавица у Срему, Царска бара у Банату, Лудашко језеро у Бачкој. Порекло ових бара је различито. На пример, Обедска бара представља одсечени меандар реке Саве који се пружа у облику потковице између Обрежа и Купинова. Настала је еутрофикацијом речног ерозивног језера насталог у напуштеном (фосилном) потковичастом кориту које је Сава напустила пре око 2.000 година. Дужина потковице износи 13,5 km, док њена ширина достиже 750 m. Према западу Обедска бара је преко बारे Ревенице повезана са низом других бара, док је према истоку преко канала Вок повезана са коритом Саве. У време високог водостаја Обедска бара се преко канала Вок пуни водом Саве, док у време ниског водостаја вода мења смер и каналом одлази у Саву. Поред тога што се храни водама Саве, Обедска бара добија и атмосферску воду, као и воду из подземних издани.

МОЧВАРЕ

Мочваре су веома плитке стајаће копнене воде које могу бити трајне или повремене. Могу настати на више начина:

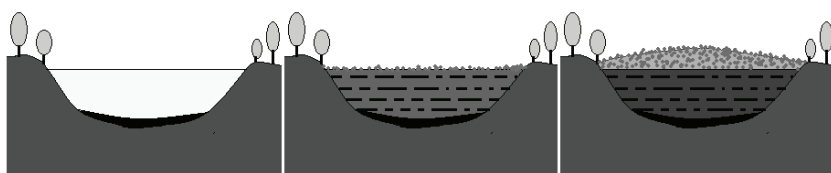
- зарастањем бара и мртваја које представљају напуштена корита долинских и равничарских река;
- гомилањем падавинске воде изнад вододржљивог слоја на мањој дубини;
- гомилањем воде изнад вододржљивог слоја на мањој дубини у периодима изливања река;
- гомилањем воде изнад земљишта које је залеђено током већег дела године;
- гомилањем воде изнад земљишта које је слепљено након шумских пожара;
- изнад слојева сфагнумским маховина, итд.;

Према условима водно-минералног храњења, особинама вегетације и положају према околном терену, издвајају се три основна типа мочвара: травне (еутрофне), шумске (мезотрофне) и маховинске (олиготрофне).

– **Травне (еутрофне) мочваре** другачије се називају **ниске мочваре** јер су по положају ниже од околног терена. Настају зарастањем бара и напуштених речних корита хигрофилном и хидрофилном вегетацијом. Водом их хране падавине, подземне и речне поплавне воде. Вода је од слабо базне, до слабо киселе (pH 5,5 – 7,5). Углавном су прекривене бујном зељастом вегетацијом. Пошто су смештене у депресијама, слој распаднутих мочварних биљака и слабо развијеног тресета готово увек је цео прекривен водом.

– **Шумске (мезотрофне) мочваре** по својим физичко-хемијским и вегетацијским одликама представљају прелазне мочваре између травних и маховинских мочвара. У овим мочварама је смањено храњење подземним водама, а поред зељасте вегетације присутне су поједине врсте жбунова и ниског дрвећа. Вода прелазних мочвара је кисела (pH 4,5 – 5,5).

Слика 43. Настанак маховинских мочвара



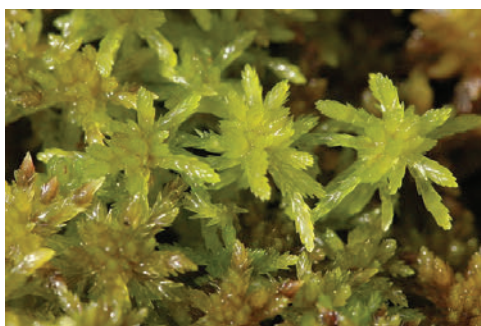
– **Маховинске** (олиготрофне) **мочваре** другачије се називају **високе мочваре** или **тресаве** због тога што имају благо испупчен облик. Овај облик настаје сталним растом, распадањем и убрзаним таложењем маховина, нарочито белих или сфагнумских (*Sphagnum sp.*). Ове маховине попут биосунђера упијају и задржавају велике количине надземне воде. Непотпуно иструлеле наслаге ових маховина граде дебеле слојеве тресета који такође игра улогу непропустљиве подлоге. Наслаге тресета обично су најдебље у средишњим деловима мочваре где је вегетација маховина најразвијенија, тако да се на тим местима јављају испупчења.

Маховинске мочваре настају из шумских мочвара даљом акумулацијом тресета. Због дебелих наслага тресета мочваре временом потпуно губе контакт и храњење подземном водом, тако да се хране искључиво падавинском водом. Губитак контакта са подземном водом код ових мочвара доводи до мањка минералних материја тако да њихову вегетацију граде биљке које су прилагођене ниском садржају минерала. Вода високих мочвара је киселија од воде прелазних мочвара (pH 3,5 – 4,5).

Слика 44. Маховинска мочвара



Слика 45. Маховина из рода *Sphagnum*



Услед појачаних појава минерализације органске материје који доводе до анаеробије, у мочварама се дешавају хемијски процеси који стварају услове неповољне за многе врсте животиња. Оксидоване форме Fe^{3+} и Mn^{4+} редукују се у Fe^{2+} и Mn^{2+} које су реактивније и могу бити токсичне по одређене водене животиње. Сулфати (SO_4^{2-}) се такође редукују до гвожђе-сулфида (FeS), а ако нема гвожђа, ослобађа се гас водоник-сулфид (H_2S) који мочварама даје карактеристичан мирис, а може бити токсичан за поједине животиње. У екстремним анаеробним условима какви владају у маховинским мочварама, метаноредукујуће бактерије редукују CO_2 у CH_4 који је такође токсичан у већим концетрацијама.

РИТОВИ И РИБЊАЦИ

Ритови су плавне зоне равничарских река потпуно обрасле трском и осталом хигрофилном зељастом и дрвенастом макровеgetацијом. За ритове је својствено да у одређеним периодима године вода може сасвим да пресуши, али у подлози остају довољне количине воде неопходне за развој вегетације влажних станишта.

У Србији се по лепоти и значају издвајају Ритови доњег Потисја, Ковиљско-петроварадински рит, Дубовачки рит, и други. Највеће ритско подручје код нас је Горње Подунавље које се налази на лесној тераси и алувијалној равни Дунава. Лесна тераса се пружа у виду фрагмената између Бездана и Бачког Моноштора и подељена је на две целине речицом Плазовић. Алувијална раван Дунава нижа је 3 до 4 m од речне терасе и пружа се у дужини од 64 km. Подељена је у два нивоа и представља пространи ритски комплекс са меандрима, рукавцима, старим речним токовима, речним адама и гредама.

Рибњаци су вештачки изграђена или преуређена природна водна тела намењена узгоју риба која се налазе се под сталном контролом човека. По физичко-хемијским особинама воде, рибњаци су слични барама. С обзиром да су то полуприродни или вештачки екосистеми изграђени и преуређени с јасном намером, у њима се редовно спроводе рибарско-техничке мере ради регулисања физичко-хемијских особина воде и стварања повољних услова за развој рибљих, планктонских и бенталних заједница.

6.



**ЖИВИ СВЕТ
КОПНЕНИХ ВОДА**

6. ЖИВИ СВЕТ КОПНЕНИХ ВОДА

6.1. ЖИВИ СВЕТ ИЗДАНИ

Издани представљају посебан тип станишта организама прилагођених специфичним, веома неповољним условима – недостатку светлости, ниским и константним температурама, малим количинама кисеоника и хранљивих материја, скученом простору. Недостатак светлости у овим подземним стаништима искључује опстанак ауотрофних организама. Биљке, и то углавном модрозелене и зелене алге, могу се јавити само у изданима до којих кроз пукотине у стенама допиру снопови светлости. На оваквим местима најбројније међу њима су једноћелијске и колонијалне модрозелене (*Cyanobacteria*), зелене (*Chlorophyta*) и силикатне (*Bacillariophyta*) алге. С обзиром да најчешће нема ауотрофних организама и продукције органске материје, животињски организми подземних вода хране се другим воденим животињама, њиховим остацима и детритусом. Детритус представља ситне распаднуте остатке биљака и животиња који се падавинама или понорницама спирају са површине или дубљих слојева земљишта изнад издани. Недостатак хране и скучен простор утицали су још на једну карактеристику организама ових станишта, на њихове мале димензије.

Због неповољних услова за опстанак, екосистеми издани су сиромашни врстама и слабо насељени. Већи број присутних врста уско је прилагођен специфичним условима станишта. Оне дакле, представљају специјализоване, стеновалентне организме, нарочито у односу на температуру и светлост. Организми издани могу бити:

- **троглобионти** (гр. *troglos* - пећина, *bios* - живот) који живе искључиво у изданима и представљају типичне стеновалентне организме;
- **троглофили** (гр. *troglos* - пећина, *phileo* - љубав) који имају нешто ширу еколошку валенцу јер део живота проводе у изданима, а део живота у земљишту, у површинским водама или копненим екосистемима;
- **троглоксени** (гр. *troglos* - пећина, *xenos* - гост) који случајно упадају у издани и ту проводе остатак живота.

Пошто се изданске воде често налазе у крашким пећинским и јамским објектима, фауна издани може се поделити на фауну пећинских зидова, фауну муља, фауну сталагмитских подова, фауну шљунковитих наноса, фауну гуана слепих мишева, фауну подземних језера, потока и локви.

Због недостатка светлости, већина троглобионата не поседује пигменте, а очи су им закржљале или потпуно ишчезле. Као компензација за недостатак вида обично су добро развијени органи за примање хемијских и тактилних дражи смештени на екстремитетима или главеним антенама.

Животиње које живе у изданима припадају различитим групама, од протозоа до кичмењака. У нашим изданима најчешће се срећу поједини представници протозоа, ротаторија, ваљкастих црва, малочекињастих црва, пужића, водених гриња, стонога, паукова, косаца, лажних шкорпија, инсеката, водених рачића.

Протозое (*Protozoa*) су сићушни једноћелијски еукариотски организми који се крећу амебоидно или уз помоћ органела за кретање – трепљица или бичева (флагелума).

Ротаторије (*Rotatoria*) су мешколике животињице величине од неколико десетина микрона до 2 mm. На главеном делу тела имају корону трепљица чије ротационо кретање доводи до циркулације воде.

Ваљкасти црви или нематодe (*Nematoda*) који живе у изданима су црвићи величине неколико милиметара. Одликује их издужено, обло, танко и несегментисано тело које је зашиљено на оба краја.

Прстенасти црви (*Annelida*) у пећинским и изданским просторима углавном су заступљени представницима малочекињастих црва олигохета (*Oligochaeta*). То су чланковити црви са слабије развијеним главеним регионом и чекињама које излазе из њиховог телесног зида.

Пужеви из групе хидробиде (*Hydrobiidae*) су водени мекушци величине до 8 mm. Љуштура им је глатка, планарног до игличастог облика, често без пигмената.

Пауколике животињице хидрохнидије или **водене гриње** (*Hydrachnidia*) припадају групи сићушњих зглавкара (*Arthropoda*). Као и пауци, имају осам пари ногу, а величине су 1 – 2 mm. Полупаразитске су животиње јер се њихове ларве развијају у телу домаћина.

Слика 46. Пуж из групе *Hydrobiidae*



Слика 47. Водена гриња



Ситни зглавкари који припадају **стоногама** (*Myriapoda*), у изданима су присутни са већим бројем врста које припадају различитим сродним групама. Група пауропода (*Pauropoda*) обухвата ситне зглавкаре величине 0,5 – 2 mm. Тело им је мекано, цилиндрично, са 3 до 11 пари ногу. Група симфила (*Symphyla*) обухвата зглавкаре величине 2 – 10 mm, сегментисане, са 10 до 12 пари ногу, без очију и пигмената. Група гломерида (*Glomerida*) обухвата зглавкаре величине до 20 mm. Састоје се од 12 сегмената који носе 17 до 19 пари ногу. Група хордеуматида (*Chordeumatida*) обухвата зглавкаре величине 4 – 25 mm. Састоје се од 26 до 32 сегмената. На сваком од њих се са леђне стране налази 6 великих чекиња.

Слика 48. Представник групе *Pauropoda*



Слика 49. Представник групе *Symphyla*



Од зглавкара, у изданима су присутне и поједине врсте **паукова** (*Araneae*), **косаца** (*Opiliones*) и **лажних шкорпија** (*Pseudoscorpiones*). Пауци су зглавкари који имају четири пара ногу и хелицере са очњацима којима хватају плен и убризгавају отров. Косци веома личе на пауке, али се од њих разликују по јако дугим, танким ногама које се лако ломе. Лажне шкорпије су пауколике животињице величине до 8 mm који подсећају на праве шкорпије. Имају 6 пари екстремитета од којих им један пар служи за хватање плена.

У изданима се јављају и **инсекти**, и то најчешће из групе бескрилних инсеката (*Apterygota*), тврдокрилаца (*Coleoptera*), двокрилаца (*Diptera*), правокрилаца (*Orthoptera*) и скокуна (*Collembola*).

Од водених рачића могу да буду присутни **рачићи** из групе кладоцера или такозваних водених бува (*Cladocera*) који припадају групи рачића шкргоножаца. Њихово тело величине 0,2 – 3 mm прекривено је хитинском љуштурицом. Поред њих, могу бити присутни и водени рачићи из групе копепода или веслоножаца (*Copepoda*). То су животињице без љуштуре, величине 0,5 – 2 mm.

Мокрице или изоподе (*Isopoda*) су ситне животиње које припадају групи виших ракова (*Malacostraca*). Имају сегментисан спољашњи скелет, седам пари ногу и пет пари рачвастих додатака на трбуху које користе при дисању.

Слика 50. Рачић из рода *Copepoda*



Слика 51. Рачић из рода *Isopoda*



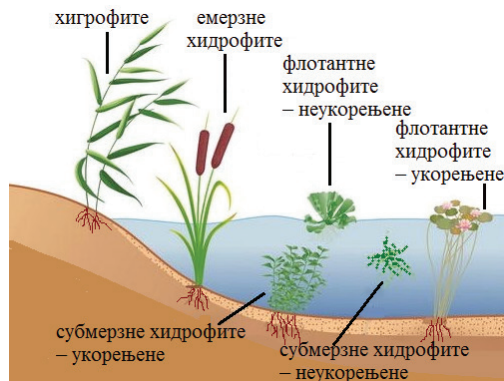
У изданима динарског крша живи и једна посебна врста водоземца. То је човечја рибица (*Proteus anguinus*) која за разлику од надземних водоземаца поседује шкрге. Код ове необичне врсте очи су закржљале тако да не поседује чуло вида. Међутим, човечја рибица има кожане рецепторе осетљиве на струјање воде, сензоре у унутрашњем уху одговорне за равнотежу и за слух, као и електрорецепторе и чуло мириса.

Електрорецептори се налазе на врху њушке и помоћу њих човечја рибица може да осети електрична поља у води, а вероватно их користи и за међусобно општење, за налажење плена и оријентацију приликом миграције. Карактеристична риба издани је *Typhliasina pearsei* која има специфичне хеморецепторе и код које одсуствују грудна пераја што представља честу одлику риба изданских екосистема. У изданима Србије ове две врсте нису пронађене.

6.2. ЕКОЛОШКИ ТИПОВИ БИЉАКА ВЛАЖНИХ И ВОДЕНИХ СТАНИШТА

У односу на прилагођености различитим условима оводњености станишта, могу се разликовати четири основна еколошка типа биљака – ксерофите (биљке сушних станишта), мезофите (биљке умерено влажних станишта), хигрофите (биљке влажних станишта) и хидрофите (биљке водених станишта). Дакле, за водене екосистеме и њихове обале, првенствено су везане хигрофите и хидрофите врсте биљака.

Слика 52. Распоред хигрофитних и хидрофитних биљака



а) **Хигрофите** су копнене биљке које су прилагођене великој влажности станишта. По својим еколошким особинама оне чине прелазну групу између хидрофита и мезофита, односно хигромезофита. Основне анатомско-морфолошке карактеристике хигрофитних биљака су крупни и танки листови без заштитних кутикуларних и воштаних слојева на површини. На листовима се налазе такође крупне стоме. Да би се обезбедила интензивнија транспирација у условима засићености атмосфере воденом паром, стоме код ових биљака могу да буду истурене и да штрче изнад површине епидермиса листа.

Механичко и проводно ткиво слабије су развијени. Коренов систем такође је слабије развијен.

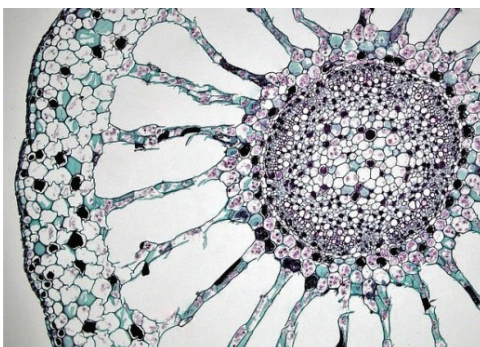
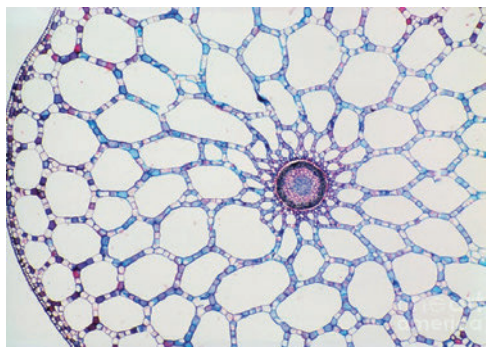
Хигрофите се деле на шумске хигрофите и хигрофите влажних отворених станишта.

- **Шумске хигрофите** живе у приземним спратовима тамних, густих и влажних шума у којима је приземни слој ваздуха засићен воденом паром.
- **Хигрофите влажних отворених станишта** насељавају веома влажна земљишта у приобаљу водених басена или у депресијама са високим нивоом подземних вода. Презасићеност земљишта водом која испуњава све земљишне шупљине, условљава смањену количину кисеоника (хипоксију) што отежава дисање кореновог система и осталих подземних делова биљака. Због тога се код њих јављају адаптације које омогућују допремање гасова и до подземних органа.

б) **Хидрофите** су биљке водених станишта. Њихова основна карактеристика су танки листови са крупним и танкозидним епидермским ћелијама, без кутикуларних и воштаних слојева и без стома уколико су листови стално потопљени у води. Механичка и проводна ткива слабо су развијена, а у стаблу и подземним деловима биљака развијено је ваздушно ткиво аеренхим у коме се чувају резерве кисеоника. У оквиру ове еколошке групе могу се разликовати **субмерзне, флотантне и емерзне хидрофите**.

Емерзне хидрофите другачије се називају амфибијске биљке пошто се налазе на граници између водене и ваздушне средине. Насељавају плитке воде, најчешће повремено плавлени или плићи водени појас приобалне зоне. С обзиром да расту у плитким водама, доњи делови емерзних биљака (корен, ризоми, доњи део стабла, доњи листови) налазе се у води, док се горњи делови стабла заједно са листовима и репродуктивним органима (цветовима, плодовима, спорама), налази изнад воде. Развој исте биљке у две различите средине, воденој и ваздушној, утицао је на појаву лисног полиморфизма. Код ових биљака листови доњег дела стабла које се налази у води, разликују се по облику, величини и грађи од листова који се налазе изнад воде. За разлику од ваздушних, водени листови су тракасти, разгранати или лепезасти. На тај начин, повећана је њихова површина чиме се надокнађује слабија осветљеност воде. Такође, водени листови немају стома, а размена гасова са воденом средином се обавља преко танкозидних епидермалних ћелија. На површини водених листова нема кутикуларних и воштаних превлака или длака, односно, свих оних творевина које у ваздушној средини спречавају прекомерну транспирацију.

Слика 53. Ваздушно ткиво (аеренхим) стабла Слика 54. Ваздушно ткиво (аеренхим) стабла



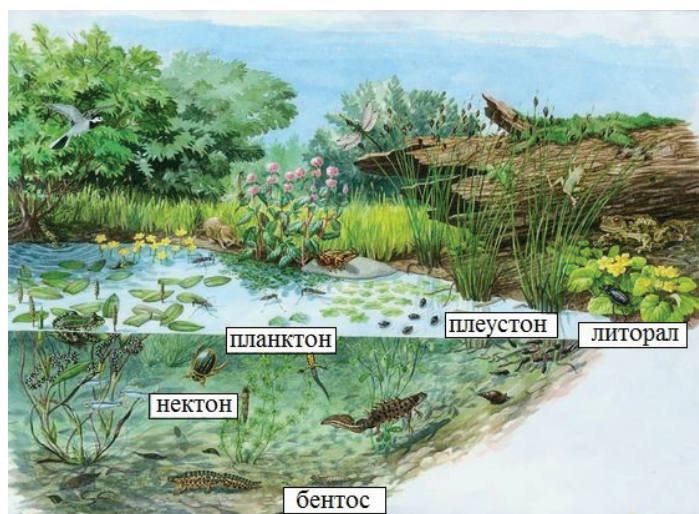
Флотантне хидрофите су макрофите биљке са листовима и цветовима који плутају по површини воде. Ова еколошка група дели се на неукорењене и укоренењене биљке. Неукорењене биљке имају корен који слободно плива по води што представља њихову секундарно стечену особину. Овакви водени коренови могу у својим епидермалним ћелијама садржати хлорофил, тако да обављају и фотосинтезу. Укоренењене биљке причвршћују се кореном за дно воденог басена и на тај се начин боље одржавају у воденој средини. Одликују се дугим тракастим стаблима којима допиру до површине воде и са којих полазе флотантни листови и цветови.

Субмерзне хидрофите су макрофите биљке у потпуности потопљене у води. Код цветница које припадају овој еколошкој групи, цветови увек штрче изнад воде чиме се обезбеђује опрашивање. Субмерзне биљке такође могу бити неукорењене (лебдеће) и укоренењене.

6.3. ЗОНАЛНИ РАСПОРЕД ЖИВОТНИХ ЗАЈЕДНИЦА СТАЈАЋИХ ВОДА

Животне заједнице језерских и барских екосистемима распоређене су зонално. Њихов распоред условљен је дубином водног тела, променама температуре, светлости, растворених гасова и соли. С тим у вези, у језерима и барама разликујемо заједнице литорала, заједнице планктона, заједнице бентоса, заједнице нектона и заједнице плеустона.

Слика 55. Просторни распоред водених заједница



1) **Заједнице литорала** насељавају приобалну и обалну зону језера, бара и мочвара.

Типичне дрвенасте и жбунасте врсте која се налазе око стајаћих вода планинских и брдских области су хигромезофилне и хигрофилне врсте: ловор врба (*Salix pentandra*), сива врба (*Salix eleagnos*), ива (*Salix caprea*), крта врба (*Salix fragilis*), црна јова (*Alnus glutinosa*), сива јова (*Alnus incana*)...

У мноштву зељастих хигрофилних врста које се налазе у близини воде, поред маховина и папрати присутне су и цветнице од којих се често могу видети оштрице (*Carex sp.*), сите (*Juncus sp.*), ситни бус (*Deschampsia flexuosa*), пољски раставић (*Equisetum arvense*), зечја стопа (*Geum urbanum*), коњски босиљак (*Mentha longifolia*), пузави љутић (*Ranunculus repens*), каљужница (*Caltha palustris*), ветрогон (*Euryophorum latifolium*), суручица (*Filipendula ulmaria*)...

За планинске тресаве нашег подручја нарочито су интересантне биљке месождерке (карниворне или инсективорне биљке) – дебељаче (*Pinguicula sp.*) и росуља (*Drosera rotundifolia*). Трајно присуство воде у подлози, набијеност тла и недостатак кисеоника, утичу на много веће присуство анаеробних бактерија у односу на аеробне. Анаеробне бактерије у току процеса денитрификације редукују нитрате при чему се ослобађа молекуларни азот. На овај начин долази до дефицита нитрата у подлози. Недостатак доступних азотних једињења, наведене биљке месождерке компензују на тај начин што уз помоћ посебних ензима разлажу инсекте који се залепе за њихове листове, и потом користе њихова азотна једињења.

Слика 56. Дебељача (*Pinguicula vulgaris*)

Слика 57. Росуља (*Drosera rotundifolia*)



У приобаљу долинских и низијских стајаћих вода, од дрвенастих и жбунастих врста најчешће се могу видети храст лужњак (*Quercus robur*), бадемаста врба (*Salix triandra*), бела врба (*Salix alba*), жалосна врба (*Salix babylonica*), крта врба (*Salix fragilis*), ива (*Salix caprea*), барска врба (*Salix cinerea*), црвена врба (*Salix purpurea*), црна топола (*Populus nigra*), бела топола (*Populus alba*), пољски брест (*Ulmus minor*), бели брест (*Ulmus laevis*), пољски јасен (*Fraxinus angustifolia*), црна јова (*Alnus glutinosa*)... Ова вегетација повезује водно тело са суседном копненом средином, а истовремено је и одваја од ње. Лети обезбеђује сенку воденој површини и спречава прегревање воде, зими штити воду од ниских температура. Обално растиње гради заштитни појас који као биолошки филтер апсорбује и умањује унос суспендованих честица и штетних материја у водени биотоп, и омогућава одлагање седимента таложењем диспергованих честица. Такође, ова вегетација као биоарматура стабилизује обале и спречава њихово поткопавање и ерозију.

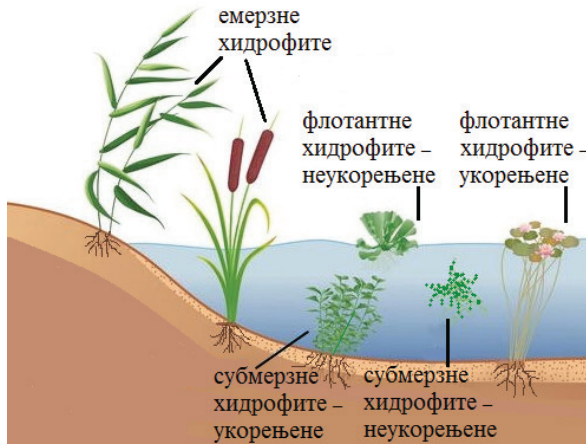
Земљиште обрасло природном приобалном вегетацијом током поплава и јаких падавина као биосунђер упија и задржава сувишну воду коју затим постепено испушта у водени басен и на тај начин ублажава поплавне таласе и омогућава уравнотеженије хидролошке односе. Најзад, приобална вегетација својим корењем, опалим гранама, обореним стаблима, стварањем сенке и хладовине, повећава број станишних типова у самој води, али даје и више могућности за насељавање птица и других копнених животиња уз саму обалу, те тако утиче на повећање биолошке разноврсности како у води, тако и на копну.

Од зељастих хигрофилних врста непосредно на обалама присутне су оштрице (*Carex sp.*), сите (*Juncus sp.*), шиљеви (*Cyperus sp.*), висока зука (*Bolboschoenus maritimus*), усук (*Agrostis stolonifera*), врбичица (*Lythrum virgatum*), козји рог (*Bidens tripartita*), водени дубочац (*Gratiola officinalis*), броћника (*Galium palustre*), разгранати раставић (*Equisetum ramosissimum*)...

У зони контакта копнене и водене средине и у плиткој води литорала, налази се појас ниских емерзних биљака. У планинским областима преовлађују папрати и маховине. У плиткој води ободних делова низијских стајаћих вода расту водени љутић (*Ranunculus aquatilis*), барска перуника (*Iris pseudacorus*), водена стрела (*Sagittaria sagittifolia*), водена боквица (*Alisma plantago-aquatica*), поточарка (*Rorippa amphibia*). У нешто дубљој води, до дубине од око 1 m, наступа појас виших емерзних биљака какве су иђирот (*Acorus calamus*), трска (*Phragmites communis*), рогоз (*Typha latifolia*, *Typha angustifolia*), шеверика (*Scripus lacuster*).

У нешто дубљој води литорала или дуж читавог воденог басена уколико он није превише дубок, на зону емерзних биљака наставља се зона флотантних биљака. Од укорењених флотантних хидрофита у нашим водама често се виђају бели локвањ (*Nymphaea alba*), жути локвањ (*Nuphar luteum*), жабогриз (*Hydrocharis morsus-ranae*), пливајућа ресина (*Potamogeton natans*), барска занихелија (*Zannichellia palustris*)... Од неукорењених флотантних хидрофита виђају се водена папрат (*Salvinia natans*), сочивица (*Lemna sp.*), водени орашак (*Trapa sp.*).

Слика 58. Распоред хидрофитних биљака у литоралу



Поред доминантних цветница, папрати и маховина, у литоралном појасу стајаћих вода могу бити присутне и бројне врсте модрозелених (*Cyanobacteria* или *Cyanophyta*), зелених (*Chlorophyta*), силикатних (*Bacillariophyta*), златних (*Chrysophyta*) и жутозелених (*Xanthophyta*) алги. Поред ових група алги, у хладним и чистим планинским водама присутне су и субмерзне вишећелијске алге познате као пршљенчице (*Charophyta*), док су у низијским водама оптерећеним органским материјама присутне једоћелијске алге са бичевима из групе еуглена (*Euglenophyta*).

Појас литорала представља зону мрешћења многих риба и станиште богате фауне протозоа (*Protozoa*), ротаторија (*Rotatoria*), трепљастих црва (*Turbellaria*), ваљкастих црва (*Nematoda*), прстенастих црва (*Annelida*), мекушаца (*Mollusca*), зглавкара (*Arthropoda*), водоземаца (*Amphibia*), гмизаваца (*Reptilia*), сисара (*Mammalia*). Од мекушаца најчешће су присутне речне шкољке из група *Unionidae* (*Unio* sp., *Anodonta* sp.) и *Sphaeriidae* (*Musculium* sp., *Pisidium* sp., *Sphaerium* sp.), као и пужеви из група *Valvata* и *Bithynia*. Од зглавкара масовно се могу развити представници рачића из редова *Cladocera* и *Copepoda*, као и рачића из родова *Gammarus* и *Asellus* чија величина достиже до 10 mm. Од инсеката који такође припадају зглавкарима, присутни су представници водених цветова (*Ephemeroptera*), пролетњака (*Plecoptera*), вилиних коњица (*Odonata*), тврдокрилаца (*Coleoptera*), биљних комараца (*Chironomidae*), комараца (*Culicidae*). Од водоземаца у овим екосистемима се срећу велики мрмољак (*Triturus vulgaris*), мали мрмољак (*Triturus cristatus*), црвенотрби мукач (*Bombina orientalis*), гаталинка (*Hyla arborea*), мочварна смеђа жаба (*Rana lessonae*), барска жаба (*Rana lessonae*), зелена жаба (*Rana esculenta*),

зелена крастава жаба (*Bufo viridis*), сива крастача (*Bufo bufo*), смеђа жаба (*Rana temporaria*)... Међу гмизавцима издвајају се барска корњача (*Emys orbicularis*), белоушка (*Natrix natrix*) и рибарица (*Natrix tesallata*), а међу сисарима видра (*Lutra lutra*), водена ровчица (*Neomys anomalus*), водена волухарица (*Arvicola terrestris*), дабар (*Castor fiber*) и мноштво других врста.

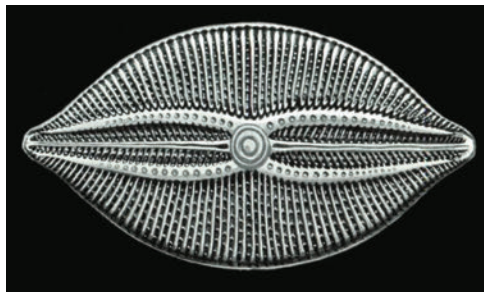
2) **Заједнице бентоса** насељавају дно водених басена, од литорала до највеће дубине.

Постоји више критеријума за поделу заједница бентоса:

- у зависности од систематске припадности бентосних организама, разликује се **бактеријски бентос**, **фитобентос** и **зообентос**;
- у зависности од величине бентосних организама, разликује се **макробентос** (величина организама је већа од 1 mm), **мејобентос** (величина организама варира између 32 μm и 1 mm) и **микробентос** (величина организама је мања од 32 μm);
- у зависности од непосредног станишта које организми бентоса насељавају, разликује се **еписбентос** који обухвата организме који живе у седименту дна и **хипербентос** који обухвата организме који живе непосредно изнад седимента дна, у контакту са слободном водом.

У зони бентоса могу се масовно развити једноћелијске, колонијалне и вишећелијске алге које су већином присутне и у литоралној зони. На пример, честе су једноћелијске и кончасте модрозелене алге из родова *Chroococcus*, *Anabaena*, *Nostoc* и *Oscillatoria*, вишећелијске зелене алге из родова *Cladophora* и *Ulothrix*, силикатне алге из родова *Navicula*, *Pinnularia* и *Cymbella*, итд.

Слика 59. Силикатна алга *Navicula* sp.



Слика 60. Модрозелена алга *Anabaena* sp.



Субмерзне цветнице језера обично се могу наћи до дубине од око 7 m. Међутим, субмерзне макрофите алге у веома бистрим језерима могу градити подводне ливаде и до дубине од 20 m. У мочварама и барама граница простирања субмерзне вегетације је знатно мања због замућености воде. У овом се појасу током лета одвија интензивна фотосинтеза и обогаћивање воде кисеоником, често преко границе zasiћености. Уколико услед снажне фотосинтезе дође до дефицита CO_2 , разлажу се наталожени бикарбонати из којих се ослобађа CO_2 неопходан за фотосинтезу. Субмерзна вегетација изумири током зиме и разлаже се на ситан детритус којим се хране многе животињске врсте.

Од субмерзних биљака које се укоренењују и граде подводне ливаде, често су присутне утрикуларија (*Utricularia vulgaris*), дрезга (*Myriophyllum verticillatum*, *Myriophyllum spicatum*), цератофилум (*Ceratophyllum demersum*), увијуша (*Vallisneria spiralis*), водена куга (*Elodea canadensis*), подводница (*Najas sp.*)... На нешто већим дубинама где престаје трофогена зона, јављају се водене гљиве, првенствено хитридиомицете (*Chytridiomycota*) које су причвршћене за подлогу или друге организме.

Животиње које живе на дну могу се активно кретати по дну или могу бити непокретне, причвршћене за дно (сесилне животиње). Неки становници бентоса воде полусесилни начин живота пошто део животног циклуса проводе као непокретни, а део животног циклуса као покретни организми. Најчешћи представници зообентоса наших стајаћих вода су бројне врсте протозоа (*Protozoa*), ротаторија (*Rotatoria*), ваљкастих црва (*Nematoda*), прстенастих црва (*Annelida*), пужева из родова *Bithynia*, *Fagotia*, *Viviparus*, *Lymnea* и *Bulimus*, шкољки из родова *Anodonta*, *Dreissenia*, *Unio* и *Sphaerium*, ларве неких водених инсеката (вилинских коњица, водених цветова, пролетњака, риличара, тулара...), итд.

3) **Заједнице планктона** изграђене су од ситних организама који лебде у води ношени воденим струјама.

У односу на то које групе организама граде планктонске заједнице, планктон може бити **бактеријски, фитопланктон и зоопланктон**. Најситнији организми планктона у односу на величину, разврстани су у три групе: **микропланктон** (20–200 μm), **нанопланктон** (2–20 μm) и **пикопланктон** (0,2–2,0 μm).

Планктон текућих вода означава се као **потамопланктон**, планктон слатких стајаћих вода означава се као **лимнопланктон**, док се планктон сланих копнених вода и светског мора назива **халипланктон**.

