

MARINA
VILENICA

MARKO
ČAleta



Sveučilište u Zagrebu
Učiteljski fakultet

PRIRUČNIK ZA NASTAVU PRIRODOSLOVLJA



EKOLOGIJA · ZAŠTITA PRIRODE · RAZNOLIKOST ORGANIZAMA



Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu
Manualia Universitatis studiorum Zagrabiensis

NAKLADNIK

Sveučilište u Zagrebu Učiteljski fakultet

ZA NAKLADNIKA

prof. dr. sc. Blaženka Filipan-Žignić

GLAVNA UREDNICA

izv. prof. dr. sc. Marijana Županić Benić

Recenzenti

prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević

prof. dr. sc. Maja Popović

Lektura i korektura

Božica Vuić, prof.

Izrada naslovnice

doc. dr. art. Ivana Gagić Kičinbači

Grafička i likovna priprema

Mario Rogić

ISBN 978-953-380-038-7

Objavljivanje ovog sveučilišnog priručnika odobrio je Senat Sveučilišta u Zagrebu odlukom klasa: 032-01/23-02/42 ubroj: 251-25-07-01/2-24-5 od 15. listopada 2024.

Knjiga je objavljena uz potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i mladih Republike Hrvatske.

Objavljeno u prosincu 2025.

© Sveučilište u Zagrebu Učiteljski fakultet

izv. prof. dr. sc. Marina Vilenica
prof. dr. sc. Marko Čaleta

PRIRUČNIK ZA NASTAVU PRIRODOSLOVLJA

**EKOLOGIJA
ZAŠTITA PRIRODE
RAZNOLIKOST ORGANIZAMA**



Sveučilište u Zagrebu
Učiteljski fakultet
Zagreb, 2025.

SADRŽAJ

Predgovor.	9
---------------------------	----------

I. Organizmi i njihov okoliš. 12

1. Ekološki čimbenici.	16
2. Abiotički ekološki čimbenici – temperatura	18
3. Abiotički ekološki čimbenici – svjetlost	22
4. Abiotički ekološki čimbenici – voda i vlaga	25
5. Ostali abiotički čimbenici	29

II. Kruženje tvari i biogeokemijski ciklusi 30

1. Kruženje kisika	33
2. Kruženje vodika	34
3. Kruženje ugljika	36
4. Kruženje dušika	38
5. Kruženje sumpora.	41
6. Kruženje fosfora.	43
7. Eutrofikacija	45
8. Gnojidba i izmjena kultura u uzgoju biljaka	48

III. Međuovisnost živih organizama u ekosustavu 50

IV. Međuovisnost živih organizama u populacijama. 61

1. Prostorni raspored.	63
2. Gustoća populacije	64
3. Rast populacije	64
4. Dobna struktura jedinki unutar populacije	65
5. Odnosi između populacija – biotički čimbenici	66

V. Biomi i kopneni ekosustavi76

1. Tundra. 79
2. Travnjaci 82
3. Tajga 85
4. Šume umjerenoga pojasa 87
5. Šume tropskoga pojasa 91
6. Mediteranska vegetacija 93
7. Pustinje 97

VI. Vodeni ekosustavi: ekosustav mora 102

1. Obilježja morske vode 105
2. Životne zone u moru 107

VII. Vodeni ekosustavi: slatkovodni ekosustavi ili ekosustavi kopnenih voda 114

VIII. Životne zajednice slatkovodnih ekosustava 126

1. Životne zajednice podzemnih slatkovodnih staništa 128
2. Životne zajednice nadzemnih slatkovodnih ekosustava – biljne zajednice (fitocenoze). 130
3. Životne zajednice nadzemnih slatkovodnih ekosustava – životinjske zajednice (zoocenoze) 134
4. Obraštajne životne zajednice – perifiton. 141

IX. Ekosustav i životne zajednice tla 142

X. Čovjek i njegov utjecaj na okoliš. 154

1. Globalne promjene na Zemlji. 157
2. Zaštita prirode. 163

XI. Raznolikost živoga svijeta 170

1. Klasifikacija živoga svijeta	174
2. Virusi	175
3. Bakterije (Eubacteria)	176
4. Arheje (Archaea)	178
5. Eukarioti (Eukarya)	179
5.1. Protisti (Protista).	179
5.2. Gljive (Funghi)	187
5.3. Biljke (Plantae)	191
5.4. Životinje (Animalia)	201

XII. Primjeri praktičnih projektnih zadataka 225

1. Odnosi između populacija istih i različitih vrsta	227
2. Učinak mineralnih soli na rast planktonskih algi (fitoplanktona)	228
3. Malo botaničko istraživanje – zavičajne ili autohtone vrste vs. strane ili alohtone i invazivne vrste biljaka.	230
4. Učinak gujavica na rast biljaka	232
5. Izradimo svoj vlastiti kompost.	234
6. Tko živi na površini tla?	236
7. Zaštita prirode i važnost recikliranja otpada.	238
8. Promatranje i skupljanje tragova životinja	245
9. Koliko je onečišćen zrak koji udišemo?.	246
10. Vodeni i kopneni ekosustavi i biomi	248

POPIS LITERATURE	257
-----------------------------------	------------

KAZALO.	265
------------------------	------------

Predgovor

Sveučilišni *Priručnik za nastavu prirodoslovlja – Ekologija, zaštita prirode i raznolikost organizama* namijenjen je uporabi u nastavi predmeta (kolegija) iz područja prirodnih znanosti koji su dio obaveznoga studijskoga programa obrazovanja učitelja razredne nastave i odgojitelja. Kvalitetno obrazovanje učitelja i odgojitelja treba odgovoriti na potrebe suvremene odgojno-obrazovne prakse. U slučaju hrvatskoga sustava odgoja i obrazovanja to znači usklađenost sa zahtjevima koje postavlja novi kurikularni pristup usmjeren na razvoj kompetencija, ne samo djece i učenika, već i odgojitelja i učitelja. Priručnik je napisan u trenutku kada je u Republici Hrvatskoj započeo s provedbom eksperimentalni program „Osnovna škola kao cjelodnevna škola: Uravnotežen, pravedan, učinkovit i održiv sustav odgoja i obrazovanja“. U sklopu toga programa Prirodoslovlje je izdvojeno kao zaseban predmet koji se predaje od prvog do šestog razreda osnovne škole s ciljem snažnijega poticanja i stvaranja više prilika za bolji razvoj prirodoslovne pismenosti. Od učitelja to zahtijeva opširnije i detaljnije bavljenje svim prirodoslovnim temama, uključujući i one poput ekologije, zaštite prirode i raznolikosti živih organizama za što je (sadašnjim i budućim) odgojiteljima i učiteljima potrebno

pružiti dodatnu podršku. Stoga se ovim Priručnikom nadoknađuje nedostatak odgovarajuće literature na hrvatskome jeziku koja bi pratila silabe visokoškolskih obaveznih kolegija Prirodoslovlja ili s njima povezanih izbornih kolegija usmjerenih na prirodoslovne teme. Naime, udžbenik Prirodoslovlje autora Delić i Vijtiuk iz 2004. godine, unatoč svojoj kvaliteti, napisan je za studente Učiteljske akademije i tadašnjih visokih učiteljskih škola pa samo jednim dijelom odgovara zahtjevima koje pred buduće učitelje i odgojitelje postavlja suvremeni kurikulum.

Ovaj Priručnik obuhvaća teme iz više znanstvenih područja i njihovih grana (biologija, ekologija, zaštita prirode, botanika, zoologija ...). S obzirom na multidisciplinarnost kao obilježje studijskih programa obrazovanja učitelja i odgojitelja, različita temeljna predznanja studenata te nužnost ostvarivanja predviđenih ishoda kolegija, Priručnik je zamišljen tako da svojim pristupom i opsegom bude prikladan vrlo heterogenoj skupini studenata. Pojedine tematske cjeline logično su poredane i međusobno povezane, no s obzirom na to da je svaka tema cjelovita i zaokružena, priručnikom se moguće služiti i napreskokce, ne slijedeći redoslijed poglavlja. Kao autori trudili smo se temeljne pojmove i procese objasniti jednostavno i sažeto, no unatoč tome u potpunosti zadržati znanstveni pristup, rabeći primjerenu terminologiju i ne odstupajući od znanstvenih i stručnih činjenica. Na taj smo način pokušali oblikovati priručnik koji će biti prikladan za nastavu i onim studentima čija su prethodna znanja iz navedenih područja minimalna i ograničena, kako bi bez poteškoća razumjeli sadržaj Priručnika. S druge strane, studentima većeg predznanja ili onima s izraženijim zanimanjem za područje prirodoslovlja, Priručnikom smo pokušali pružiti dovoljno informacija za nadograđivanje ili proširivanje znanja. Želja nam je bila napraviti priručnik kojim se mogu služiti i svi drugi studenti kao pomoćnom literaturom za izborne kolegije, ali i učenici u srednjoškolskom obrazovanju kojima je potrebno poznavanje problematike ekologije, zaštite okoliša i raznolikosti organizama.