Уколико немају никакву везу са дном воденог басена и читав живот проводе лебдећи у води, планктонски организми представљају такозвани **еупланктон** (или холопланктон). Међутим, уколико део свог животног циклуса везују за дно воденог басена, а део животног циклуса проводе лебдећи у води, планктонски организми представљају **псеудопланктон** (или меропланктон).

Фитопланктон граде сићушне једноћелијске, колонијалне или вишећелијске алге међу којима има модрозелених (*Cyanophyta*), зелених (*Chlorophyta*), жутозелених (*Xanthophyta*), ватрених (*Pyrrhophyta*), златних (*Chrysophyta*), силикатних (*Bacillariophyta*) и еугленофитних (*Euglenophyta*) алги. У нашим водама од модрозелених алги најзаступљенији су представници родова *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Anabena*, *Nostoc*, *Microcystis*, *Phormidium*... Од зелених алги најчешће су присутни представници родова *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Crucigenia*, *Tetrastrum*, *Coelastrum*, *Actinastrum*, *Closterium*, *Chlamydomonas*, *Pandorina*, *Eudorina*... Од златних алги најзаступљенији су представници родова *Dynobryon*, *Synura*, *Uroglena*, а од ватрених представници родова *Ceratinium*, *Peridinium*, *Gymnodinium*... Од еугленофитних алги најчешће су присутни представници родова *Euglena* и *Phacus*. Наведене алгице најчешће насељавају лимнетичку зону стајаћих и споротекућих вода у којима брзина тока не прелази 1 m/s. У овим воденим екосистемима фитопланктон представља најважнију групу примарних органских продуцената. Састав планктонских заједница одликује се сезонским периодизмом, и истовремено је индикатор квалитета воде.

Зоопланктон граде ситни животињски организми. У слатководним басенима најчешће животињске врсте планктонских заједница су микроскопски ситне протозое, ротаторије, рачићи из група кладоцера и копепода.

Протозое (*Protozoa*) су сићушни једноћелијски еукариотски организми који се крећу амебоидно или уз помоћ органела за кретање – треплица или бичева (флагелума). Део протозоа лучи на површини ћелије кречњачку љуштурицу која представљају ефикасну заштиту. Један од најчешћих родова протозоа у слатководном планктону је дифлугија (*Diffugia*) чији представници поседују љуштурице крушкастог облика. Дифлугије део живота проводе на дну воденог басена и тада се крећу псеудоподијама. У топлом периоду године у њиховим ћелијама се образују масне капљице и гасне вакуоле које смањују специфичну тежину тела тако да прелазе на планктонски начин живота. Хране се ситним хранљивим честицама и бактеријама.

Ротаторије (*Rotatoria*) су мешколике животињице максималне величине до 2 mm. На главеном делу тела смештене су појединачне очи или очне мрље, корона трепљица и усни отвор. Труп је прекривен хитинским оклопом на коме се могу налазити чекиње или трнолики израштаји који помажу лебдећи начин живота. На главеном делу тела ротаторије имају корону трепљица чије кретање даје утисак окретања точкова по чему су и добиле име.

Кладоцере (*Cladocera*), такозване „водене буве“ или шкргоношци су рачићи величине од 0,2 до 3 mm. Најзаступљенији родови у слатким водама су дафниа (*Daphnia*), босмина (*Bosmina*) и цериодафниа (*Ceriodaphnia*). Тело кладоцера је затворено у двокапу хитинску љуштурицу изван које је глава са главеним екстремитетима. Имају пет пари листоликих екстремитета са чекињама чијим се кретањем поспешује струјање околне воде. На тај се начин потпомаже дисање и прибављање ситних хранљивих честица, микроорганизама и алгица којима се хране.

Копеподе или веслоношци (*Copepoda*) су такође рачићи величине 0,5 до 2 mm. У слатким водама најчешће се јављају представници рода циклопс (*Cyclops*). Тело им је вретенасто и сегментисано, без љуштуре, са пет пари екстремитета. Углавном се хране филтрирањем воде, а њихова основна храна је фитопланктон.

Слика 61. Ротаторија (*Rotatoria*)



Слика 62. Дафниа (*Daphnia*)



У зоопланктону се могу наћи и слатководне медузе рода *Craspedacusta*, ларве многих инсеката и других бескичмењака, на пример, шкољки рода *Dreissensia*. Сви хидробионти планктонских заједница активно учествују у промету материје у воденим екосистемима и представљају важну хранидбену базу за многе крупније животињске организме, нарочито рибе.

У овом делу слободне воде присутне су и макрофите субмерзне биљке које се не укоренјују него лебде у води. У нашим водама виђају се барска мишљакиња (*Callitriche stagnalis*), троугласта сочивица (*Lemna trisulca*), алдрованда (*Aldrovanda vesiculosa*)...

4) **Нектон** обухвата заједнице водених организама који активно пливају у води. Нектону слатких копнених вода, пре свега припадају колоусте и рибе. Од риба, у нашим низијским барама и језерима чести су шаран (*Cyprinus carpio*), сребрни караш (*Carassius auratus*), златни караш (*Carassius carassius*), штука (*Esox lucius*), смуђ (*Sander lucioperca*), амур (*Ctenopharyngodon idella*), деверика (*Abramis brama*), лињак (*Tinca tinca*), сом (*Silurus glanis*), чиков (*Misgurnus fossilis*) и многе друге врсте. У хладним, чистим планинским језерима присутне су поточна пастрмка (*Salmo trutta*), поточна мрена (*Barbus meridionalis*), липљен (*Thymallus thymallus*), итд.

Заједницама нектона припадају и друге активно пливајуће врсте. Од водоземаца виђају се бројне врсте жаба и даждевњака водењака (тритони, мрмољци) – велики водењак (*Triturus carnifex*), мали водењак (*Triturus vulgaris*), алпски водењак (*Triturus alpestris*), подунавски водењак (*Triturus dobrogicus*). Од гмизаваца се могу видети барска корњача (*Emys orbicularis*), змија белоушка (*Natrix natrix*) и змија рибарица (*Natrix tessellata*).

Нектону припадају и многи водени инсекти, нарочито из породица риличара (*Hemiptera*) и тврдокрилаца (*Coleoptera*). Најпознатији водени риличар је веслар (*Hesperocorixa castanea*), док је најпознатији пливајући тврдокрилац велики веслар или буба ронац (*Hydrophilus piceus*). Ова буба кад јој понестане ваздуха, израња на површину воде и својим предњим ногама које имају посебне израстине, смешта мехурић ваздуха испод стомака.

5) **Плеустон** обухвата заједнице организама који су прилагођени животу на самој граници између водене и ваздушне средине.

Од биљака на самој површини воде могу се видети флотантне алгице, али и неукорењене макрофите – комарац биљка (*Azolla sp.*), сочивица (*Lemna sp.*), барска лећа (*Spirodela sp.*), ситна лећа (*Wolffia sp.*), водена папрат (*Salvinia natans*), водени орашак (*Trapa natans*)...

На овом прелазу између две различите средине, због великог површинског напона воде, образује се опна по којој се поједини животињски организми крећу, на којој пасивно живе или на којој полажу јаја као што је то случај код неких комараца. На пример, у нашим водама виђају се ларве или адултни организми који припадају опнокрилцима (*Hymenoptera*), рилашима (*Hemiptera*) или тврдокрилцима (*Coleoptera*).

Ови организми имају низ морфолошких прилагођености за живот на самој површини воде. Уколико су организми на горњој страни површинске водене опне и већим делом се налазе у ваздушној средини, припадају **епиплеустону**. На пример, стенице газиводе (*Hydrometra sp.*) на ногама поседују сензоре којима примају таласиће који се у виду кругова простиру од плена који је упао у воду и на тај начин детектују његов положај. С друге стране, уколико су организми са доње стране површинске водене опне и налазе се у воденој средини, припадају **хипоплеустону**. На пример, хипоплеустону припадају рилаш *Notonecta glauca* који мирује причвршћен за доњу страну водене опне, као и ларве водених шкорпија (*Nepa sp.*) и великог гњурца (*Dytiscus marginalis*). Са краја њихових последњих трбушних сегмената полази ваздушна цевчица која је у вези са ваздушном средином што им омогућава дисање. Плеустону припада и **неустон** који је представљен микроскопски ситним организмима. Заједнице неустона граде високо специјализоване бактерије, као и сићушне једноћелијске и колонијалне алге.

6.4. ЗОНАЛНИ РАСПОРЕД ЖИВОТНИХ ЗАЈЕДНИЦА ТЕКУЋИХ ВОДА

Организми текућих вода образују животне заједнице које се у извесној мери разликују од заједница стајаћих вода с обзиром да се налазе у води која се стално креће у правцу нагиба речног корита. Брзина тока је бржа у горњим планинским и брдским деловима речног корита, док се у доњим долинским и равничарским деловима тока вода креће много спорије. Обично се ситнији организми у текућим водама могу задржати уколико струјање воде није веће од 3,5 m/s, јер струјање веће од овог има толику ерозивну снагу, да јој се може одупрети ретко који организам. Уколико је брзина струјања мања од 1 m/s, онда се у таквим водама јављају и организују који су карактеристични за стајаће воде.

У зависности од прилагођености воденим струјама, водени организми се деле на:

- **реобионте** – прилагођене јачим струјањима воде;
- **реофиле** – прилагођене струјањима воде који се могу јавити и у мирној води;
- **реоксене** – прилагођене мирној води који се понекад могу појавити и у водама са израженијим струјањима.

Текуће воде су богатије кисеоником, нарочито горњи делови њиховог тока који су истовремено осветљенији и хладнији, са мањим годишњим температурним колебањима. За разлику од горњих делова речног тока, доњи делови су знатно спорији, сиромашнији кисеоником, мутнији и топлији, нарочито у широким равничарским речним коритима.

У горњим деловима тока, вода због своје брзине има еродирајућу улогу тако да не дозвољава таложење ситнијих честица које односи у доње делове тока. Због тога на дну планинских потока депонује се само грубљи и тежи материјал – блокови стена, крупно камење, шљунак и песак. За разлику од дна потока, дно равничарских река обилује дебелим наслагама муља и ситног детритуса.

Према надморској висини, реке се сврставају у четири категорије:

- високопланинске реке (изнад 800 m надморске висине);
- планинске реке (500 - 800 m надморске висине);
- брдско-планинске реке (200 - 500 m надморске висине);
- равничарске реке (до 200 m надморске висине).

На почецима водотока, односно у изворима, организми које срећемо деле се на три групе:

- кренобионте – организме типичне за изворе који се обично само ту налазе;
- кренофиле – организме који нису везани искључиво за изворе, него се јављају и у речном току;
- креноксене – организме који се у извору јављају само повремено, а више су прилагођени мирнијој води.

Типични представници изворских вода су маховина *Cinclidotus aquaticus*, плjosнати црвићи из рода *Planaria*, пужићи *Ancylus fluviatilis* и *Radomaniola curta*, рачићи *Asellus aquaticus* и *Palaemonetes sp.*, пијавице (*Dina sp.*), итд.

Промене надморске висине од извора па дуж речног тока утичу на промену низа физичко-хемијских параметара воде. Ове промене условиле су поступну смену различитих животних заједница и њихов зонални распоред тако да се оне могу рашчланити на заједнице **горњег**, **средњег** и **доњег тока**. Надморска висина условљава и смену рибљих заједница тако да дуж речних токова наших река можемо разликовати четири рибља региона. То су:

- регион пастрмке;
- регион липљена;
- регион мрене;
- регион шарана.

Текуће воде, нарочито у **горњем току**, знатно су отворенији системи од стајаћих вода. То су планински потоци и речице који се одликују хладном, бистром и чистом водим. Макрофиту вегетацију њихових обала углавном граде хигрофите и знатно ређе емерзне биљке. Вегетација у овим деловима тока слабије је развијена од вегетације стајаћих или споротекућих вода и често је недовољна да обезбеди довољну количину примарне хране за бројне потрошаче који се хране биљним материјалом. Најчешће врсте хигрофитних и емерзних хидрофитних биљака које се налазе у приобаљу и плићацима планинских потока Србије су каљужница (*Caltha laeta*), јаблиан (*Trollius europaeus*), попух (*Petasites hybridus*), балканска репница (*Barbarea balcana*), дуњолеп (*Saxifraga rotundifolia*), режуха (*Cardamine acris*), зечја стопа (*Geum coccineum*), поточарка (*Roripa amphiba*), итд. Флотантна и планктонска вегетација одсуствује због брзог кретања воде, а субмерзна вегетација је углавном представљена фитобентосом који обрашта подводно камење. Фитобентос граде првенствено зелене алге, а поред њих и неке модрозелене, силикатне и златне алге, као и маховине из родова *Fontinalis*, *Cinclidotus* и *Brum*.

Када је реч о животињском свету горњих делова речног тока, планктонских и неустонских организама готово да нема управо због брзине кретања воде која носи све ситне организме. Главну масу поточне фауне граде становници дна прилагођени животу у брзом току. Обично се налазе у сплету алги и маховина, у песковитој подлози или на камењу причвршћени за њега посебно адаптираним деловима тела. Ту су углавном присутни трепљасте црви или планарије (*Turbellaria*), рачићи гамаруси (*Gammarus*), ларве инсеката из група крзнокрилаца (*Trichoptera*), пролетњака (*Plecoptera*), водених цветова (*Ephemeroptera*), двокрилаца (*Diptera*), чланковити малочекнијасте црви (*Oligochaeta*), водени пужеви (*Gastropoda*), ситне шкољке из рода *Pisidium*. Већина ових организама поседује јединствене прилагођености на живот у брзој води. На пример, водени тврдокрилци из родова *Halipilus* и *Scarodytes* на крајевима екстремитета имају канцице којима се причвршћују за подлогу. Ларве неких врста водених двокрилаца носе на трбуху низ сложених пијавки за пријањање уз подлогу, ларве мушице из рода *Simulium* причвршћују се за подлогу пијавком на задњем делу тела, ларве неких врста крзнокрилаца својим су кућицама причвршћене за камениту подлогу, док неке живе у посебно исплетеним паучинастим левковима причвршћеним за камење. Поједине од њих за своје левкове лепе каменчиће или љуштурице ситних водених пужева, на тај начин повећавајући своју тежину и стабилност. И облик тела организама брзотекућих вода такође показује високу прилагођеност специфичној средини. Већина ларви водених цветова и пролетњака има спљоштено тело са бочно положеним ногама које пријањају уз подлогу. Пужеви *Ancylus fluviatilis* и *Theodoxus fluviatilis* имају ниске љуштуре у облику капица и пријањају уз подлогу широким стопалом.

У чистим, хладним и аерисаним водама горњих токова наших река, може да буде присутан и поточни рак или рак камењар (*Austropotamobius torrentium*). Обично копа јаме на обалама и скрива се под потопљеним корењем или стенама, а ноћу излази и креће у потрагу за храном. Младе јединке се хране воденим бескичмењацима, док се старији примерци хране биљним материјалом. Ова строго заштићена врста је у нашим водама веома угрожена.

Најзначајнији представници слободнопливајућих организама у горњим деловима планинских потока и река су рибе. Рибе брзотекућих, чистих и хладних горњих делова речних токова припадају такозваном **региону пастрмке** (салмонидном региону). Обично имају вретенасто, торпедно тело што представља прилагођеност на услове брзог протока воде. Поред поточне пастрмке (*Salmo trutta f. fario*), типични представници салмонидног региона су липљен (*Thymallus thymallus*), скобаљ (*Chondrostoma nasus*), клен (*Leuciscus cephalus*), мрена (*Barbus barbus*). Такође, присутне су и рибе које се најчешће срећу на дну воденог басена – кркуша (*Gobio gobio*), пеш (*Cottus gobio*), паклапа (*Lampetra planeri*).

Поточна пастрмка се мрести на шљунковитој подлози од октобра до фебруара. Женке телом праве удубљење у шљунку дна и ту полажу икру. У односу на крупноћу шљунка у реци, женка процењује има ли у тој средини довољно кисеоника за преживљавање млађи. Излегла млађ се најпре још дубље укопава у дно, а потом, када је врећица са жуманцетом испражњена, поново се враћа на површину дна. При избору станишта, за пастрмке су најзначајнија четири физичка параметра: дубина воде, брзина тока, структура дна и присуство места за скривање. Млађ и једногодишње пастрмке бирају делове плиће воде (до 20 cm), одрасле пастрмке радије бораве у дубљој води. Брзина воденог тока која пастрмкама одговара у време храњења износи око 30 cm/s, док је брзина од око 40 cm/s оптимална за места мрешћења. У време када се не хране, пастрмке се склањају у мирније делове водотока. Скривалишта су за пастрмке од посебног значаја. Истраживања показују да се у деградираним коритима присуство пастрмки може битно повећати ако се повећа број места за скривање. Скровишта погодна за пастрмке су поткопане обале где се оне крију међу камењем или корењем, веће стене иза којих се брзина воде смањује, мирнији дубоки делови водотока и делови где приобална вегетација над водом ствара сенке.

Испод пастрмског региона почиње **регион липљена** у коме се смањује брзина воде. Дно овог региона је каменито или песковито, са местимичним мирнијим затонима и бујнијом вегетацијом. Међутим, и у овом делу воденог тока вода је хладна, бистра, богата кисеоником.

Липљен (*Thymallus thymallus*) је риба чији мрест зависи од температуре, и већином се одвија од априла до средине маја. У планинским, хладним рекама, мрест управо због температуре воде почиње нешто касније. Женка икру полаже у близини места боравка у јаме дубоке 50 – 100 cm. Услов за полагање икре је да вода буде дубока. У региону липљена често се појављује и младица (*Hucho hucho*). Ова врста живи у рекама претпланинских области Дунавског слива, тако да поред региона липљена, делом захвата виши пастрмски регион, као и нижи мренски регион. Младица се мрести у пролеће, а време почетка и трајања мреста у великој мери зависи од температуре воде која оптимално треба да износи око 10°C. У време мреста сели се у мање и плиће притоке дубоке 0,3 – 1,2 m. На путу до мрестилишта може да прелази мање јазове, али није способна да пређе веће слапове. Због тога високе преграде обично ометају миграције младице и угрожавају њено преживљавање.

Још низводније, налази се **регион мрене**. И у мренском региону вода је још релативно брза, богата кисеоником, али нешто топлија. Овде се поред мрене могу видети штука (*Esox lucius*), греч (*Perca fluviatilis*), смуђ (*Sander lucioperca*), балавац (*Gymnocephalus cernuus*). Уколико су лишени јачих антропогених утицаја, ови делови речног тока представљају и станиште речног рака (*Astacus astacus*) који је и као поточни рак, строго заштићена врста наших вода.

Мрена (*Barbus barbus*) најрадије борави у средњем току реке, тамо где је дно каменито, шљунковито или песковито. Зими се окупља у јата и мирује на дну у дубљим и мирнијим деловима реке. Лети обитава у бржим и плићим деловима на преливима у самим брзацима и на местима где по дну има крупнијег камења и мањих стена. Мрести се од краја априла до краја јуна. За развој икре потребна је температура од 10 – 12°C.

Спуштањем у равнице реке постају веће, спорије, мутније и топлије. У тим доњим токовима равничарских река, налази се **регион шарана**.

У региону шарана, нарочито у великим и спорим рекама, могу се јасно разликовати заједнице литорала, бентоса, планктона, бентоса и плеустона. Мирни токови равничарских река омогућавају развој планктонских и бентосних заједница које се по саставу не разликује много од планктонских заједница суседних стајаћих вода.

Карактеристични представници нектона су рибе које припадају већ поменутом шаранском региону. Осим шарана (*Cyprinus carpio*) који представља најзначајнију врсту мирних и топлих равничарских река, у овом региону живе штука (*Esox lucius*), греч (*Perca fluviatilis*), смуђ (*Sander lucioperca*), деверика (*Abramis brama*), сом (*Silurus glanis*), лињак (*Tinca tinca*), црвенперка (*Scardinius erythrophthalmus*), златни караш (*Carassius auratus*), кечига (*Acipenser ruthenus*), смуђ (*Sander lucioperca*) итд. Посебну карактеристику Дунава представљају рибе из фамилије јесетри: моруна (*Huso huso*), дунавска јесетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), паструга (*Acipenser stellatus*), кечига (*Acipenser ruthenus*) и друге јесетарске врсте. Од ових врста, само је кечига стални становник Дунава. Остале врсте живе у Црном мору, а у слатку воду Дунава улазе само ради мреста (анадромне врсте). На жалост, изградња хидроелектране Ђердап затворила им је пут мрешћења који је некада водио до Београда, Новог Сада и даље до Будимпеште.

6.5. ПТИЦЕ И СИСАРИ ВЕЗАНИ ЗА ВОДЕНЕ ЕКОСИСТЕМЕ

Водени екосистеми и њихове обале обрасле бујном вегетацијом пружају обиље хране и разноврсна склоништа за многе врсте бескичмењака, водоземаца, гмизаваца, птица и сисара. Због тога представљају значајна станишта са аспекта очувања укупне биолошке разноврсности.

Од птица које се гнезде у близини воде и које се хране становницима водених и обалских екосистема, могу се поменути барска кокица (*Gallinula chloropus*), велики трстењак (*Acrocephalus arundina*), трстењак млакар (*Acrocephalus palustris*), трстењак цвркутић (*Acrocephalus cirpaceus*), мочварна стрнадица (*Emberiza schoeniclus*). Барска кокица често гради пливајућа гнезда на плутајућој вегетацији, велики трстењак у тршћацима над водом, трстењак млакар у тршћацима на контакту воде и копна, трстењак цвркутић у густишу шевара непосредно над водом. Од наведених врста једино трстењак млакар није уско везана за трстике и шеваре приобалног појаса јер прави гнезда и на местима нешто удаљенијем од воденог огледала.

Поред поменутих, уз речне токове, језера и мочваре живи и велики број других птица: сива чапља, мала бела чапља, бела чапља, жута чапља, црвена чапља, чапља кашикара, сиви ждрал, црна рода, бела рода, мали вранац, патка њорка, плавокљуна патка, патка црнка, глувара, риђоглава гуска, лисаста гуска, сиви барски петлић, мали гњурац, ћубасти гњурац, еја мочварица, водомар, корморан... Неке од њих представљају станарице, а неке селице. Највећи број њих храни се углавном становницима водених биотопа – рибама, водоземцима, гмизавцима, мекушцима и инсектима.

Највећи број сисара који су се код нас прилагодили воденим или влажним приобалним стаништима припада групама ровчица, глодара и зверова. Међу њима издвајају се водена ровчица (*Neomys fodiens*), мочварна ровчица (*Neomys anomalus*), водена волухарица (*Arvicola amphibius*), видра (*Lutra lutra*), дабар (*Castor fiber*)...

Видра (*Lutra lutra*) је звер са гипким и врло покретним телом прилагођеним за роњење. При пливању се служи моћним репом који чини половину њене укупне дужине. У води може издржати изузетно дуго, а за хватање плена служи се оштрим и снажним зубима. Поред риба, њена главна храна су мањи сисари, водоземци, птице, а повремено узима и биљну храну.

Видре су претежно ноћне животиње, па их зато ретко опажамо у природи. То су самотњачке животиње које се удружују само при парењу. Најоптималнији животни простор видре су плићи водени басени са разуђеним обалама прекривеним бујном вегетацијом.

За опстанак видре од великог значаја је дрвеће са развијеним сплетом корења које пружа погодна склоништа и сигурна места за брлог.

Дабар (*Castor fiber*) је највећи глодар северне хемисфере. Труп му је здепаст, а реп кратак, љускаст, спљоштен, заобљен на врху. Веома је опрезна и плашљива животиња. На тлу је спор и тром, тако да највећи део живота проводи у води. Одлично плива и рони захваљујући репу који има улогу кормила. Живи у мањим групама које броје до 15 животиња, и храни се искључиво биљном храном.

Слика 63. Дабриште



Дабар живи у свим типовима слатких вода. На квалитет воде није посебно осетљив, али му је важно да је вода на располагању током целе године. Управо због тога обара дрвеће и гради бране којима на речним токовима формира језерца са сталном водом. На обали копа брлог који се отвара под воденом површином. На местима где је обала неподесна за копање, гради карактеристично дабриште у коме је легло под купом грана облепљених блатом.

У Србији је због прекомерног излова и уништавања природних станишта дабар нестао почетком XX века. Како би се ова врста вратила на наше воде, 2004. године у Специјални резерват природе „Засавица“ пуштено је 35 даброва допремљених из Баварске. Реинтродуковани даброви су се веома брзо прилагодили новој средини и почели су успешно да се размножавају и шире свој ареал. Данас се породице даброва виђају и на реци Сави код Обреновца, Шапца и Брчког, у реци Јадар код Лознице, у Костајничкој реци код Крупња.

7.



ЗАГАЂЕЊЕ ВОДА

7. ЗАГАЂЕЊЕ ВОДА

7.1. ВРСТЕ ЗАГАЂЕЊА ВОДА У ПРИРОДИ

Воде у природи могу се загадити на два начина – **аутогено** и **алогено**.

1) **Аутогено загађење** представља сопствено, односно, самозагађење вода као нормално и редовно загађење у природи. Оно је производ животних активности водених организама (хидробионата), производ њиховог распадања након угинућа и наноса који у воде доспевају из околног копненог окружења. Оваква загађења обично су периодична и краткотрајна јер водени екосистеми имају велику способност самопречишћавања (аутопурификације).

Самопречишћавање је регулисано ланцима исхране у којима одређени редуценти (поједини бескичмењаци, гљиве и бактерије), имају значајну улогу у разлагању и минерализацији материја које доспевају у водену средину. Уколико и дође до већег аутогеног загађења воденог биотопа, оно је обично локално. Овакво самозагађење траје кратко јер се водени екосистем релативно брзо пречисти. На пример, редовна је појава да се у шумским подручјима за време јесењег листопада водени екосистеми оптерете опалим лишћем. У том периоду интензивног разлагања материја доспелих са копна, вода може да промени боју, мирис и укус, али уколико нису у питању веће природне катастрофе, самопречишћавање се релативно брзо завршава.

2) **Алогено загађење** је загађење изазвано искључиво дејством човека (антропогено загађење). Овакво загађење обично захвата много већу масу воде и често превазилази могућност самопречишћавања, тако да се екосистеми у извесним ситуацијама не могу вратити у претходно природно стање. Због тога чест је случај да један тип екосистема прелази у други који је много једноставније организације и сиромашнији организмима како у квалитативном, тако и у квантитативном смислу. Кад кажемо у квалитативном смислу, мислимо на укупан број органских врста, а кад кажемо у квантитативном смислу, мислимо на укупан број организама у неком воденом екосистему. Извори алогеног загађења су разноврсни. То могу бити комуналне отпадне воде, отпадне воде индустрије, рударства, енергетике, пољопривреде, итд.

а) **Комуналне отпадне воде** потичу из домаћинства, из објеката инфраструктуре, објеката намењених услужној, производној, здравственој, туристичкој, рекреативној и другим делатностима, из уличних шахти, комуналних депонија, итд. Све ове отпадне воде садрже велику количину протеина, угљених хидрата, масти, неорганских и органских киселина, флуорида, сулфата, нитрата, нитрита, амонијака, нафтних угљоводоника, уља, бензопирена, метала и њихових једињења, као и других неорганских и органских једињења које оптерећују природне воде. У отпадним комуналним водама налази се и велики број патогених бактерија који може износити и неколико десетина милиона у литру воде.

б) **Индустријске отпадне воде** потичу из металуршке, фармацеутске, хемијске, прехрамбене, текстилне, дрвне и других грана индустрије. Ове воде садрже више хиљада загађујућих материја као што су детерџенти, растварачи, феноли, сулфиди, хлориди, цијаниди, силикати, неорганске и органске киселине, нитрити, нитрати, амонијак, масти, метали (кадмијум, жива, олово, никл, алуминијум, кобалт, бор, бакар, манган, цинк, арсен...)...

ц) **Отпадне воде рударства и енергетике** потичу из отворених копова, из рудника, из железара и других постројења за прераду руда, из термоенергетских постројења, из петрохемије и рафинерија, из јаловишта и пепелишта одакле спирањем доспевају у водене биотопе. Ове воде носе са собом бројне суспендоване честице, нафтне угљоводонике (пропан, бензин, млазно гориво, керозин, мазут, моторно уље, асфалт), уља, бензопирен, феноле, сулфиде, метале (гвожђе, манган, цинк, бакар, хлор, олово, кадмијум, жива, никл, алуминијум, кобалт, хром), итд.

д) **Отпадне воде пољопривреде** потичу са фарми, аграрног земљишта, депонија пољопривредног отпада. Ове воде садрже разноврсне органске материје, нарочито повећане количине амонијака, нитрата, нитрита, фосфата, хлорида, сулфата, различитих других остатака вештачких ђубрива и пољопривредних препарата, првенствено пестицида. На пример, од укупне количине азотног ђубрива, биљне културе усвајају око 70%, азотних једињења, док око 30% остаје у земљишту из кога се спира и доспева у изданске или површинске воде.

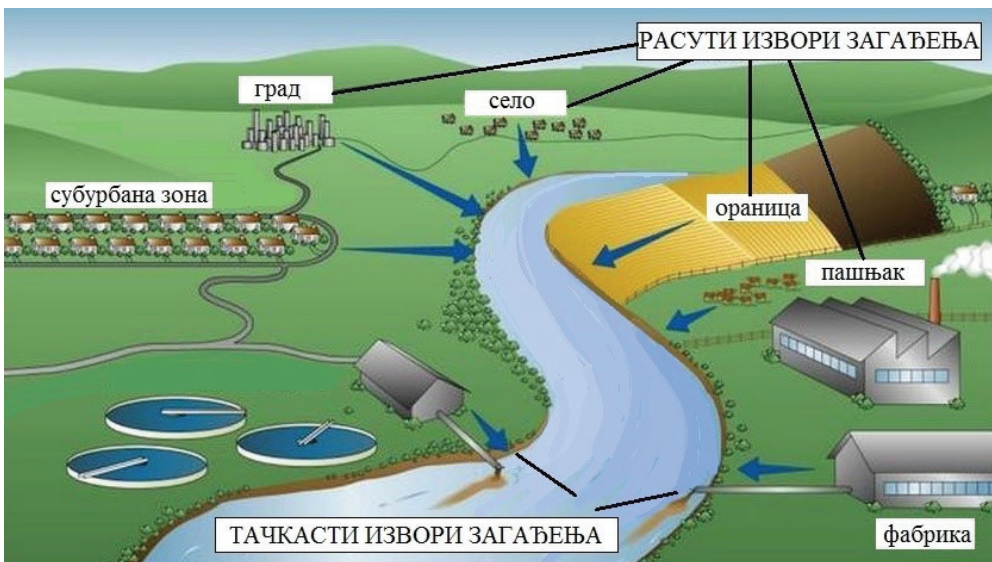
У односу на **ефекте загађења**, отпадне воде (ефлуенти) које се уливају у природне водене екосистеме (реципијенте), могу бити:

- физички загађене,
- хемијски загађене,
- биолошки загађене.

Извори загађења вода се генерално могу сврстати у две категорије – концентрисане и расуте.

- **Тачкасти (концентрисани) извори загађења** се карактеришу конкретним местом испуштања отпадних вода у реципијент. На пример, канализациони одвод неког насеља или индустријско постројење које на одређеном месту испушта отпадну воду, представљају концентрисане изворе загађења.
- **Расути (дифузни) извори загађења** потичу из различитих извора загађења и генеришу се на ширем простору тако да није могуће прецизно одредити све изворе и састав загађујућих материја. У расуте изворе загађења спадају сва површинска и подземна оптерећења материјама које могу представљати загађиваче и које непосредно или посредно долазе до водотока, а потичу из насеља која нису прикључена на канализациону мрежу, са аграрног земљишта, фарми, комуналних депонија, итд.

Слика 64. Расути и тачкасти извори загађења



7.2. ФИЗИЧКО ЗАГАЂЕЊЕ ВОДЕ У ПРИРОДИ

Физичко загађење вода у природи испољава се кроз измену појединих физичких параметара воде: температуре, осветљености, прозирности, тврдоће, радиоактивности, итд.

а) Термално загађење вода

Термално загађење воде представља физичко загађење до кога долази када се вода из природе узима искључиво за расхлађивање постројења у одређеним фазама технолошких процеса у индустријским и термоенергетским постројењима (у металургији, рафинеријама, термоелектранама, хемијској индустрији). На пример, током производње једне тоне челика, за хлађење се потроши 140 тона воде што указује на велику количину термално загађене воде која може бити погубна по водене екосистеме уколико се пре испуштања не охлади. Дакле, термално загађена вода у природне водене басене враћа се хемијски чиста, али нерасхлађена. Оваква вода на водене организме делује **непосредно** и **посредно**.

Непосредно дејство загрејане воде се на организме одражава директно и брзо. За многе од њих оно може бити смртоносно, нарочито када се ради о риблијој млађи, пуноглавцима, ларвама или непокретним организмима који не могу да се изместе у неки повољнији део воденог биотопа. Загрејана вода може да буде летална и када се ради о стенотермним организмима прилагођеним искључиво хладној и кисеоником богатој води. Летално дејство за групе најосетљивијих организама испољава се већ на температури изнад 35°C.

Посредно дејство загрејане воде на организме подразумева постепену измену услова водене средине што може имати и теже последице по већи део водених организама уколико термално дејство траје дуже. Примарно дејство које се испољава је смањење концентracије кисеоника с обзиром да се кисеоник слабије раствара у топлијој води. Дефицит кисеоника изазива убрзано дисање организама што доводи до додатног умањења његове концентracије. Оптимална количина раствореног кисеоника за живот акватичних организама је 5 mg/L. Већина организама у води не може да преживи уколико је концентracија раствореног кисеоника испод 3 mg/L када наступају услови анаеробије.

Повишена температура воде изазива и поремећај ћелијске осморегулације, блокаду појединих ензима и дисфункцију ензимског метаболизма, повећан унос тешких метала због јачања њихове кинетичке енергије.

Посредно дејство повишене температуре испољава се и у убрзавању и усмеравању одређених хемијских реакција, и у повећању негативног дејства неких штетних материја у самој води. На пример, повећање температуре воде са 15°C на 25°C утростручује токсичност цинка.

Уколико се испуштање загрејаних вода одвија у континуитету, временом у воденим екосистемима долази до квантитативних промена јер густина популација изразито аеробних врста нагло опада, а затим наступају и квалитативне промене које се испољавају кроз њихов нестанак као и кроз појаву врста које су мање осетљиве на недостатак кисеоника или анаеробних бактерија. Овакве промене могу драстично да поремете састав биоценоза и трофичке односе у њима. На пример, са порастом температуре постепено нестају силикатне, а потом и зелене алге. Пошто су ове алге значајни продуценти органских материја и незаменљива карика у ланцима исхране, њихово нестајање одражава се на смањење бројности животињских организама који се њима хране. За разлику од силикатних и зелених алги, модрозелене алге много боље подносе повишену температуру. Због тога нестанак силикатних и зелених алги не значи да водени екосистеми остају без алги. Њих замењују управо модрозелене алге које се могу масовно размножити. Ова група алги није погодна за исхрану и често у околну воду лучи токсичне материје. Због тога се веома мали број животиња њима храни. Дакле, масовна појава модрозелених алги услед загревања воде омогућава опстанак само мање толерантних (еурифагих) животиња које се њима хране. Такве животиње почињу да се размножавају и потискују све остале животиње које се хране зеленим и силикатним алгама. У оваквим случајевима, трофички односи се могу озбиљно, па чак и трајно пореметити.

б) Загађење вода суспендованим честицама

Суспендоване честице су ситне честице веће од једног микрометра (1µm) које се у води могу исталожити. У природне воде најчешће доспевају из рудника и каменолома, са јаловишта, пепелишта, депонија, обрадивих површина, саобраћајница, земљишта у случајевима ерозије. Ове честице мењају низ физичких и физичко-хемијских својстава водених биотопа: провидност, боју, тврдоћу, садржај електролита, концетрацију кисеоника, итд. Њихова повећана концентрација у води и убрзано таложење, и директно изазива многе негативне ефекте на хидробионте. Пре свега долази до прекривања и затрпавања непокретних организама бентоса, механичког деловања на ситне планктонске организме, отежаног дисања услед хипоксије. Ове честице могу утицати на отежано дисање неких животиња чак и када има довољно кисеоника у води. То се дешава када се лепе и таложе на шкргама водених животиња (риба, ракова, шкољки, пужева) тако да изазивају њихово гушење.

Пошто узрокују замућеност воде, суспендоване честице спречавају продор светлости у водену средину, тако да отежавају или онемогућавају процес фотосинтезе и опстанак биљака у нешто дубљим слојевима воде. Повлачењем појединих аутотрофних врста, смањује се органска продукција што за последицу има поремећај трофичких односа.

ц) Радиоактивно загађење вода

Радиоактивне супстанце могу се акумулисати у води, земљишту, седиментима, ваздуху и органским системима. До радиоактивног загађења може доћи неконтролисаним током радиоактивних материја које се користе у медицини, војној индустрији, нуклеарним електранама. Опасност представља и неадекватно збрињавање радиоактивног отпада. Постоје три основне групе радиоактивног отпада:

- високо активан радиоактивни отпад у течном или чврстом стању, веома опасан по организме и животну средину због огромне енергије коју ослобађа (на пример, искоришћено нуклеарно гориво из реактора, нуклеарно оружје које је на жалост, употребљено и током бомбардовања Србије 1999. године);
- радиоактиван отпад средње активности који може да изазове локална оштећења, а чије је издвајање и коришћење неисплативо (искоришћени извори јонизујућег зрачења – радиоактивни громобрани, медицински и индустријски извори зрачења);
- нискоактивни радиоактивни отпад велике запремине у течном, чврстом или гасовитом стању што отежава његов смештај, те се може десити да се испушта у околну средину (талози, филтери, контаминирана одећа и обућа...).

Када се радиоактивне материје нађу у води, брзо улазе у ткива водених организама. Код појединих организама који активно акумулирају радиоактивне материје, концентрација ових материја може да буде и 100 пута већа него у околној води. Самим тим, код људи који користе радиоактивно загађену воду или се хране организмима из те воде, такође долази до акумулације радиоактивних материја. Штетно дејство је двојак о јер се односи на директно озрачен организам (соматски ефекти), као и на потомство (наследни или генетски ефекти). Приликом разматрања ефеката зрачења треба имати у виду да радиоактивне супстанце представљају најтоксичније материје у природи. Већ при ниским дозама радиоактивне честице могу да изазову генетске и хромозомске мутације које се преносе на потомство, да униште ћелије, да оштете органе, да изазову низ промена које воде настанку малигних обољења. Штетне последице високих доза зрачења испољавају се већ у року од неколико часова или дана, међутим, до појаве малигних обољења може да дође и након више година.

7.3. ХЕМИЈСКО ЗАГАЂЕЊЕ ВОДЕ У ПРИРОДИ

Хемијско загађење воде може бити **органско, неорганско и мешовито**. Последице хемијског загађења зависе од природе, количине и периода уливања ефлуената, као и од врсте и величине водене масе која је реципијент.

а) Органско загађење воде

До органског загађења воде долази нагомилавањем органских материја у води: беланчевина, аминокиселина, масти, органских уља, угљених хидрата, хормона, антибиотика, фенола, алдехида, кетона, органских киселина, пестицида органског порекла, винил-хлорида, поливинил-хлорида, итд.

Највећи извори органског загађења вода у природи су пољопривредне, комуналне и неке индустријске отпадне воде, првенствено из прехранбене, дрвне и текстилне индустрије. Примера ради, сточни фонд Србије продукује 57% укупног оптерећења азотом и око 46% укупног оптерећења фосфором, док становништво које није прикључено на јавне канализационе системе учествује са 4% оптерећења азотом, 15% оптерећења фосфором и 10% органског загађења. Комуналне депоније такође представљају извор потенцијалног расутог загађења. На нивоу Србије формиран је катастар активних јавних депонија према коме постоје 164 комуналне депоније различитог типа: санитарне, уређене, неуређене. Неке депоније се често налазе у близини водних тела (некад и у самим коритима и на обалама), а више од 6% депонија се налази на удаљености мањој од 500 m од постојећих изворишта за снабдевање водом. (Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године, „Службени гласник РС“, бр. 3/17). Посебну опасност представљају дивље депоније којих у Србији има око 3.500.

Једна од првих последица органског загађења природних вода је пренамножавање бактерија узроковано обиљем материја којима се оне хране. Разлажући органске материје, ове бактерије троше велику количину кисеоника и стварају услове делимичне или потпуне анаеробије, нарочито на дну водених басена. У условима делимичног смањења кисеоника, елиминишу се многи организми за чији је развој неопходна вода zasiћена кисеоником. Међутим, уколико се створе услови потпуне анаеробије, нестају сви аеробни организми, па и аеробне бактерије које уступају место анаеробним бактеријама. Активностима анаеробних бактерија додатно се ослобађају многе штетне и токсичне материје попут метана, сумпорводоника, амонијака, нитрата и сулфида.

Нитрати у води обично указују на старија загађења, и нарочито су отровни за младе животиње, док амонијак обично указује на свежија загађења. Појава оваквих материја може довести до дуготрајне деградације водених биотопа, нарочито њиховог дна које остаје без живог света. Удаљавањем од места изливања ефлуента, постепено почиње да се повећава количина кисеоника и да се смањује број бактерија.

У односу на то како се мења степен органске загађености, дуж речног тока могуће је разликовати пет зона (Brinley, 1942):

- зона активне бактеријске разградње у делу тока који је највише загађен;
- зона средње бактеријске разградње;
- плодна зона;
- зона риба;
- биолошки сиромашна зона (зона извора и чистих планинских потока).

За разлику од текућих вода у којима се овакве промене дешавају у функцији простора, у стајаћим водама овакве промене се дешавају у функцији времена.

б) Неорганско и комбиновано загађење воде

У групу неорганских загађивача воде спадају детерџенти, растварачи, сулфиди, хлориди, цијаниди, силикати, неорганске киселине, пестициди, тешки метали (хром, манган, гвожђе, цинк, кобалт, никал, бакар, кадмијум, жива, олово, арсен, итд). Термин „тешки метали“ обично се односи на хемијске елементе чија је релативна густина веће од 5 g/cm^3 . То су метали или металоиди који имају токсично дејство и који су класификован као главни неоргански загађивачи, али укључују и елементе (микроелементе) који су значајни за организме уколико су присутни у ниским концентрацијама, односно у траговима (бакар, гвожђе, манган, цинк, молибден, никал, кобалт...).

Највећи извори неорганског загађења вода у природи су отпадне воде из индустрије, електропривреде, рударства, али и комуналне и пољопривредне отпадне воде. Неоргански и комбиновани ефлуенти веома често имају токсично дејство на водене организме, али и самог човека. Неке од наведених супстанци показују негативне ефекте већ у малим количинама, док неке показују кумулативно дејство.

У неорганске и комбиноване загађиваче спадају и неотровне соли које нису отровне саме по себи, тако да њихово присуство нема примарне негативне ефекте на водене екосистеме. Такве су пре свега, соли фосфата, нитрата, калијума, натријум-хлорид, амонијум-хлорид, амонијум-карбонат, итд.

Неотровне соли у водене биотопе доспевају растварањем стена, у процесу спирања пољопривредних површина које су интензивно ђубрене вештачким или природним ђубривима, испуштањем комуналних и неких индустријских отпадних вода (нарочито из погона за прераду вештачких ђубрива), у процесу експлоатације нафте, током испирања саобраћајница, итд.

И поред тога што ове соли нису директно отровне, њихово присуство изазива секундарне процесе који доводе до појачане органске продукције, до промене киселости, гасног режима, минералног састава и осмотских својстава воде. На тај начин, негативно дејство неотровних соли испољава се индиректно. На пример, у зимском периоду саобраћајнице се засипају кухињском сољу, односно, натријум-хлоридом (NaCl) који спирањем у највећој мери завршава у воденим екосистемима. Један од многих негативних ефеката ове соли је њена способност да захваљујући афинитету јона хлора према живи, активира живу наталожену у муљу. Након активације из муља, жива се поново уводи у ланце исхране што може имати вишеструке негативне ефекте на организме.

Неотровне соли чест могу да подигну ниво примарне продукције кроз појачану фотосинтезу, што до извесне границе може бити корисно за водене биотопе. Међутим, уколико се ове соли у води нађу у већој концетрацији, органска продукција постаје интензивна што утиче на повећање бројности организама и на увећан обим разградње органских материја. У таквим случајевима долази до убрзане потрошње кисеоника на дну воденог басена и до постепеног стварања аеробних услова.

7.4. ДЕЈСТВО ШТЕТНИХ И ТОКСИЧНИХ МАТЕРИЈА

Штетне и токсичне материје које се могу наћи у загађеним водама, ланцима исхране доспевају и до човека. На водене животиње, па и на људе који се њима хране, ове материје могу да делују на више начина и различитим интензитетом. Њихова подела може се разматрати на основу више различитих критеријума.

По начину деловања на поједине организме, штетне и токсичне материје деле се на алергене, мутагене, тератогене и канцерогене. **Алергени** изазивају алергијске реакције различитог интензитета. **Мутагени** изазивају два типа генетских оштећења: промене у грађи и броју хромозома (аберације) и промене у самим генима (генске мутације). **Тератогени** доводе до трајног оштећења ембриона. **Канцерогени** изазивају малигне туморе на појединим органима.

По месту најјачег деловања у организму, штетне и токсичне материје деле се на **неуротропне** (делују на нервни систем), **хепатотропне** (делују на јетру), **нефротропне** (делују на бубреге), **кардиотропне** (делују на кардиоваскуларни систем), итд.

По степену активности и разградивости у организму, штетне и токсичне материје деле се на оне које јесу, и оне које нису подложне биотрансформацији.

По форми изражавања у организму, штетне и токсичне материје деле се на оне које изазивају акутна, субакутна и хронична тровања.

Акутна тровања се обично испољавају као масовна и брза појава у неком воденом екосистему. Ова тровања често настају као последица различитих хаварија у индустријским постројењима, и за многе осетљиве организме често могу бити тренутно смртоносна. Смртоносна или летална доза зависи од врсте и концентracије отровних материја, као и од степена осетљивости одређених организама на њих. Леталном дозом се сматра она концентracија неког отрова при којој током 24 часа угине 50% водених организама.

Субакутна тровања су мање упадљива од акутних. Испољавају се у нешто дужем периоду и већем обиму преживљавања организама, посебно оних које су отпорнији на токсичне материје.

Хронична тровања су најмање упадљива, али су најчешћи облик деловања токсичних ефлуената. Због неупадљивости, често се на њих не обраћа правовремена пажња, а негативни, углавном кумулативни ефекти, испољавају се након више месеци, година или у следећој генерацији. У такве материје, на пример, спадају мале концентracије олова, живе или мангана.

Жива која се акумулише у ткивима водених организама, преко ланаца исхране може доспети и у људски организам где првенствено напада нервни систем. Упечатљив пример кумулативног деловања живе везан је за становништво јапанског града Минамата смештеног у истоименом заливу. Од 1932. до 1968. године отпадне воде из једне фабрике хемијских средстава у којој је у технолошком процесу коришћена жива, испуштане су у наведени залив. Морски микроорганизми преводили су живу у метил-живу коју су даље апсорбовале планктонске алге. Хранећи се алгaма, рибе су уносиле и акумулирале велике количине метил живе. Први знаци за аларм појавили су се кад је примећено да мачке које су се храниле овом рибом показују дезоријентацију и збуњеност, испуштају необичне звуке и имају покрета као да плешу, а потом умиру. Убрзо су се неки симптоми „мачака које плешу“ (dancing cats) појавили и код становника Минамате који су конзумирали затровану рибу. Године 1956. ова болест званично је регистрована као Минамата синдром. Овај синдром испољавао се кроз општу слабост мишића, потешкоће у говору и кретању, сужавање видног поља, оштећење слуха, депресију, раздражљивост, конфузију, грчеве, парализу и оштећење фетуса, а у тежим случајевима кроз коматозно стање и смрт.

Када је реч о наведеним формама изражавања, треба имати у виду да једна иста отровна материја (токсикант), у зависности од концентрације може да у једном случају изазове акутно, а у другом случају субакутно или хронично тровање. Који ће облик тровања изазвати, зависи од концентрације токсиканта, али и од присуства осталих токсиканата, као и њиховог међусобног хемијског афинитета.

У самој води, токсичне материје могу утицати једна на другу при чему ефекти њиховог узајамног деловања по организме могу бити позитивни или негативни. Међусобно деловање штетних и токсичних материја може да буде синергистичко, адитивно или антагонистичко.

- **синергистичко** деловање испољава се тако што присуство једног токсиканта увећава негативно дејство другог токсиканта;
- **адитивно** деловање испољава се тако што се брзина и ефекти деловања једног токсиканта на организме не мењају у присуству другог токсиканта;
- **антагонистичко** деловање испољава се тако што присуство једног токсиканта смањује негативно дејство другог токсиканта.

Као пример узајамног деловања токсичних материја могу се узети тешки метали који се брже везују и талоче у седиментима уколико постоји већа концентрација суспендованих материја за које се они везују.

Токсичност бакра се смањује у присуству малих количина такође токсичног олова, али се зато повећава уколико концентracија олова расте. Жива је мање токсична када се налази у стању слободних јона него када је везана у неко једињење као што је метил-жива. Олово је мање токсично кад се налази у стању слободних јона, а знатно опасније кад гради тетраетил-олово.

На степен токсичности појединих материја утичу и други фактори. На пример, са повећањем температуре воде за 10°C, угинуће организама се повећава за око 50%. Због тога, у нашим климатским приликама могућност тровања водених организама при уливању токсичних ефлуената је много већа током лета него током зиме. Такође, многе отровне супстанце попут детерџената, цијанида, креозола и амонијака, имају јачи токсични ефекат при смањеној количини кисеоника у води. На деловање појединих токсичних материја утиче и киселост водене средине. На пример, токсични ефекти амонијака знатно су израженији у алкалној него у киселој средини, док се цијаниди понашају супротно. У киселој средини сулфиди образују отровни гас водоник-сулфид, док у базној средини ова реакција одсуствује (Cvijan, 2000).

Аутоксичност или сопствена токсичност, представља ретку појаву токсичних материја у воденим екосистемима независну од утицаја човека. Ова појава обично представља резултат микробијалне разградње органских материја произведених од стране водених организама. Такође, дешава се да и сами организми директно производе и луче отровне материје као продукте метаболизма. Уколико се овакви организми пренамноже, ниво њихових токсичних материја може достићи велике концентracије. На пример, алге из рода *Primnesium* луче токсични примнезин, а алге из рода *Microcystis* луче такође отровни микроцистеин. Велика концентracија оваких токсичних материја може изазвати тровање риба, птица које се хране затрованом рибом, па чак и стоке која пије ову воду. Појава аутоксичности обично се брзо елиминише у процесу самопречишћавања вода, тако да не оставља веће последице на водене екосистеме.

7.5. НИВОИ ТОКСИЧНОСТИ ВОДЕНИХ ЕКОСИСТЕМА

Утврђивање и класификација нивоа токсичности водених екосистема најчешће се заснива на Сладачековој методологији (Sládeček, 1962, 1963). Основни појмови који указују на ниво токсичности воде су катаробност, лимнотоксичност и еутоксичност.

а) **Катаробност** (атоксичност) је појам који указује на квалитет воде који је сличан квалитету воде за пиће. У таквој води нема токсичних материја или их има у траговима, тако да нису опасне за водене организме. Овакве воде се могу користити и за пиће без негативних последица по човека.

б) **Лимнотоксичност** је појам који указује на квалитет воде у којој су присутне токсичне материје које доводе до елиминације једног броја осетљивијих организама. Без обзира на то, у оваквим водама увек има живих бића.

Лимнотоксичност се може поделити на три степена:

- **Олиготоксичност** је појам који указује на воде у којима је смртност организама мања од 50%, а клијавост семена биљке *Sinapis alba* (беле горчице) већа од 75% уз успорен раст клице. Осетљиве врсте у оваквим водама могу бити елиминисане, али се зато бројност популација појединих врста услед смањења конкуренције може повећати.
- **Мезотоксичност** је појам који указује на воде у којима је смртност организама између 50% и 75%, а клијавост семена биљке *Sinapis alba* између 50% и 75% уз успорен раст клице.
- **Политоксичност** је појам који указује на воде у којима је смртност организама изнад 75%, а клијавост семена биљке *Sinapis alba* мања од 50%. Међутим, смртност никада не достиже 100%, а клијавост никад не пада на 0%. Биоценоза је у оваквим воденим биотопима веома деградирана јер преживљавају само изузетно отпорне врсте (хемобионти) које најчешће губе репродуктивну способност.

ц) **Еутоксичност** је појам који указује на квалитет воде у којој су концентрације токсичних материја толике да доводе до уништења свих организама и онемогућавају биолошке процесе.

7.6. БИОЛОШКИ ЕФЕКТИ ЗАГАЂЕЊА ВОДА ОРГАНСКИМ МАТЕРИЈАМА

Загађење вода у природи је комплексан процес који укључује повећање количине суспендованих честица, радиоактивних, неорганских и органских материја од којих многе имају директно токсично дејство. Интеракција између ових материја и процеси у које се укључују и продукти метаболизма и разградње водених организама, додатно оптерећује водене екосистеме и доводи у питање њихову стабилност.

Први организми који почињу разградњу органских материја и који се налазе у свим фазама те разградње су **бактерије**. То су и једини организми способни да изврше комплетну разградњу и минерализацију органских материја у води. Једна врста бактерија никада није универзални разграђивач, тако да у оквиру ове групе организама постоји одређена подела у зависности од тога коју врсту материја су способне да разложе. Због тога, у воденим биотопима међу појединим врстама бактерија постоји временска и просторна смена.

У свежој отпадној води преовлађују бактерије које разлажу угљене хидрате. Међупродукт разлагања угљених хидрата су органске киселине које се у аеробним условима даље разлажу на угљен-диоксид и воду, а у анаеробном условима на угљен-диоксид и метан. У устајалој отпадној води преовлађују бактерије које разлажу беланчевине и масти. Када су у питању беланчевине, бактерије их прво хидролизују до аминокиселина и амида, а аминокиселине даље разлажу до амонијака и сумпорводоника. У следећим етапама, амонијак кроз хемијске реакције гради нитрате, сулфате и фосфате. Бактеријско разлагање масти тече до глицерина и масних киселина уз потрошњу кисеоника и ослобађање угљен-диоксида и воде.

Повећан прилив органских материја у природне воде при неким оптималним температурама, доводи до повећања бројности бактерија које потроше и до 40% кисеоника у процесу разградње. Након 48 сати, процес разградње се успорава да би се комплетна минерализација обавила за око 20 дана (Cvijan, 2000).

Поред бактерија, **гљиве** имају такође велики значај у разградњи органских материја. Оне делују директно на угљене хидрате које разлажу, док од протеина користе међупродукте настале претходним бактеријским разлагањем. Масовно се развијају у органски загађеним водама све док је количина раствореног кисеоника већа од 4 mg/l.

У водама богатим органским материјама долази до бујања и фауне **протозоа**, нарочито цилијата. Ова група једноћелијских животињица храни се органским материјама присутним у води, али и бактеријама. И поред тога што не учествују у комплетној минерализацији органских материја, протозое овај процес убрзавају.

На местима непосредног уливања органских материја у водене биотопе, **биљке** обично изостају због мутноће воде и таложења суспендованих честица по њима. Оне се јављају нешто даље од места уливања ефлуената. Обично су то маховине иза којих долазе одређене микроскопске, а затим и макрофите алге, као и неке ситне цветнице. Од микроскопских алги доминирају модрозелене алге које се налазе у загађенијим деловима воденог биотопа. Њихова највећа бројност обично се запажа у зонама завршне минерализације где су присутне соли нитрата и фосфата. Са смањењем утицаја загађења, појављују се зелене, а затим и силикатне алге.

У деловима водених биотопа где је највеће загађење и где владају услови анаеробије, **бескичмењаци** углавном изостају осим мањег броја отпорних ларви зообентоса. Уколико у органски загађеној води има бар мало кисеоника, у бентосу се може наићи на малочекињасте црве (*Oligochaeta*), посебно из рода *Tubifex*. У условима нешто већег присуства кисеоника, јављају се ваљкасти црви (*Nematoda*), ларве неких двокрилних инсеката из породице биљних комараца (*Chironomidae*), а затим и аселуси (*Asellus sp.*) који припадају групи простих рачића изопода (*Isopoda*). Један од најчешћих представника овог рода је слатководни рачић *Asellus aquatic* који се користи као добар индикатор загађености водених екосистема.

У деловима појачаног уливања органских ефлуената, фауна риба изостаје због мањка кисеоника, токсичности појединих материја, повећане количине амонијака, водониксулфида и суспендованих честица, као и због недостатака хране. Због тога, у највећем броју случајева **фауна риба** се обично јавља у зони воденог биотопа у којој почињу да се јављају алге.

7.7. ОДРЕЂИВАЊЕ СТЕПЕНА ЗАГАЂЕНОСТИ ВОДА ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИМ МЕТОДАМА

Физичко-хемијске методе одређивања степена загађености водених биотопа заснивају се на утврђивању одређених физичких и хемијских особина воде и седимената.

Физичке особине које се испитују и прате су боја, мирис, провидност, температура, брзина протицања, количина суспендованих честица, тврдоћа, итд.

Хемијске особине које се утврђују и прате су рН вредност воде, суспендоване материје, кисеонични режим (засићеност кисеоником, биолошка потрошња кисеоника, хемијска потрошња кисеоника, укупан органски угљеник), нутријенти (укупан азот, нитрати, нитрити, амонијак, амонијум јони, фосфор, ортофосфати), салинитет (укупни хлориди, фосфати, хлор, укупна минерализација, електропроводљивост), метали (арсен, бор, бакар, цинк, хром, гвожђе, манган, кадмијум, жива, олово, никал), органске супстанце (фенолна једињења, нафтни угљоводоници, површинске активне материје), микробиолошки параметри (фекални колиформи, укупни колиформи, цревне ентерококе, аеробни хетеротрофи). У седиментима се додатно мери ниво минералних уља, полицикличних ароматичних угљоводоника, антрацена, нафталена, бензопирена, бензоантрацена, полихлорованих бифенила, ДДТ-а (трихлор-дифенил-трихлоретана), ДДД-а (диихлор-дифенил-дихлоро-роетана), алдрина, диелдрина, ендрина, итд. Граничне вредности наведених материја у Републици Србији утврђене су Уредбом о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС“, бр. 50/12), Уредбом о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС“, бр. 24/14) и Уредби о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС“, бр. 67/11, 48/12, 01/16).

Једна од најчешће примењиваних хемијских метода у одређивању степена загађености воде је **биохемијска потрошња кисеоника** (БПК, *енг.* BOD – Biochemical oxygen demand). БПК указује на степен минерализације органских материја у води. Под биолошком потрошњом кисеоника подразумева се количина кисеоника изражена у милиграмима на литар воде (mg/l) коју при температури од 20°C потроше водени организми, посебно бактерије у процесу потпуне минерализације органских материја присутних у води.

Пошто је за потпуну минерализацију органских материја у води потребно око 20 дана, БПК кисеоника се обично мери након 20 дана од изливања органских ефлуената у воду. Међутим, највећа количина кисеоника се у процесу разградње и минерализације обично потроши у првих пет дана, док је каснија потрошња све мања. Због тога се користи и метода утврђивања БПК током првих пет дана (БПК₅) разградње и минерализације органских материја у 1 литру воде. Ова метода омогућава прецизан начин утврђивања количине органских материја у води, као и активност микроорганизама у њој. Количина биоразградивих органских материја директно је пропорционална потрошњи кисеоника који се укључује у њихову разградњу. Што је органско загађење мање, то је и мања биолошка потрошња кисеоника, односно, што је вредност БПК ближа вредности 1, загађење је лакше биолошки разградиво. По овом критеријуму, квалитет вода према БПК је следећи:

- I класа воде < 2 mg O₂/l
- II класа воде < 4 mg O₂/l
- III класа воде < 7 mg O₂/l
- IV класа воде < 20 mg O₂/l

Употребом методе БПК₅ може се упоредити интензитет органског загађења водених биотопа са људским активностима. Интензитет органског загађења отпадних вода обично се изражава као **еквивалент броју становника (ЕС)**. ЕС представља органско биоразградивно оптерећење за чију је разградњу потребна петодневна биохемијска потрошња кисеоника (БПК₅) која износи 54 gr грама кисеоника на дан по јединици површине (km²). У просечним вредностима, то је количина кисеоника која се утроши за минерализацију органских материја коју продукује један човек за један дан. Овом методом може се утврдити петодневна биолошка потрошња кисеоника (БПК₅) за одређене делатности. На пример, БПК₅ током прераде 1.000 литара млека износи 162 ЕС, за производњу 1m² хартије износи 1.000 ЕС, за прање 1 тоне веша 830 ЕС, итд. (Свијан, 2000). Утврђивање оваквих односа у пракси је веома значајно приликом пројектовања капацитета одређених уређаја за пречишћавање отпадних вода.

Друга метода која се обавезно примењује је метода утврђивања **хемијске потрошње кисеоника** (ХПК, *енг.* COD – Chemical Oxygen Demand). ХПК се изражава преко количине кисеоника која се потроши при потпуној оксидацији органских материја и оксидабилних неорганских материја у једном литру воде (O₂ mg/ L). ХПК је једнака или већа од БПК. Што је већа количина биолошки неразградивих материја у води, то је ХПК већа у односу на БПК. У биолошки неразградиве органске материје убрајају се целулоза, угљена прашина, лигнин, танин и већина синтетичких органских једињења.

За одређивање количине органских загађивача у води примењује се и метода утврђивања **укупног органског угљеника** (УОУ, *енг.* TOC – Total organic carbon) у води. УОУ се одређује мерењем количине CO₂ насталог оксидацијом органског угљеника. Укупни органски угљеник је мера садржаја везаног угљеника у води. Прва фаза ове методе је анализа укупног угљеника који укључује и количину неорганског угљеника, попут угљеника у карбонатним минералима, а затим следи друга фаза током које се од укупне количине угљеника одузима количина угљеника неорганске природе. Одузимањем неорганског угљеника од укупног угљеника добија се УОУ.

7.8. ОДРЕЂИВАЊЕ СТЕПЕНА ЗАГАЂЕНОСТИ ВОДА БИОЛОШКИМ МЕТОДАМА

Степен загађености вода у природи може се одредити биолошким методама које подразумевају утврђивање састава водених биоценоза и издвајање индикаторских организама у њима.

Биолошки мониторинг представља примену биолошког одговора за процену промена животне средине са циљем коришћења ових информација у процесу мониторинга квалитета вода. Биолошки одговор на промене животне средине манифестује се кроз присуство или одсуство појединих група организама који одражавају услове животне средине.

Биолошки индикатори (биоиндикатори) су поједине врсте или заједнице које својим присуством пружају информације о физичким и/или хемијским условима животне средине на одређеном локалитету. Основа појединачних врста као биоиндикатора налази се у њиховој преференцији или толеранцији према одређеним стаништима и њиховој способности да се развијају и надмаше остале организме под одређеним условима квалитета воде (Edward & Sigeo, 2010).

Индикаторске врсте имају малу толеранцију или немају толеранцију на поједине еколошке факторе. Такође, оне имају способност брзог реаговања на промене у животној средини. На пример, неки организми живе искључиво у чистој води, неки у умерено органски или неоргански загађеној води, а неки се јављају и у врло загађеној води у којој одсуствују сви други организми више или мање осетљиви на загађења. Тако се на основу присуства појединих група организама могу утврдити степен и природа загађености водене средине. По правилу, што је водени биотоп загађенији, то је мањи број врста у њему.

Карактеристике поузданих индикаторских врста су:

- уска еколошка валенца;
- брза реакција на промене у животној средини;
- јасно дефинисана систематска и таксономска припадност;
- могућност поуздане идентификације рутинском лабораторијском опремом;
- широка географска дистрибуција.

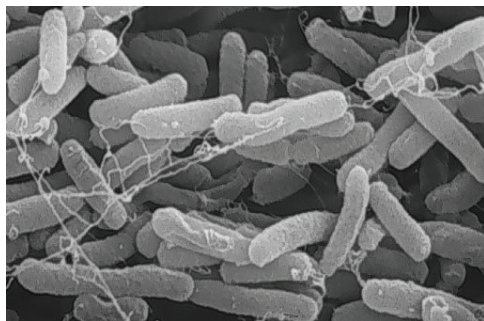
Биолошки мониторинг у односу на специфична физичко-хемијска мерења за процену квалитета воде има предности, јер:

- одражава свеобухватан квалитет воде јер интегрише ефекте различитих притисака на водене биотопе током времена;
- даје директну меру еколошког утицаја параметара животне средине на водене организме;
- обезбеђује брз, поуздан и релативно јефтин начин за процену стања животне средине.

Током одређивања степена загађености водених биотопа биолошким методама, често се користи **бактериолошка метода** која се издваја од општих биолошких метода јер као биоиндикаторе загађења користи само бактерије. Бактериолошка метода обично подразумева квантитативно и квалитативно утврђивање бактериолошког састава вода. **Квантитативне методе** се заснивају на утврђивању броја бактерија обично у 1 литру воде. **Квалитативне методе** се заснивају на утврђивању састава бактерија у водама. Обично се утврђује присуство најкарактеристичнијих показатеља загађења. На пример, када се утврђује природа и ниво органског загађења, обавезно се обраћа пажња на присуство бактерије *Echerichia coli* која је индикатор фекалног загађења, или на неке врсте патогених бактерија рода *Shigella*.

Постоје и бактерије које су индикатори неорганских или комбинованих загађења. На пример, присуство бактерија из родова лептотрикс (*Leptotrix*), сферотилус (*Sphaerotilus*) и неких које стварају превлаке по дну воденог басена као што су сидеробактер (*Siderobacter* sp.) или нојманела (*Naummannella* sp.), указује на повећано присуство гвожђа у води. Присуство бактерија нитрозомонас и нитробактер (*Nitrosomonas* sp. и *Nitrobacter* sp.) указује на присуство нитрита које ове бактерије оксидишу до нитрата. Уколико се у води намноже бактерије рода сидероцистис (*Siderocystis* sp.) и *Naummannella minor*, то указује на појачано присуство мангана, а уколико се намножи бактерија *Bacillus methanicus*, значи да је у води појачано присуство метана.

Слика 65. *Escherichia coli*



Слика 66. *Salmonella typhi*



За људско здравље опасне су бројне бактерије. На пример, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Shigella* sp. и *Salmonella* sp. изазивају гастроентеритис и друге веома тешке болести. Гастроентеритис се најчешће испољава кроз упалу гастроинтестиналног тракта која захвата желуцац и танко црево, а једна од последица је акутна дијареја. *Vibrio cholerae* изазива колеру, *Salmonella typhi* изазива тифус, *Pseudomonas aeruginosa* изазива упалу многих меких ткива и коже, па чак и сепсу. Такође велику опасност представљају и бројни вируси у води – *Polio virus* који изазива полиомијелитис или дечју парализу, *Rota virus* и *Noro virus* који изазивају гастроентеритис, *Hepatitis E virus* који изазива запаљење јетре и друга пропратна обољења, *Coxsackie virus* који изазива запаљење многих меких ткива, па и запаљење мозга, *Adeno virus* који такође изазива бројна упална обољења.

Опште биолошке методе у одређивању степена загађености водених биотопа подразумевају утврђивање квантитативног и квалитативног састава не само бактерија и вируса, него и других група организама под утицајем различитих видова загађења. На пример, један број протозоа указује на јака органска загађења. Истовремено, оне представљају опасност по здравље људи и животиња. Рецимо, *Entamoeba histolytica* изазива дизентерију, *Giardia intestinalis* изазива гастроентеритис, многе врсте рода *Cryptosporidium* изазивају гастроентеритис и болести респираторних органа. Чланковити црви *Tubifex tubifex* који живе у готово анаеробним условима муља дна водених басена, такође представљају поуздане индикаторе органског загађења. Њихова масовна појава сигуран је показатељ велике концентрације органских материја у води.

7.9. НИВОИ САПРОБНОСТИ ВОДА

Физичко-хемијска и биолошка својства воде дефинишу се појмом **сапробност**. Термином сапробност првенствено се указује на биолошко стање воде, односно на ниво органског загађења, интензитет разградње органских материја и квалитативно-квантитативну заступљеност организама у води.

Дефинисањем и мерењем нивоа сапробности, бавили су се многи хидробиолози (Kolkwitz & Marsson, 1909; Gabriel, 1946; Patrick, 1953; Sládaček, 1962, 1963, 1973). Мада постоје мале разлике у утврђивању појединих нивоа сапробности, основни нивои су катаробност, лимносапробност, еусапробност и транссапробност.

I Катаробне (асапробне) воде су чисте воде у којима нема загађујућих материја. Катаробност је својствена незагађеним изданским водама или води за пиће која је прошла стандардне третмане. У катаробним водама нема водених организама или уколико су присутни, спорадични су и представљају праве становнике подземних вода (троглобионте). Ови организми искључиво су сићушне животиње. Аутотрофних организама у катаробним водама нема.

II Лимносапробне воде се на основу степена загађења и присуства одређених организама, могу поделити на ксеносапробне, олигосапробне, мезосапробне и полисапробне.

а) **Ксеносапробне воде** су незагађене воде, веома сличне катаробним изданским водама. Обично обухватају изворске воде у којима се поред спорадичних животињица могу наћи и ретки аутотрофни организми, првенствено једноћелијске алгице као примарни продуценти.

б) **Олигосапробне воде** нису загађене или је то загађење незнатно. Оваквих вода је мало у природи и налазе се у самим извориштима, у планинским потоцима и језерима удаљеним од људских насеља и активности. Олигосапробне воде су бистре, пријатног мириса и богате кисеоником што подразумева и брзу минерализацију органских материја. У овим водама могу да буду присутне мале количине хуминске киселине као компоненте стабилне органске разградње. Дно водених басена олигосапробних вода је каменито, песковито или прекривено сиво-смеђим муљем. У олигосапробним водама углавном живе одређене врсте једноћелијских алги, као и неке врсте ситних зоопланктонских животињица. Бактерија је у оваквим водама мало, мање од 100 на 1 cm³.

Са становишта искористивости, лимносапробне воде су воде I класе, односно I степена бонитета. Овакве воде се могу у природном стању или после дезинфекције користити за пиће и у прехранбеној индустрији.

ц) **Мезосапробне воде** деле се на β мезосапробне и α мезосапробне воде.