Razlog izdavanja udžbenika u digitalnom obliku bila je želja da se omogući njegova što lakša dostupnost svim korisnicima u modernom digitalnom okruženju, kao i mogućnost znatno lakšega dopunjavanja i ispravljanja sadržaja Priručnika, što je u današnje vrijeme

neophodno s obzirom na izuzetno brze promjene i nova saznanja u području prirodnih znanosti.

Na kraju, zahvaljujemo svim studentima i kolegama koji su nas na razne načine potaknuli na pisanje ovog priručnika. Našim recenzentima prof. dr. sc. Renati Matonićkin Kepčija, prof. dr. sc. Zlatku Mihaljeviću i prof. dr. sc. Maji Popović, velika hvala na strpljenju, na iscrpnim i stručnim komentarima te konstruktivnim savjetima. Hvala dragim kolegama izv. prof. dr. sc. Zoranu Marčiću, prof. dr. sc. Antunu Alegru, prof. dr. sc. Lidiji Cwikić, izv. prof. dr. sc. Andreji Brigić, prof. dr. sc. Maji Gligori Udovič, izv. prof. dr. sc. Petru Žutiniću, dr. sc. Arminu Mešiću i dr. sc. Aljoši Dupliću na podršci, izdvojenom vremenu i volji da nas dodatno savjetuju o poglavljima iz svojih područja ekspertize. Svojim su primjedbama i savjetima svi navedeni kolege dali bitan doprinos našem priručniku.

Nadamo se ovaj Priručnik naći put do svojih korisnika te da će oni uživati u čitanju Priručnika jednako kao što smo mi uživali u njegovu pisanju.





I.

ORGANIZMI I NJIHOV OKOLIŠ

Ekologija je znanstvena disciplina koja proučava odnose između živih bića i okoliša u kojemu ona žive. Charles Darwin bio je među prvim prirodoslovcima koji je opisao značajnija ekološka opažanja u svojoj knjizi „O podrijetlu vrsta” 1859. godine. Termin ekologija (grč. *oikos* – kuća, dom, stanište; *logos* – govor, smisao, znanje) u biologiju je po prvi put uveo njemački znanstvenik Ernst Haeckel u svojoj knjizi pod nazivom „Sveopća morfologija organizama“, objavljenoj 1866. godine.

Postoji nekoliko ekoloških hijerarhijskih razina te se od najnižih prema najopćenitijim kategorijama mogu razlikovati **jedinke**, **populacije**, **životne zajednice** ili cijeli **ekološki sustavi** (**ekosustavi**) (Slika 1.1.).

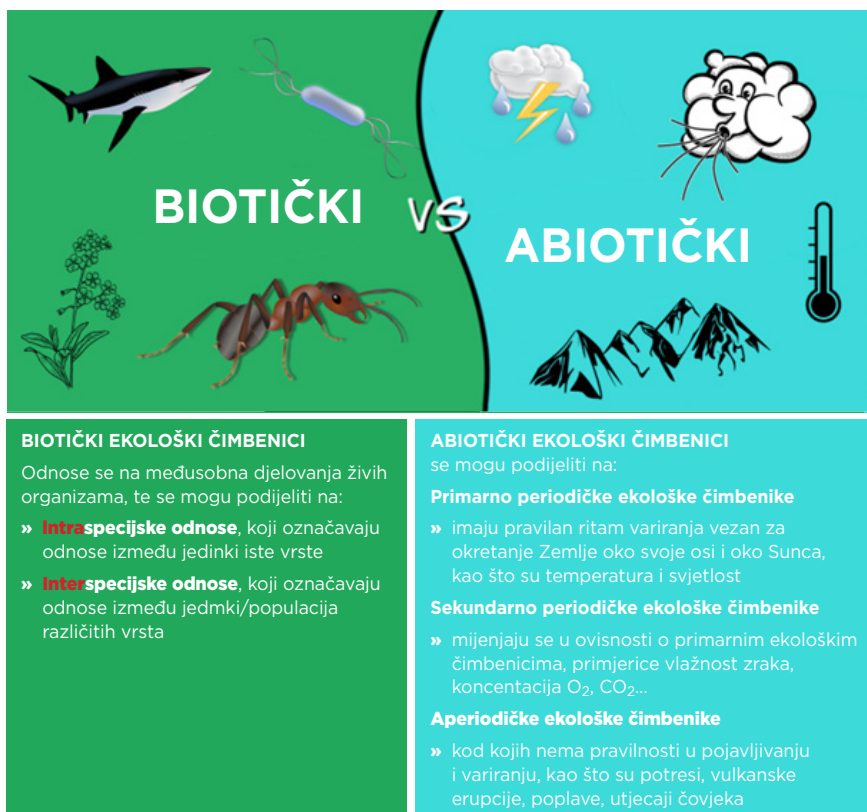


Slika 1.1. Ekološke hijerarhijske razine: ekosustavi, životne zajednice, populacije i jedinke dio su sveukupnosti živoga svijeta na Zemlji, biosfere.

Biološke značajke neke vrste istražuju se s ciljem razumijevanja utjecaja raznih ekoloških čimbenika na njezine morfološke, fiziološke ili genske značajke, ili pak opstanak te vrste u određenom okolišu. Sve su jedinke u prirodi međusobno povezane te žive u skupinama u kojima su međusobno ovisne. Takve skupine jedinki iste vrste koje žive na nekom prostoru (njihovom staništu) nazivaju se populacije. Zajednice organizama su taksonomski i funkcionalno specifične grupe organizama (primjerice sisavci (Mammalia), ptice (Aves), kukci (Insecta) koje žive na pojedinom staništu (primjerice rijeka, jezero, šuma, livada), dok svi organizmi koji obitavaju na određenom staništu čine životnu zajednicu tog staništa.

Životna zajednica i stanište koje ona naseljava čine ekosustav. Svi ekosustavi na Zemlji čine biosferu, koja predstavlja sveukupnost života na Zemlji.

1. EKOLOŠKI ČIMBENICI



(prilagođeno s: <https://pixabay.com/>)

Slika 1.2. Ekološki čimbenici: biotički i abiotički.

Svi organizmi na Zemlji svoj život provode na određenom prostoru koji se naziva **stanište** ili **biotop**. Stanište je obilježeno nizom **ekoloških čimbenika** koji se mogu podijeliti na **biotičke** ili čimbenike žive prirode (**poglavlje IV-5**) i **abiotičke** ili čimbenike nežive prirode (**Slika 1.2**), a svaki od njih ima važan utjecaj na živa bića.

Svaki ekološki čimbenik u nekom okolišu ima određenu vrijednost. Najniža vrijednost nekog ekološkog čimbenika koja omogućava preživljavanje neke vrste u okolišu naziva se **ekološki minimum**, dok je **ekološki maksimum** najviša vrijednost toga istog ekološkog

čimbenika koja omogućuje opstanak te vrste u okolišu. **Ekološka valencija** predstavlja raspon između minimalne i maksimalne vrijednosti određenoga ekološkog čimbenika, unutar kojega određena vrsta može preživjeti u okolišu. **Ekološki optimum** je najpovoljnija vrijednost određenoga ekološkog čimbenika za neku vrstu, dok se oni čimbenici kojima su vrijednosti izvan ekološke valencije, zbog čega imaju presudan utjecaj na pojavnost određene vrste na nekom staništu, nazivaju **ograničavajući čimbenici**.

S obzirom na toleranciju u odnosu na vrijednosti ekoloških čimbenika, mogu se razlikovati **eurivalentne vrste (generalisti)** koje mogu podnijeti velika kolebanja vrijednosti ekoloških čimbenika u okolišu te **stenovalentne vrste (specijalisti)**, koje imaju usku ekološku valenciju.

Ako se kao primjer uzme jedan primarno periodički abiotički čimbenik, temperatura, iz sljedećega primjera može se vidjeti kako postoje vrste koje podnose široki raspon temperature u okolišu te se nazivaju **euritermnim vrstama** (primjerice šaran (*Cyprinus carpio*)), dok postoje vrste koje mogu preživjeti samo pri niskim temperaturama (primjerice kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*)) i vrste koje mogu preživjeti samo pri visokim temperaturama okoliša (primjerice gupi (*Poecilia reticulata*)) te se nazivaju **stenotermnim vrstama** (Slika 1.3).



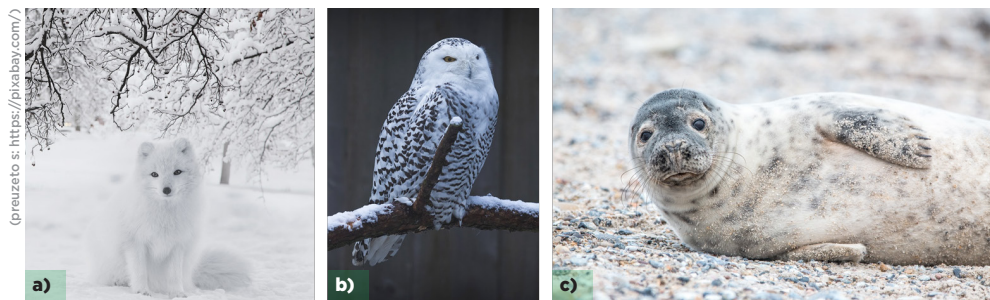
Slika 1.3. Primjeri euritermnih (šaran (*Cyprinus carpio*)) i stenotermnih (kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*) i gupi (*Poecilia reticulata*)) vrsta riba.

2. ABIOTIČKI EKOLOŠKI ČIMBENICI – temperatura

Kako bi organizmi mogli nesmetano obavljati životne aktivnosti, potrebna je odgovarajuća temperatura okoliša, s obzirom da ona utječe na sposobnost kretanja, razmnožavanja, na brzinu rasta i razvoja, ponašanje te metabolizam organizama. Metabolički procesi većine organizama nesmetano se odvijaju u temperaturnom rasponu između 0 °C i 50 °C.

Kolebanja temperature u vodenom okolišu su, zbog njezinoga visokog **toplinskog kapaciteta**, znatno manja nego što je to u kopnenom okolišu. Zbog toga su vodeni organizmi rjeđe izloženi brzim promjenama temperature okoliša. U vodenom okolišu, značajnija promjena temperature događa se tijekom izmjena godišnjih doba, dok su u kopnenom okolišu te promjene izražene na dnevnoj bazi. Upravo je promjenjivost temperature okoliša jedan od važnih ekoloških izazova za organizme, s obzirom da se povećanjem temperature okoliša ubrzavaju i kemijske reakcije u organizmu, što može dovesti i do njegova otežanoga funkcioniranja. Naime, u slučaju nagloga povišenja temperature okoliša, organizam može otežano ili potpuno prestati funkcionirati jer će imati naglu povećanu potrebu za hranom i kisikom koju neće moći zadovoljiti. Za kopnene organizme stoga je važna pojava tzv. **termičkoga prilagođavanja** ili **aklimacije**, postupnoga prilagođavanja na temperaturne promjene u okolišu koje se pojavljuju tijekom izmjene godišnjih doba.

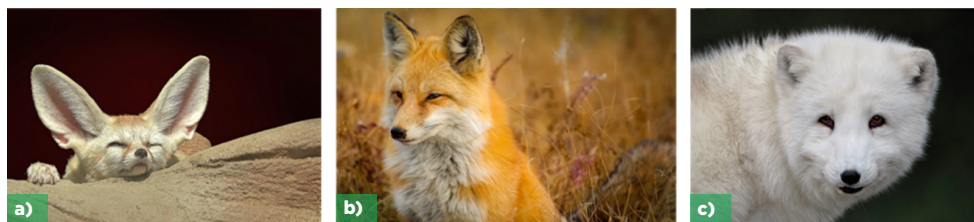
Postoje određene fiziološke, a potom i ekološke razlike između **endotermnih** (ranije se koristio kolokvijalni naziv toplokrvni) i **ektotermnih** (ranije se koristio kolokvijalni naziv hladnokrvni) organizama koje su vezane uz promjene temperature okoliša. Kod ektotermnih organizama, temperatura tijela ovisi o temperaturi okoliša. Stoga u umjerenim klimatskim područjima svijeta, ovakvi organizmi prezimljavaju primjerice smanjujući svoju aktivnost tijekom hladnoga



Slika 1.4. Neke od prilagodbi endotermnih organizama u klimatski hladnim područjima svijeta: a) polarna lisica (*Vulpes lagopus*) s debelim slojem dlake, b) snježna sova (*Bubo scandiacus*) s debelim slojem perja i c) obični tuljan (*Phoca vitulina*) s debelim slojem masnoga tkiva na tijelu.

razdoblja godine, zime, spavajući **zimski san (hibernacija)**. Hibernacija je karakteristična za mnoge vodozemce (Amphibia) i gmazove (Reptilia) umjerenih područja, ali i za neke sisavce poput šišmiša (primjerice širokouhi mračnjak (*Barbastella barbastellus*), ježeva (primjerice europski jež (*Erinaceus europaeus*), tekunica (primjerice europska tekunica (*Spermophilus citellus*)), svizaca (primjerice alpski svizac (*Marmota marmota*)), puhova (primjerice sivi puh (*Glis glis*)), jazavaca (primjerice europski jazavac (*Meles meles*)) i medvjeda (primjerice mrki medvjed (*Ursus arctos*)). Mnoge pak životinje, poput većine kukaca, kao odrasle jedinke ugibaju tijekom zime, ostavljajući za sobom jajašca, kukuljice ili ličinke, stadije u kojima će prezimiti primjerice pod zemljom ili ispod kore drveća. One će se dolaskom proljeća aktivirati i početi razvijati. S druge strane, endotermni organizmi održavaju stalnu tjelesnu temperaturu, bez obzira na temperaturu okoliša. U ove dvije skupine organizama postoji i razlika u reakciji metaboličkih procesa na temperaturne promjene u okolišu. Primjerice, kako temperatura okoliša pada, bazalni metabolizam endotermnih organizama se ubrzava kako bi se temperatura tijela održala stalnom, a ektotermnih organizama usporava zajedno sa smanjenjem temperature.

Endotermni organizmi posjeduju **prilagodbe** koje im omogućavaju preživljavanje u klimatski hladnim i klimatski vrućim područjima svijeta. Oni koji naseljavaju klimatski hladna područja Zemlje, na svojoj površini tijela imaju **debeli sloj dlake, perja** ili **masnoga tkiva** koje ih grije (djeluje kao izolator) i pomaže u održavanju stalne tjelesne temperature (**Slika 1.4**).



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 1.5. Primjer ekoloških pravila vezanih uz prilagodbu endotermnih organizama klimatski hladnim i vrućim područjima svijeta – Allenovo pravilo: a) pustinska dugouha lisica (*Vulpes zerda*), b) crvena lisica (*Vulpes vulpes*), c) arktička lisica (*Vulpes lagopus*).

Srodne vrste životinja koje naseljavaju klimatski različita područja svijeta pokazuju neke pravilnosti u tjelesnoj građi. Primjerice, vrste klimatski hladnih područja svijeta imaju krupnije tijelo od srodnih vrsta koja žive u klimatski toplim područjima svijeta što se naziva **Bergmannovo¹ pravilo**. Krupna tijela imaju relativno manju površinu u odnosu na masu i volumen tijela, stoga endotermni organizmi s većim tijelom gube relativno manje topline u odnosu na organizme čije je tijelo manje. Ribe koje žive u hladnim morima imaju dulje tijelo (jer imaju povećani broj kralješaka) od srodnih vrsta koje naseljavaju topla mora. Naime, zbog niske temperature vode, njihov je razvoj produljen, tj. kasnije spolno sazrijevaju. Ovakva pojava naziva se **Jordanovo² pravilo**.

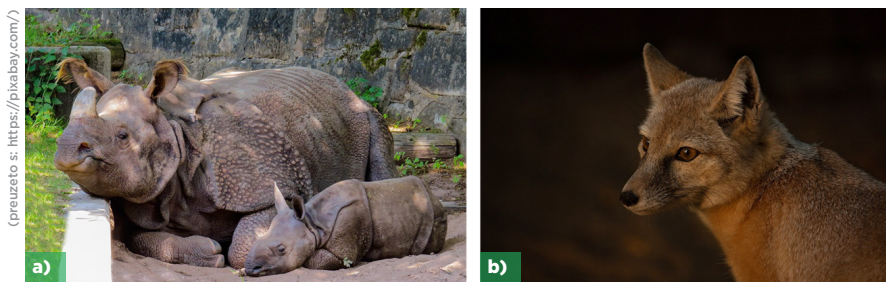
Endotermni organizmi koji žive u klimatski vrućim područjima svijeta, visokim temperaturama su prilagođeni na različite načine, primjerice isparavanjem znoja preko žlijezda znojnice ili dahtanjem. Postoje i određene pravilnosti u prilagodbi endotermnih organizama klimatski vrućim područjima svijeta. Primjerice, neke vrste koje žive u vrućim vlažnim područjima svijeta, tamnije su obojene od srodnika koji žive u hladnim područjima, što se naziva **Glogerovo³ pravilo**. Međutim, ako vrste žive u suhim toplim krajevima, krzno je također svjetlije. Zatim, kako bi se dodatno hladili, organizmi u klimatski vrućim područjima imaju duge tjelesne nastavke (uši, udovi, rep), dok su oni značajno reducirani u srodnih vrsta klimatski hladnih područja na Zemlji, kako ne bi dodatno gubile toplinu, što se naziva **Allenovo⁴ pravilo** (Slika 1.5).

¹ Carl Georg Lucas Christian Bergmann bio je njemački fiziolog i biolog.

² David Starr Jordan bio je američki biolog i ihtiolog.

³ Constantin Wilhelm Lambert Gloger bio je njemački zoolog i ornitolog.

⁴ Joel Asaph Allen bio je američki zoolog, mamalog i ornitolog.



Slika 1.6. Ponašanje životinja tijekom vrućih razdoblja: a) sklanjanje od sunca, b) aktivnost noću.