- **Бета (β) мезосапробне воде** су умерено органски загађене воде. У њима нема сумпорводоника и амонијака, али има аминокиселина које представљају производ распадања беланчевина. Овакве воде немају мирис или благо миришу на земљу. Угљен-диоксида у овим водама повремено има више од просечних вредности, а кисеоника има довољно, тако да се минерализација органских материја одвија брзо. Већа количина минералних материја поспешује развој фитопланктона. Од планктонских алги вода повремено добија зеленкасте нијансе. Алге, једноћелијске и кончасте (силикатне, зелене, модрозелене) прекривају и дно воденог басена градећи фитобентос. Богата органска продукција у овим водама омогућава и развој зоопланктона и зообентоса који поред ситних животињица граде и макроскопске животиње: чланковите глисте, пужеви, шкољке, итд. Фауна риба је такође добро развијена због довољно хране и кисеоника. Број бактерија у овим водама мањи је од 100.000 на 1 cm³.

Са становишта искористивости, бета (β) мезосапробне воде су воде II класе, односно II степена бонитета. Поткласа IIa обухвата воде које су уз стандардне методе обраде (коагулације, филтрације и дезинфекције) могу користити за водоснабдевање насеља, за купање и у прехранбеној индустрији. Поткласа IIб обухвата воде које се могу користити за спортове на води, рекреацију, за гајење мање племенитих врста риба (ципринида) и за напајање стоке.

- **Алфа (α) мезосапробне воде** су нешто загађеније од β-мезосапробних. Имају непријатнији мирис због интензивнијег разлагања беланчевина и угљених хидрата. У њима се могу наћи знатне количине аминокиселина, масних киселина, као и мање концентracије амонијака, сумпорводоника и водоник-сулфида. Ове воде су обично мутне, а на дну речног корита присутан је дебљи слој муља. У току дана кисеоника има релативно довољно, али у току ноћи због одсуства фотосинтезе и појачаног разлагања органских материја, он може пасти испод биолошког минимума. У α мезосапробним водама преовлађују бактерије, алге еугленофите, модрозелене алге и протозое, нарочито цилијате. Ротаторија и ситних рачића (кладоцера и копепода) знатно је мање и јављају се само у одређеном периоду године. Појачано разлагање органских материја и недостатак кисеоника на дну, погодује развоју неких малочекињастих црва (*Olygochaeta*), нарочито из групе тубифицида (*Tubifex* sp.). Њихово присуство је сигуран знак појачаног органског загађења. У овим водама могу опстати само отпорније рибе.

Међутим, у извесним екстремним условима убрзане потрошње кисеоника, може доћи до помора риба. Број бактерија у овим водама већи је од 100.000 на 1cm³.

Са становишта искористивости, алфа (α) мезосапробне воде су воде III класе, односно III степена бонитета. Овакве воде могу се употребити за наводњавање и у индустрији, осим прехранбене индустрије.

д) **Полисапробне воде** су веома загађене органским материјама. Обично су то воде у које се уливају отпадне воде канализације, са пољопривредних површина, из дрвне и прехранбене индустрије. Имају непријатан мирис трулежи и фекалија, тамне су боје и непрозирне. Веома су оптерећене сумпорводоником, амонијаком и метаном због разлагања беланчевина. Из воде често излазе мехурићи гасова, пре свега метана, а затим сумпорводоника и угљен-диоксида. У полисапробним водама живе бактерије од којих су многе патогене, протозое и најотпорније алге. Дно полисапробних вода је сиромашно врстама. На дну се најчешће налазе неки малочекињасте црви (*Tubifex* sp.), глисте (*Ascaris lumbricoides*), ларве неких двокрилних инсеката, на пример комараца (*Chironomus* sp.). Број бактерија у овим водама је већи од 150.000 на 1cm³. У полисапробним стајаћим водама укупан фосфор износи 35-100 mg/m³ воде, док се количина хлорофила креће 25-75 mg/m³ воде.

Са становишта искористивости, полисапробне воде су воде IV класе, односно IV степена бонитета. Овакве воде могу се употребити и за друге намене, али након што прођу одговарајући третман.

III Еусапробне воде обухватају сирове или незнатно разблажене индустријске отпадне воде или воде са високим садржајем органских супстанци подложних микробијалној разградњи. Еусапробне воде могу се поделити на изосапробне, метасапробне, хиперсапробне и ултрасапробне.

а) **Изосапробне воде** су богате свежим органским материјама великих молекуларних тежина које још нису почеле да се разлажу или чија је разградња на самом почетку. Типичан пример су свеже канализационе воде или отпадне воде са фарми. Сумпорводоника у овим водама нема. Такође, нема ни кисеоника или га има само у малим количинама захваљујући размени гасова са атмосфером. У овим водама могу се наћи бројне патогене бактерије.

б) **Метасапробне воде** су богате органским материјама великих молекуларних тежина и токсичним материјама. У њима кисеоника нема, а сумпорводоник се појављује у великим количинама. Од живих организама присутни су само поједини сојеви патогених бактерија.

ц) **Хиперсапробне воде** се одликују искључиво анаеробним процесима. У њима се одвија разградња органских макромолекула и гомилају се многе токсичне материје. Од живих бића и у овим водама има само патогених бактерија.

д) **Ултрасапробне воде** обухватају индустријске отпадне воде пре почетка деградационих процеса. У овим водама нема кисеоника. Такође, у овим водама нема ни живих организама осим неких веома отпорних спора.

IV Транссапробне воде су веома загађене воде. Оне могу бити антисапробне и радиосапробне.

а) **Антисапробне воде** представљају индустријске отпадне воде које садрже отровне органске и неорганске материје. У оваквим водама живот брзо одумире.

б) **Радиосапробне воде** обухватају воде са великом радиоактивношћу. Оне некада могу изгледати веома чисто, али и у њима живот постепено или нагло одумире.

7.10. ОЦЕНА СТАЊА КВАЛИТЕТА ПОВРШИНСКИХ ВОДА

Оцена стања квалитета вода даје се на бази еколошког статуса водних тела. **Еколошки статус** одређује се на основу физичко-хемијских, хидромо-рфолошких и биолошких параметара.

На бази измерених параметара, површинске воде деле се у 5 класа (Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода, „Службени гласник РС“, бр. 74/11):

Класа I

Површинске воде које припадају овој класи имају **одличан еколошки статус** и обезбеђују услове за функционисање екосистема, живот и заштиту риба (салмонида и ципринида) и могу се користити у следеће сврхе: снабдевање водом за пиће уз претходни третман филтрацијом и дезинфекцијом, купање и рекреацију, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).

Класа II

Површинске воде које припадају овој класи имају **добар еколошки статус** и обезбеђују услове за функционисање екосистема, живот и заштиту риба (ципринида) и могу се користити у исте сврхе и под истим условима као и површинске воде које припадају класи I.

Класа III

Површинске воде које припадају овој класи имају **умерен еколошки статус** и обезбеђују услове за живот и заштиту ципринида, и могу се користити у следеће сврхе: снабдевање водом за пиће уз претходни третман коагулацијом, флокулацијом, филтрацијом и дезинфекцијом, купање и рекреацију, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).

Класа IV

Површинске воде које припадају овој класи имају **слаб еколошки статус** и обезбеђују услове за снабдевање водом за пиће уз примену комбинације претходно наведених третмана и унапређених метода третмана, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).

Класа V

Површинске воде које припадају овој класи имају **лош еколошки статус** и не могу се користити ни у једну сврху.

Слика 67. Еколошки статус вода



На основу Оквирне директиве о водама ЕУ, воде I класе обележавају се плавом бојом, воде II класе зеленом бојом, воде III класе жутом бојом, воде IV класе наранџастом бојом и воде V класе црвеном бојом.

У Србији надлежна институција за спровођење мониторинга вода (квалитета и количина) је Агенција за заштиту животне средине, орган управе у саставу ресорног министарства. Стање квалитета површинских вода се систематски прати на око 140 мерних станица.

7.11. ЗАГАЂЕЊЕ МОРСКИХ ЕКОСИСТЕМА

Негативних утицаја човека нису поштеђени ни велики екосистеми попут мора и океана. У морску воду стижу све оне загађујуће неорганске и органске материје које загађују и копнене воде. Њихово загађивање, као и у случају екосистема копнених вода, одвија се директно и индиректно.

Директно загађење морске воде одвија се услед непосредног изливања отпадних вода и одлагања различитог, па и радиоактивног отпада у воду или на океанско дно, услед реакција морске воде са атмосферским загађивачима и обарања киселих киша и снегова, услед хаварија на танкерима, нафтним бушотинама и цевоводима...

Нафта је фосилно органско једињење које се састоји од великог броја различитих угљоводоника, као и мањих количина једињења сумпора, угљеника, азота и кисеоника. Након изливања нафте у водене екосистеме, долази до њеног премештања, ширења, испаравања, распршивања, емулзификације и растварања, а потом седиментације, оксидације и биоразградње.

Када се нафта нађе у морској води, она се шири по површини воде под дејством морских струја и ветрова тако да се формира нафтна мрља. Првих неколико дана након изливања, долази до испаравања лакших угљоводоника тако да се нафтна мрља претвара у танку емулзију у којој преовлађују неиспарљиви угљоводоници, првенствено катран. Мали део нафте, до 5%, раствара се у води тако да најотровнији угљоводоници, на пример, бензен, долазе у директан контакт са морским организмима и даље се шире преко ланаца исхране. Следи дисперзија мрље, а потом и стварање емулзије са морским водом. Ова емулзија се због пенушаве структуре и чоколадне бије назива чоколадни мус. Брзина стварања емулзије зависи од концентрације тешких смола и асфалтних једињења у нафтној мрљи. На емулзију делују сунчеви зраци који изазивају фотохемијске реакције током којих се ослобађају пероксиди, алдехиди, кетони, алкохоли, масне киселине и једињење велике молекуларне тежине која нису растворљива ни у уљу, ни у води. Брзо након изливања, део нафте подлеже и биодеградацији под дејством бактерија. Ниво, брзина и ефекти биодеградације зависе од састава проливане нафте и температуре воде. Теже фракције нафте се на крају таложе у седиментима на дну где се могу дуго задржати и у трофичким односима бити у интеракцији са преживелим организмима бентоса.

Еколошке последице загађења мора нафтом углавном зависе од типа нафтног деривата и количине која је изливена, као и физичких и хемијских процеса након настанка загађења. Изливена нафта и њени токсични деривати на различите начине делују како на морске, тако и на копнене организме који су ланцима исхране везани за становнике мора. Масовне су појаве угинућа или тешких физиолошких поремећаја, промена понашања, утицаја на генетички материјал или угинућа икре, ларви, спора, јаја, ембриона.

Нафта смањује или сасвим спречава продирање светлости и на тај начин онемогућава фотосинтезу фитопланктонских организама. Филм разливане нафте отежава или потпуно спречава доток светлости и размену топлоте, влаге и гасова између воде и атмосфере. То доводи до стварања безкисеоничних услова који узрокују гушење планктонских организама. На тај начин се значајно смањује њихова бројност, као и бројност организама у наредним карикама ланца исхране. Животно постају угрожене и животиње бентоса, нарочито сесилне, слабо покретне и оне које се хране филтрационо. У случају изливања нафте, део фауне риба брзо мигрира на друга станишта, а део страда услед акутног тровања њеним токсичним дериватима. Веома угрожене су и животиње које често израњају на површину воде (фоке, моржеви, делфини, китови) јер долазе у директни контакт са нафтом на површини воде. Птице које су највише погођене изливањем нафте су оне које већи део времена проводе на води или у близини воде. У контакту са нафтом, перје птица постаје лепљива чаура тако да оне не могу да полете. Пошто перјани омотач представља ефикасан хидроизолациони и терморегулациони слој, он губи и ту функцију. Ако не угину од токсичности деривата који делом улазе у њихов организам, очајнички покушаји птица да очисте перје и немогућност да дођу до хране, доводе до исцрпљености, дехидратације, изгладнелости и на крају, угинућа.

Као пример загађења нафтом може се поменути хаварија танкера Еххон Valdez која се десила 1989. године. Овај танкер насукао се на обалу Аљаске што је довело до изливања 250.000 тона нафте у море. Том приликом угинуло је око 200.000 птица и огроман број водених организама. Још веће загађење догодили се 2010. године када је дошло до изливања нафте у Мексичком заливу услед експлозије нафтне платформе Deepwater Horizon у близини обала Луизијане. Изливање је трајало 89 дана током којих је у воду доспело 4,9 милиона барела нафте (1 барел – 158,9873 литара) која је загадила 180.000 km² морске површине и преко 800 km обале.

Индијектно загађење мора и океана одвија се уливањем загађених река и спирањем загађујућих материја са копна. Највеће деловање загађујућих материја од којих су многе отровне, примећује се у зони њиховог укључивања у морске екосистеме. И поред тога што се деловање загађујућих материја највише манифестује на организме који се налазе непосредно на месту њиховог изливања у море, ланци исхране поспешују преношење загађивача и на много веће раздаљине. Као очигледан пример може да послужи присуство пестицида у пингвинима са Антарктика. Последица загађивања мора од стране човека је и нарушавање равнотеже морских екосистема кроз губитак биолошке разноврсности. По мишљењу океанографа Жака Кустоа, живот савремених мора и океана осиромашен је за 40% врста у другој половини XX века (Cvijan, 2000).

Интензитет загађења морских екосистема у близини обала, зависи од низа различитих фактора као што су:

- број становника који живе на обали мора или у његовом сливном подручју;
- преовлађујуће привредне делатности локалног становништва;
- површина и запремина мора, односно, степен његове отворености према слободном океану;
- период задржавања воде у мору, односно, јачина и маса морских струја;
- опште климатске прилике подручја при чему су у хладнијим морима спорији метаболички процеси, па самим тим спорији су и процеси самопречишћавања водених екосистема;
- локалне климатске прилике подручја (режим падавина, прилив слатке воде, локални ветрови, локалне морске струје, итд.).

Екосистеми залива су најугроженији делови светског мора јер се ту развио највећи број насеља, лука и капацитета прерађивачке прехранбене индустрије која као сировину користи морске организме. Разлог конценрације људи у заливима је њихова заклоњеност од јаким морских ветрова и таласа. Ове околности погодују и морским организмима јер су због повећаног присуства фосфорних и азотних једињења заливски екосистеми најпродуктивнији од свих осталих екосистема светског мора. У просечним вредностима, јединица површине заливског дна има седам пута већу органску продукцију у односу на исту јединицу површине копнене њиве.

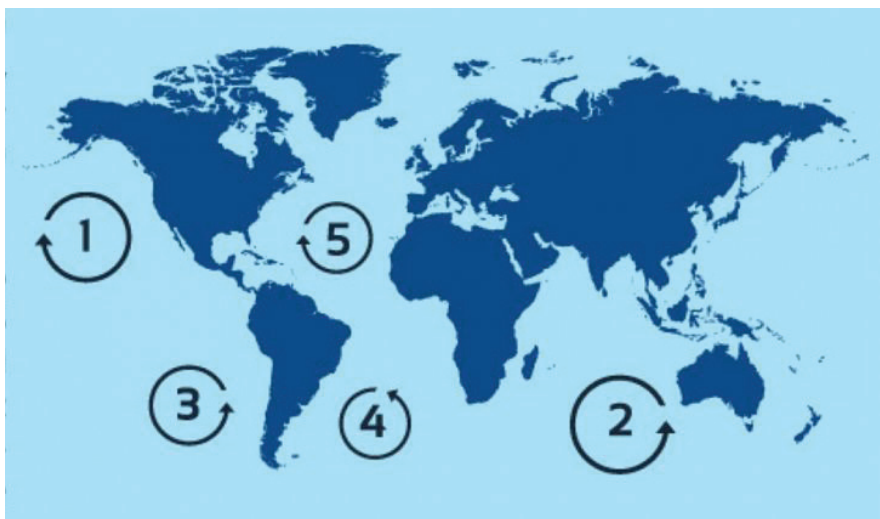
Повећана еутрофикација може имати и негативне последице на становнике мора и стабилност морских екосистема. Као класичан пример еутрофикације може се навести Велики јужни залив код Њујорка. Његова убрзана еутрофикација је започела 1965. године када је подигнута фарма капацитета 3.000.000 патака. Из ове фарме дневно се у заливску воду уливало 504.000.000 тона ефлуената који су између осталог, садржали 1.500 kg азота у облику мокраћне киселине, 2.500 kg соли фосфорне киселине и 25.000 kg лебдећих честица. Једна од првих последица уноса органских материја у залив била је појачана оксидација морске воде и стварање услова анаеробије, нарочито изражене на морском дну што је условило смену аеробних анаеробним организмима. У еуфотичној зони воде такође је дошло до потискивања мање толерантних толерантнијим организмима. Алге рода *Nitzschia* којима су се храниле шкољке као примарни конзументи, потиснуте су од стране алги рода *Nanochloris* које нису биле погодне за исхрану шкољки. Ове су зелене алге шкољкама стварале и додатне проблеме јер су се таложиле на њиховим шкржним листићима изазивајући отежано дисање. Након извесног периода, шкољке су готово нестале, а нестао је и велики извор прихода локалног становништва јер је пре подизања фарме, за људску исхрану прерађиван 21 милион тона шкољки годишње. Уместо аутохтоних шкољки, у заливу су се масовно појавиле инвазивне шкољке из рода *Mercenaria* којима је погодовала исхрана алгама рода *Nanochloris*. Покушај њихове прераде за људску исхрану није уродио плодом јер се у њима масовно развијају колиформне бактерије доспеле ефлуентима са фарме.

Као пример еутрофикације заливских вода може да послужи и залив Хелена Беј у Јужној Африци. Отпадне воде са фарми у овом заливу су 1994. године изазвале масовну појаву модрозелених алги које су потпуно прекриле површински, еуфотични део мора изазивајући такозвано „цветање воде“ дуж целог залива и дела слободне воде 30 km од обале. Током труљења и таложења ових алги, дошло је до смањења количине кисеоника и ослобађања великих количина отровног хидроген-сулфида што је за последицу имало 1.500 тона мртве рибе и 60 тона мртвог јастога који су избачени на обалу.

Пластични отпад представља специфичан и све агресивнији облик загађења мора, али и самог копна и копнених вода. Услед широке примене и масовне производње, ова неразградива синтетичка материја доспела је не само у све средине, него и у све организме. Поред крупних комада пластике, у природи су све присутније и ситне честице пластике – микропластика (честице ситније од 5 mm) и нанопластика (честице ситније од 1 µm). Недавна истраживања показала су да се у 1 m морске воде у просеку налази 8,3 милиона честица микро и нанопластике (Elmer, 2019).

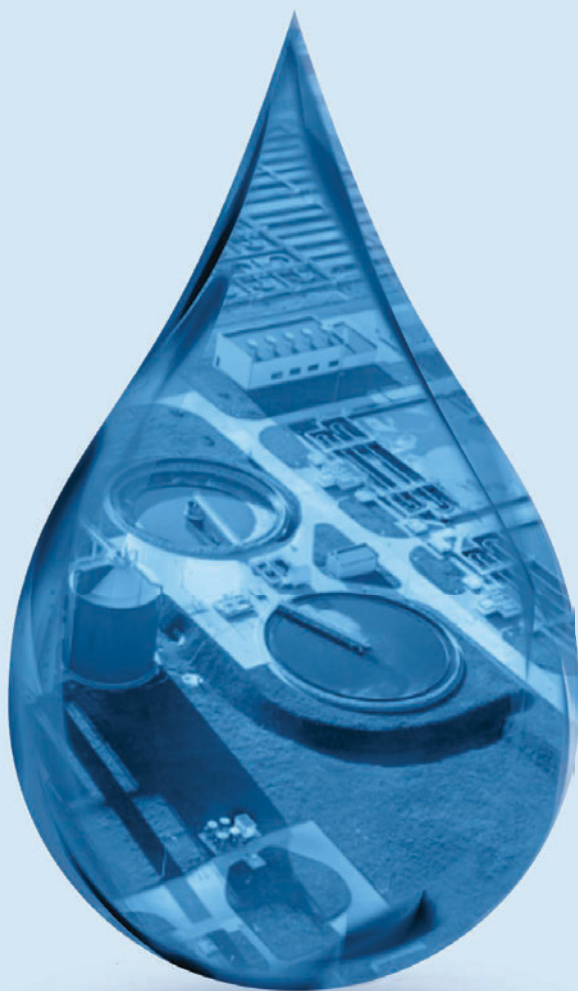
Ове честице кроз воду и храну улазе и у најситније планктонске организме, а потом ланцима исхране и у крупне животиње, па и у човека. Процена океанографа је да се тренутно у океанима налази око 300 милиона тона пластике, а да сваке године у океане додатно доспева око 8 милиона тона нове пластике. Једна од последица је стварање огромних острва пластике насталих транспортовањем овог отпада морским струјама до мирнијих делова океана. Највеће острво пластике налази се у Тихом океану између Калифорније и Хаваја. Оно прекрива 1,6 милиона km^2 океана што је једнако површини три Француске, а досеже до дубине од 30 m.

Слика 68. Највећа острва пластике у светском мору



Пластика унета у организам не ствара само зачепљења и друге физичке сметње у органима за варење, него доводи и до тровања или озбиљних обољења. На пример, бисфенол А и фталати из пластике код човека доводе до хормонске и имунолошке дисфункције, гојазности и стерилитета, док полихлоровани бифенили нападају нервни систем и имају канцерогене, мутагене и тератогене ефекте. Према подацима УН, 30% риба отровано је пластиком, а до 2050. године у морима ће бити више пластике него рибе. Додатни проблем представљају бројни случајеви случајног обмотавања и упетљавања животиња у пластични отпад тако да многе од њих заробљене данима умиру у мукама.

8.



ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ВОДА

8. ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ВОДА

8.1. САМОПРЕЧИШЋАВАЊЕ ВОДЕНИХ ЕКОСИСТЕМА

У антропогено незагађеним воденим екосистемима постоји одређена равнотежа између продукције органских материја и њихове разградње. Међутим, загађивање водених биотопа од стране човека доводи до низа физичко-хемијских промена које даље утичу на квалитативни и квантитативни састав биоценоза, на биопродукцију, на степен разлагање органских материја и укупне трофичке односе. Настојање водених екосистема да се врате у пређашње равнотежно стање умањењем садржаја страних загађујућих материја, представља основну самопречишћавања (аутопурификације) природних екосистема. У овом процесу делују многи хидролошки, физичко-хемијски и биолошки чиниоци који утичу на смањење и неутралисање загађујућих материја њиховом трансформацијом у неутралне и безопасне супстанце.

Однос релативне равнотеже између органске продукције и разградње органских материја у воденим биотопима почиње да се ремети већ малим уносом загађујућих материја. Уколико се у водени биотоп унесу органске материје, процеси разлагања постају доминантнији у односу на процесе продукције. Равнотежа се успоставља онда када се органски ефлуенти разложе, а продукција и разградња поново успоставе приближно исте односе. Уколико се у водени биотоп унесу неорганске соли које поспешују органску продукцију, такође се ремети равнотежа, али у овом случају продукција постаје доминантнији процес у односу на разградњу, односно трофија преовлађује над сапробношћу. И у овом случају, временом се успоставља равнотежа јер повећана продукција подразумева већу бројност и активност потрошача и разлагача који повећавају ниво и брзину разградње органских једињења.

Самопречишћавање представља способност водених екосистема да се супротставе нарушавању еколошке равнотеже у њима. Међутим, уношењем превелике количине органских материја или неорганских соли у водене екосистеме, превазилази се способност самопречишћавања. Ово такође важи и за унос велике количине токсичних једињења која доводе до поремећаја животних процеса или угинућа већег броја организама. У оваквим случајевима долази до дугорочног или трајног нарушавања еколошке равнотеже, као и до дугорочних промена у квалитативном и квантитативном саставу екосистема.

Уколико се у водени биотоп унесе умерена количина ефлуената, трајање процеса самопречишћавања зависи од многих фактора:

- од природе и количине ефлуената,
- од величине воденог биотопа (реципијента),
- од брзине мешања ефлуената са водом,
- од преовлађујућих покрета воде (ток у једном правцу, водене струје или турбуленције),
- од температуре и просветљености воде,
- од нивоа њиховог разблажавања падавинском водом и утокама,
- од састава и густине животних заједница у води.

Када се говори о разблажавању ефлуената, у много повољнијем положају су текуће воде које су у сталном кретању. За разлику од њих, стајаће воде су у знатно неповољнијем положају јер је мешање воде и разблажавање ефлуената знатно спорије. Међутим, и у стајаћим водама могуће је разблажавање ефлуената захваљујући хоризонталним и вертикалним струјањима воде повезаним са присуством утока и отока, деловањем ветра и таласа, топлотним режимом воде, режимом падавина, неуједначеном концентрацијом соли, итд.

На самопречишћавање водених биотопа утичу и многи хемијски процеси, пре свега неутрализација, оксидација и хидролиза. На пример, јони гвожђа, алуминијума и магнезијума најчешће се из воде елиминишу таложењем у облику њихових хидроксида. Јони тешких метала неутралишу се из слободне воде таложењем у облику хидроксида, адсорпцијом на органске колоиде, образовањем сложених комплекса са хуминским киселинама, итд. Међутим, некада се ови јони у контактном слоју између муља и воде могу поново активирати (реактивирати) што доводи до секундарног загађења воде.

Поред наведених хидролошких и физичко-хемијских утицаја који поспешују самопречишћавање водених екосистема, веома значајне за овај процес су и активности самих организама. Већ је поменута њихова способност разградње и неутралисања негативних утицаја бројних ефлуената, али они и на друге начине утичу на самопречишћавање водених биотопа. Транспорт органских материја у води и неутралисање њиховог штетног деловања превођењем у седименте дна, у значајној мери је поспешен деловањем организама који се означавају као филтратори или седиментатори. Ови организми (ротаторије, рачићи, ларве неких инсеката, асцидије, шкољке, пужеви) из воде извлаче велике количине органских суспендованих честица, филтрирају их, делом користе, трансформишу, и у виду фецеса таложу на дно.

Многе шкољке филтрирају воду из које издвајају велику количину честица. Само део издвојених честица користе за исхрану. Остала количина издвојених честица се у телу шкољке слепљује и укрупњава, а затим се избацује и таложи на дно. У том погледу нарочито су значајне шкољке из родова *Anodonta* и *Dreissenia* које могу да исфилтрирају и до 70 литара воде у току једног дана.

Извесни водени организми имају велику улогу и у пречишћавању вода од радиоактивног загађења и тешких метала на тај начин што радиоактивне и токсичне материје акумулишу у својим телима. На пример, концентрација радиоактивних материја у појединим организмима, нарочито мекушцима, може бити и до 100 пута већа него у околној води што се може повезати са специфичностима њиховог метаболизма. Такође, неки мекушци интензивно акумулирају бакар, док неке медузе акумулирају цинк. Овакви организми могу бити веома опасни када се користе за људску исхрану, али њихова улога је значајна у процесу самопречишћавања водених екосистема. Део акумулисаних материја се ланцима исхране преноси у друге организме, али на крају, сви организми који садрже овакве материје угину, а у даљем процесу разлагања велики део ових материја се таложи на дно искључујући се из слободне воде. Ово стање траје све док се у појединим случајевима поново не активирају услед промене биолошких или физичко-хемијских услова.

У воденим екосистемима се дешава да исталожене органске материје користе неки организми дна за своју исхрану. По томе се нарочито истичу мекушци (*Mollusca*), ларве двокрилних инсеката *Chironomida* и чланковитих црва *Oligochaeta*. Чланковит црв *Tubifex tubifex* који се зарива у муљ до дубине од 3 cm, из муља узима наталожене органске остатке, користи их за исхрану, а несварене делове избацује и чини искористивим за разлагање од стране аеробних бактерија. Утврђено је да при великом органском загађењу вода, број јединки тубифекса може да износи и 350.000 јединки на m² муљевите подлоге. Количина муља коју они пречисте може износити и до 12 kg суве масе на m² дна воденог биотопа (Cvijan, 2000).

У природи се могу јавити четири сценарија самопречишћавања водених екосистема у зависности од прилива ефлуената и врсте воденог биотопа. Навешћемо сва четири сценарија.

- 1) Прилив органских супстанци у водени екосистем није континуиран јер се догодио једном и није се поновио у дужем временском периоду. У том случају екосистем се за кратак период враћа у равнотежно стање у коме је био пре улива органског ефлуента.

- 2) Прилив органских супстанци у водени екосистем је умерен и континуиран. У том случају се у екосистему након одређеног периода под утицајем механизма за самопречишћавање успоставља динамичка равнотежа између продукције и разградње, али на другачијем нивоу у односу на претходни. То значи да је дошло до извесних квалитативно-квантитативних промена у екосистему, односно у животној заједници.
- 3) Прилив органских супстанци у водени екосистем је неkontинуиран и веома велики, тако да превазилази способност самопречишћавања. У том случају је у екосистему равнотежа привремено или трајно нарушена и дошло је до значајне промене њених квалитативно-квантитативних одлика. Низводно, уколико су у питању текуће воде, са разблажавањем воде, започиње процес оживљавања биоценозе постепеног успостављања еколошке равнотеже.
- 4) Прилив органских супстанци у водени екосистем је континуиран и веома велики тако да превазилази способност самопречишћавања. У том случају равнотежа је трајно нарушена, а у драстичним случајевима биоценоза је сасвим уништена. Низводно, уколико су у питању текуће воде, са разблажавањем воде, започиње процес оживљавања и постепеног успостављања еколошке равнотеже.

На самопречишћавање и укупно побољшање квалитета вода у природи велики утицај има приобална вегетација која повезује водене екосистеме са суседним копненим стаништима. Ова вегетације је значајна из више разлога (Vrhovšek *et al.* 2008):

- својим корењем попут биоарматуре везује и таложи седименте и филтрира воду;
- апсорбује прекомерне количине нутријената и бројне штетне материје које потом разграђује или везује (сама или уз помоћ микроорганизама у земљишту и кореновим квржицама);
- стабилизује обале, спречава њихово поткопавање и ублажава процесе ерозије;
- успорава ток воде, ублажава поплавне таласе и њихову рушилачку моћ;
- воду равномерније расподељује по кориту и обалама;
- за време падавина као биосунђер упија и задржава сувишну количину воде коју затим постепено испушта у корито и на тај начин омогућава уравнотеженије хидролошке односе;

- омогућава очување различитих станишта, даје више могућности за насељавање птица и других копнених и водних животиња, те тако утиче на повећање биодиверзитета, на усложњавање трофичких односа и самим тим, већу отпорност екосистема на антропогене утицаје;
- крошње дрвећа које се надносе над водом стварају сенку и на тај начин спречавају прекомерно загревање воде;
- уколико је добро развијена, ова вегетација спречава ширење адвентивних, алохтоних и инвазивних биљних врста.

Управо из наведених разлога, током ревитализације водених и приобалних екосистема требало би започети са садњом брзорастућих пионирских и издржљивих врста које брзо учвршћују обале, а затим би садњу требало наставити врстама које се и у природним условима сукцесивно јављају и које дуже живе. За наше водотоке посебно су захвалне врба и топола које као брзорастуће врсте са дубоким кореном везују обалу, акумулишу тешке метале и пречишћавају воду.

8.2. ВЕШТАЧКО ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА

Утицај човека па воде у природи је толико велики, да се не можемо ослонити само на процесе самопречишћавања вода како бисмо на располагању имали квалитетну воду. Због тога су развијене методологије и технологије за вештачко пречишћавање вода.

Мере заштите вода од загађења могу се поделити у три групе:

- елиминација узрока загађења,
- смањење количине штетних материја,
- примена посебних мера чишћења вода.

Ради ублажавања или неутралисања загађујућих и токсичних материја у комуналним, пољопривредним, индустријским и другим онечишћеним водама, пре њиховог испуштања у природу могу се примењивати различите методе вештачког пречишћавања или побољшања стања вода.

Сви поступци пречишћавања отпадних вода могу се поделити на механичке, физичке, физичко-хемијске и биолошке. Који ће се поступци применити, првенствено зависи од природе и концентracије загађујућих материја у води, као и од реципијента у који ће се загађена вода упустити.

а) Механичке методе пречишћавања отпадних вода

Механичке методе пречишћавања користе се како би се из отпадних вода одстраниле нерастворљиве крупније честице и материјали. Основни поступци у примени ових метода су мешање, грубо цеђење, таложење, одстрањивање течности које се не мешају са водом, центрифугирање, филтрација, итд. Како би се повећала брзина наведених процеса, води се могу додати хемијски реагенси (коагуланти).

Мешање отпадних вода обавља се ради уједначавања њиховог састава, нарочито у случајевима када се сакупљају отпадне воде из више извора. Воде се током овог поступка цевима одводе у заједнички резервоар у који се упумпава ваздух. Сврха поступка је да мехурићи ваздуха хомогенизују отпадну воду.

Грубо цеђење отпадних вода примењује се уколико су у води присутне крупније честице и комадићи чврстог отпада. У овом поступку се користе решетке густине 15 до 20 mm, постављене под углом од 60°. Чврст отпад са решетки даље се сакупља, а потом меље у дробилицама и преноси у постројења за обраду талоба. Уколико се ради о отпадним водама из

текстилне индустрије или производње папира, картона и целулозе, оне се пропуштају и преко филтера на којима се сакупљају влакна која се касније одстрањују.

Таложење (седиментација) је поступак који следи иза цеђења. Вода се одводи у базен за таложење где се креће брзином од 1 до 3 m/сек. На тај се начин за период од 3 минута исталожи 60–70% честица величине од 0,2 до 0,1 mm. Честице промера испод 0,1 mm не могу се исталожити на овај начин, тако да се вода даље шаље на филтрирање. Муљ који се одвоји у поступку филтрирања, даље се односи на депонију или се може на неки начин искористити као секундарна сировина.

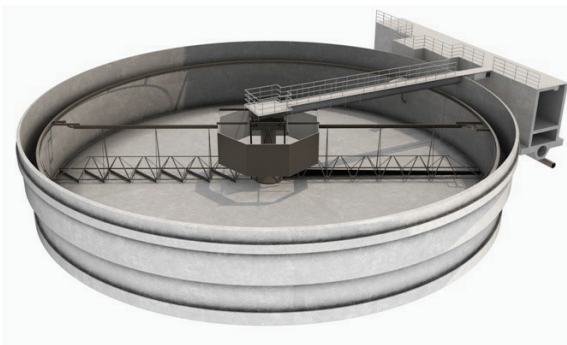
Уместо да се таложе, чврсте честице могу да се одвајају и помоћу хидроциклона. То је уређај који ради на принципу коришћења центрифугалне силе која се јавља током убрзаног кружног кретања воде која се упумпава у хидроциклон.

Одстрањивање течности које се не мешају са водом такође се обавља у таложницима. Док вода мирује, течности које су лакше од воде (уља, масти, нафта, смола...) испливавају на површину, а потом се отклањају помоћу специјалних сакупљача. Одвојене течности се даље могу користити као секундарне сировине.

Центрифугирање је поступак који може да се примени за раздвајање вишефазних смеша као што су суспензије и емулзије. Применом различитих брзина окретања центрифуге, могуће је одвојити различите фракције ситних честица из воде или капљица воде из емулзија.

Филтрација је поступак издвајања из отпадних вода честица мањих од 0,1 mm. Филтрација се обавља провођењем воде кроз порозне мембране на којима се ситне честице задржавају.