Temperatura okoliša na razne načine utječe na brojne aspekte života životinja: može primjerice utjecati na spol životinja, njihovo razmnožavanje te ponašanje. Tako su primjerice istraživanja pokazala da ako se jaja goleme želve (*Chelonia mydas*) inkubiraju na temperaturi ispod 27,7 °C, izlegnuti mladunci kornjače bit će mužjaci. Međutim, ako se jaja inkubiraju na temperaturi iznad 31 °C, mladunci će biti ženke. Temperature koje variraju između ove dvije krajnosti, uzrokovat će izlijevanje mladunaca obaju spolova. Osim toga temperatura utječe i na vrijeme razmnožavanja pojedinih organizama pa ukoliko su temperature u proljeće prosječno više i razmnožavanje započinje ranije. Nadalje, temperatura može utjecati i na trenutak početka migracija kod migratornih vrsta. Temperatura utječe i na usmjeravanje životinja u prostoru te ih potiče na pokretanje u određenom pravcu prema domadarima (primjerice krpelji (Arachnida)) i ili prema plijenu (primjerice zmije jamičarke (Viperidae)) čije tijelo zrači toplinu (ptice i sisavci).

Životinje pokušavaju izbjeći pregrijavanje pa se prilikom vrućega sunčanog vremena od ekstremnih temperatura štite skrivanjem u hladovinu (**Slika 1.6a**), aktivne su tijekom noći, dok dane provode sakrivene u hladnijim skrovištima (**Slika 1.6b**) ili pak **estivacijom** (ljetnim razdobljem mirovanja, **ljetnim snom**).

3. ABIOTIČKI EKOLOŠKI ČIMBENICI – svjetlost

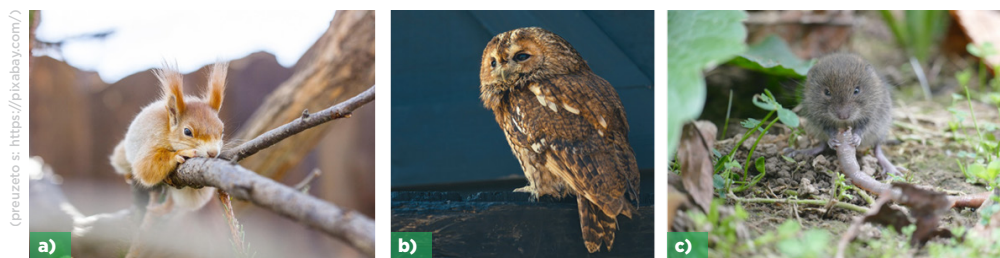
Čitav niz osobitosti organizama, poput biljaka (Plantae) i životinja (Animalia) te njihovih aktivnosti ovisi o periodičkim promjenama osvjetljenja, tj. izmjeni dana i noći. Zbog procesa **fotosinteze**, u kojemu biljka pomoću vode, ugljikovog dioksida i Sunčeve svjetlosti stvara sama sebi hranu (jednostavne ugljikohidrate), svjetlost ima direktnu važnost za život **zelenih biljaka** i ostalih fotoautotrofa (**alge**, **cijanobakterije**). Zbog toga one posjeduju određene morfološke prilagodbe koje im omogućavaju što učinkovitije iskorištavanje veće količine svjetla, kao što je primjerice unakrsno naizmjenični raspored listova na stabljici. Također, u slučajevima suboptimalnog osvjetljenja, biljke mogu pomicati svoje stabljike kako bi okrenule lisne plojke prema izvoru svjetlosti.

Biljkama je svjetlost potrebna i kako bi regulirale cvjetanje te se mogu razlikovati **biljke dugoga dana** koje cvjetaju pri dugom dnevnom osvjetljenju (**Slika 1.7a**) (primjerice polarne biljke) i **biljke kratkoga dana**, koje cvjetaju pri kratkom dnevnom osvjetljenju, dok dugo osvjetljenje sprečava njihovo cvjetanje (**Slika 1.7b**). U tropskim područjima svijeta, zbog stalne duljine dana, biljke cvjetaju tijekom cijele godine.

Svjetlost na različite načine indirektno utječe na mnoge pojave u životu životinja, kao što je primjerice njihova aktivnost. Tako je većina životinja aktivna tijekom dana te ih nazivamo **dnevnima (diurnalnima)** (**Slika 1.8a**). Životinje koje su aktivne noću nazivamo **noćnima (nokturalnima)** (**Slika 1.8b**), dok postoje i vrste životinja koje su **aktivne i danju i noću (Slika 1.8c)** te vrste koje su **sumračne (krepuskularne)** životinje. Noćna aktivnost omogućuje izbjegavanje kompeticije i lakše izbjegavanje predatora (grabežljivaca) za vrste koje predstavljaju plijen, ali istovremeno i veću uspješnost hvatanja plijena za predatore. Prema tome **okodnevni ritam (cirkadijani)** odnosno



Slika 1.7. Primjeri biljaka koje cvjetaju prilikom: a) dugoga dana: ječam (*Hordeum vulgare*), b) kratkoga dana: duhan (*Nicotiana tabacum*).



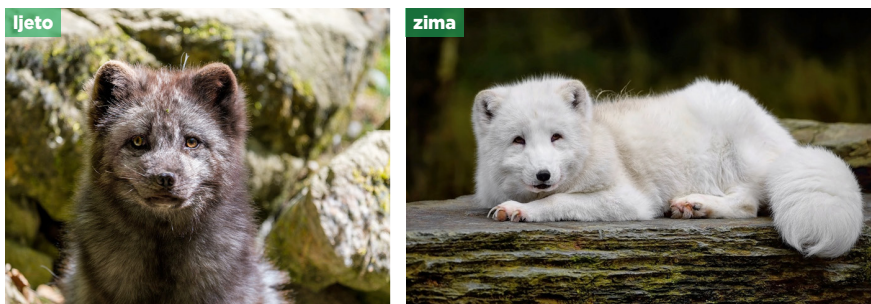
Slika 1.8. Primjeri životinja aktivnih u različito doba dana: a) dnevna životinja: crvena vjeverica (*Sciurus vulgaris*), b) noćna životinja: šumska sova (*Strix aluco*), c) životinja aktivna danju i noću: poljska voluharica (*Microtus arvalis*).

izmjena dana i noći snažno utječe na ponašanje, aktivnost i život velikog broja organizama.

Za podzemne organizme je značajno da žive u ekstremnim uvjetima, a jedno od tih je potpuni nedostatak svjetlosti. Posljedica ovakvih okolišnih uvjeta je nedostatak obojenja (pigmentacije) i redukcija ili gubitak očiju uz razvitak ostalih osjetnih organa poput mirisa, dodira, sluha i nekih specijaliziranih receptora.

Kod mnogih životinja količina svjetlosti i duljina dana su, zajedno s temperaturom, neophodni za aktivaciju spolnih žlijezda i početak razmnožavanja u proljeće. Jednako tako intenzitet svjetlosti utječe na brzinu metabolizma i aktivnosti organizama, kao i na migracije životinja.

Svjetlost utječe i na **obojenje tijela životinja**, što predstavlja jako dobru prilagodbu na preživljavanje u okolišu. Stoga su mnoge životinje bojom svojega tijela prilagođene boji okoliša u kojemu žive. Neke životinje boju tijela mijenjaju s obzirom na godišnje doba. Tu se kao primjer može navesti arktička lisica (*Vulpes lagopus*) ili arktički zec



Slika 1.9. Sezonsko mijenjanje boje dlake arktičke lisice (*Vulpes lagopus*): smeđe krzno tijekom ljeta i bijelo tijekom zime.



Slika 1.10. Primjeri fototaksije, utjecaja svjetlosti na pokretne životinje

(*Lepus arcticus*). Ove životinje žive u tundri, biomu na sjeveru sjeverne Zemljine hemisfere. Ljeti su smeđe boje poput tla po kojemu se kreću, a koje je obraslo travnjačkom vegetacijom, dok su zimi bijele kao snijeg koji prekriva prostranstva tundre (**Slika 1.9**). Duljina dana, tj. svjetlost (uz temperaturu) utječe i na **promjenu dlake (linjanje)** kod sisavaca) i **perja (mitarenje)** kod ptica).

Svjetlost je i vrlo važan ekološki čimbenik koji utječe na orijentaciju životinja u prostoru. Neki sesilni (sjedilački) oblici životinja zauzimaju određen položaj prema izvoru svjetlosti što se naziva **fototropizam**. S druge strane, slobodno pokretne životinje različito reagiraju na svjetlosne podražaje. Neke od njih svjetlo potiče na pokretanje, ali to je pokretanje bez određenoga pravca, što se naziva **fotokineza**. Druge se životinje pak kreću u određenom pravcu u odnosu na svjetlo, što se naziva **fototaksija**, koja može biti **pozitivna**, u smjeru svjetlosti (primjerice noćni leptiri (Heterocera) i razni dvokrilci (Diptera)) ili **negativna**, suprotno smjeru svjetlosti (primjerice kod životinja koje žive na površini tla ispod odumrlog biljnog supstrata kao što su stonoge (Myriapoda), ili kod životinja koje žive u tlu kao što su gujave (Lumbricidae)) (**Slika 1.10**).