Слика 69. Базен за таложење



Слика 70. Хидроциклон



б) Физичко-хемијске методе пречишћавања отпадних вода

Физичко-хемијске методе пречишћавања отпадних вода могу да буду хлађење, коагулација, флокулација, флотација, екстракција, евапорација, адсорпција, јонска измена, електродејонизација, итд.

Хлађење је поступак снижавања температуре загрејане воде која је коришћена за расхлађивање постројења у одређеним фазама технолошких процеса у индустријским и термоенергетским постројењима. Хлађење се може одвијати у расхладним торњевима или базенима који акумулисану топлотну енергију воде преносе у атмосферу процесом испаравања. Поред тога, топла индустријска вода може се постепено хладити током струјања кроз инсталације којима се греју индустријски објекти или домаћинства.

Коагулација је метода која се примењује за отклањање колоидно диспергованих честица које се у води налазе као емулзије или суспензије. То су обично честице каолина, глине, цемента, нафте, смоле. Колоидне честице поседују електрични набој што значи да између њих и честица супротног наелектрисања долази до међусобног привлачења. Пошто су колоиди у води обично негативно наелектрисани, загађеној води се додају позитивно наелектрисани коагуланти. Обично се додају соли алуминијума или гвожђа које у води прелазе у позитивно наелектрисане хидроксиде ових метала. Они се везују са колоидима и заједно са њима таложе се на дно базена одакле се механички одстрањују.

Флокулација је метода слична коагулацији. Представља поступак укрупњавања и уклањања ситних колоидних честица величине испод 10 μm уз помоћ органских једињења, такозваних флокуланата. Као флокуланти обично се користе целулоза, полиетилен, полиамини, полиамиди или силицијумова киселина. Молекули флокуланата имају способност да за себе вежу већи број колоидних честица и да са њима образују крупне пахуљасте агрегације које се лако таложе и уклањају механичким методама.

Флотација се примењује за пречишћавање отпадних вода које садрже површински активне материје: нафту, производе прераде нафте, масти, влакнасте материје, минерале, итд. Поступак флотације састоји се у везивању честица за гасне мехуриће и образовању комплекса „честица – мехурић ваздуха“ који у виду пене испливава на површину. Потом се та пена уклања са површине воде.

Екстракција је поступак који се заснива на издвајању органских материја слабо растворљивих у води (фенола, анилина, масних киселина). Оне се у загађеној води неутралишу уз помоћ органских растварача (екстрагенаса) у којима се добро растварају. Ради успешног исхода поступка, екстрагенс се дозира у ситнодиспергованом стању.

Евапорација је поступак који се користи за одстрањивање супстанци које испаравају са воденом паром (фенола, анилина). Он се заснива на образовању азеотропних смеша ових једињења са водом. Специфичност ових смеша је да не мењају свој састав при преласку из течног у гасовито агрегатно стање.

Сорпција је поступак уклањања супстанци које се не могу уклонити другим поступцима. Заснива се на дејству привлачних сила између чврсте површине (сорбента) и молекула течности који долазе у контакт са сорбентом. Као сорбенти најчешће се користе активни угаљ, силикагел (аморфни облик силицијум диоксида) или зеолит. Ови сорбенти везују органске раствараче, хлор-органска једињења, пестициде, метале, токсична и друга једињења која могу утицати на мирис и боју. У овом процесу вода се преводи кроз торњеве са сорбентима на којима долази до акумулације загађивача.

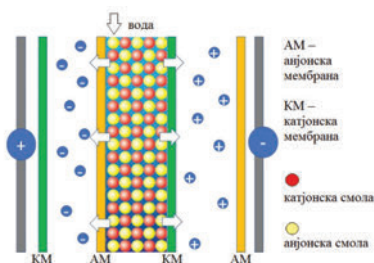
Јонска измена је поступак који се користи за чишћење воде од електролита. У овом поступку користе се катјонски или анјонски измењивачи смештени у торњевима кроз које се проводи отпадна вода. Јонски измењивачи су високополимерна једињења која имају својство да вежу јоне из раствора и да при томе ослободе исту количину јона са истим наелектрисањем. Ако се жели пречишћавање вода само од катјона, онда се користи катјонски измењивач, а ако се жели пречишћавање вода само од анјона, онда се користи анјонски измењивач. Наведени измењивачи омогућују таложење електролита и њихово елиминисање из воде. Као природни измењивачи користе се глине, зеолит, целулоза и угљеници, а као синтетички измењивач све се више користи јоноизмењивачка смола.

Електродејонизација је поступак током којег једносмерна електрична струја преузима улогу континуираног регенератора јоноизмењивачке смоле која се налази између две електроде супротног наелектрисања. За електроде су везане анјон пропустљиве мембране и катјон пропустљиве мембране. Процесом електролизе, смола као конвенционални измењивач јона, уклања јоне из воде. Јоне задржане у смоли привлаче супротне електроде у комори, одакле се они даље уклањају услед протока воде. Посредством електричног поља у овом процесу долази и до хидролизе воде на јоне (H^+ и OH^-) који се крећу према катоди (кроз катјонску смолу) и аноди (кроз анјонску смолу). Поново пролазећи кроз смолу, они је континуирано регенеришу.

Слика 71. Електродејонизатор



Слика 72. Процес електродејонизације



ц) Хемијске методе пречишћавања отпадних вода могу да обухвате низ поступака као што су хемијско таложење, неутрализација, оксидација, аерација.

Хемијско таложење је поступак који се заснива на дејству одговарајућег реагенса који кад се дода отпадној води, врши издвајање појединих једињења или тешких метала у виду тешко растворљивих једињења. Након тога следи процес класичног таложења или филтрације, а наталожена тешко растворљива једињења тешких метала могу се користити за даљу прераду.

Неутрализација се примењује код отпадних вода које садрже киселине или базе, односно, код вода чија је рН вредност мања од 6,5 (киселе воде) и код вода чија је рН вредност већа од 8,5 (алкалне воде). Неутралним водама сматрају се воде са рН вредношћу од 6,5 до 8,5. За неутрализацију киселина користе се калцијум-карбонат (CaCO_3), калцијум-оксид (CaO), калцијум-хидроксид (Ca(OH)_2), магнезијум-карбонат (MgCO_3), натријум-хидроксид (NaOH), калијум-хидроксид (KOH)... За неутрализацију база користе се угљен-диоксид (CO_2), сумпорна киселина (H_2SO_4) и хлороводонична киселина (HCl).

Оксидација је поступак који се примењује како би се постигла два циља. Први циљ је да се токсична једињења преведу у мање токсична. Други циљ је уништавање микроорганизама. Као оксидациона средства која се убацују у воду могу да се користе хлор (Cl), хлор-диоксид (ClO_2), натријум-хипохлорит (NaOCl), калијум перманганат (KMnO_4), кисеоник (O_2), озон (O_3).

Аерација воде се примењује када је потребно повећати количину кисеоника у отпадној води и истовремено, из воде уклонити одређене гасовите супстанце којих иначе нема у ваздуху. Овај поступак одвија се упумпавањем ваздуха у отпадну воду или распршивањем воде кроз ваздух.

Слика 73. Постројења за пречишћавање отпадних вода



д) Биолошке методе пречишћавања отпадних вода

Биолошке методе пречишћавања вода заснивају се на активности организама. Ове методе у суштини представљају копију процеса биохемијске разградње органских материја који се одвијају током самопречишћавања вода у природи. Све биолошке методе пречишћавања отпадних вода могу се поделити на анаеробне и аеробне.

а) **Анаеробни процеси** одвијају се при минерализацији органских материја у одсуству кисеоника. Они се дешавају под дејством анаеробних бактерија, и теку много спорије од аеробних процеса.

б) **Аеробни процеси** одвијају се при минерализацији органских материја у присуству кисеоника. Ови процеси дешавају се под дејством аеробних бактерија и теку много брже од анаеробних процеса. За успешно одвијање аеробних процеса неопходно је стално и добро снабдевање кисеоником аеробних микроорганизама који врше минерализацију. Аеробно пречишћавање отпадних вода може се одвијати у терестричној или у акватичној средини.

У **терестричној средини** аеробно пречишћавање вода одвија се на више начина. Поступак пречишћавања на **обрадивим пољима** подразумева заливање обрадивих површина одговарајућим, углавном органски загађеним водама. На тај се начин пољопривредне културе снабдевају потребном влагом и органским материјама из отпадних вода.

Поступак пречишћавања на **необрадивим пољима** подразумева методу филтрације отпадних вода на необрадивим површинама, најчешће у депресијама. Вода се упушта у депресије и оставља се да ту одстоји одређено време које је неопходно да се биолошким путем заврши њено самопречишћавање, а затим се дренарањем одводи из депресија.

У **акватичној средини** аеробно пречишћавање вода може се такође одвијати на више начина.

Метода пречишћавања у **биолошким (оксидационим) рибњацима** (прудовима) одвија се у плитким, проточним рибњацима, добро снабдевеним кисеоником. У њих се постепено упушта претходно разблажена органски загађена вода чији садржај погодује развоју одређених врста планктонских бактерија, протозоа и алги (*Scenedesmus* sp., *Chlorella* sp., *Euglena* sp.). Користећи минерална и азотна једињења из органског отпада, планктонски организми га разлажу и укључују у ланце исхране. С обзиром да алге постижу велику органску продукцију, снабдевају храном и друге организме. На тај се начин формирају ланци исхране на чијим се крајевима обично налазе рибе прилагођене органски оптерећеним водама (шаран, штука, лињак).

Метода пречишћавања вода **биофилтерима** подразумева филтрирање воде њеним провођењем кроз природне материјале. Обично се у ову сврху граде резервоари дубине 2 до 16 m испуњени различитим материјалима – шкољкама, песком, коксом, муљем, итд. При филтрирању воде богате органским материјама, на површини овог материјала образује се танак слузав омотач који се назива **биоопна**. Биоопну граде органске растворене супстанце и колоиди, као и микроорганизми који врше оксидацију колоида.

Метода пречишћавања отпадних вода **аерофилтерима** веома је слична методи коришћења биофилтера. Међутим, током коришћења ове методе, с доње стране биофилтера се упумпава додатна количина кисеоника. На овај начин се постиже још интензивнија оксидација органских материја и колоида из загађених вода.

Поступак пречишћавања отпадних вода у базенима са активним муљем заснива се на упумпавању кисеоника у органски јако загађене воде. У оваквим водама на присутним честицама муља налазе се адсорбоване бактерије и колоидне честице због чега се овакав муљ и назива активним. Активни муљ гради биомембране са бројним аеробним бактеријама које интензивно минерализују органске колоидне кад отпочне додатно упумпавање кисеоника.

Талог издвојен из загађених вода даље се подвргава обради у такозваним метранизаторима где се излаже дејству анаеробних бактерија. Обрада издвојеног талогa потребна је ради промене физичке структуре и умањења масе талогa, добијања енергетских гасова, превасходно метана, као и санитарно исправних ђубрива.

Вода која је пречишћена, често и даље садржи бактерије међу којима има и патогених. Због тога се пре упуштања у природне водене екосистеме она дезинфикује. Уколико се ради о мањим количинама воде, обично се она хлорише. Међутим, уколико се ради о количинама воде већим од 1.000 m^3 , за дезинфекцију се користи хлорни креч (NaClO). Након хлорисања вода мирује у базенима око 30 минута да би се извршило додатно таложење и након тога се испушта у природу.

8.3. ПРЕЧИШЋАВАЊЕ И ОБРАДА ВОДЕ ЗА ПИЋЕ

Вода која се преко водозахватних објеката узима за потребе водоснабдевања, никад није апсолутно чиста. Да би се утврдило присуство појединих материја у сировој води, потребно је урадити одговарајуће анализе чији се резултати упоређују са важећим стандардима воде за пиће који су утврђени Правилником о хигијенски исправној води за пиће („Службени гласник РС“, бр. 28/2019). На основу добијених резултата одређује се који ће се поступци применити у процесу кондиционирања воде.

Методe за припрему воде за пиће обухватају низ главних и допунских процеса који се комбинују у оквиру технолошког поступка. За кондиционирање воде обично се користе поступци цеђења, аерације, мешања, коагулације, флокулације, таложења, флотације, филтрације и дезинфекције. Као допунски процеси могу да се примене оксидација, сорпција, одстрањивање гвожђа и мангана, одстрањивање амонијака, омекшавање, итд.

Цеђење представља предтретман обраде сирове воде. Одвија се превођењем воде кроз решетке и сита који су постављени на водозахвату или се налазе испред самих постројења за припрему воде за пиће. Цеђењем воде обезбеђује се издвајање крупнијих честица из воде (шљунка, песка, комадића дрвета...).

Аерација воде примењује се како би се повећала количина кисеоника и како би се уклониле одређене гасовите супстанце којих иначе нема у ваздуху. Овај поступак углавном се одвија упумпавањем ваздуха у воду.

Мешање је поступак који се примењује у циљу равномерног распореда додате хемикалије по целокупној запремини воде на месту додавања. Мешање се обавља механичким путем или упумпавањем ваздуха преко дифузора.

Коагулација је поступак који се примењује за отклањање колоидно диспергованих честица неутралисањем њиховог електричног набоја, спајањем у крупније честице и обарањем на дно. У водама које се користе за водоснабдевање становништва, од колоидних честица најчешће су присутне честице земље и минерала као и органски молекули. Једињења која се највише користе као коагуланти су соли алуминијума, алуминијум-сулфат ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), феро-сулфат (FeSO_4), фери-сулфат ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) и фери-хлорид (FeCl_3). Овим једињењима неутралише се и око 30% присутних вируса, бактерија, протозоа и алгица.

Флокулација је поступак који се изводи самостално или упоредо са коагулацијом. Молекули флокуланата имају способност да за себе вежу већи број колоидних честица и да са њима образују крупне пахуљасте агломерације које се лако таложе и уклањају механичким методама. Флокуланти који се најчешће користе су активни силицијум-диоксид (SiO_2), алуминијум-сулфат ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), фери-хлорид (FeCl_3), полимерни електролити.

Таложење (седиментација) је поступак који се одвија самостално или у комбинацији са коагулацијом и флокулацијом. До таложења долази након смањења брзине воде, а време трајања спонтаног таложења је 12 сати или више. Када се прерађују оптерећене сирове воде, обично се примењује потпомогнуто таложење, односно, таложење уз додатак коагуланта.

Флотација је поступак супротан таложењу јер долази до испливавања на површину материја које су лакше од воде. Ради убрзавања процеса флотације, у воду се упумпавају мехурићи ваздуха, анјонски, неутрални или катјонски детерџенти. Ови флокуланти са сувишним честицама и капљицама испливавају на површину воде у виду пене или скраме, а потом се одстрањују. На овај начин из воде се могу уклонити уља, масти, суспендоване материје и једноћелијске алгице.

Филтрација је процес који се у кондиционирању воде користи за уклањање нерастворених материја. Филтрирање се остварује превођењем воде кроз слој гранулираног материјала постављеног на перфорирану подлогу. Уз одговарајуће услове током филтрирања, могу се одвијати и неки други процеси, као што су биолошка оксидација амонијака, каталитичко уклањање мангана, сорпција тешких метала, растварање органских материја, као и задржавање бактерија и вируса.

У зависности под којим се условима примењују, технике филтрирања деле се на споро филтрирање, брзо филтрирање и микрофилтрирање. Брзина филтрирања код спорих филтера креће се у опсегу од 0,1 - 0,4 m/h. Брзина филтрирања код брзих филтера креће се у опсегу од 4 - 15 m/h. Микрофилтрирање се обавља ради задржавања микроорганизама. Промер микросита за микрофилтрирање воде износи 25 - 90 μm . Када је отвор сита 25 μm , степен пречишћавања воде је 75 - 90%.

Сорпција је поступак кондиционирања који се примењује ради уклањања једињења која се могу наћи у траговима – органских растварача, хлор-органских једињења, пестицида, метала, токсичних и друга једињења која могу утицати на мирис, боју и укус. Као сорбенти најчешће се користе активни угаљ, силикагел (аморфни облик силицијум-диоксида) или зеолит.

Уклањање гвожђа и мангана примењује се када се ови елементи налазе изнад дозвољених граница. Поступак одстрањивања заснован је на њиховој оксидацији и претварању у нерастворљив облик који се у процесу филтрирања одваја од воде. Начин оксидације који се мора применити зависи од хемијског облика гвожђа и мангана у води. Гвожђе и манган у виду хидрокарбоната се једноставно и ефикасно оксидишу аерацијом воде. Међутим, ако су они везани у комплексе или су у води дисперговани у виду нерастворених колоида, неопходна је примена јачих оксидационих средстава. У том случају могу се користити хлор (Cl_2) и калијум-преманганат (KMnO_4) који убрзавају процес оксидације започет аерацијом воде. Примена озона у одстрањивању гвожђа и мангана је ређа и обично се одвија узгредно, када се озон користи ради уклањања других материја.

Уклањање азотних једињења је поступак који се примењује у случајевима повећаног присуства азотних једињења, посебно амонијака. Присуство повећаних концентрација амонијака у сировој води отежава процес кондиционирања и то се нарочито одражава на дејство хлора. Штетност присуства амонијака у води која се шаље потрошачима огледа се у томе што је могућ развој бактерија у цевоводима и резервоарима.

Амонијак се из воде може удаљити аерацијом, електродијализом, јонском изменом, оксидацијом са хлором и биолошком нитрификацијом. За ефикасну аерацију потребно је да вода има рН вредност већу од 10, што је неприхватљиво за воду за пиће, а друге две технике захтевају скупу опрему и велики утрошак енергије и хемикалија. Због тога се најчешће примењују хлорисање и биолошка нитрификација. Хлорисањем воде која садржи амонијум-соли у концентрацијама већим од 0,1 mg/l долази до преласка амонијака у хлорамине, односно у елементарни азот. Биолошком нитрификацијом уз помоћ аутотрофних бактерија, амонијак (NH_3^+) се претвара у нитрат. Процес се одвија у две фазе. У првој фази посредством бактерија *Nitrosomonas* sp. соли амонијака се оксидишу у нитрит (NO_2^-), а другој фази се образовани нитрит преводи у нитрат (NO_3^-) посредством бактерија *Nitrobacter* sp.

Слика 74. Основне фазе прераде воде за пиће



Омекшавање је процес смањења садржаја соли калцијума и магнезијума у води. Основни циљ омекшавања воде за пиће је заштита кућних инсталација топле и хладне воде од каменца. За омекшавање се користи реагенсна метода са калцијум хидроксидом који је познат као гашени креч (Ca(OH)_2) и натријум карбонатом (Na_2CO_3), као и јонски измењивачи. Калцијум-хидроксид се употребљава за уклањање калцијума и магнезијума везаних у виду хидрокарбоната. Натријум-карбоната се употребљава за уклањање калцијума везаног у виду хлорида или сулфата. Омекшавање воде јонским измењивачима базира се на њиховом својству да врше измену својих покретних катјона или анјона у контакту с водом, са катјонима или анјонима из воде.

Помоћу коагулације, талочења и филтрирања, из воде је могуће уклонити скоро све суспендоване материје, као и 90-95% вируса, бактерија, протозоа и алги. Међутим, за уништење преосталих микроорганизама, потребно је воду пре употребе још и дезинфиковати. Стално присуство дезинфекционог средства у води водоводног система нужно је и због спречавања евентуалног накнадног загађења воде (пуцање цевовода, оштећење цевовода, поправке на објектима система...), тако да је процес дезинфекције обавезан код свих водовода, без обзира на квалитет сирове воде.

За **дезинфекцију** воде користе се физичке, хемијске и биолошке методе. У пракси највећу примену имају хемијске методе како због своје примарне ефикасности, тако и због могућности накнадног деловања у дистрибуционој мрежи чиме се спречава развој микроорганизама. Најчешће примењивана дезинфекциона средства су хлор, хлор-диоксид и озон.

8.4. ЕКОРЕМЕДИЈАЦИЈА

Екоремедијација је биотехнологија еколошке санације и унапређења стања животне средине применом метода које се ослањају на природне процесе. На тај начин може се постићи побољшање стања вода, земљишта, процесних и отпадних гасова.

Када је реч о воденим екосистемима, методе екоремедијације нарочито се примењује у побољшању режима и квалитета вода, у успоравању еутрофикације, у унапређењу животних заједница водених биотопа, у очувању биодиверзитета, у неутралисању штетног дејства загађивача, итд. Захваљујући овој зеленој технологији, отровне и загађујуће материје настале антропогеним активностима, неутралишу се циљаним и контролисаним коришћењем услуга одабраних организама у деградираним воденим екосистемима.

Поступак коришћења организама и усмерених природних процеса у апсорпцији, акумулацији, разградњи или неутрализацији тешких метала, радиоактивних материја, неорганских и органских загађујућих једињења, у воденој средини одвија се кроз одређене фазе које обухватају:

- карактеризацију воде;
- карактеризацију загађивача;
- одабир групе организама која ће учествовати у неутралисању загађивача;
- пробе у лабораторијским условима;
- пробе на терену;
- извођење процеса екоремедијације.

У поступак екоремедијације укључују се различите групе организама. У зависности од тога које се групе организама користе, екоремедијација обухвата биоремедијацију, микоремедијацију, зооремедијацију и фиторемедијацију.

а) **Биоремедијација** је биотехнологија која користи метаболички потенцијал непатогених микроорганизама, првенствено бактерија, како би се одређени медијуми животне средине пречистили и вратили у стање слично или једнако оном пре загађења. У зависности од тога под каквим се околностима и који медијум животне средине пречишћава, поступак биоремедијације се спроводи у *In-situ* и *Ex-situ* условима, односно, на месту загађења или ван места загађења. Када су воде у питању, *In-situ* биоремедијација се углавном изводи упумпавањем кисеоника у водени басен или муљ бентоса како би се поспешио развој аеробних микроорганизама.

Ex-situ биоремедијација се најчешће изводи у поступцима вештачког пречишћавања отпадних вода, поступцима прераде вода за одређене намене, првенствено за снабдевање становништва, као и у поступцима прераде талога издвојеног током пречишћавања отпадних вода.

Биоремедијација се може изводити у аеробним и анаеробним условима. У аеробним условима микроорганизми уз помоћ кисеоника трансформишу многе загађиваче и разлажу их до угљен-диоксида и воде стварајући при томе сопствену ћелијску биомасу. У анаеробним условима се у зависности од врсте микроорганизма и природе загађивача, ослобађају различити производи разградње загађивача. Најчешће се загађивачи разлажу до метана, угљен-диоксида и водоника. При сулфатредукујућим условима ослобађа се сумпор, док нитратредукујући услови фаворизују настанак гасовитих облика азота (Raičević *et al.*, 2007).

Микробиолошким истраживањима током последњих неколико деценија, издвојени су микроорганизми који се могу искористити у брзој разградњи тешко разградивих загађивача. На пример, на песковитим обалама загађеним нафтним угљоводоникима, изоловане су бактерије из родова *Pseudomonas* *Cycloclasticus* које су способне да разграде нафтне угљоводонике. Поред тога, из морске воде загађене нафтом, изоловане су бактерије из рода *Alcanivorax*. Раст ових бактерија на нафтним мрљама био је веома изражен, што указује да су нафтни угљоводоници и у морској води подложни биоразградњи.

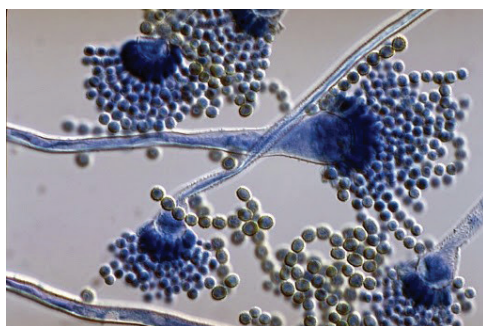
У аеробним условима, процес биоразградње ароматичних полицикличних угљоводоника одвија се уз помоћ бактерија из родова *Burkholderia*, *Sphingomonas* и *Mycobacterium*. У анаеробним условима ови угљоводоници су веома отпорни на разградњу. Међутим, у анаеробним условима појединих изданских вода загађених полицикличним ароматичним угљоводоникима, хлорисаним растварачима и алканима, издвојене су бактерије генетски најсличније родовима *Syntrophus* и *Methanosaeta* које су способне за биоразградњу ових загађивача (Dojka *et al.*, 1998; Rabus *et al.*, 1999). Такође, показало се да бактерије из рода *Pseudomonas* и гљивице из рода *Cladophialophora* за биосинтезу користе бензен, толуен, етилбензен, ксилен и метил терцијарни бутил етар, и на тај начин врше њихову разградњу (Hojae, *et al.*, 1998; Prenafeta-Boldú *et al.*, 2004).

б) **Микоремедијација** је биотехнологија која користи гљиве за пречишћавање супстрата од тешких метала, неорганских, органских и радиоактивних загађивача. Гљиве су нарочито ефикасне у разградњи амонијака, лигнина, целулозе, пигмената, полицикличних ароматичних угљоводоника, нафте и нафтних деривата, полихлорисаних бифенила, фенола, фармацеутских производа, пестицида од којих је већина веома токсична (ендосулфан, имазалил, тиофанат метил, орто-фенилфенол, дифениламин, хлорпирифос, атразин) (Karas,

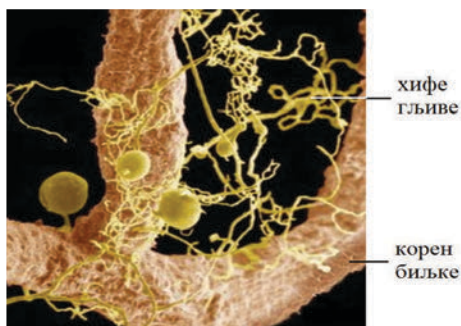
et al., 2011). Многе од њих су хиперакумулатори токсичних материја и тешких метала. На пример, гљивице из родова *Aspergillus* и *Trichoderma* показују велику ефикасност у уклањању олова, кадмијума, никла, хрома, живе, арсена, бакра, бора, гвожђа и цинка (Gazem & Nazareth, 2013; Joshi *et al.*, 2011).

Микоризне гљивице поспешују фиторемедијацију која представља методу употребе биљака у побољшању стања животне средине. Већина копнених и водених биљака успоставља обострано користан однос симбиозе са гљивицама из групе *Glomeromycota*. Уколико се гљивице везују за коренов систем биљака, овакав симбиотски однос назива се микориза. Микоризне гљиве својим хифама продиру до ћелија корена у чијим мембранама потом формирају разгранате снопиће, такозване арбускуле. Између арбускула гљиве и ћелијске мембране биљке даље се одвија размена воде, азотних једињења, фосфата, угљоводоника, микроелемената... На тај начин гљиве добијају потребну храну од биљака, а за узврат оне биљке снабдевају сировинама за органску продукцију.

Слика 75. Гљивица *Aspergillus* sp.



Слика 76. Однос микоризе



Бројни примери из праксе показују да микоризне гљивице могу у великој мери побољшати фиторемедијацијски потенцијал виших биљака јер стимулишу производњу њихове биомасе. Разлог лежи у способности гљивица да биљке снабдевају азотним једињењима и микроелементима, да јачају њихову отпорност на патогене организме, да шире зону утицаја ризосфере пружајући биљци приступ већем броју хранљивих састојака и загађивача.

ц) **Зооремедијација** је биотехнологија која користи бескичмењаке за побољшање стања загађених екосистема. На пример, неке животињске врсте врло су делотворне у ремедијацији земљишта и вода оптерећених тешким металима, угљоводоникима и органским загађивачима. У процесима зооремедијације нарочито су делотворне животиње филтратори и седиментатори (протозое, ротаторије, чланковити црви, рачићи, ларве неких инсеката, асцидије, шкољке, пужеви) које су у стању да акумулишу или разграде поједине штетне материје и тешке метале. Ови организми из загађених вода извлаче велике количине полутаната, а затим их користе у процесу метаболизма, уграђују их у своју телесну масу, акумулирају их у појединим деловима тела, трансформишу их у нешкодљива једињења или их избацују у виду фецеса и таложје на дно.

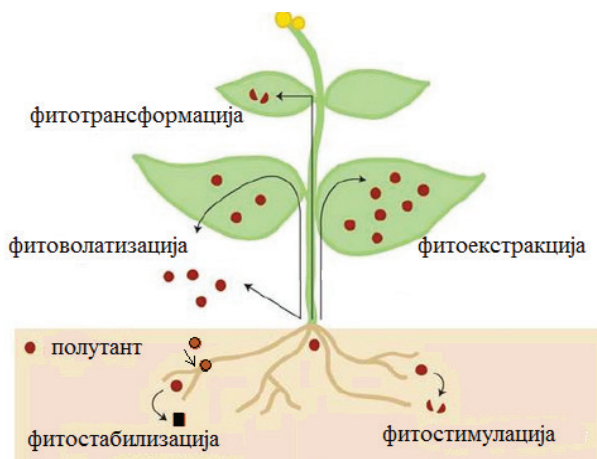
Због етичких начела, животиње до сада нису много коришћене у технологијама екоремедијације, мада добијају све већу важност у конкретним случајевима загађења.

д) **Фиторемедијација** је биотехнологија која користи поједине биљне врсте за враћање екосистема у првобитно или бар релативно повољно стање кроз процес апсорпције, акумулације, трансформације и неутрализације тешких метала, загађујућих и отровних једињења. С тим у вези, разликујемо више типова природних процеса који се користе за ревитализацију екосистема: фитостабилизацију, фитофилтрацију, фитоволатизацију, фитоекстракцију, фитотрансформацију, ризодеградизацију и фитостимулацију.

- **Фитостабилизација** је процес смањивања покретљивости или везивања загађивача у зоно корена биљке (зони ризосфере) чиме се смањује њихова мобилност и доступност.
- **Фитофилтрација** (ризофилтрација) је процес филтрирања воде кроз коренску масу биљке и акумулације загађивача у кореновом систему.
- **Фитоволатизација** је процес везивања загађивача од стране биљке, њихово превођење у нешкодљива гасовита једињења и испуштање у атмосферу кроз листове.
- **Фитоекстракција** је процес апсорпције и акумулације тешких метала и токсичних материја, њихове даље редистрибуције и складиштења у надземним органима биљке.
- **Фитотрансформација** (фитодеградација) је процес апсорпције, складиштења и разградње органских загађивача унутар биљних ткива.
- **Ризодеградизација** је процес који проистиче из симбиозе између биљака и микроорганизама, а који омогућава разлагање загађивача у зони ризосфере.

- **Фитостимулација** је процес стимулације бактерија и гљивица у разградња штетних и отровних материја посредством метаболита које биљка излучује преко кореновог система.

Слика 77. Процеси значајни за фиторемедијацију



Опште карактеристике биљака које дају највећи допринос у фиторемедијацији водених екосистема су:

- велики потенцијал за стварање биомасе и брз раст;
- добро развијен коренов систем или велика апсорпциона површина код неукорењених биљака;
- висок степен толеранције на рН вредност воде;
- висок степен толеранције на соли и тешке метале у води;
- висок степен толеранције на паразите и патогене.

За сваки од ових процеса користе се услуге појединих врста биљака које имају изражену способност акумулације, неутрализације или трансформације загађујућих материја и тешких метала. У првом реду то су емерзне, као и поједине субмерзне и флотантне врсте. Биљке које могу дати велики допринос у пречишћавању вода од органских и неорганских загађивача, првенствено тешких метала, припадају различитим фамилијама. Од око 400 врста биљака које се користе у фиторемедијацији, код нас су нарочито значајне врсте из породица врба (*Salix* sp.), топола (*Populus* sp.), трске (*Phragmites* sp.), рогоза (*Typha* sp.), оштрица (*Carex* sp.), сита (*Juncus* sp.), сочивица (*Lemna* sp.), итд.

Предности укључивања биљака и других организама у процес неутралисања загађивача и ревитализације екосистема су бројне:

- није потребна додатна енергија јер биљке саме трансформишу сунчеву енергију у енергију животних процеса, тако да су укупни финансијски трошкови знатно нижи у поређењу са трошковима конвенционалних метода;
- коришћење биљака и других организама је најмање штетна метода јер се не користе хемијска средства;
- биљке и остали организми могу се једноставно надгледати;
- биљни материјал који је акумулисао загађиваче може се обрађивати сушењем, паљењем или третирањем одабраним бактеријама, а затим користити у различите сврхе;
- постоји могућност рециклирања појединих тешких метала из пепела искоришћених биљака и других организама;
- крајња количина загађивача након третирања биљкама и другим организмима знатно је мања од количине ових материја издвојених конвенционалним методама.

Поред тога што се користе у апсорпцији, акумулацији или неутралисању загађујућих материја и тешких метала, биљке се користе и у другим биотехнологијама од значаја за очување водених екосистема. У деградираним водним телима и на њиховим обалама екосистемске услуге које пружају биљке заједно са осталим организмима су бројне:

- заједно са бактеријама, гљивама и животињама обогаћују земљиште хумусом;
- стимулишу развој корисних земљишних микроорганизама;
- обарају суспендоване честице и стабилизују муљ;
- везују и стабилизују земљиште и обале;
- смирују клизишта и ерозију;
- ублажавају бујичне токове и поплавне таласе;
- обогаћују воду кисеоником, проветравају атмосферу и одржавају баланс између атмосферског кисеоника и угљен-диоксида;
- обарају прашину, чађ и аеросоле из ваздуха;
- рефлектују инфрацрвени део сунчевог спектра и на тај начин спречавају прекомерно загревање воде;
- ублажавају снагу ветра уколико се ради и дрвенастим врстама;

- стварају органске материје као хранидбену базу за остале организме;
- повећавају број и разноврсност рибљих скровишта и мрестилишта;
- оживљавају меандаре и мртваје затворене вештачким каналима и каналисаним водотоцима,
- повећавају разноликост станишних услова и утичу на повећање биолошке разноврсности;
- након кошења или сече ради елиминације акумулисаних тешких метала, могу да се користе као биоенергетска горива, као сировина за добијање компоста, биљних влакана, целулозе, и других природних сировина;
- повећавају естетске вредности предела, итд.

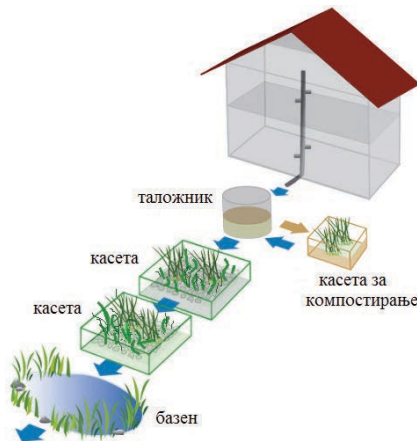
Усмеравањем ремедијацијских способности одабраних биљних врста у комбинацији са осталим организама, могу се добити жељени резултати у ревитализацији загађених и на било који други начин деградираних екосистема око индустријских зона, термоенергетских постројења, копова, јаловишта, шљункара, аутопутева, урбаних средина, депонија и других девастираних локација.

8.5. КОНСТРУИСАНИ ЕКОСИСТЕМИ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ВОДЕ

Водени екосистеми имају способност самопречишћавања од природних загађивача захваљујући дуготрајном прилагођавању организама суживоту у специфичним биотичким условима. Брзина и ефекти самопречишћавања зависе од многих хидролошких, физичко-хемијских и биолошких карактеристика водених екосистема. Када је реч о биолошким карактеристикама, првенствено се мисли на квалитативни и квантитативни састав биоценоза и трофичке односе успостављене у екосистему. У сплету трофичких односа издвајају се производња, трансформација, разградња и минерализација органских материја, али и трансформација неорганских материја у процесу општег кружења материје у природи.