ABIOTIČKI EKOLOŠKI ČIMBENICI – voda i vlaga

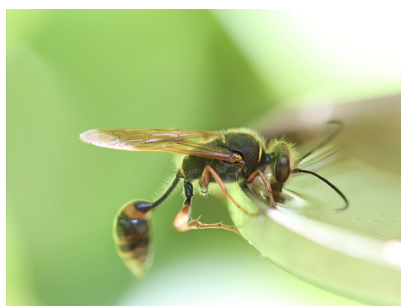
4.

Voda je presudan čimbenik za svaki oblik života na Zemlji. Upravo se u vodi (u praoceanima) razvio život na Zemlji. Vodeni medij neophodan je i za odvijanje svih metaboličkih procesa u organizmima. Osim toga, voda sudjeluje i u održavanju tjelesne temperature. Zbog svega navedenoga, tijelo većine životinja sastavljeno je od više od 50 % vode (primjerice čovjek (*Homo sapiens*) ima više od 60 %, a meduze preko 98 % vode u tijelu). Neke pak životinje mogu preživjeti i značajnu nestašicu vode. Primjerice, neki manji beskralješnjaci mogu se potpuno isušiti i prijeći u posebno stanje privremene isušenosti koje se naziva **anabioza**. U stanju anabioze, takvim se životinjama (primjerice dugoživci (Tardigrada), kolnjaci (Rotatoria)) privremeno smanje životne funkcije te na taj način dugo godina mogu preživjeti sušne uvjete, sve dok se uvjeti vezani za dostupnost vode u okolišu, ne poboljšaju.

Količina oborina na Zemlji nije jednoliko raspoređena. Neki predjeli, kao što je područje oko ekvatora, obilježeni su velikom količinom oborina tijekom cijele godine. S druge strane, količina oborina vrlo je mala u pustinjskim područjima. Ovakvim različitim uvjetima i različitoj dostupnosti vode u pojedinim područjima svijeta organizmi, kao što su životinje i biljke, su se morali prilagoditi na različite načine.

Reguliranje vode u tijelu životinja

1) Kopnene životinje do vode primjerice dolaze aktivnim uzimanjem vode hranom i pićem (**Slika 1.11**), apsorbiranjem vlage površinom tijela (primjerice vodozemci) ili proizvodnjom metaboličke vode tijekom procesa staničnog disanja. Kod sisavaca, ptica i gmazova, količina vode u tijelu se regulira pomoću sustava organa za izlučivanje. Osim **mokrenjem (uriniranjem)**, kralješnjaci gube vodu preko kože



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 1.11. Kopnene životinje do vode dolaze aktivnim uzimanjem vode

(znojenjem), disanjem i probavom. Količina vode u staništu kod kopnenih organizama utječe na njihovu aktivnost, ponašanje, razmnožavanje i migracije. Različiti su kopneni organizmi, ovisno o staništu, prilagođeni na nedostatak i gubitak određene količine vode iz tijela, ali većina je relativno slabo tolerantna na isušivanje (dehidraciju). Manje su osjetljivi ektotermni organizmi i oni prilagođeni suhim ili pustinjским staništima.

2. Vodene životinje

a) Tjelesne su tekućine **morskih kralješnjaka (riba) hipotonične** (niže koncentracije) s obzirom na **hipertonični** okoliš (viša koncentracija) u kojemu žive, stoga one upravo zbog visoke koncentracije soli prisutne u morskoj vodi i osmotskih procesa stalno gube vodu koju pokušavaju zadržati u svojem tijelu ili nadoknaditi. Zbog toga morski kralješnjaci piju velike količine morske vode iz koje potom izlučuju višak soli kroz bubrege, škrge ili fecesom, a istovremeno izlučuju vrlo malo mokraćne. Većina morskih beskrležnjaka nema problema u morskom okolišu jer su im tjelesne tekućine uglavnom **izotonične (jednake koncentracije)** s morskom vodom.

b) Koncentracija tjelesnih tekućina **slatkovodnih životinja** je veća (hipertonična) nego što je koncentracija otopljenih tvari u okolišu u kojemu žive (koji je hipotoničan). Stoga one moraju spriječiti da zbog osmotskih procesa u njihovo tijelo ne uđe prevelika količina vode, to jest moraju iz tijela izbaciti suvišnu vodu ako je ona već u nje-ga ušla. Zbog toga kod ovih životinja velika količina vode ulazi kroz kožu (i škрге kod riba), dok one ujedno luče vrlo razrijeđeni urin te uzimaju dodatne količine soli putem hrane (i škrga kod riba).

Životinje koje naseljavaju klimatski suha područja svijeta, s nedostatkom vode nose se na nekoliko načina: **izbjegavanjem razdoblja suše** (estivacija, anabioza, migracija u krajeve s manje izraženom sušom) i **umanjivanjem nepovoljnih učinaka suše** (aktivnost noću kada je veća vlažnost zraka, lučenje koncentrirane mokraće i suhog izmeta, tjelesni pokrov) (**Slika 1.12**).



Slika 1.12. Načini na koje se životinje sušnih područja nose s nedostatkom vode: a) crnorepi prerijski pas (*Cynomys ludovicianus*) miruje (estivira) tijekom vrućega razdoblja godine, b) veliki biljojedi (primjerice plavi gnu, *Connochaetes taurinus*) sele u krajeve s manje izraženom sušom gdje je voda dostupna, c) mnoge životinje (primjerice afrički slon, *Loxodonta africana*) aktivne su noću kada je veća vlažnost zraka.

Različitoj količini dostupne vlage na Zemlji, dobro su prilagođene i **biljke**. Biljke **kserofiti** (primjerice agave (*Agave* spp.), kaktusi (*Cactaceae*)) (**Slika 1.13a**), koji žive u suhim i vrućim područjima svijeta,


 (preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 1.13. Biljke prilagođene staništima različite vlažnosti: a) kserofit: saguaro kaktus (*Carnegiea gigantea*), b) higrofit: žabnjak (*Ranunculus* sp.), c) mezofit: hrast lužnjak (*Quercus robur*), d) hidrofit: bijeli lopoč (*Nymphaea alba*).

poput pustinja, često imaju odebljale i sočne nadzemne organe u kojima čuvaju velike količine vode. Listovi su reducirani kako bi se smanjila transpiracijska površina kroz koju se voda gubi isparavanjem. Neke biljke koje naseljavaju mediteranske regije na području Hrvatske (primjerice hrast crnika (*Quercus ilex*), hrast međunac (*Quercus pubescens*)), imaju male dlakave ili kožaste listove na kojima su puči smještene u posebnim udubljenjima. U vlažnim šumama i na livadama dolaze biljke **higrofiti** (primjerice žabnjaci (*Ranunculaceae*), šaševi (*Carex* spp.)) (**Slika 1.13b**), koji kako žive na vlažnim staništima, nemaju problema s nedostatkom vlage. Stoga imaju velike listove s vrlo tankom epidermom i brojnim, često izbočenim pučima kroz koje se **transpiracija** može nesmetano odvijati. Većina listopadnoga drveća u kontinentalnom dijelu Hrvatske prijelazni su oblik između kserofita i higrofitu, a nazivaju se **mezofiti** (primjerice obična bukva (*Fagus sylvatica*), hrast kitnjak (*Quercus petraea*), hrast lužnjak (*Quercus robur*), obični grab (*Carpinus betulus*)) (**Slika 1.13c**). Vodene ekosustave naseljavaju biljke koje nazivamo **hidrofitima** (primjerice žuti lokvanj (*Nuphar lutea*), bijeli lopoč (*Nymphaea alba*)) (**Slika 1.13d**). Detalji o prilagodbama hidrofitskih biljaka nalaze se u poglavlju VIII (Životne zajednice slatkovodnih ekosustava).

OSTALI ABIOTIČKI ČIMBENICI

5.

Uz navedene čimbenike neki od značajnih su i: vjetar, ekspozicija (izloženost), plima i oseka, morske struje, slanost i dr.

Vjetar ima važan utjecaj na transpiraciju, oprašivanje i rasprostiranje biljaka. Osim toga vjetar utječe na let i migracije ptica, šišmiša (Chiroptera) i kukaca. Posredno zračna strujanja utječu na količinu vlage i oborine na nekom području kao i na osjećaj topline na kopnu. Vjetar ima utjecaj i na eroziju na kopnu, ali i na površinsko kretanje vode i nastanak valova.

Plima i oseka su vrlo važni za organizme koji žive na rubnim staništima kopna i mora i u zoni pljuskanja valova. Razloga njihova nastanka je utjecaj privlačnih sila Mjeseca koje utječu na podizanje i spuštanje razine mora. Nadmorska visina i dubina se ne smatraju pravim abiotičkim čimbenicima već oni utječu na ostale čimbenike pa posredno i na organizme u okolišu. Tako povećanje nadmorske visine utječe na smanjenje temperature, količine kisika i atmosferskog tlaka što ima utjecaj i na organizme odnosno njihovu brojnost i raznolikost. Nadalje, dubina u vodenim staništima utječe na temperaturu, tlak, slanost, količinu svjetlosti, količinu hranjivih tvari i sedimentaciju. S povećanjem dubine temperatura se spušta nakon čega se stabilizira na razinama malo iznad 0 °C. Tlak se svakih 10 metara povećava za jedan bar što ga čini jednim od važnijih čimbenika za vodene organizme. Svjetlost u vodama najčešće ne prodire dublje od 200 metara što je i granica fotosinteze za vodene fotoautotrofe.



II.

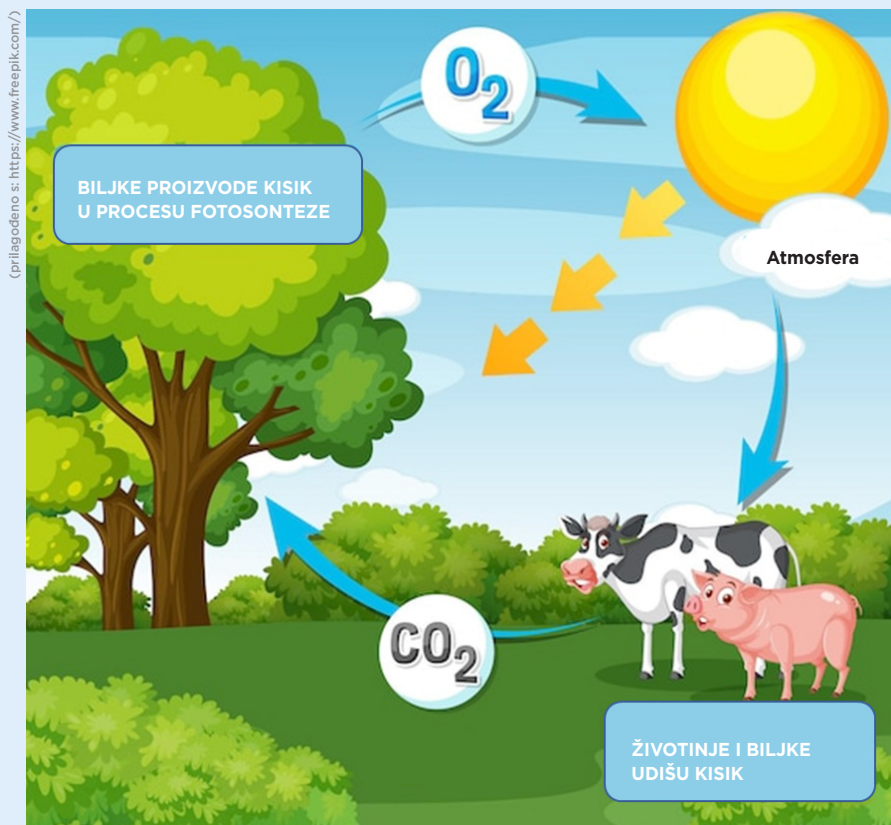
**KRUŽENJE
TVARI I
BIOGEOKEMIJSKI
CIKLUSI**

Između organizama i okoliša neprestano se izmjenjuju tvari i energija. Organizmi iz nežive prirode dobivaju sve što im je potrebno kako bi stvorili svoje vlastite tvari, obnovili svoje građivne elemente i energiju koju potroše održavajući životne procese.

Kako bi uspješno funkcionirali, živim bićima na Zemlji potrebno je nekoliko desetaka različitih kemijskih elemenata. Neki elementi sačinjavaju čak 95 % mase živih organizama na Zemlji, stoga su im potrebni u velikim količinama. Takvi elementi nazivaju se **makroelementi**: C, H, O, N, P, S, Si, Ca, Mg, Na, K, Cl, Fe. Ostale elemente, **elemente u tragovima**, organizmi trebaju u malim količinama, a i na Zemlji se također pojavljuju u manjim količinama. Razlikujemo **mikroelemente**: Mn, Mo, Cu i **ultramikroelemente**: B, Va, Ni. Svi ti elementi kruže između živih bića i okoliša, tj. imaju tijekom kruženja u biosferi ili **biogeokemijski ciklus** tijekom kojega prelaze u različite kemijske spojeve, a nazivaju se **biogeni elementi**.

KRUŽENJE 1. KISIKA

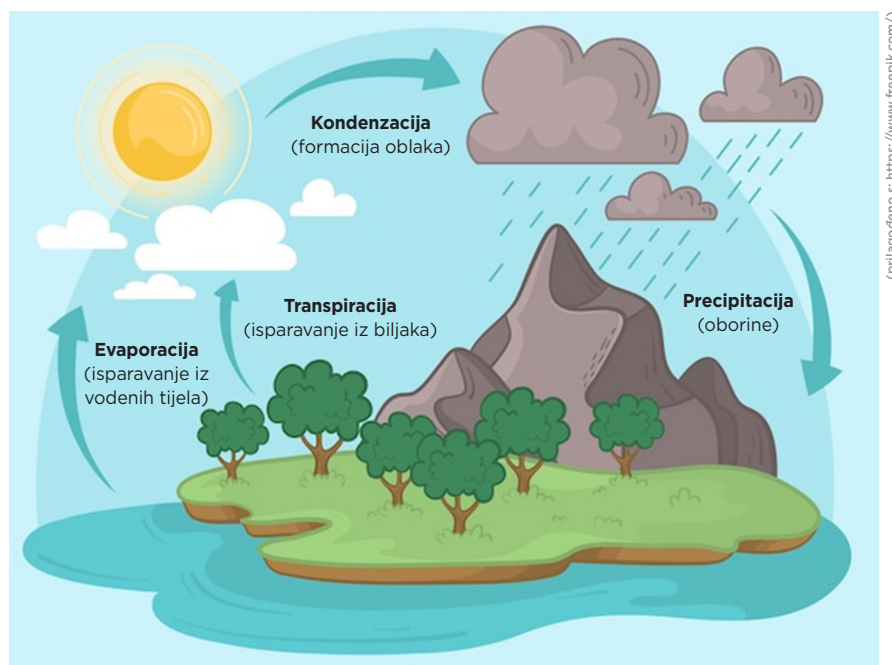
Kisik je plin neophodan u procesu disanja većine organizama na Zemlji. U atmosferi je njegov volumni udio oko 21 %, a oslobađa se isključivo procesom fotosinteze. Najveći dio kisika potječe od **autotrofnih organizama, primarnih proizvođača**, posebno fitoplanktona koji naseljava mora i oceane te viših kopnenih biljaka. Veliki udio kisika na Zemlji nalazi se u litosferi u obliku minerala oksida i nedostupan je živim bićima (**Slika 2.1**).



Slika 2.1. Kruženje (ciklus) kisika na Zemlji.

2. KRUŽENJE VODIKA

Kruženje **vodika** na Zemlji povezano je sa ciklusom vode u biosferi o kojem pak ovisi sav život na Zemlji. Stoga se kruženje vodika (vode) naziva još **hidrološki proces** ili **hidrološki ciklus** (Slika 2.2). Sva je voda na Zemlji u stalnom pokretu u kojem dolazi do izmjene agregatnih stanja: voda se mijenja od tekućega stanja do vodene pare i leda te natrag. Glavni čimbenik koji upravlja procesom kruženja vode u prirodi je **Sunce** odnosno **Sunčeva energija/toplina**.



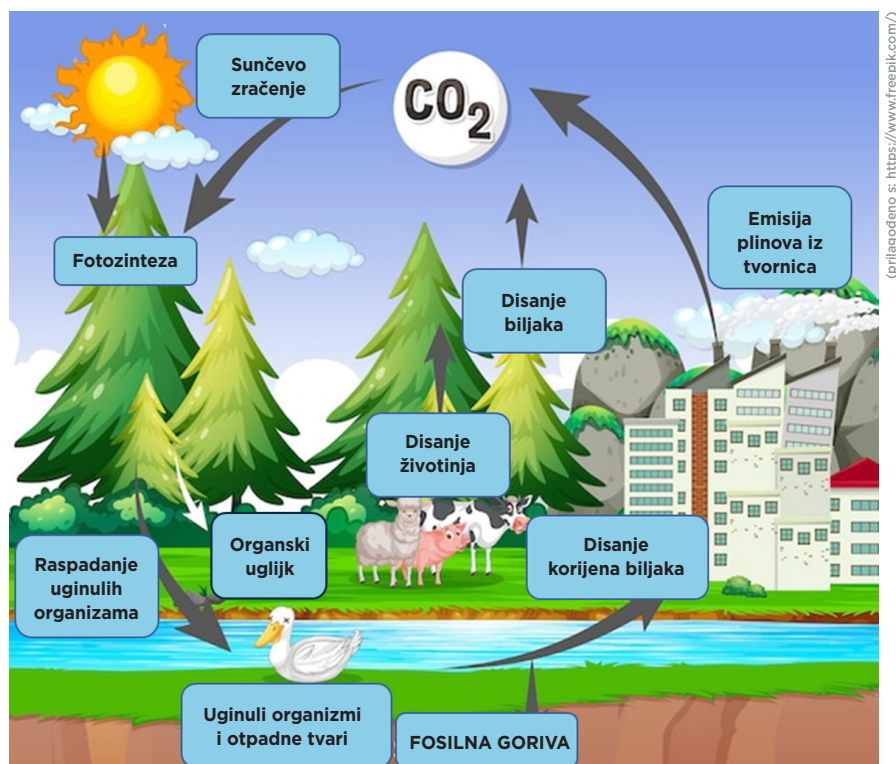
Slika 2.2. Hidrološki ciklus, kruženje vodika na Zemlji.