У условима појачаних антропогених утицаја на воде у природи, поред конвенционалних метода за њихово пречишћавање, све се чешће примењују решења зелене технологије. Једно од веома делотворних решења су конструисани екосистеми који се другачије називају мокра поља, екосистемски процесори или конструисане мочваре (*енг. constructed wetland*).

Слика 78. Конструисани екосистеми за пречишћавање воде



Конструисани екосистеми за пречишћавање вода су вештачки системи у којима се симулирају природни хидролошки и биолошки услови и процеси. Као модел обично се узимају структура и састав мочварних екосистема, као и природни процеси који се одвијају у мочварама. За пречишћавање вода путем конструисаних екосистема најважније карике су **биљке, супстрат и микроорганизми** у супстрату.

Од биљака које се користе за пречишћавање отпадних вода у конструисаним екосистемима, најчешће се користе емерзне, а потом субмерзне и флотантне биљке: шаш (*Carex elata*), трска (*Phragmites australis*), широколисти рогоз (*Typha latifolia*), водена боквица (*Alisma plantago aquatica*), висока зука (*Bolboschoenus maritimus*), зука (*Schoenoplectus lacustris*), поточњак (*Lythrum salicaria*), мочварна каљужарка (*Caltha palustris*), водена перуника (*Iris pseudacorus*), зука (*Schoenoplectus lacustris*), растресита сита (*Juncus effusus*), водена стрела (*Sagittaria sagittifolia*), бели локвањ (*Nymphaea alba*), жути локвањ (*Nuphar lutea*), жабогриз (*Hydrocharis morsus-ranae*), водена папрат (*Salvinia natans*), пливајући мрешњак (*Potamogeton natans*), жабља ресина (*Ceratophyllum demersum*, *Ceratophyllum emersum*), дрезга (*Myriophyllum verticillatum*)... Уколико су конструисани екосистеми веће површине, као ремедијатори се могу укључити и дрвенасте врсте, нарочито врбе (*Salix* sp.) и тополе (*Populus* sp.). То су биљке које брзо расту и које имају велики потенцијал за уклањање или неутралисање загађивача.

Посебан значај при пројектовању конструисаних екосистема има избор мешавине супстрата. Као супстрат најчешће се користе муљ, глина, тресет, песак, шљунак и камење. Супстрат као биофилтер има значајну улогу у филтрацији, адсорпцији, оксидацији и редукцији материја које у облику водене смеше ступају са њим у интеракцију. Истовремено, супстрат даје потпору биљкама јер представља зону развоја ризосфере, а поред тога, биљке снабдева водом и минералним материјама. Супстрат је и медијум значајан за насељавање микроорганизама који такође дају велики допринос у аеробној и анаеробној разградњи загађивача.

У случајевима када се у органски загађеној води налази амонијак, његово уклањање је могуће ако се у супстрату налазе бактерије сојева *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. У првој фази нитрификације бактерије соја *Nitrosomonas* преводе амонијак (NH_3^+) у јоне нитрита (NO_2^-), а потом бактерије соја *Nitrobacter* јоне нитрита преводе у јоне нитрата (NO_3^-). У анаеробним условима долази до процеса денитрификације када се нитрати редукују у релативно безопасан гас – азот, који одлази у атмосферу. Одређене количине нитрита и нитрата у контакту се корењем засађених биљака бива апсорбована као важна резерва азота неопходна за синтезу беланчевина. Уклањање ових азотних једињења из отпадних вода од великог је значаја јер се тиме умањује степен еутрофикације водених биотопа у које се упуштају отпадне воде. Такође, бактерије супстрата акумулишу олово (Pb), хром (Cr), бакар (Cu), цинк (Zn), никл (Ni), кадмијум (Cd), живу (Hg) и арсен (As). Повременим спаљивањем супстрата, могуће је рециклирати наведене тешке метале.

Биљни систем за пречишћавање вода укључује четири функционалне целине: таложник, касету за компостирање, систем узастопних касета или систем узастопних базена са биљкама, и на крају завршни базен.

Таложник служи за механичко пречишћавање воде таложењем крупнијих честица, и прва је карика у овом систему. Обично се закопава у земљу и може да буде повезан и са касетом за компостирање.

У **касети за компостирање** се у аеробним условима одвија разградња биоразградивог отпада под утицајем бактерија, гљивица и ситних животиња. Компост из касете може да се користити као ђубриво, као део хранљиве подлоге или као материјал за насипање, тако да се не производи додатни отпад. Вода која се цеди при компостирању поново се уводи у систем, и на тај начин се кружни ток воде затвара. Уколико су отпадне воде богате органским полимерима, њихов талог може да се пренесе у биоенергетска постројења, на пример, **анаеробни дигестор**, где на њих делују анаеробне бактерије. Под утицајем ових бактерија примарно се одвија процес хидролизе током које се органски полимери разлажу на просте шећере, аминокиселине, масне киселине, ацетат и водоник. Потом следи процес ацидогенезе током кога се ослобађају амонијак, угљен-диоксид и хидроген-сулфид. Након овога наступа процес ацетогенезе током кога се ослобађају ацетат и угљен-диоксид, и на крају процес метаногенезе током које се ослобађају метан, угљен-диоксид и вода. На овај начин, органски отпад са фарми или из домаћинства претвара се у енергент (метан) уз ослобађање воде.

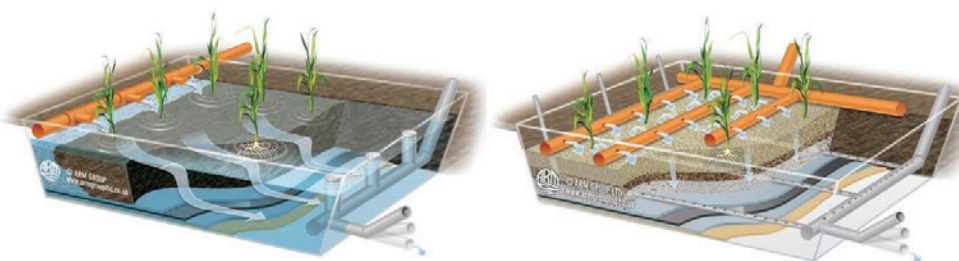
Систем узастопних касета или систем узастопних базена са биљкама у које даље одлази вода, може се састојати од касета израђених од природних или вештачких материјала, или се може састојати од узастопних депресија формираних у земљишту.

Ток воде која пролази кроз узастопне касете или базене може да буде површински, потповршински или комбинован.

Конструисани екосистем са површинским током састоји се од плитке касете или базена, супстрата на дну касете или базена, микроорганизама у супстрату, воде која се налази изнад супстрата и биљака засађених у супстрату (углавном емерзних).

Конструисани екосистем са потповршинским током састоји се од плитке касете или базена који су у потпуности испуњени растреситим супстратом, микроорганизмима у супстрату, водом која остаје испод нивоа супстрата (у његовим шупљинама) и биљкама засађеним у супстрату.

Слика 79. Хоризонтално и вертикално кретање загађене воде кроз касете



Процеђена вода из таложника и касете за компостирање се системом цеви проводи хоризонтално или вертикално кроз супстрат, из једне у другу касету. У зависности од природе и количине загађивача, од састава биљака и микроорганизама у супстрату, поједине касете или базени имају различите улоге у филтрацији, разградњи, апсорпцији, стабилизацији или трансформацији загађивача.

Слика 80. Базен са пречишћеном водом за узгој пиринча и риба



Завршни базен (резервоар) као крајња карика у низу, поред додатног пречишћавања омогућава вишенаменску употребу воде – за заливање биљних култура или вртова, гашење пожара, узгој толерантних врста риба, итд.

Пречишћавање воде у конструисаним екосистемима одвија се на бази узастопних физичких, хемијских и биолошких процеса као што су:

- таложeње суспендованих честица;
- филтрација и хемијска преципитација у контакту воде са супстратом или подлогом;
- хемијске трансформације;
- адсорпција и јонска измена на површини биљака, супстрата или седимената;
- разлагање и трансформација загађивача и нутријената активношћу микроорганизама и биљака;
- смањење броја патогених бактерија.

Предности конструисаних екосистема за пречишћавање воде огледају се у следећем:

- успешно пречишћавају воду без великих материјалних улагања;
- користе минималну количину додатне енергије с обзиром да живи организми за процесе пречишћавања користе трансформисану енергију Сунца;
- могу се конструисати у различитим климатским и временским условима;
- код система са потповршинским током нема непријатних мирис јер вода тече испод површине супстрата;
- својим зеленилом уклапају се у природно окружење и оплемењују га;
- једноставни су за постављање и одржавање;
- могу се прилагодити величини, структури и расположивом простору;
- уколико су касете и базени пространији, могу бити станишта животиња, па чак и риба и птица, чиме се даје допринос очувању биолошке разноврсности;
- сунчева енергија уграђена у растућу биомасу може се поново искористити производњом брикета, компоста и органских горива;
- рециклирају воду јер се пречишћена вода може поново употребити за одређене намене;
- повећавају естетске вредности предела.

Конструисани екосистеми могу се користити за пречишћавање вода како концентрисаних, тако и расутих извора загађења. Обично се примењују за пречишћавање отпадних вода из индивидуалних стамбених објеката и сеоских домаћинстава, оцедних вода са фарми, пољопривредних површина

и комуналних депонија, вода из рибњака, кампова и малих насеља, из индустријских постројења оптерећених органским материјама, дренажних вода рудника, итд. У зависности од врсте, концентрације и количине загађивача, као и од конкретних захтева пречишћавања, развијени су различити конструисани екосистеми у погледу величине, капацитета, функционалности и дизајна.

Пречишћавање и рециклирање воде, трансформација и кружење материје, као и симбиотски односи између микроорганизама, биљака и животиња у конструисаним екосистемима за пречишћавање воде, основа су за конструисање и функционисање аквапонија.

8.6. АКВАПОНИЧКИ СИСТЕМИ

Аквапонички системи су интегрални самоодрживи системи за производњу хране. Ови системи представљају комбинацију два система, аквакултуре и хидропоније.

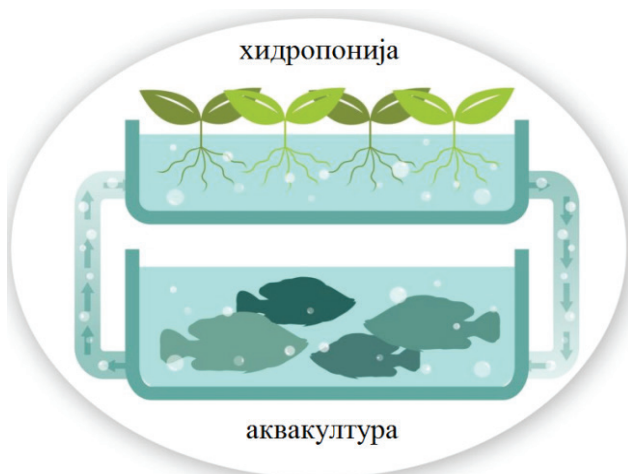
- **Аквакултура** је систем узгоја водених организама (риба, шкољки, ракова, алги...) у контролисаним условима.
- **Хидропонија** је систем узгоја биљака ван земљишта, у воденој средини. Биљке се обично постављају на сплавове који плутају по води. На сплавовима се налазе шупљине кроз које пролази корен који се развија у воденој средини, док се стабло биљке са свим осталим органима развија у ваздушној средини.

У аквакултури најчешће се гаје рибе које се обично хране органском храном. Током својих животних активности рибе у околну воду испуштају сувишне продукте метаболизма који у повећаној концетрацији и за њих могу бити веома штетни. На пример, амонијак који ослобађају, уколико је у већим концетрацијама, може и за њих да буде токсичан. Захваљујући бактеријама и гљивицама концентрисаним у биофилтерима, амонијак се трансформише до нитрита и нитрата. Поред амонијака, посредством микроорганизама разлажу се и минерализују и друга органска једињења. Уколико у води аквакултуре има и отпадних честица, у муљ дна базена уносе се поједине врсте ваљкастих или прстенастих црва који хранећи се таквим честицама и филтрирајући воду базена, дају свој допринос у побољшању квалитета воде. Вода из аквакултуре даље се цевима спроводи у хидропонички систем.

У хидропоничком систему налазе се сплавови са биљкама чије је корење потопљено у води која долази из базена аквакултуре. Микроорганизми и у овом систему настављају своје активности разградње и минерализације органских материја до нивоа који је доступан биљкама. Заједно са водом, биљке апсорбују потребне материје које поспешују органску продукцију. Значи да материје ослобођене током животних активности риба из аквакултуре, у трансформисаном облику долазе до биљака. На овај начин, вода се пречишћава, а биљке добијају потребне нутријенте. Вода коју су биљке пречистиле, накнадно се обогаћује кисеоником и враћа се назад у систем аквакултуре као рециклирана вода.

Аквапоније се могу разликовати по избору организама, методама њиховог узгоја, обиму производње и дизајну.

Слика 81. Шематски приказ аквапоничког система



Слика 82. Узгој биљака у аквапоничком систему



У аквапоничким системима најуспешније се узгајају рибе топлих, мирних и органским материјама богатих вода: смуђ, сом, шаран... Од биљака најчешће се гаје повртарске и зачинске биљке као што су зелена салата, спанаћ, кинески купус, жалфија, босиљак, першун. Уз додатак појединих минерала могу се гајити и грашак, бамија, пасуљ, броколи, парадајз, патлиџан, паприка, краставац (Diver, 2006). За потребе биљака, најчешће се додају гвожђа, калијум и магнезијум.

Услов за успешно функционисање аквапоничког система је да унос органске хране за рибе треба да буде константан, да се осигура добра аерација воде, да се обезбеди одговарајућа биофилтрација, да се обавља редовна контрола рН вредности воде, да се у воду уносе дефицитарни минерали.

Коришћењем аквапоничког система за производњу биљних култура, користи се приближно 2% воде која је потребна за конвенционално наводњавање у производњу поврћа. (Myers, Murphy & Omaye, 2017). С обзиром да овај систем обезбеђује знатну уштеду воде, он може наћи широку примену нарочито у областима где је мало воде и плодног земљишта. Аквапонички систем може се комбиновати са конструисаним екосистемима за пречишћавање вода чиме се постижу бројни позитивни ефекти од којих су најважнији следећи:

- пречишћавање, уштеда и рециклажа воде;
- производња хране;
- уштеда енергије.

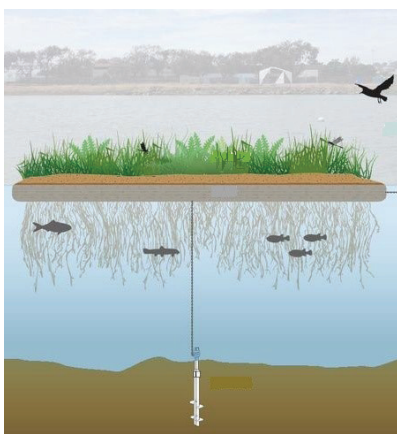
8.7. КОНСТРУИСАНА ПЛУТАЈУЋА ОСТРВА

Конструисана плутајућа острва другачије се називају конструисане плутајуће мочваре или плутајући сплавови. Ова острва представљају јефтино нискоенергетско екотехнолошко решење које налази примену у природним и вештачким водним телима (језерима, барама, мочварама, споротекућим рекама, каналима, рибњацима), па самим тим, и у конструисаним воденим екосистемима.

Превасходна намена конструисаних плутајућих острва је пречишћавање вода од сувишних нутријената или загађујућих материја. Нарочито су ефикасна у водним телима у која се испуштају комуналне и пољопривредне отпадне воде, као и отпадне воде из петрохемијске, хемијске и прехрамбене индустрије.

Основне функционалне целине конструисаних плутајућих острва су платформе које плутају по води и биљке на платформама. Захваљујући платформама, у дубље делове воденог екосистема доспевају и биљке које природно не могу да расту у води која је за њих предубока.

Слика 83. Конструкција плутајућег острва



Платформе плутају по води и представљају носаче за биљке и друге организме који их могу населити. Конструишу се од лаких вештачких или природних материјала који су шупљикави тако да корен биљке може несметано да прође кроз платформу и да се даље развија у води. Од вештачких материјала користе се различите шупљикаве пластичне масе, а од природних материјала користе се повезане стабљике бамбуса и трске, тресет, експонирани перлит који настаје прерадом вулканских стена, и други лагани материјали који плутају по води.

На платформу може да се дода танак слој медијума који причвршћује биљке и који има улогу биофилтера у коме се развијају бактерије и гљивице. Као медијум може да послужи мешавина песка, компоста, сламе, биљног пепела и других природних материјала (Pavlineri, Skoluokidis & Tsihrintzis 2016). Овај слој настањују бактерије и гљивице које су значајне за процесе нитрификације, денитрификације и оксидације. Нитрификација се одвија у аеробним условима на површини супстрата, док се денитрификација одвија у анаеробним условима у дубљим слојевима супстрата. Како би се обезбедило неометано плутање платформе, она може да се постави у рам од лаких пластичних цеви напуњених ваздухом или од полистиренске пене (стиропора). Ефикасност острва може се побољшати додавањем слатководних шкољки, носача за биофилмове или комора са циљаним имобилизованим микроорганизмима чиме се постиже ефикасније уклањање азотних једињења и тешких метала.

При постављању платформе треба узети у обзир дубину воде и дужину корена биљака са платформе. Корење неких биљака је релативно кратко, али има и биљака са корењем од око једног метра тако да у овом случају дубина воде мора бити знатно већа како се острво не би „усидрило“.

Биљке које се саде на плутајућем острву треба да буду аутохтоне (неинвазивне), вишегодишње, хигрофите или емерзне хидрофите, са добро развијеним ваздушним ткивом (аеренхимом) (Wang & Sample, 2014). Избор биљака је пресудан не само за уклањање загађивача, него и за интегритет микроекосистема плутајућег острва. За пречишћавање воде посебно је значајно спонтано формирање биофилма у зони корења. Биофилм представља скраму коју граде микроорганизми слепљени слузавим матриksom састављеним од полисахарида, протеина и липида. У биофилму се одвијају биохемијски процеси који поспешују разградњу загађивача.

Слика 84. Садња биљака на плутајућем острву



Слика 85. Конструисано плутајуће острво



На плутајућим острвима најчешће се гаје биљне врсте из родова трске (*Phragmites*), рогоза (*Typha*), канарских трава (*Phalaris*), сладика (*Glyceria*), шиљева (*Cyperus*), водених зумбула (*Eichornia*), кана (*Canna*)... Коефицијент покривености острва биљкама креће се од 20% до 100%, а зависи од врсте биљака и платформе, као и од жељених ефеката на загађене воде.

Значај конструисаних плутајућих острва је вишеструк:

- биљке кореновим системом апсорбују загађујуће материје, нарочито тешке метале, и даље их акумулишу или трансформишу;
- коренов систем биљака настањују микоризне бактерије и гљивице које убрзавају процес апсорпције, акумулације и разградње загађивача;
- мрежа корења пружа станишне услове и заштиту рибљој млађи;
- пружају станишне услове многим животињцама и место за боравак, одмор или гнежђење птица мочварица;
- сенка коју стварају сузбија бујање инвазивних алги;
- биомаса биљака може да се користи за исхрану стоке, за припрему компоста или за производњу енергије у биоенергетским постројењима;
- повећавају естетске вредности предела, итд.

Ефикасност плутајућих острва повећава се редовним брањем биљака заједно са кореном, и то у одређеним фазама њиховог животног циклуса. Док су млађе и интензивно расту, биљке су и најефикасније у апсорпцији, акумулацији и трансформацији загађивача. Са старењем њихова ефикасност опада, а након угинућа акумулисани загађивачи (нарочито тешки метали) могу се вратити у воду. Због тога је најоптималнији поступак брања комплетних биљака убрзо након достизања максималне зрелости, и њихова замена младим биљчицама.

9.



**ЗАШТИТА
И МОНИТОРИНГ ВОДА
ЗА ВОДОСНАБДЕВАЊЕ
СТАНОВНИШТВА**

9. ЗАШТИТА И МОНИТОРИНГ ВОДА ЗА ВОДОСНАБДЕВАЊЕ СТАНОВНИШТВА

9.1. ОЦЕНА СТАЊА И ЗАШТИТА ПОДЗЕМНИХ ВОДА

Подземне воде су углавном мање подложне загађивању од површинских копнених вода с обзиром да се вода са површине земље до подземних издани процеђује кроз дебљи или тањи слој водопрпусне подлоге. Током процеђивања, вода са површине губи нека негативна, и истовремено добија одређена позитивна својства. Међутим, губитак негативних својстава воде и неутралисање штетних материја може се одвијати само до одређене границе. Када се ради о јако загађеним површинским водама, њихово процеђивање често не може да доведе до задржавања и неутралисања свих загађујућих материја. Премештање елемената загађења са површине тла и из водних тела у подземне издани, најчешће се одвија споро, а када загађивачи стигну до издани, њихово неутралисање је такође веома споро и дуготрајно. Чак и кад престане површинско загађивање вода, загађујуће материје акумулисане у земљишту још се током дужег временског периода процеђују и одлазе у издани. У оваквим случајевима време потребно за опоравак издани може се мерити од неколико десетина до неколико стотина година.

Квалитет подземних вода може се дефинисати са аспекта:

- параметара који одређују природни квалитет вода, а превасходно су резултат интеракције воде и подлоге;
- параметара који одређују стање воде под утицајем антропогених фактора.

На загађивање подземних вода утичу све оне активности и делатности човека које утичу на загађивање и самих површинских вода. Којом брзином се површинско загађење може пренети до издани, зависи од великог броја фактора. Највећи утицај имају:

- климатски фактори од којих између осталог, зависи и количина воде која доспева до издани;
- хидролошке одлике подручја које су одређене климатским приликама, али и осталим географско-физичким карактеристикама подручја;
- степен загађености земљишта и површинских вода који је одређен интензитетом привредних делатности, првенствено пољопривредних и индустријских, степеном урбанизације, бројем становника на јединици површине, итд.

- водoprивредне делатности којима се мењају хидролошке одлике неког подручја изменом токова река, сужавањем плавних зона, експлоатацијом шљунка, исушивањем мочвара, прокопавањем канала, стварањем вештачких акумулација, итд.
- дубина на којој се налази издан, односно, дебљина слоја процеђивања површинских вода;
- тип подлоге кроз коју се процеђује површинска вода јер је преношење загађења са површине брже и интензивније уколико је подлога пропустљивија (најнеповољније стање је у изданима формираним у кречњачкој полози с обзиром да је кречњак веома порозан);
- развијеност природне вегетације, нарочито шумске чијим се нестанком поспешује брже површинско отицање атмосферске воде, спорије обнављање издани и слабија филтрација.

За потребе водоснабдевања насеља пијаћом водом на територији Србије подземне воде се користе у 80% случајева. С обзиром да је заштита подземне воде од огромног значаја за снабдевање становништва квалитетном водом за пиће, за санитарно-хигијенске потребе, за напајање стоке и за потребе индустрије која захтева висококвалитетну воду, спроводе се бројне мере санитарне заштите издани како би се, бар делимично, неутралисали негативни утицаји човека.

Природни квалитет подземних вода на подручју Србије је доста неуједначен, што је последица различитог минеролошко-петрографског састава водоносних средина, генезе подземних вода и издани, старости воде и различитог интензитета водоразмене, а креће се од вода изузетног квалитета који не захтева третман, до вода које захтевају веома сложене поступке прераде пре њене употребе за јавно водоснабдевање.

Према Правилнику о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода, („Службени гласник РС“, бр. 74/11), гранична вредност просечне годишње концентracије нитрата у издани износи 50 mg/l, док гранична вредност просечне годишње концентracије активних супстанци свих пестицида (инсектицида, хербицида, фунгицида, нематоцида, акрицида, алгицида) и регулатора раста износи 0,5 µg/l.

Наведеним Правилником утврђено је које се материје у подземним водама сматрају загађујућим. То су:

- органохалогена једињења и материје које могу образовати таква једињења у воденој средини;
- органофосфорна једињења;
- органокалајна једињења;
- канцерогене, мутагене и тератогене материје;
- жива и њена једињења;
- кадмијум и његова једињења;
- минерална уља и угљоводоници;
- цијаниди;
- метали, металоиди и њихова једињења: Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Se, As, Sb, Mo, Ti, Sn, Ba, Be, B, U, V, Co, Tl, Te и Ag;
- биоциди и деривати;
- материје које дају мирис и укус или образују такве материје у подземној води, и чине је неупотребљивом за људску употребу;
- токсична или постојана једињења силикона, или она која формирају таква једињења, изузев оних која су биолошки нешкодљива или се претварају у нешкодљиве материје.

Ако имамо у виду да су данас сви медијуми животне средине у Србији веома загађени, подземне воде не могу бити изузете од продора појединих загађујућих материја. Због тога се квалитет чак и до скоро природно врло чистих вода, све чешће се доводи у питање.

9.2. ЗАШТИТА ИЗВОРИШТА ВОДОСНАБДЕВАЊА

Хидролошки објекти који се користе као изворишта за снабдевање становништва и стоке питком водом, представљају објекте од приоритетног значаја за заштиту.

Према Правилнику о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите **изворишта водоснабдевања** („Службени гласник РС“, бр. 92/08), извориште водоснабдевања је простор око водозахватног објекта из кога се, ради јавног водоснабдевања или флаширања природне воде, захвата вода из тела подземне воде или из површинског водног тела. Подручје на ком се налази извориште водоснабдевања мора бити заштићено од намерног или случајног загађивања и других утицаја који могу неповољно утицати на издашност изворишта и природни састав воде.

У циљу заштите воде, у изворишту се успостављају три зоне санитарне заштите:

- 1) зона непосредне санитарне заштите (зона I);
- 2) ужа зона санитарне заштите (зона II);
- 3) шира зона санитарне заштите (зона III).

Зоне санитарне заштите утврђују се на:

- 1) извориштима подземних вода;
- 2) акумулацијама површинских вода;
- 3) отвореним водотоковима.

1) Зоне санитарне заштите изворишта подземне воде

Зона I санитарне заштите изворишта подземне воде формира се на простору изворишта непосредно око водозахватног објекта. Ова зона се ограђује ради спречавања неконтролисаног приступа људи и животиња. Заштитна ограда не може бити ближа од 3 m од водозахватног објекта. У овој зони се сади зеленило које нема дубок корен или се негују травне површине које се могу користити за сенокос.

Зона II санитарне заштите изворишта подземне воде обухвата простор са кога вода дотиче до водозахватног објекта за најмање 50 дана.

Зона III санитарне заштите изворишта подземне воде обухвата простор са кога вода дотиче до водозахватног објекта за најмање 200 дана.

2) Зоне санитарне заштите акумулације површинске воде

Зона I акумулације површинске воде обухвата језера из којих се захвата вода за јавно водоснабдевање. Ова зона укључујући врх преградног објекта ако је језеро вештачко, и приобално подручје чија ширина износи 10 m од нивоа воде при највишем нивоу воде у језеру. Зона I обухвата и надземне притоке дуж целог тока и обале са обе стране притока чија ширина износи најмање 10 m при највећем водостају притоке.

Зона II акумулације површинске воде обухвата подручје око језера чија ширина износи 500 m мерено у хоризонталној пројекцији од спољне границе зоне I.

Зона III акумулације површинске воде обухвата подручје изван границе зоне до границе која заокружује површину слива.

3) Зона санитарне заштите отвореног водотока

Зона I водозахвата у отвореном водотоку (реци) обухвата акваторију и територију око водозахватног објекта, при чему се овај простор у водотоку обележава плутама, а на обали оградом којом се спречава неконтролисан приступ људи и животиња, тако да се зона I узводно простире најмање 100 m, и низводно 20 m.

У наведеном Правилнику дате су мере заштите за сваку од ове три зоне заштите.

У **зони III** не могу се градити или употребљавати објекти и постројења, користити земљиште или вршити друге делатности, ако то угрожава здравствену исправност воде на изворишту. Такође, забрањено је и:

- подземно и надземно складиштење опасних материја и материја које се не смеју уносити у воде;
- производња и превоз опасних материја и материја које се не смеју уносити у воде;
- комерцијално складиштење нафте и нафтних деривата;
- испуштање отпадне воде и воде која је служила за расхлађивање индустријских постројења;
- изградња саобраћајница без канала за одвод атмосферских вода;
- експлоатација нафте, гаса, радиоактивних материја, угља и минералних сировина;
- неконтролисано депоновање комуналног отпада и других материја и материјала из којих се могу ослободити загађујуће материје испирањем или цурењем;

- неконтролисано крчење шума;
- површински и потповршински радови, минирање тла, продор у слој који застире подземну воду и одстрањивање слоја који застире водоносни слој, осим ако ти радови нису у функцији водоснабдевања;
- одржавање ауто и мото трка.

У зони II поред свих забрана прописаних за зону III, забрањене су и друге активности као што су:

- стамбена изградња;
- употреба хемијског ђубрива, течног и чврстог стајњака;
- употреба пестицида, хербицида и инсектицида;
- узгој, кретање и испаша стоке;
- камповање, вашари и друга окупљања људи;
- изградња и коришћење спортских објеката;
- изградња и коришћење угоститељских и других објеката за смештај гостију;
- продубљивање корита и вађење шљунка и песка;
- формирање нових гробаља и проширење капацитета постојећих.

У зони I поред свих забрана прописаних за зоне III и II, забрањено је и:

- постављање уређаја, складиштење опреме и обављање делатности које нису у функцији водоснабдевања;
- кретање возила која су у функцији водоснабдевања ван зато припремљених саобраћајница, прилаз возилима на моторни погон која нису у функцији водоснабдевања, коришћење пловила на моторни погон, одржавање спортова на води и купање људи и животиња;
- напајање стоке;
- узгајање рибе ради комерцијалног изловљавања.

9.3. МОНИТОРИНГ ВОДЕ ЗА ПИЋЕ

Загађујуће материје антропогеног порекла последњих деценија доспеле су до готово свих тачака биосфере. Различити облици загађења и девастације нису заобишли ни воде тако да је данас готово редовна појава недостатак квалитетне воде за пиће и друге намене. С обзиром да се у природним водама које служе за водоснабдевање становништва све чешће јављају штетне и често токсичне материје, неопходно је редовно спроводити одговарајући мониторинг како подземних, тако и површинских вода.

Мониторинг вода представља квалитативни и квантитативни надзор над коришћењем водених ресурса. Основни циљ успостављања систематског мониторинга квалитета воде за пиће је добијање хигијенски исправне воде и успостављање адекватног система контроле у циљу очувања здравља становништва.

Мониторинг квалитета воде обухвата контролу четири функционалне целине:

- извориште водоснабдевања;
- фабрику воде у којој се вода прерађује и дезинфикује;
- резервоаре воде;
- дистрибутивну мрежу.

У свакој од ових техничко-функционалних јединица могуће је загађење воде, што представља потенцијалну опасност за крајње кориснике. Контрола свих јединица система за водоснабдевање, неопходна је како због очувања здравља потрошача, тако и због праћења и регулације рада постројења за пречишћавање и дезинфекцију, исправности дистрибутивне мреже и контроле воде као основне сировине.

Здравствена контрола и мониторинг квалитета воде за пиће обухватају следеће параметре воде:

- физичко-хемијских и хемијске,
- микробиолошке,
- биолошке,
- радиоактивне.

Контролу наведених параметара обављају акредитоване институције.

Основне процедуре контроле система квалитета воде су:

- сакупљање узорака;
- лабораторијска анализа;
- руковање подацима.

Како би се током контроле добили подаци који су валидни, прецизни, комплетни, репрезентативни и упоредиви, неопходно је обезбедити квалитет контроле. Осигурање квалитета обезбеђују:

- адекватан избор мерних места;
- учесталост узорковања и правилно узорковање;
- превоз и припрему узорка;
- одговарајућа обука кадра.

Пouzдану контролу квалитета и редовног мониторинга обезбеђују:

- припрема протокола, односно, стандардних процедура за обављање анализа;
- припрема протокола за лабораторијску калибрацију;
- припрема протокола за резултате мерења.

У даљој фази контроле квалитета воде, оцену квалитета чине:

- извештај о добијеним резултатима мерења;
- оцена добијених резултата мерења у односу на максимално дозвољене концентрације.

Контрола квалитета воде обавља се у складу са дефинисаним стандардима квалитета. Основа контроле квалитета вода у Србији садржана је у Закону о водама („Службени гласник РС“, бр. 30/10, 93/12, 95/18) и подзаконским актима, првенствено у Уредби о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС“, бр. 35/2011) и Уредби о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС“, бр. 50/2012).

Извештаји о контроли квалитета морају да имају своју сврху, циљ и закључке на основу којих се даље креирају политика и стратегија очувања вода, као и мере које се предузимају за очување квалитета природних вода као стратешки важног ресурса.

10.



МЕЂУНАРОДНИ ОКВИР УПРАВЉАЊА ВОДАМА

10. МЕЂУНАРОДНИ ОКВИР УПРАВЉАЊА ВОДАМА

10.1. ОКВИРНА ДИРЕКТИВА О ВОДАМА ЕВРОПСКЕ УНИЈЕ

Оквирна Директива о водама ЕУ (Water Framework Directive 2000/60/EC), представља правни оквир за интегрално деловање у области политике вода како би се побољшао квалитет и обезбедило добро стање вода. Ову директиву су 2000. године усвојили Парламент и Савет Европске Уније.

Сврха Директиве је да се успостави оквир за заштиту копнених површинских вода, мешовитих вода, литоралних морских вода и подземних вода, чиме се:

- спречава даље погоршавање еколошког статуса водених екосистема, штити и побољшава статус водених и копнених екосистема који су директно зависни од водених екосистема;
- промовише одрживо коришћење вода засновано на дугорочној заштити расположивих водних ресурса;
- усмерава и унапређује заштита водних тела и побољшава њихово стање применом специфичних мера за прекид или постепено фазно умањење испуштања и емисије токсичних и опасних материја до њихове елиминације;
- осигурава прогресивно умањење загађења подземних вода и спречава њихово даље загађење;
- доприноси ублажавању ефеката поплава и суша.

Кључни циљеви политике ЕУ у области политике вода су:

- интегрална заштита вода и спречавање даљег погоршавања њиховог квалитета;
- значајно смањење загађивања подземних вода;
- примена стандарда граничних вредности испуштања воде од стране загађивача;
- избалансирано и правично коришћење вода;
- интегрално управљање речним сливовима;
- укључивање јавности у процесе заштите вода.