Sunce zagrijava vodu u oceanima i slatkovodnim ekosustavima na Zemlji. Dio te vode isparava i kao vodena para odlazi u atmosferu. Također, voda u atmosferu isparava i iz biljaka (transpiracija), ali i

životinja. Mali dio vodene pare potječe iz leda i snijega, koji se sublimacijom, ili direktnim prelaskom iz krutoga u plinovito stanje, također pretvaraju u vodenu paru. Uzlazne zračne struje podižu vodenu paru u atmosferu, gdje zbog niskih temperatura zraka dolazi do kondenzacije, tj. pretvaranja vodene pare u sitne kapljice vode. Grupiranjem sitnih kapljica vode nastaju oblaci. Kada oblak postane ispunjen velikom količinom kapljica, postaje „težak” te na tlo pada kiša, snijeg ili neka druga oborina. Voda se iz oborina procjeđuje u oceane, mora, rijeke i jezera ili prodire dublje u Zemlju, stvarajući podzemne vode. Ciklus se opet ponavlja, jer Sunce zagrijava vodene površine na Zemlji i uzrokuje njezino isparavanje u atmosferu.

3. KRUŽENJE UGLJIKA

S obzirom da je sastavni dio svih organskih spojeva, **ugljik** je najvažniji biogeni element. Ugljikov dioksid (CO_2) u atmosferi i vodi predstavlja izvor ugljika za fotoautotrofne organizme na Zemlji (**Slika 2.3**). Procesom **fotosinteze**, oni ugrađuju ugljikov dioksid u organske spojeve, tj. stvaraju si hranu, jednostavne ugljikohidrate pri čemu se ugljik ugrađuje u žive organizme (tj. biljke, cijanobakterije i alge (primjerice zelene alge Chlorophyta)). On se dalje u ostale organizme prenosi prehranbenim (hranidbenim) odnosima kroz karike u



Slika 2.3. Kruženje ugljika na Zemlji.

prehrambenim (hranidbenim) mrežama. Hraneći se fotoautotrofnim organizmima, **biljojedi** (biljožderi, herbivori) unose ugljik u svoj organizam, dok **svejedi** (omnivori) i **mesojedi** (mesožderi, karnivori) ugljik unose u svoja tijela hraneći se biljojedima.

Ugljikov dioksid se oslobađa i vraća natrag u atmosferu procesima **disanja** organizama te **metaboličkom razgradnjom** raznih organskih spojeva u tijelu. Osim toga, nastaje i **razgradnjom organske tvari** djelovanjem raznih mikroorganizama (u procesu fermentacije i razgradnje mrtvih organizama (biljaka, životinja, protista, gljiva (Funghi), bakterija (Eubacteria) i arheja (Archaea)).

Fosilna goriva (ugljen, nafta, zemni plin) su nastala anaerobnom razgradnjom mrtve organske tvari i njihovo je korištenje od strane čovjeka jedan od dominantnih ljudski (**antropogeno**) uvjetovanih izvora ugljika na Zemlji. Naime, njihovim se izgaranjem također oslobađa ugljikov dioksid, a pretjeranom uporabom zapravo dolazi do njegove povećane koncentracije u atmosferi. Na taj je način ljudskim djelovanjem došlo do poremećaja prirodnog ciklusa kruženja ugljika.

Dio ugljika na Zemlji pohranjen je u obliku kalcijeva karbonata u sedimentnim stijenama i u ovom obliku živi organizmi ne mogu ga koristiti. Dio ugljika se ugrađuje u obliku kalcijevog karbonata u ljuske, kućice i školjke krednjaka (Foraminifera) i mekušaca (Mollusca) i na taj način se uklanja iz ciklusa kruženja.

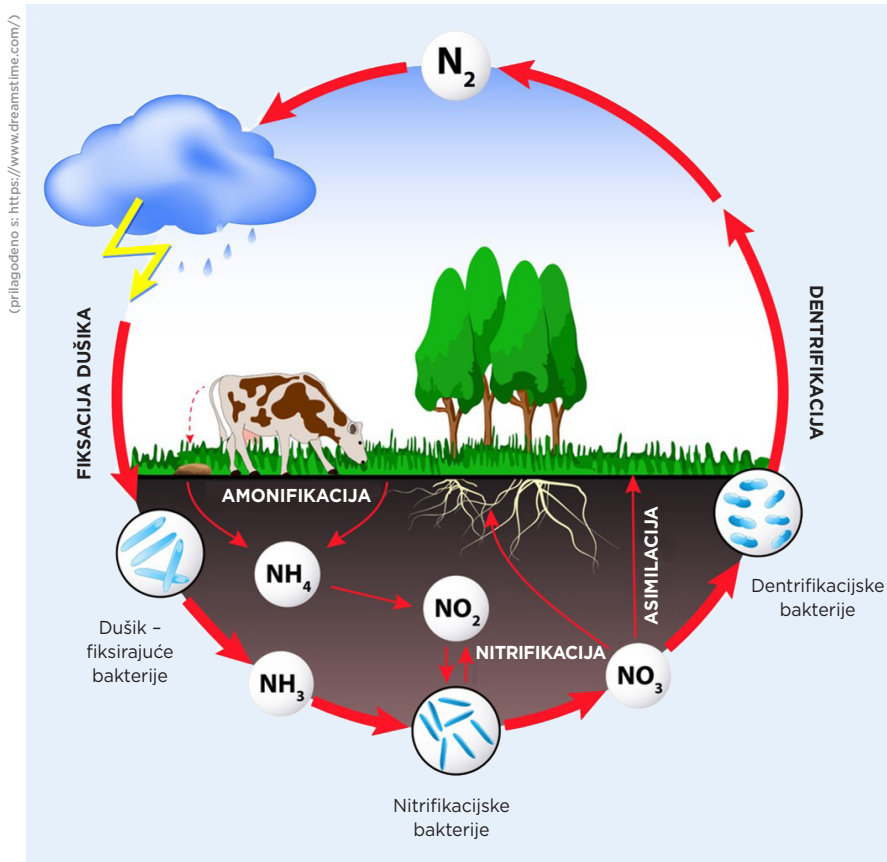
4. KRUŽENJE DUŠIKA

Dušik je važan biogeni element koji izgrađuje nukleotide, aminokiseline i proteine u tijelima živih organizama. Iako ga u plinovitom obliku u atmosferi ima čak 78 % volumnoga udjela, većina organizama u takvom ga obliku ne može koristiti, stoga je njegovo kruženje u biosferi poprilično složen proces. Za razliku od ugljika, biljke ne mogu uzimati molekularni dušik iz atmosfere, već im on postaje dostupan tek kada tijekom svojega ciklusa kruženja prijeđe u neki od oblika mineralnih soli (tvari), kao što su to primjerice amonijak i **nitriti**. Proces kruženja dušika između žive i nežive prirode odvija se u četiri etape: fiksacija, amonifikacija, nitrifikacija i denitrifikacija.

Fiksaciju ili **vezanje molekularnoga dušika** vrše pojedini organizmi (neke bakterije, cijanobakterije, **lišaji** (Lichenes)) koji mogu prevoditi atmosferski dušik u nitrate ili amonijak što se naziva i **biološka fiksacija dušika**. Među bakterijama najpoznatiji organizmi koji fiksiraju atmosferski dušik su simbiotske bakterije iz roda *Rhizobium*, koje žive u korijenskim gomoljčićima (nodulima) korijena nekih mahunarki (primjerice crvene djeteline (*Trifolium pratense*), lucerne (*Medicago sativa*), graška (*Pisum sativum*)).

Mineralne soli bogate dušikom nastaju i procesom **razgradnje (mineralizacije)** kojim se razgrađuju uginuli organizmi. Kao proizvodi razlaganja nastaju amonijak (**amonifikacijom**), **nitriti** te na koncu **nitriti** (**nitrifikacijom**). Biljke koriste dušik u obliku amonijevih i nitratnih soli koje asimiliraju i ugrađuju u svoje aminokiseline. Dušik se kroz ekosustav prenosi putem prehrambenih odnosa: biljkama se hrane biljojedi, a njima pak svejedi i mesojedi.

Također, životinje tijekom svojega života obogaćuju ekosustav u kojem žive spojevima dušika izlučivanjem mokraće i izmeta (**Slika 2.4**).



Slika 2.4. Kruženje dušika na Zemlji.

U anaerobnim uvjetima može doći do razgradnje nitrata, pri čemu mogu nastati oksidi dušika, iz kojih će kisik koristiti bakterije dok će se elementarni dušik vratiti u atmosferu. Ovaj se proces naziva **denitrifikacija**.