Оквирна директива о водама је кровна директива која укључује и повезује друге директиве које се непосредно или посредно односе на област вода:

Директива о пречишћавању комуналних отпадних вода (Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment), утврђује обавезу пречишћавања комуналних отпадних вода за све агломерације веће од 2.000 ЕС (еквивалентна броју становника);

Директива о заштити вода од загађивања проузрокованог нитратима из пољопривредних извора (Directive 91/676/EEC on the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources), утврђује рањива подручја изложена загађењу нитратима и промовише правила добре пољопривредне праксе;

Директива о захватању воде за пиће (Directive 75/440/EEC on the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water), утврђује квалитет који треба да има вода која се користи за пиће или је намењена за евентуално захватање за пиће;

Директива о квалитету воде намењене за људску употребу (Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption), утврђује стандарде квалитета и контроле вода намењених водоснабдевању домаћинства и прехранбене индустрије;

Директива о управљању квалитетом воде за купање (Directive 2006/7/EC of the European parliament and of the Council concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EC), утврђује стандарде квалитета и праћења стања вода које служе за купање и рекреацију;

Директива о загађењу узрокованом одређеним опасним супстанцама које се испуштају у акватичну животну средину заједнице ЕУ (Directive 2006/11/EC on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community), утврђује листу опасних супстанци чије је испуштање у природне пријемнике ограничено или забрањено, као и мере њиховог праћења;

Директива о заштити подземних вода од загађења и погоршавања њиховог квалитета (Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration), утврђује мере спречавања погоршања стања подземних вода и контролу њиховог загађења;

Директива о индустријским емисијама (Directive 2010/75/EU on industrial emissions), регулише статус загађених индустријских вода;

Директива о стандардима квалитета животне средине у области политике вода (Directive 2008/105/EC on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council

Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council), утврђује стандарде квалитета животне средине који се односе на присуство одређених загађујућих супстанци идентификованих као приоритетних на основу ризика за животну средину;

Директива о утврђивању техничке спецификације за хемијске анализе и мониторинг статуса вода (Directive 2009/90/EC laying down pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status), утврђује основне критеријуме за израду хемијских анализа у поступку мониторинга, као и правила којима се доказује квалитет аналитичких резултата;

Директива о процени и управљању ризицима од поплава (Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks), утврђује успостављање оквира за процену ризика и управљање ризицима од поплава у циљу смањења њихових неповољних последица на људе, животну средину и привреду.

Свака држава чланица ЕУ и држава кандидат за улазак у ЕУ, дужна јер да у национално законодавство имплементира препоруке Оквирне Директиве о водама и осталих пратећих директива. Државе саме одлучује о механизмима и специфичним мерама потребним за постизање доброг статуса вода, што представља одговорност надлежних органа. За спровођење Оквирне Директиве о водама и пратећим директивама, земље чланице дужне су да одреде националне и прекограничне сливове, и израде планове управљања сливима. У случају прекограничних сливова, доношење и спровођење плана управљања се координира на међународном нивоу.

10.2. КОНВЕНЦИЈА О ЗАШТИТИ ВЛАЖНИХ СТАНИШТА

Конвенција о заштити влажних станишта – Convention on Wetlands, Ramsar, Iran 1971, позната и као Рамсарска конвенција, ратификована је и у Србији („Службени лист СФРЈ – Међународни уговори“, бр. 9/77). Представља међународни споразум који је настао као резултат борбе за заштиту влажних и водених екосистема – мочвара, бара, река, језера, појилишта, наводњених земљишта, слатина, шљунчаних јама, канала, мангрова, коралних гребена, рибњака, узгајалишта ракова, обалних зона које се граниче с мочварним подручјима и водених маса морске воде дубљих од 6 m за време осеке које леже унутар мочварних подручја.

Разлог доношења Рамсарске конвенције био је све већи степен угрожавања водених и влажних екосистема исушивањем, затрпавањем, загађивањем, прекомерном експлоатацијом и уношењем страних врста. Из овог разлога, државе потписнице ове конвенције обавезале су се да ће побољшати међусобну сарадњу и рад са локалним становништвом ради евидентирања и заштите водених и влажних подручја као регулатора режима вода, станишта специфичне флоре и фауне (нарочито птица мочварица), као извора велике економске, културне, научне и рекреативне вредности чији би губитак био ненадокнадив.

Спровођење Рамсарске конвенције надгледа Стални комитет (Standing Committee of the Ramsar Convention) који је установљен 1987. године. Његова основна функција је надгледање спровођења Рамсарске конвенције, координација активности држава потписница, организовање редовних састанака и решавање бројних питања спровођења Конвенције. Закључно са 2019. годином издвојено је близу 2.400 међународно значајних Рамсарских подручја на површини од преко 2,5 милиона km² широм света што представља значајан допринос очувању осетљивих и данас веома угрожених водених и влажних екосистема.

У Србији за сада десет заштићених подручја има статус Рамсарских подручја. То су Обедска бара, Царска бара, Лудашко језеро, Слано копово, Лабудово окно (део Специјалног резервата природе Делиблатска пешчара), Горње Подунавље, Засавица, Власина, Ковиљско-петроварадински рит и Пештерско поље. Укупна површина ових подручја износи 63.919 ha.

Значајну подршку Комитету за спровођење Рамсарске конвенције пружа Међународна организација за очување влажних подручја Wetlands International. Образована је 1995. године од неколико мањих организација које су се још од 1954. године првенствено бавиле заштитом птица мочварица.

Данас је то веома активна организација са седиштем у Вагенингену у Холандији и са 21 регионалном канцеларијом на свим континентима. Основна улога ове организације је очување и обнова мочвара, њихових ресурса и биолошке разноврсности ради перспективе будућих генерација. Wetlands International се залаже за детаљно и правовремено информисање доносилаца одлука о стању и значају влажних и водених подручја, за интегрисање влажних и водених подручја у пројекте одрживог развоја, за интегрисано управљање водним ресурсима и покретање стратешких иницијатива за побољшање статуса вода, органских врста, природних станишта и еколошке мреже. Ова организација покреће и води многе пројекте ревитализације влажних и водених подручја широм света.

11.



НАЦИОНАЛНИ ОКВИР УПРАВЉАЊА ВОДАМА

11. НАЦИОНАЛНИ ОКВИР УПРАВЉАЊА ВОДАМА

11.1. СТРАТЕГИЈА УПРАВЉАЊА ВОДАМА НА ТЕРИТОРИЈИ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ ДО 2034. ГОДИНЕ

Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године („Службени гласник РС“, бр. 3/17) је документ на основу којег ће се спроводити реформе у сектору вода у циљу достизања потребних стандарда у управљању водама укључујући и организационо прилагођавање и системско јачање стручних и институционалних капацитета на националном и локалном нивоу. Стратегија садржи:

- оцену постојећег стања у управљању водама;
- циљеве и смернице за управљање водама;
- пројекцију развоја управљања водама;
- мере за остваривање утврђених циљева у управљању водама.

Када је реч о **водоснабдевању**, према подацима из ове Стратегије, у Србији је проценат становништва прикљученог на системе јавног водоснабдевања око 81%. Око 70% становништва снабдева се водом из ресурса подземних вода. Највише подземне воде захвата се из алувијалних изворишта, затим из карстних изворишта, док су пукотинске издани најмање коришћено извориште подземних вода. Физичко-хемијска и микробиолошка неисправност воде за пиће забележена је на око 50% контролисаних централних водоводних система. По питању квалитета воде за пиће, постоје три групе проблема:

- неодговарајући квалитет воде за пиће,
- надексплоатација подземне воде и
- недовољна заштићеност изворишта.

Према изграђености **канализационе инфраструктуре**, Србија спада у групу средње развијених земаља, док је у погледу третмана отпадних вода на самом зачељу. Наиме, канализационом мрежом обухваћено је око 55% становништва, док је мање од 10% становништва обухваћено неким степеном пречишћавања отпадних вода. За пречишћавање отпадних вода у насељима већим од 2.000 становника, изграђено ЈР нешто више од 50 градских постројења.

Од изграђених постројења у функцији су 32 од којих мали број ради по пројектним критеријумима, док остала раде са ефикасношћу далеко испод пројектоване.

За потребе **индустрије и електропривреде** у највећој мери се користе површинске захваћене воде, а потом воде из јавног водовода и подземне воде. Предтретмане технолошких отпадних вода пре упуштања у канализационе мреже или друге реципијенте, има мали број индустрија.

За потребе електроенергетских производних капацитета, у Србији је подигнуто 14 великих хидроелектрана. У структури производње електричне енергије из хидроелектрана, проточне учествују са 88%, акумулацијске са 6,5%, реверзибилне са 4% и мале хидроелектране са 1,5%. Мале хидроелектране се углавном заснивају на деривацијама којима се остварује концентрација пада, што је довело до тога да се дугачки потези мањих водотока еколошки угрозе са хидрогеографско-хидролошког, биолошког и амбијенталног становишта.

За потребе **наводњавања** претежно се користе површинске воде (око 90%), и то директним захватањем из речних токова, регионалних хидросистема, акумулација и каналске мреже. Изворишта подземних вода за наводњавање су најчешће бунари у оквиру прве издани. У глобалу, системима за наводњавање захваћене су изузетно мале површине, свега око 7% површина под ораницама.

Рибарство је привредна делатност која обухвата рибогојство и привредни риболов на отвореним водама. Рекреативни и спортски риболов нису привредне активности већ су дефинисане Законом о заштити и одрживом коришћењу рибљег фонда („Службени гласник РС”, бр. 36/09, 128/14, 95/18). На територији Србије гајење риба доминантно је у топловодним (шаранским) и хладноводним (пастрмским) рибњацима. Укупна производња рибе у рибњацима на годишњем нивоу се у последње време креће од 8.000 до 12.500 тона, при чему се око 80% произведе у шаранским рибњацима.

Туризам и рекреација везани за водна тела, највећу афирмацију достигли су кроз бањски туризам. Богатство термоминералних вода омогућило је формирање четрдесетак специфичних урбаних лечилишно-туристичких центара. Поред познатијих балнеолошко-рехабилитационих центара, у Србији се развија још око тридесетак мањих, локалног значаја и са нижим степеном опремљености. Један од важних видова рекреације је купање. У Србији је регистровано 57 јавних купалишта и објеката намењених рекреацији на рекама, језерима и водним акумулацијама која су под управом надлежних органа, али постоји и неидентификован број купалишта која су изван система контроле.

Основна начела и принципи интегралног управљање водама у Републици Србији су:

- јединство процеса у природи чија је значајна компонента вода, из чега проистиче повезаност и међузависност акватичних и приобалних екосистема;
- јединство водног система – управљање водама мора се вршити у оквиру јединственог водног простора Србије и у складу са њеним развојем;
- вода је и друштвена и економска категорија;
- за коришћење водног добра и водних система који су добро од општег интереса, плаћа се реална цена („корисник плаћа“);
- субјекти који својим активностима проузрокују загађење воде, треба да сnose трошкове мера за отклањање или смањење тог загађења („загађивач плаћа“);
- заштита становништва и његове имовине од штетног дејства вода мора се вршити уз уважавање законитости природних процеса и заштите природних вредности, као и економске оправданости ове заштите;
- јавност има право на информације о стању вода и раду надлежних органа у области вода, и на учешће у процесу припреме и доношења планова управљања водама и контроле њиховог извршења.

11.2. ЗАКОН О ВОДАМА

Законом о водама („Службени гласник РС”, бр. 30/10, 93/12, 95/18), уређују се правни статус вода, интегрално управљање водама, управљање водним објектима и водним земљиштем, извори и начин финансирања водне делатности, надзор над спровођењем закона, као и друга питања значајна за управљање водама.

Интегрално управљање водама чини скуп мера од значаја за:

- одржавање и унапређење водног режима,
- обезбеђивање потребних количина вода захтеваног квалитета за различите намене,
- заштиту вода од загађивања и
- заштиту од штетног дејства вода.

У складу са наведеним Законом, воде су јавно добро од општег интереса, у државној су својини и самим тим неотуђиве.

• Водна тела

Радичувања или достизања доброг еколошког, хемијског и квантитативног статуса вода или њиховог доброг еколошког потенцијала, утврђују се водна тела која се деле на **водна тела** површинских вода, значајно измењена водна тела и водна тела подземних вода. Поред водних тела, утврђује се и **водно земљиште**.

Водно тело површинске воде је елемент површинске воде (језеро, акумулација, поток, река, канал).

Значајно измењено водно тело је тело површинске воде које је битно измењено услед људске активности.

Водно тело подземне воде је посебна запремина подземне воде унутар једног или више водоносних слојева.

Водно земљиште је земљиште на коме стално или повремено има воде због чега се формирају посебни хидролошки, геоморфолошки и биолошки односи који се одражавају на акватичне и приобалне екосистеме.

• Водни објекти

Водни објекти су грађевински и други објекти који заједно са уређајима који им припадају чине техничку, односно технолошку целину, а служе за обављање водне делатности. Према намени, водни објекти се деле на водне објекте за уређење водотока, за заштиту од поплава, ерозије и бујица, за заштиту од штетног дејства унутрашњих вода (одводњавање), за коришћење вода, за сакупљање, одвођење и пречишћавање отпадних вода, за заштиту и мониторинг вода.

Водни објекти за заштиту од поплава су главни, секундарни и летњи насипи са припадајућим објектима (уставе, црпне станице), кејски и одбрамбени зидови, растеретни и латерални канали, бране са акумулацијама и ретензијама и други објекти за заштиту од поплава. Саставним делом насипа за одбрану од поплава сматра се и заштитни појас са шумом и заштитним зеленилом (заштитне шуме) у ширини 50 m поред насипа, одводни канали паралелни насипу на удаљености од 10 до 50 m од насипа, као и сервисни путеви у брањеном подручју за спровођење одбране од поплава.

Водни објекти за заштиту од ерозије и бујица су преграде, уставе, обалоутврде, биотехнички објекти и други објекти за заштиту од ерозије и бујица.

Водни објекти за заштиту од штетног дејства унутрашњих вода (одводњавање) су основне каналске мреже за одводњавање – главни и сабирни одводни канали у које се сливају воде из мелиорационог систем, црпне станице и уставе за одвођење вода из система у реципијент (природни, односно вештачки водоток).

Водни објекти за коришћење вода су објекти:

- за снабдевање водом за пиће и санитарно-хигијенске потребе (водозахвати) – бунари, каптаже, захвати из водотока, канала, језера и бране са акумулацијама, потом постројења за припрему воде за пиће, магистрални цевоводи и резервоари са одговарајућим уређајима;
- за наводњавање – захвати из водотока, канала, језера и бране са акумулацијама, главни канали и секундарна мрежа и уређаји који им припадају;
- за производњу хидроелектричне енергије и друге намене – бране са акумулацијама, доводни и одводни канали и уређаји који им припадају;
- за узгој риба (рибњаци);
- за пловидбу – објекти којима се обезбеђује сигурност пловидбе у пловном путу на каналима за наводњавање и одводњавање и бродске преводнице на њима.

Водни објекти за сакупљање, одвођење и пречишћавање отпадних вода и заштиту вода су: главни колектори, постројења за пречишћавање отпадних вода, постројења за прераду отпадних муљева, постројења за прераду процедурних вода санитарних депонија чврстог отпада, испусти из постројења у пријемник (реципијент) и други припадајући уређаји, као и бране са акумулацијама за побољшање квалитета вода.

Водни објекти за мониторинг вода су лимниграфи, водомерне летве, водомери, специјални преливи, пијезометарске бушотине, нивомери и други уређаји којима се прикупљају подаци о стању нивоа, количини и квалитету површинских и подземних вода.

- **Планска документа**

Планска документа за управљање водама су:

- **Стратегија управљања водама** на територији Републике Србије коју доноси Влада на предлог ресорног министарства (Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде) за период од најмање десет година;
- **План управљања водама** који садржи мере које се односе на уређење водотока и заштиту од штетног дејства вода, уређење и коришћење вода и заштиту вода;
- **Годишњи програм управљања водама** као плански документ којим се одређују водни објекти, врста и обим радова, висина средстава за реализацију радова и друга питања везана за изградњу, реконструкцију, санацију и одржавање водних објеката, као и за обављање послова који се сматрају пословима од општег интереса.

- **Заштита од штетног дејства вода**

Заштита од штетног дејства вода обухвата мере и радове који се спроводе ради заштите од поплава, од леда, од ерозије и бујица, као и мере за отклањање последица штетног дејства вода.

Управљање ризицима од штетног дејства вода обухвата:

- израду прелиминарне процене ризика од поплава,
- израду и спровођење планова управљања ризицима од поплава,
- израду општег и оперативних планова одбране од поплава,
- спровођење редовне и ванредне одбране од поплава,
- спровођење одбране од леда на водотоцима и
- заштиту од ерозије и бујица.

Ради заштите од поплава обезбеђује се планирање, изградња, одржавање и управљање водним објектима за заштиту од поплава, уређење водотока и извођење других радова и мера, спровођење одбране од поплава и санација последица поплава.

Ради спречавања и отклањања штетног дејства **ерозије и бујица** спроводе се превентивне мере, граде и одржавају водни објекти за заштиту од ерозије и бујица и изводе заштитни радови.

Превентивним мерама сматрају се нарочито: забрана крчења и чисте сече шума, огољавање површина, неконтролисано копање и преоравање ливада, пашњака и необрађених површина, затрпавање извора и неконтролисано сакупљање и одвођење изворских вода, дуготрајно складиштење чврстог материјала, изградња објеката без одговарајуће планске и пројектне документације, експлоатација речних наноса са дна или падина осим за потребе обезбеђења пропусне способности корита бујица, итд.

Заштитним радовима у спречавању ерозија и бујица сматрају се биотехнички и биолошки заштитни радови, и то: пошумљавање, подизање и одржавање заштитне вегетације, затрављивање, терасирање, подизање воћњака и вештачких ливада, мелиорација пашњака, чишћење корита и други слични радови.

• Уређење и коришћење вода

Уређење вода је скуп мера и радова на очувању и регулисању количина воде којима се обезбеђују:

- повољна квантитативна, просторна и временска расподела вода за водоснабдевање, за потребе индустрије и других корисника;
- добро стање акватичних и приобалних екосистема;
- повећавање количина воде у водотоцима у маловодном периоду;
- услови за посебно коришћење вода.

Коришћење вода обухвата коришћење површинских и подземних вода за снабдевање водом за пиће становништва и стоке, за санитарно-хигијенске потребе, за потребе индустрије, за наводњавање, за производњу електричне енергије и погон уређаја, за рибњаке, за пловидбу, за спорт, рекреацију и туризам.

- **Обавеза контроле квалитета и квантитета воде**

Јавно предузеће, односно друго правно лице које обавља послове снабдевања водом дужно је да:

- постави уређаје и обезбеди стално и систематско регистровање количина воде и испитивање квалитета воде на водозахвату;
- предузима мере за обезбеђење здравствене исправности воде за пиће и одржавање хигијене;
- предузима мере за обезбеђење техничке исправности уређаја;
- податке о мерењима количине и квалитета воде на водозахвату уноси у водни информациони систем и да их доставља ресорном министарству и јавном водопривредном предузећу најмање једанпут годишње.

- **Зоне санитарне заштите изворишта за снабдевање водом за пиће**

На подручјима која се користе као изворишта за снабдевање водом за пиће и за санитарно-хигијенске потребе одређују се три зоне санитарне заштите, и то: шира зона заштите, ужа зона заштите и зона непосредне заштите.

Зоне санитарне заштите представљају заштићену област и одређују се у складу са хидролошким, хидрогеолошким и другим својствима земљишта и подсливова, врстом изворишта и његовог окружења, капацитетом изворишта и другим чиниоцима који утичу на издашност изворишта, а одржавају се на начин којим се не угрожава здравствена исправност воде на изворишту.

За водна тела из којих се просечно може захватити више од 100 m³/дан, а која су планом управљања водама намењена за снабдевање водом за пиће и за санитарно-хигијенске потребе, обезбеђује се континуирано мерење количине воде и испитивање њеног квалитета.

- **Коришћење водних снага**

Коришћење водних снага за производњу електричне енергије или за погон уређаја снагом воде врши се у складу са условима утврђеним водном дозволом. Пројектовање и изградња објеката и уређаја за коришћење водних снага врши се тако да се:

- омогући враћање воде у водоток или друге површинске воде после искоришћења њене енергије;
- не умањи постојећи обим и не спречава коришћење воде за снабдевање становништва и других корисника водом за пиће, наводњавање и друге намене;

- не умањи степен заштите од штетног дејства вода и не отежава спровођење мера те заштите;
- не погоршају услови санитарне заштите и не утиче негативно на стање животне средине;
- обезбеђује њихово вишенаменско коришћење са обавезном наменом за заштиту од поплава.

• Коришћење вода за узгој рибе

Топловодни рибњаци не могу се градити на местима на којима се налазе или су планирана изворишта подземних вода, или на којима се планира изградња водних објеката за заштиту од штетног дејства вода.

У акумулацији која служи као извориште за снабдевање водом, забрањен је кавезни узгој риба. Порибљавање акумулација и канала врши се тако да се не угрози прописани квалитет вода и опстанак акватичних екосистема. Правно, односно физичко лице које је порибљавањем акумулација и канала угрозило прописани квалитет воде и опстанак акватичних екосистема, сноси трошкове враћања у добар статус површинске воде.

• Експлоатација речних наноса

Експлоатација речних наноса врши се са водног земљишта, на локалитетима где је то од интереса за очување или побољшање водног режима, у обиму који неће нарушити водни режим, постојећу експлоатацију подземних вода, стабилност обала и природну равнотежу акватичних и приобалних екосистема.

Право на експлоатацију речних наноса стиче се водном сагласношћу. Ресорни министар решењем забрањује експлоатацију речних наноса ако је:

- на деоници водотока експлоатацијом наноса изазван или може бити изазван поремећај водног режима;
- дошло до поремећаја стабилности речног корита или водног земљишта;
- нарушен добар еколошки статус вода.

• Заштита вода од загађења

Заштита вода од загађења представља скуп мера и активности којима се квалитет површинских и подземних вода штити и унапређује ради:

- очувања живота и здравља људи;
- смањења загађења и спречавања даљег погоршања стања вода;
- обезбеђења нешкодљивог и несметаног коришћења вода за различите намене;

- заштите водних и приобалних екосистема;
- постизања стандарда квалитета животне средине у складу са прописом којим се уређује заштита животне средине.

Ради спречавања погоршања квалитета вода и укупне животне средине, одређују се граничне вредности емисије за одређене групе или категорије загађујућих супстанци. Влада, на предлог министра надлежног за послове заштите животне средине, утврђује:

- граничне вредности емисије и рокове за њихово достизање;
- граничне вредности загађујућих супстанци у површинским и подземним водама и седименту укључујући и приоритетне хазардне супстанце у површинским водама и рокове за њихово достизање.

Ради заштите квалитета вода забрањено је:

- уношење у површинске и подземне воде отпадних вода које садрже хазардне и загађујуће супстанце изнад прописаних граничних вредности емисије које могу довести до погоршања тренутног стања;
- испуштање са пловних објеката или са обала загађујућих супстанци које директно или индиректно доспевају у воде;
- испуштање прекомерно термички загађене воде;
- коришћење ђубрива или средстава за заштиту биља у обалном појасу до 5m;
- испуштање у јавну канализацију отпадних вода које садрже хазардне супстанце
 - изнад прописаних вредности,
 - које могу штетно деловати на могућност пречишћавања вода из канализације,
 - које могу оштетити канализациони систем и постројење за пречишћавање вода,
 - које могу негативно утицати на здравље лица која одржавају канализациони систем;
- коришћење напуштених бунара као септичких јама;
- остављање у кориту природних и вештачких водотока и језера, као и на другом земљишту, материјала који могу загадити воде;
- прање возила, машина, опреме и уређаја у површинским водама и на водном земљишту.

- **Обавеза пречишћавања отпадних вода**

Правно лице, предузетник или физичко лице које испушта или одлаже материје које могу загадити воду, дужно је да те материје пре испуштања у систем јавне канализације или реципијент, делимично или потпуно одстрани.

Правно лице, предузетник или физичко лице које испушта отпадну воду непосредно у реципијент дужно је да обезбеди пречишћавање отпадних вода до нивоа који одговара граничним вредностима емисије, односно до нивоа којим се не нарушавају стандарди квалитета животне средине реципијента.

Ради обезбеђивања пречишћавања отпадних вода, правно лице, односно предузетник који испушта отпадну воду у реципијент или јавну канализацију дужно је да обезбеди средства и утврди рокове за изградњу и погон тих уређаја, у складу са планом заштите вода од загађивања и посебним законима који уређују област заштите животне средине.

- **Обавеза мерења количине и испитивања квалитета отпадних вода**

Правно лице, односно предузетник који испушта отпадне воде у пријемник и јавну канализацију, дужно је да постави уређаје за мерење, да континуирано мери количине отпадних вода, испитује биохемијске и механичке параметре квалитета отпадних вода и да извештај о извршеним мерењима квартално доставља јавном водопривредном предузећу, министарству надлежном за послове заштите животне средине и Агенцији за животну средину.

Правно лице, односно предузетник који има уређаје за пречишћавање отпадних вода, дужно је да мери количине и испитује квалитет отпадних вода пре и после пречишћавања, да обезбеди редовно функционисање уређаја за пречишћавање отпадних вода и да води дневник њиховог рада.

Испитивање квалитета отпадних вода може да врши правно лице које је овлашћено од стране ресорног министарства за обављање тих послова.

- **Праћење хаваријског загађења**

У случају хаваријског загађења вода, Републички хидрометеоролошки завод дужан је да по сазнању о хаваријском загађењу, без одлагања обавести министарства надлежна за водопривреду, здравље, заштиту животне средине и унутрашње послове, Агенцију за заштиту животне средине, јавно водопривредно предузеће и јединицу локалне самоуправе на чијој је територији настало загађење. Републички хидрометеоролошки завод дужан је да непрекидно прати кретање таласа хаваријског загађења воде дуж водотока све до тренутка њиховог престанка.

- **Систематско праћење статуса вода и заштићених области - мониторинг**

Ради праћења статуса површинских и подземних вода држава успоставља мониторинг статуса вода на водном подручју и обезбеђује његово извршење. Мониторинг обухвата:

- за површинске воде – запремину, водостаје и протицаје, као и параметре еколошког и хемијског статуса и еколошког потенцијала;
- за подземне воде – нивое и контролу хемијског и квантитативног статуса.

Мониторинг статуса вода у заштићеним областима обухвата и додатне показатеље статуса вода у складу са прописима којима је то подручје утврђено као заштићено. Заштићене области на водном подручју су:

- зоне санитарне заштите изворишта;
- подручја намењена захватању воде за људску потрошњу;
- водна тела намењена рекреацији, укључујући и области одређене за купање;
- области осетљиве на нутријенте, укључујући области подложне еутрофикацији и области осетљиве на нитрате из пољопривредних извора;
- области намењене заштити станишта или врста где је битан елеменат њихове заштите одржавање или побољшање статуса вода;
- области намењене заштити економски важних акватичних врста.

- **Водна акта**

Водна акта су водни услови, водна сагласност, водна дозвола и водни налог.

- **Водни услови** издају се у поступку припреме техничке документације за изградњу нових и реконструкцију постојећих објеката и извођење других радова који могу трајно, повремено или привремено утицати на промене водног режима, односно угрозити циљеве заштите животне средине, као и за израду планских докумената за уређење простора и газдовање шумама.
- **Водна сагласност** је акт којим се утврђује да је техничка документација за објекте и радове, као и планска документа за уређење простора и газдовање шумама, урађена у складу са издатим водним условима. Водна сагласност издаје се пре почетка изградње нових и реконструкције постојећих објеката.

- **Водна дозвола** је акт којим се утврђују начин, услови и обим коришћења вода, начин, услови и обим испуштања отпадних вода, складиштења и испуштања хазардних и других супстанци које могу загадити воду, као и услови за друге радове којима се утиче на водни режим.
- **Водни налог** је документ којим се лицу коме је издата водна дозвола налаже да у одређеном року изврши неку радњу, односно да одустане од неке радње ради отклањања опасности од насталог или могућег поремећаја водног режима, односно поремећаја стабилности речног корита или водног земљишта, као и успостављања стања у складу са условима из издате водне дозволе.

- **Инспекцијски надзор**

Инспекцијски надзор над спровођењем Закона о водама и пратећих подзаконских аката врши ресорно министарство преко инспектора надлежног за послове водопривреде (водног инспектора).

Водни инспектор врши и инспекцијски надзор других прописа који се односе на изградњу нових и реконструкцију постојећих објеката и извођење других радова који могу утицати на промене у водном режиму.

Инспекцијски надзор који се односи на здравствену исправност воде запиће, санитарно-хигијенске потребе и купање, врши министарство надлежно за послове здравља преко санитарног инспектора.

Инспекцијски надзор који се односи на квалитет отпадних вода које се испуштају у реципијент врши министарство надлежно за послове заштите животне средине преко инспектора за заштиту животне средине.

11.3. ЗАКОН О ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Закон о заштити животне средине („Службени гласник РС“, бр. 72/09, 43/11, 14/16, 76/18, 95/18), између осталог, дефинише начела заштите животне средине: начело интегралности, начело превенције и предострожности, начело очувања природних вредности, начело одрживог развоја, начело одговорности загађивача, начело „загађивач плаћа“, начело „корисник плаћа“, начело супсидијарне одговорности, начело примене подстицајних мера, начело информисања и учешћа јавности и начело заштите права на здраву животну средину и приступа правосуђу. Наведена начела односе се и на очување воде као вредности и ресурса.

Начело интегралности

Државни органи, органи аутономне покрајине и органи јединице локалне самоуправе обезбеђују интеграцију заштите и унапређивања животне средине у све секторске политике спровођењем међусобно усаглашених планова и програма и применом прописа кроз систем дозвола, техничких и других стандарда и норматива, финансирањем, подстицајним и другим мерама заштите животне средине.

Начело превенције и предострожности

Свака активност мора бити планирана и спроведена на начин да:

- проузрокује најмању могућу промену у животној средини;
- представља најмањи ризик по животну средину и здравље људи;
- смањи оптерећење простора и потрошњу сировина и енергије у изградњи, производњи, дистрибуцији и употреби;
- укључи могућност рециклаже;
- спречи или ограничи утицај на животну средину на самом извору загађивања.

Начело предострожности остварује се проценом утицаја на животну средину и коришћењем најбољих расположивих и доступних технологија, техника и опреме.

Начело очувања природних вредности

Природне вредности користе се под условима и на начин којима се обезбеђује очување вредности геодиверзитета, биодиверзитета, заштићених природних добара и предела.

Обновљиви природни ресурси користе се под условима који обезбеђују њихову трајну и ефикасну обнову и стално унапређивање квалитета.

Необновљиви природни ресурси користе се под условима који обезбеђују њихово дугорочно економично и разумно коришћење, укључујући ограничавање коришћења стратешких или ретких природних ресурса и супституцију другим расположивим ресурсима, композитним или вештачким материјалима.

Начело одрживог развоја

Одрживи развој је усклађени систем техничко-технолошких, економских и друштвених активности у укупном развоју у којем се на принципима економичности и разумности користе природне и створене вредности Србије са циљем да се сачува и унапреди квалитет животне средине за садашње и будуће генерације. Одрживи развој остварује се доношењем и спровођењем одлука којима се обезбеђује усклађеност интереса заштите животне средине и интереса економског развоја.

Начело одговорности загађивача и његовог правног следбеника

Правно или физичко лице које својим незаконитим или неисправним активностима доводи до загађења животне средине одговорно је у складу са законом. Загађивач или његов правни следбеник обавезан је да отклони узрок загађења и последице директног или индиректног загађења животне средине.

Начело „загађивач плаћа“

Загађивач плаћа накнаду за загађивање животне средине када својим активностима проузрокује или може проузроковати оптерећење животне средине, односно ако производи, користи или ставља у промет сировину, полупроизвод или производ који садржи штетне материје по животну средину. Загађивач, у складу са прописима, сноси укупне трошкове мера за спречавање и смањивање загађивања који укључују трошкове ризика по животну средину и трошкове уклањања штете нанете животној средини.

Начело „корисник плаћа“

Свако ко користи природне вредности дужан је да плати реалну цену за њихово коришћење и рекултивацију простора.

Начело супсидијарне одговорности

Државни органи, у оквиру својих финансијских могућности, отклањају последице загађивања животне средине и смањења штете у случајевима када је загађивач непознат, као и када штета потиче услед загађивања животне средине из извора ван територије Србије.

Начело примене подстицајних мера

Државни органи, органи аутономне покрајине и органи јединице локалне самоуправе предузимају мере очувања и одрживог управљања капацитетом животне средине, посебно смањењем коришћења сировина и енергије и спречавањем или смањењем загађивања животне средине, применом економских инструмената и других мера, избором најбољих доступних техника, постројења и опреме која не захтева прекомерне трошкове и избором производа и услуга.

Начело информисања и учешћа јавности

У остваривању права на здраву животну средину свако има право да буде обавештен о стању животне средине и да учествује у поступку доношења одлука чије би спровођење могло да утиче на животну средину. Подаци о стању животне средине су јавни.

Начело заштите права на здраву животну средину и приступа правосуђу

Грађанин или групе грађана, њихова удружења, професионалне или друге организације, право на здраву животну средину остварују пред надлежним органом, односно судом, у складу са законом.

Такође у складу са овим законом, заштита и коришћење вода остварује се у оквиру интегралног управљања водама предузимањем и спровођењем мера за очување површинских и подземних вода и њихових резерви, квалитета и количина, као и заштитом у складу са посебним законом.

Правно лице или предузетник који има постројења за пречишћавање отпадних вода или треба да их изгради, и који испушта своје отпадне воде у реципијент или јавну канализацију, осим постројења која подлежу издавању интегрисане дозволе, дужан је да донесе акциони план за постепено достизање граничних вредности емисије загађујућих материја у воде, утврди рокове за њихово постепено достизање, као и да поступа сагласно акционом плану, а у складу са прописом којим се уређују граничне вредности емисије загађујућих материја у воде и рокови за њихово достизање.

Муљ који је настао у процесу пречишћавања комуналних отпадних вода мора се третирати, одлагати и користити на начин да се не угрози животна средина и здравље људи, у складу са законом којим се уређује заштита вода од загађивања.

Муљ који је настао у процесу пречишћавања технолошких отпадних вода мора се третирати, одлагати и користити у складу са законом којим се уређује управљање отпадом, осим муља који је рударски отпад, настао у процесу експлоатације и припреме минералних сировина.

Заштита вода остварује се предузимањем мера систематског и контролног праћења квалитета вода, смањивањем загађивања вода загађујућим материјама испод прописаних граничних вредности и предузимањем техничко-технолошких и других потребних мера за њихово пречишћавање како би се спречило уношење у воде опасних, отпадних и других штетних материја, као и праћењем утицаја загађених вода на здравље људи, животињски и биљни свет и животну средину. Заштита вода обухвата и заштиту вода од утицаја прекограничног загађења, тако да се обезбеђује очување вода у целини.

11.4. ЗАКОН О ЗАШТИТИ И ОДРЖИВОМ КОРИШЋЕЊУ РИБЉЕГ ФОНДА

Законом о заштити и одрживом коришћењу рибљег фонда („Службени гласник РС“, бр. 36/09, 128/14, 95/18) регулише се управљање рибљим фондом у риболовним водама. Управљање рибљим фондом обухвата заштиту и одрживо коришћење рибљег фонда као природног богатства и добра од општег интереса.

Ради одрживог коришћења рибљег фонда у риболовним водама установљавају се рибарска подручја.

Актом о установљавању рибарског подручја одређују се границе и намена рибарског подручја у погледу врсте риболова који се на њему обавља (привредни или рекреативни). Рибарско подручје на риболовној води у националном парку или другом заштићеном подручју проглашава и користи предузеће које управља националним парком, односно управљач заштићеног подручја, по претходно прибављеном мишљењу ресорног министра.

Кориснике рибарских подручја одређује министар надлежан за послове животне средине или одговарајући покрајински орган који рибарско подручје уступа кориснику на период од 10 година и са њим склапају уговор о коришћењу. Уколико се неко рибарско подручје налази у границама заштићеног подручја, онда је управљач заштићеног подручја истовремено и корисник тог рибарског подручја, а о рибљем фонду брину чувари заштићеног подручја који су положили стручни испит за рибочуваре.

Корисник рибарског подручја дужан је да изради Програм управљања рибарским подручјем за период од 10 година, и да сваке године доноси Годишњи програм управљања рибарским подручјем.

Поред наведеног, корисник рибарског подручја дужан је да:

- прикупља и обрађује податке о контролисаним лицима, улову и другим запажањима на рибарском подручју;
- врши проверу услова за издавање дозвола за привредни риболов, издаје и води евиденцију о издатим дозволама за привредни и рекреативни риболов;
- прикупља, обрађује и архивира податке о улову привредних рибара и рекреативних риболоваца;
- води евиденцију о извршеним порибљавањима, селективном риболову, транслокацији рибе и акцидентним угинућима риба на рибарском подручју;

- подноси пријаву за привредни преступ и захтев за покретање прекршајног поступка;
- прикупља податке, израђује и благовремено доставља годишње извештаје и извештаје о коришћењу рибарског подручја, итд.

Програм управљања рибарским подручјем садржи:

- податке о кориснику рибарског подручја;
- податке о рибарском подручју;
- основне хидрографске, хидролошке, биолошке, физичке, хемијске и друге карактеристике вода рибарског подручја и податке о еколошком статусу вода;
- податке о рибљим врстама у водама рибарског подручја, процену њихове биомасе и годишње продукције са посебним освртом на риболовно најзначајније врсте и заштићене врсте;
- услове заштите природе;
- време риболова;
- дозвољене технике риболова, опрему, алате и врсте мамаца којима се може ловити на одређеној риболовној води рибарског подручја;
- мере за заштиту и одрживо коришћење рибљег фонда;
- просторни распоред, границе и мере за заштиту посебних станишта риба, као и мере спасавања риба са плавних подручја;
- програм порибљавања по врстама и количини риба и времену и месту порибљавања;
- дозвољени излов рибе по врстама и количини на основу годишњег прираста рибљег фонда;
- услове обављања риболовних активности и мере за њихово унапређење, услове за обављање спортског риболова, као и мере за унапређење риболовног туризма на рибарском подручју;
- организацију рибочуварске службе и број рибочувара;
- процедуре за откривање и сузбијање загађивања вода рибарског подручја;
- програм мониторинга рибарског подручја;
- програм едукације рекреативних риболоваца;
- економске показатеље коришћења рибарског подручја, итд.

Годишњи програм управљања рибарским подручјем садржи:

- процену биомасе и риболовног притиска на рибљи фонд на основу годишњих статистичких показатеља улова риболоваца и рибара;
- дозвољени годишњи и дневни излов рибе по врстама;
- динамику порибљавања рибарског подручја по врстама и количини риба, времену и месту порибљавања, као и потребна новчана средства;
- мере и начин заштите и одрживог коришћења рибљег фонда;
- програм едукације рекреативних риболоваца.

На рибарском подручју забрањено је:

- ловити, поседовати и уништавати рибљу млађ и примерке рибе у време мреста и ловостаја;
- ловити рибу непосредно руком, експлозивом, харпуном, остима, подводном пушком и другим забрањеним или недозвољеним средствима и алатима, ватреним оружјем, струјом, вештачким извором светлости или хемијским и другим средствима која убијају, трују или омамљују рибу;
- ловити рибу потезањем, односно качењем удицом за тело - грабуљањем;
- прекидати или ометати миграторне путеве риба;
- ловити ноћу младицу, липљана и пастрмку;
- затварати, одвраћати и исцрпљивати воду из риболовне воде, ако се тиме проузрокује опасност за опстанак риба;
- технички неоправдано испуштати воду из природних и вештачких језера и других акумулација ако се тиме проузрокује опасност за опстанак рибе;
- обављати неовлашћено порибљавање и транслокација рибе;
- спречавати спашавање рибе и рибље млађи са земљишта које је поплављено;
- кретање лицу без дозволе за привредни или рекреативни риболов са средствима и алатима за риболов ван путева на рибарском подручју, а у непосредној близини риболовне воде;
- постављање ограда или било каквих препрека којима се спречава приступ рибочувара риболовној води;
- употреба алата за привредни риболов на риболовној води која није намењена за обављање привредног риболова;
- загађивати риболовну воду штетним и опасним материјама које могу мењати или погоршавати устаљени квалитет риболовне воде и на тај начин угрожавати рибљи фонд, итд.

- у риболовну воду испуштати штетне и опасне материје или на њу деловати другим агенсима који би нарушили њене физичке, хемијске, биолошке и амбијенталне одлике, пореметили устаљени квалитет воде, угрозили здравствено стање, живот и опстанак риба и довели до нарушавања фаунистичког састава риболовне воде;
- предузимати мере које доводе до промена хидролошког режима које негативно утичу на животни циклус, посебно на мрест рибљих врста;
- уносити алохтоне врсте риба у риболовну воду, итд.

11.5. ДРУГИ ЗАКОНИ ОД ЗНАЧАЈА ЗА ОЧУВАЊЕ ВОДНИХ РЕСУРСА

Закон о заштити природе („Службени гласник РС“, бр. 36/09, 88/10, 91/10, 14/16, 95/18), између осталог, регулише однос према влажним и воденим екосистемима и њиховом живом свету као природним вредностима.

Закон о процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, бр. 135/04 и 36/09), између осталог, уређује поступак процене утицаја на животну средину у оквиру планова у области водопривредне.

Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину („Службени гласник РС“, бр. 135/04, 88/10), између осталог, уређује поступак стратешке процене утицаја на животну средину у оквиру планова, програма, основа и стратегија у области управљања водама.

Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине („Службени гласник РС“, бр.135/04 и 25/15), уређују услове и поступак издавања интегрисаних дозвола за постројења и активности које могу имати негативне утицаје на здравље људи, животну средину или материјална добра.

Закон о шумама („Службени гласник РС“, бр.30/10, 93/12, 89/15, 95/18), између осталог, уређује однос према извориштима водоснабдевања и водном режиму у шумским екосистемима.

Закон о бањама („Службени гласник РС“, бр. 80/92, 67/93, 95/18,), између осталог, уређује начин управљања бањама као природних добара у којима се користи један или више природних лековитих фактора (термалне и минералне воде, гас, лековито блато и ваздух).

Закон о метеоролошкој и хидролошкој делатности („Службени гласник РС“, бр. 88/10), између осталог, уређује начин обављања метеоролошких и хидролошких послова од интереса за Републику Србију, систем ране најаве метеоролошких и хидролошких елементарних непогода, фонд метеоролошких и хидролошких података, итд.

Закон о пловидби и лукама на унутрашњим водама („Службени гласник РС“, бр. 73/10, 121/12, 18/15, 96/15, 92/16, 104/16), између осталог, регулише услове и надлежности за обезбеђење сигурне пловидбе на унутрашњим водама, начин категоризације и одржавања пловних путева, услове коришћења обале и земљишта уз пловне путеве, изградњу лука, пристаништа и других објеката на водном путу.

Закон о рударству и геолошким истраживањима („Службени гласник РС“, бр. 101/15), између осталог, уређује начин класификације ресурса и резерви минералних сировина, као и подземних вода и геотермалних ресурса.

Закон о комуналним делатностима („Службени гласник РС“, бр. 88/11, 104/16), између осталог, регулише и област пречишћавања и дистрибуције воде за пиће и пречишћавања и одвођења атмосферских и отпадних вода, као комуналне делатности од општег интереса.

Закон о локалној самоуправи („Службени гласник РС“, бр. 129/07, 83/14), између осталог, садржи и одредбе о комуналним делатностима пречишћавања и дистрибуције воде за пиће и пречишћавања и одвођења атмосферских и отпадних вода које су у надлежности локалне самоуправе.

Закон о планирању и изградњи („Службени гласник РС“, бр. 72/09, 64/10, 24/11, 121/12, 98/13, 132/14, 145/14), између осталог, прописује услове и начин уређења простора, уређења и коришћења грађевинског земљишта и услове изградње објеката, укључујући и водне објекте и објекте који могу имати утицај на воде.

Закон о ванредним ситуацијама („Службени гласник РС“, бр. 111/09, 92/11, 93/12), између осталог, уређују деловање, проглашавање и управљање у ванредним ситуацијама системом заштите и спасавања људи, материјалних и културних добара и животне средине од елементарних непогода укључујући и поплаве, бујице, јаке кише, нагомилавање леда на водотоку.

11.6. ИНСТИТУЦИЈЕ ОД ПОСЕБНОГ ЗНАЧАЈА ЗА УПРАВЉАЊЕ ВОДАМА

Републичка дирекција за воде

Републичка дирекција за воде као орган управе у саставу Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде, обавља послове који се односе на:

- политику водопривреде;
- вишенаменско коришћење вода;
- водоснабдевање, изузев дистрибуције воде;
- заштиту од вода;
- спровођење мера заштита вода;
- планску рационализацију потрошње воде;
- уређење водних режима;
- праћење и одржавање режима вода које чине и пресецају границу Србије;
- инспекцијски надзор у области водопривреде, итд.

Јавна водопривредна предузећа

Јавна водопривредна предузећа на територији Србије су ЈВП „Србијаводе“, ЈВП „Воде Војводине“ и ЈВП „Београдводе“.

Делатност ЈВП „Србијаводе“ утврђена Законом о водама. Она обухвата:

- Уређење водотока и заштита од штетног дејства вода
 - изградња, реконструкција, санација, одржавање и управљање регулационим и заштитним водним објектима у јавној својини и одржавање водотока;
 - изградња, реконструкција, санација, одржавање и управљање водним објектима за одводњавање у јавној својини;
 - изградња, реконструкција, санација, одржавање и управљање водним објектима за заштиту од ерозија и бујица и извођење радова и мера за заштиту од ерозије и бујица;
 - спровођење одбране од поплаве, итд.
- Уређење и коришћење вода
 - израда биланса вода, контрола стања залиха водних ресурса и мере за обезбеђење њиховог рационалног коришћења и заштите;

- израда биланса подземних вода и обезбеђење рационалног коришћења и заштите овог ресурса;
- одржавање и управљање водним објектима за наводњавање у јавној својини, итд.
- Заштита вода од загађивања
 - праћење хаваријских загађења;
 - уређење водног режима заштићених области.

На подручју АП Војводина наведене делатности обавља ЈВП „Воде Војводине“, а на подручју Града Београда, ЈВП „Београдводе“.

Републички хидрометеоролошки завод

Републички хидрометеоролошки завод обавља метеоролошке и хидролошке послове као што су:

- планирање, успостављање, одржавање и развој државне мреже метеоролошких и хидролошких станица;
- систематска метеоролошка и хидролошка мерења и осматрања у државној мрежи метеоролошких и хидролошких станица;
- успостављање, функционисање и развој метеоролошког и хидролошког информационог система ради
 - прикупљања, размене и дистрибуције података о стварном и прогнозираном стању времена, климе и вода;
 - ране најаве за израду временских, климатских, агрометеоролошких, биометеоролошких, хидролошких и хидрогеолошких анализа;
 - прогноза и упозорења на метеоролошке и хидролошке елементарне непогоде и катастрофе, за израду и издавање анализа и прогноза квалитета вода у случају хаваријских загађења;
 - моделирања и прогнозе прекограничног атмосферског транспорта и депозиције загађујућих материја и радионуклида у случају удеса и акцидената;
- метеоролошко и хидролошко обезбеђење пловидбе на унутрашњим пловним путевима и копненог саобраћаја, као и обезбеђење метеоролошких и хидролошких података и информација за потребе надлежних државних органа, организација и других правних лица;
- метеоролошка и хидролошка подршка одбрани и заштити од поплава, ледених појава и других метеоролошких и хидролошких елементарних непогода и катастрофа;

- метеоролошка подршка систему за сузбијање града и другим видовима модификације времена;
- праћење и истраживање стања и промена времена, климе, водних ресурса и режима површинских и подземних вода, сунчеве радијације, енергетског потенцијала сунца, ветра и вода, као и развој и увођење у оперативну примену нумеричких модела за прогнозу времена, вода, климатских промена, квалитета ваздуха и вода и атмосферског транспорта и депозиција загађујућих материја, укључујући и радионуклиде, итд.

Агенција за заштиту животне средине

Агенција за заштиту животне средине обавља стручне послове који се односе на:

- развој, усклађивање и вођење националног информационог система заштите животне средине (праћење стања чинилаца животне средине кроз индикаторе животне средине, регистар загађујућих материја, итд.);
- спровођење државног мониторинга квалитета ваздуха и вода, укључујући спровођење прописаних и усаглашених програма за контролу квалитета ваздуха, површинских вода и подземних вода прве издани и падавина;
- управљање Националном лабораторијом;
- прикупљање и обједињавање података о животној средини, њихову обраду и израду извештаја о стању животне средине и спровођењу политике заштите животне средине;
- развој поступака за обраду података о животној средини и њихову процену;
- вођење података о најбољим доступним техникама и праксама и њиховој примени у области заштите животне средине;
- сарадњу са Европском агенцијом за животну средину (EEA) и европском мрежом за информације и посматрање (EIONET), као и друге послове одређене законом.

Институт за водопривреду „Јарослав Черни“

Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ је водећа научноистраживачка организација у Србији у области вода. Институт се поред научних истраживања, бави и пројектовањем, инжењерингом, консалтингом и израдом студија у области управљања водама у циљу унапређења животне средине и здравља људи. У оквиру Института поред лабораторије активни су стручно-истраживачки сектори у области хидрологије и хидраулике,

уређења речних токова, уређења подзмених вода, урбане хидротехнике, грађевинске конструкције, геологије, геодезије, машинства и технологије, уређења земљишта, информационих технологија и софтверског инжењеринга и уређења односа у водопривреди.

ЛИТЕРАТУРА

ЛИТЕРАТУРА

1. Allee, W. C., Park, T., Emerson, A. E., Park, O. & Schmidt, K. P. (1967). Principles of animal ecology. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
2. Babić Mladenović, M. (2018). Uređenje vodotoka. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“. ISBN 978-86-82565-51-2.
3. Baird, A. J. & Wilby, R. L. (1999). Eco-hydrology: Plants and Water in Terrestrial and Aquatic Environments. Routledge, London. ISBN 0-415-16273-4.
4. Beeby, A. & Brennan E.M. (2003). First Ecology - Ecological Principles and Environmental Issues. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-929808-2.
5. Brinley, F. (1942). Biological studies, Ohio River pollution survey, I biological zones in a polluted stream. Sewage Works Journal, Vol. 14, No. 1: 147-152.
6. Butcher, R.W. (1946). The biological detection of pollution. Inst. Sew. Purif. Meeting Midland Branch, 1-8. Birmingham.
7. Cruz, J. (2008). Ocean Wave Energy – Current Status and Future Prospects. Springer . ISBN 978-3-540-74894-6.
8. Cvijan, M. (2000). Ekologija zagađenih sredina, bioindikatori i monitoring sistem. Skripta I deo. Biološki fakultet. Univerzitet u Beogradu.
9. Diver, S. (2006). Aquaponics – integration of hydroponics with aquaculture. ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. National Center for Appropriate Technology.
10. Dojka, M. A., Hugenholtz, P., Haack, S.K. & Pace, N.R. (1998). Microbial diversity in a hydrocarbon-and chlorinated-solvent-contaminated aquifer undergoing intrinsic bioremediation. Appl. Environ. Microbiol. 64: 3869-3877.
11. Dukić, D. & Gavrilović, Lj. (2006). Hidrologija. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd. ISBN 86-17-13110-1.
12. Dražić, G. (2011). Ekoremedijacije. Udžbenik. Univerzitet Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura. Beograd. ISBN 978-86-86859-22-8.
13. Đarmati, Š., Veselinović, D., Gržetić, I. & Marković, D. (2007). Životna sredina i njena zaštita, Životna sredina. Knjiga I. Univerzitet Singidunum, Futura. Beograd. ISBN 978-86-86859-01-3.
14. Đarmati, Š., Veselinović, D., Gržetić, I. & Marković, D. (2008). Životna sredina i njena zaštita, Životna sredina. Knjiga II. Univerzitet Singidunum, Futura. Beograd. ISBN 978-86-86859-07-5.
15. Edward, G. & Sigee, D. C. (2010). Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators. Woter environment research. DOI: 101002/9780470689554.

16. Gabriel, J. (1946). Principy biologického hodnocení vody. Časopis lékařů Českých. No. 85:1425-1431.
17. Gazem, M.A. & Nazareth, S. (2013). Sorption of lead and copper from an aqueous phase system by marine-derived *Aspergillus* species. *Annals of Microbiology*, 63 (2): 503–511.
18. Grginčević, M. & Pujin, V. (1998). Hidrobiologija. Priručnik za studente i poslodiplomce. Ekološki pokret grada Novog Sada. Novi Sad. ISBN 86-83177-01-7.
19. Harvey, H.W. (1928). *Biological Chemistry and Physics of Sea Water*. New York. ISBN 978-1-107-50251-2.
20. Houillon, G. & Joliet, O. (2005). Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis. *Journal of Cleaner Production*, 13 (3): 287-299.
21. Hojase, S., Byungho, H., Sang-Seob, L. & Sung-Ho, K. (2005): Kinetics of BTEX biodegradation by a coculture of *Pseudomonas putida* and *Pseudomonas fluorescens* under hypoxic conditions. *Biodegradation*, 16: 319–327.
22. Hutchinson, G. E. & Löffler, H. (1956). The thermal classification of lakes. *Proc. Nat Acad Sci USA*, 42(2): 84-86. Washington.
23. Janković, M.M. (1990). Fitoekologija s osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na Zemlji. Naučna knjiga. Beograd. ISBN 86-23-23039-6.
24. Joshi, P.K., Swarup, A., Maheshwari, S., Kumar, R. & Singh, N. (2011). Bioremediation of heavy metals in liquid media through fungi isolated from contaminated sources. *Indian Journal of Microbiology*, 51 (4): 482–7.
25. Karas, P.A., Perruchon, C., Exarhou, K., Ehalotis, C. & Karpouzias, D.G. (2011). Potential for bioremediation of agro-industrial effluents with high loads of pesticides by selected fungi. *Biodegradation*, No. 22 (1): 215–28.
26. Kolkwitz, R. & Marsson, M. (1909). Ökologie der tierischen Saprobien. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, No. 2: 126-152.
27. Laušević, R. (Ed.) (2000). I reke ubijaju, zar ne? Društvo ekologa Srbije, Zavod za zaštitu prirode Srbije. Beograd.
28. Ljubisavljević, D., Đukić A. & Babić, B. (2004). Prečišćavanje otpadnih voda. Građevinski fakultet. Beograd.
29. Marshall, P. & Schuttenberg, H. (2006). *A Reef Manager's Guide to Coral Bleaching*. Townsville, Australia. ISBN 978-1-876945-40-4.
30. McCormick, P.V. & Cairns J.Jr. (1994). Algae as indicators of environmental change. *Journal of Applied Phycology*, 6: 509–526.
31. MacKenzie, E. (2019). Microplastics a million times more abundant in the ocean than previously thought. UC San Diego. <https://ucsdnews.ucsd.edu/>

32. Myers, T., Murphy, B. & Omaye, S. (2017): Hybrid between aquaculture and hydroponics. University of Nevada, Reno. Nevada Agricultural Experiment Station. http://naes.unr.edu/fieldday/abstracts_view.aspx?msg01Qwer7tyx9=165.
33. Milojević, M., Daković, S., Maksimović, Č. & Ljubisavljević, D. (1987). Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda, I deo. Građevinski kalendar, SGITJ. Beograd.
34. Martinović-Vitanović, V. & Kalafatić, V. (1995). Osnovne hidrobiološke karakteristike kopnenih voda Jugoslavije. In: Stevanović, V., Vasić, V. (Eds.): Biodiverzitet Jugoslavije. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu & Ekolibri. Beograd. ISBN 86-7078-004-6.
35. Patrick, R. (1953). Aquatic organisms as an aid in solving waste disposal problems. *Sewage and Industrial Wastes*. Vol. 25, No. 2: 210-217.
36. Pavlineri, N., Skoulidakis, N. & Tsihrintzis, V. (2016). Constructed Floating Wetlands: A review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis. *Chemical Engineering Journal*, 308: 1120-1132.
37. Počuča, N. (2008). Ekohidrologija, zagađenje i zaštita voda. Građevinska knjiga. Zrenjanin. ISBN 978-86-395-0540-0.
38. Prenafeta-Boldú, F. X., Ballerstedt, H., Gerritse, J., Grotenhuis, J.T.C. (2004). Bioremediation of BTEX Hydrocarbons: Effect of Soil Inoculation with the Toluene-Growing Fungus *Cladophialophora* Sp. Strain T1. *Biodegradation*, 15 (1): 59-65.
39. Rabus, R., Wilkes, H., Schramm, A., Harms, G., Behrends, A., Amann, R. & Widdel, F. (1999). Anaerobic utilization of alkylbenzenes and n-alkanes from crude oil in an enrichment culture of denitrifying bacteria affiliating with the β -subclass of Proteobacteria. *Environ. Microbiol.*, 1: 145-157.
40. Raičević, V., Lalević, B., Dabić, D., Kiković, D., Jovanović, Lj. & Nikšić, M. (2007). Mikroorganizmi u bioremedijaciji zemljišta i voda. *Zaštita materijala* 48, Br. 2: 49-52.
41. Rodriguez-Iturbe, I., Porporato, A., Laio, F. & Ridolfi, L. (2001). Plants in water-controlled ecosystems: Active role in hydrologic processes and response to water stress I. Scope and general outline, *Adv. Water Resour.*, 24: 695-705.
42. Sládaček, V. (1962). Waser water classification from biological point of view. *Vodni hospodarstvi*, 12: 197-199. Bratislava.
43. Sládaček, V. (1963). A scheme of the biological classification of waters. *Vodni hospodarstvi*, 13: 421-422. Bratislava.
44. Sládaček, V. (1973). System of Water Quality. *Archiv für Hydrobiologie. Beiheft: Ergebnisse der Limnologie* 7. Stuttgart.
45. Stanković, S. (1962). Ekologija životinja. Univerzitet u Beogradu. Zavod za udžbenike NRS. Beograd.
46. Stevanović, B. & Janković, M.M. (2001). Ekologija biljaka sa osnovana fiziološke ekologije biljaka. NNK International. Beograd. ISBN 86-83635-04-x.

47. Strong, P.J. & Burgess, J.E. (2007). Bioremediation of a wine distillery wastewater using white rot fungi and the subsequent production of laccase. *Water Science and Technology*, 56 (2): 179–86.
48. Veljković, N. (Ed.) (2015). Status površinskih voda Srbije, Analize i elementi za projektovanje monitoringa. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine. ISBN 978-86-87159-14-3.
49. Vouk, D., Malus, D. & Tedeschi M. (2011). Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. *Građevinar*, 63/4: 341-349.
50. Vrhovšek, D., Vovk Korže, A., Lovka, M., Kryštufek, B., Sovinc, A., Bertok, M., Vrhovšek, M., Kovač, M. & Fischer, W. (2008). Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. *Limnos*. Ljubljana. ISBN 9616656120.
51. Veljković, N. (2006). Indikatori održivog razvoja i upravljanje vodnim resursima. *Zadužbina Andrejević*. ISBN: 86-7244-517-1.
52. Wang, L., Manzoni, S., Ravi, S., Riveros-Iregui, D. & Caylor, K. (2015). Dynamic Interactions of Ecohydrological and Biogeochemical Processes in Water-limited Systems. *The Ecological Society of America*. <https://doi.org/10.1890/ES15-00122.1>
53. Wang, C.Y. & Sample, D.J. (2014). Assessment of the nutrient removal effectiveness of floating treatment wetlands applied to urban retention ponds. *J. Environ. Manage*, 137 (2014): 23–35.
54. Wang, C.Y., Sample, D.J., Day, S.D. & Grizzard, T.J. (2015). Floating treatment wetland nutrient removal through vegetation harvest and observations from a field study. *Ecol. Eng*. 78: 15–26.

СТРАТЕГИЈЕ И ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (Official Journal L 327 , 22/12/2000 P. 0001 – 0073).
2. Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода („Службени гласник РС”, бр. 74/11).
3. Правилник о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања („Службени гласник РС”, бр. 92/08).
4. Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године („Службени гласник РС”, бр. 3/17).
5. Уредба о ратификацији Конвенције о мочварама које су од међународног значаја, посебно као пребивалиште птица мочварица („Службени лист СФРЈ - Међународни уговори”, бр. 9/77).
6. Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС”, бр. 24/14).
7. Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС”, бр. 67/11, 48/12, 01/16).
8. Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање („Службени гласник РС”, бр. 50/12),
9. Закон о водама („Службени гласник РС”, бр. 30/10, 93/12, 95/18).
10. Закон о заштити животне средине („Службени гласник РС”, бр. 72/09, 43/11, 14/16, 76/18, 95/18).
11. Закон о заштити природе („Службени гласник РС”, бр. 36/09, 88/10, 91/10, 14/16, 95/18).
12. Закон о заштити и одрживом коришћењу рибљег фонда („Службени гласник РС”, бр. 36/09, 128/14, 95/18).

ИЗВОРИ ФОТОГРАФИЈА

Слика 2. Модификовано са <https://ngee-tropics.lbl.gov/research/hydrology/>

Слика 3. <http://27.109.7.67:1111/econtent/water/water-molecule.php>

Слика 4. <http://philschatz.com/chemistry-book/contents>

Слика 5. <https://socratic.org/questions/in-which-state-of-matter-do-molecules-have-the-highest-kinetic-energy>

Слика 6. Модификовано са <https://idahoaskascientist.com/2015/11/04/if-molecules-in-colder-things-get-denser-why-does-ice-float/>

Слика 7. Модификовано са https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_map_Winkel_Tripel_proj_-0deg_centered.svg

Слика 8. Модификовано са <https://www.pinterest.com/>

Слика 9. Модификовано са <http://quizlet.com/422336521/seafloor-diagram/>

Слика 12. Модификовано са <https://adventure.howstuffworks.com/outdoor-activities/water-sports/surfing5.htm>

Слика 14. <http://www.gkplanet.in/2017/05/oceanic-currents-of-world-pdf.html>

Слика 15. Модификовано са <https://www.wavenergy.it/about/>

Слика 17. Модификовано са <https://www.istockphoto.com/search/2/image?mediatype=illustration&phrase=groundwater+well>

Слика 18. <https://www.pinterest.co.uk/pin/106890191129375840/>

Слика 19. <http://www.testech-elect.com/solinst/direct-push-equipment.html>

Слика 20. <https://springstewardshipinstitute.org/limnocene>

Слика 21. <https://springstewardshipinstitute.org/limnocene>

Слика 22. Модификовано са <http://www.geografija.in.rs>

Слика 24. <http://www.images.visitserbia.org>

Слика 25. <http://www.flickr.com>

Слика 26. <http://www.alzinar.com>

Слика 27. Модификовано са <http://device-heal.ixorto.it/heal-device/drainage-basin-divide-water-flow-diagram>

Слика 28. <https://sites.google.com/site/branislavsarcevic/zapadna-morava>

Слика 29. <https://www.shtreber.com/hidrografija-srbije>

Слика 30. <http://thebritishgeographer.weebly.com/river-landforms.html>

Слика 31. Модификовано са <http://obnovljiviizvorienergije.rs/>

Слика 32. Модификовано са https://www.waterontheweb.org/under/lakeecology/10_biological_lakezones.html

- Слика 35. Модификовано са https://en.wikipedia.org/wiki/Stable_and_unstable_stratification
- Слика 37. <http://www.themanyfacesofwater.eu/index.php/2017/05/19/measuring-water-clarity-with-secchi/>
- Слика 38. <https://www.eurekalert.org/multimedia/msp/pub/113860.php>
- Слика 39. Модификовано са <https://www.rmbel.info/primer/lake-eutrophication/>
- Слика 40. <http://wild-serbia.com>
- Слика 41. <http://panoramio.com>
- Слика 43. <http://marshscience7.blogspot.com/2014/02/how-ecosystems-change-ecological.html>
- Слика 44. <http://www.kids.britanica.com>
- Слика 45. <http://wikipedia.org/wiki/Sphagnum#/media/File:Sphagnum.flexuosum.jpg>
- Слика 46. https://www.nmr-pics.nl/Hydrobiidae_new/album/slides/Hydrobia%20djerbaensis.html
- Слика 47. <https://videohive.net/item/mite-hydrachnidia-under-the-microscope/24001037>
- Слика 48. <https://bugguide.net/node/view/1102042>
- Слика 49. [en.wikipedia.org/wiki/Symphyla#/media/File:Symphyla_\(unknown_species\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Symphyla#/media/File:Symphyla_(unknown_species).jpg)
- Слика 50. <https://www.pinterest.com/irena6648/copepoda/>
- Слика 51. <https://rhondas-aviary.shoplightspeed.com/live-isopods-dwarf-white-trichorhina-tomentosa-15c.html>
- Слика 52. Модификовано са <https://www.toppr.com/ask/content/story/amp/plant-adaptations-to-various-ecosystems-117910/>
- Слика 53. <https://fineartamerica.com/featured/hydrophyte-stem-and-aerenchyma-i-alker.html?product>
- Слика 54. <https://www.flickr.com/photos/146824358@N03/35811246111>
- Слика 55. Модификовано са <https://www.pinterest.com/pin/232146555782233042/>
- Слика 56. <https://www.infoflora.ch/en/flora/pinguicula-leptoceras.html>
- Слика 57. <https://www.pinterest.com/pin/393009504989504355/>
- Слика 59. <https://en.wikipedia.org>
- Слика 60. http://www.keweenawalgae.mtu.edu/gallery_images/cyanobacteria/
- Слика 61. <http://protist.i.hosei.ac.jp>
- Слика 62. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Daphnia_magna_with_Hamiltosporidium_magnivora

Слика 63. <http://www.geocaching.com>

Слика 64. Модификовано са <http://shssenvironmentalscience.weebly.com/sources-of-water-pollution.html>

Слика 65. https://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/marslife/slide_27.html

Слика 66. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Entamoeba_histolytica.jpg

Слика 68. <https://www.baamboozle.com/game/192919>

Слика 69. https://prom-water.ru/en/catalog/industrial_water_treatment_systems/water_treatment

Слика 70. Модификовано са <https://www.turbosquid.com/3d-models/water-treatment-clarifier-3d-model-1387453>

Слика 71. <https://www.westech-inc.com/products/electrodeionization-edi>

Слика 72. Модификовано са <https://www.wikiwand.com/en/Electrodeionization>

Слика 73. <https://uzickanedelja.rs/vazna-javna-prezentacija/>

Слика 74. Модификовано са https://en.wikipedia.org/wiki/Water_treatment#/media/File:Illustration_typical_of_a_drinking_water_treatment_process.png

Слика 75. <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/en/node/2780>

Слика 76. <https://www.pinterest.com/pin/309692911868113542/>

Слика 77. Модификовано са <https://phytoremediationproject.weebly.com/>

Слика 78. Модификовано са <http://www.tal2000.spletnestrani.com/urejanje-vrtov/rastlinske-cistilne-naprave/>

Слика 79. <https://www.globalwettech.com/about-constructed-wetlands.html>

Слика 80. <https://www.pinterest.com/pin/112871534389016716/>

Слика 81. Модификовано са <https://www.flseagrant.org/aquaculture/aquaponics/>

Слика 82. <http://www.projectfeed1010.com/blog/2014/07/16/comparing-the-different-methods-of-aquaponics-growing/>

Слика 83. <https://www.pinterest.com/pin/11892386499308832/>

Слика 84. <https://www.pinterest.com/pin/799951952532663197/>

Слика 85. <https://midwestfloatingisland.com/floating-island-photos/>



БИОГРАФИЈА

Проф. др Лидија (Ђорђевић) Амићић

Лидија (Ђорђевић) Амићић рођена је у Приштини где је завршила гимназију и основне студије на Одсеку за биологију Природно-математичког факултета Универзитета у Приштини. Магистарски рад и докторску дисертацију из области еколошке физиологије биљака одбранила је на Биолошком факултету Универзитета у Београду.

Од 1982. до 2004. године радила је у звању асистента, а потом доцента и ванредног професора на Одсеку за биологију Природно-математичког факултета Универзитета у Приштини (Косовској Митровици). Од 2004. до 2016. године била је ангажована у звању редовног професора на Факултету за примењену екологију Футура Универзитета Сингидунум, а од 2016. до 2019. године на Факултету за екологију и заштиту животне средине Универзитета Унион - Никола Тесла. Од 2019. године поново ради на Универзитету Сингидунум на студијском програму Животна средина и одрживи развој.

Од 1994. до 1999. године радила је и у Заводу за заштиту природе Србије – Радној јединици у Приштини, као стручни саветник и шеф Радне јединице. Године 1999. прешла је у дирекцију Завода у Београду где је наставила рад као помоћник директора, а потом, од 2000 до 2008. године и као директор Завода.

Лидија Амићић до сада је написала око 150 научних и стручних радова. Аутор је или коаутор 15, и уредник 9 монографских издања. За потребе наставе написала је 7 скрипти и 5 универзитетских уџбеника. Такође, руководилац је израде и коаутор 9 студија заштите природе. Учествовала је у 25 националних и међународних пројеката из области заштите природе и очувања биодиверзитета.

Добитник је годишње награде Маслинова грана за „добро дело учињено природи“.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502.131.1:502.5

АМИЦИЋ, Лидија, 1957-

Одрживо управљање водним ресурсима / Лидија Амићић. - 1. изд. - Београд
: Универзитет Сингидунум, 2021 (Београд : Caligraph). - V, 247 стр. : илустр. ; 24
cm

На врху насл. стр.: Животна средина и одрживи развој. - Ауторкина слика. -
Тираж 300. - Биографија Л. Амићић: стр. 247. - Библиографија: стр. 239-243.

ISBN 978-86-7912-753-2

а) Воде -- Одрживи развој

COBISS.SR-ID 37746185

© 2021.

Sva prava zadržana. Nijedan deo ove publikacije ne može biti reprodukovan u bilo kom vidu i
putem bilo kog medija, u delovima ili celini bez prethodne pismene saglasnosti izdavača.



Лидија Амиџић

ОДРЖИВО УПРАВЉАЊЕ ВОДНИМ РЕСУРСИМА

Природне вредности су све творевине, појаве и процеси на планети Земљи који су настали и постоје независно од човека. Природни ресурси представљају природне вредности које се директно или индиректно могу користити и имају реалну или потенцијалну економску вредност. Вода је и природна вредност, и природни ресурс који је неисцрпљив под условом да се њиме одрживо и интегрално управља.

На нашој планети вода гради хидросферу. Од укупне количине воде, питка и лако доступна копнена вода чини свега 0,014% хидросфере. Експоненцијални раст светског становништва и неадекватно управљање водним ресурсима, довели су до глобалне кризе воде као међународног проблема. Ова криза испољава се кроз потешкоће у обезбеђивању свеже воде за потребе становништва, индустрије и пољопривреде услед њеног прекомерног коришћења и загађења. Због тога водни ресурси као ограничавајући фактор развоја постају једна од најважнијих ставки у стратешком планирању развоја сваке заједнице. Стратешки гледано, одговорно и интегрално управљање водним ресурсима мора да обухвати одржавање и унапређење водног режима водених и копнених екосистема, обезбеђивање потребних количина воде задовољавајућег квалитета за различите намене и потребе становништва, заштиту вода од загађења и заштиту од штетног дејства вода.