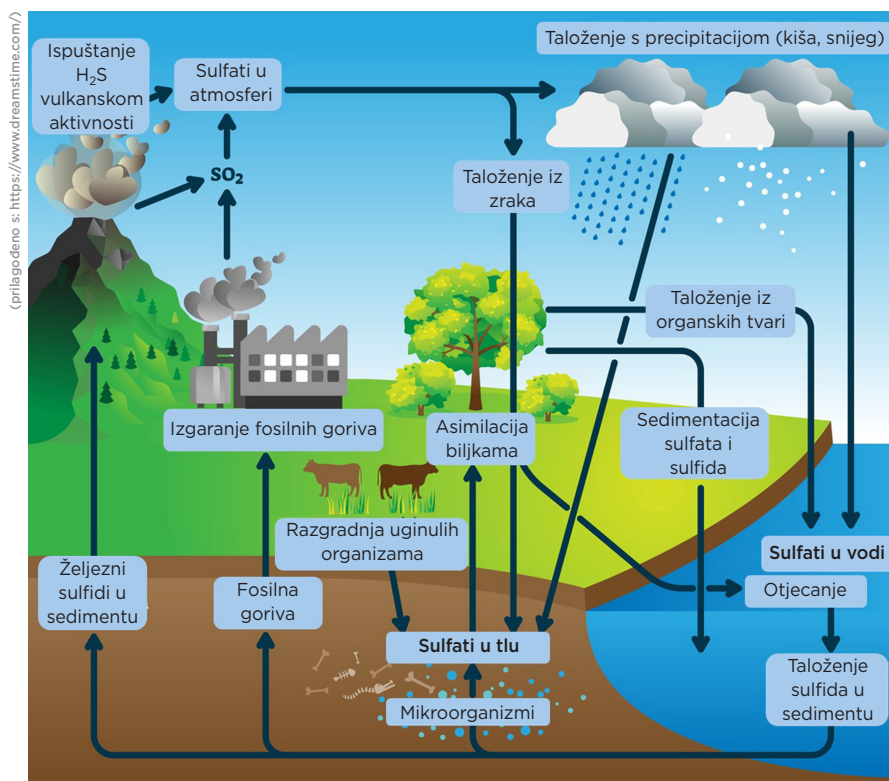
Određene količine dušika gube se iz ekosustava ispiranjem stije-na ili tla taložeći se u sedimentima dubokih dijelova mora i oceana. U ovom obliku, živi organizmi ne mogu ih koristiti, osim ako ih morske struje ne podignu u površinske slojeve mora gdje će se iskoristiti u procesu primarne proizvodnje. Resuspenzija dušika događa se i u nekim jezerima umjerenoga pojasa dva puta godišnje kada se izjednačava temperatura u cijelom stupcu vode. Kod plićih jezera i mora pod utjecajem vjetrova dolazi do miješanja stupca vode prilikom čega se pridneni sloj jezera obogaćuje kisikom, a površinski sloj mineralnim solima (primjerice dušikovim spojevima).

Dio dušika se ljudskim djelovanjem unosi u kopnene i vodene ekosustave, prvenstveno uporabom gnojiva kojim se tretiraju poljoprivredne površine. Ispiranjem dušikovih soli s poljoprivrednih površina u vodene ekosustave, dolazi do pojačanog razvoja fotosintetskih organizama i povećanja stupnja trofije (eutrofikacije) utjecanog vodnog tijela.

KRUŽENJE 5. SUMPORA

Sumpor je biogeni element neophodan za stvaranje disulfidnih veza koje održavaju tercijarnu strukturu proteina te je važan strukturni element nekih proteina, uključujući i enzime (primjerice karboksilaza, transaminaza) i aminokiselina (primjerice cistin, cistein, metionin).

Sumpor se u obliku mineralnih soli nalazi u zemlji. Osnovni oblik preko kojega ulazi u organizme je njegov ionski oblik, tj. **sulfati**. Njih biljke apsorbiraju iz tla i vode te uključuju u građu svojih



Slika 2.5. Kruženje sumpora na Zemlji.

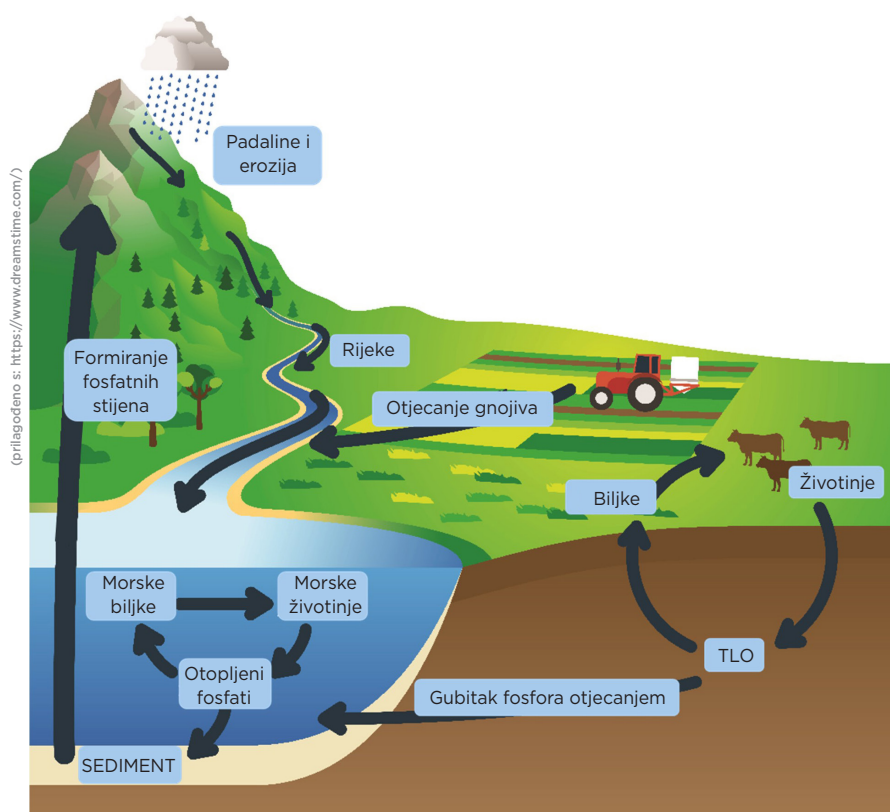
aminokiselina i proteina. Dalje se ovaj element prenosi putem prehrambenih odnosa, kroz karike prehrambenih mreža: od biljaka, preko biljojeda do svejeda i mesojeda.

Sagorijevanjem fosilnih goriva u atmosferu se oslobađaju velike količine sumpora u obliku sumporovog dioksida (SO_2) što je jedan od glavnih izvora onečišćenja zraka. Naime, dio sumporovog dioksida reagira s vodom u atmosferi formirajući sumporovodičnu kiselinu (H_2SO_4), koja na tlo pada u obliku kiselih kiša (**Slika 2.5**).

KRUŽENJE 6. FOSFORA

Fosfor je biogeni element koji u obliku **fosfata** sudjeluje u raznim metaboličkim procesima organizama u kojima se oslobađa ili nakuplja energija. Zbog toga je važan građevni element brojnih organskih spojeva u tijelu (primjerice AMP, ADP, ATP, nukleotidi, fosfolipidi u staničnim membranama).

Fosfor se vrlo lako nakuplja u tijelima svih organizama zbog čega je njegovo kruženje u biosferi vrlo sporo (**Slika 2.6**). Ne nalazi se u



Slika 2.6. Kruženje fosfora na Zemlji.

atmosferi, već je njegov ciklus kruženja vezan za hidrološki ciklus, ispiranjem sedimenata u kojima se nalazi, s kopna u vodene ekosustave. Stoga, stijene i minerali bogati fosforom predstavljaju glavni izvor fosfora za organizme na Zemlji. Iz njih se fosfor oslobađa trošenjem, otapanjem ili iskapanjem ruda.

U vodenim staništima, fotosintetski organizmi ugrađuju fosfor u obliku **ortofozfata** (PO_4^{3-}), koji u vodu dospijevaju erozijom, ispiranjem sa slivnoga područja, razgradnjom mrtve organske tvari u samom vodenom staništu ili otpadnim vodama.

Antropogenim (ljudskim) utjecajima, primjerice gnojidbom poljoprivrednih površina, u vodene ekosustave unosi se povećana količina ortofozfata, što dovodi do povećanog razvoja fotosintetskih organizama i eutrofikacije utjecanog vodnog tijela.

U kopnenim staništima, kako bi organski fosfor postao dostupan biljkama, prvo se mora transformirati u anorganski oblik procesom mineralizacije. Fosfor se dalje prenosi putem prehrambenih odnosa, kroz karike prehrambenih mreža: od biljaka, preko biljojeda do svejeda i mesojeda.

Dio fosfora iz kopnenih ekosustava ispire se u mora ili jezera gdje se djelomice taloži u obliku netopivih soli.

EUTROFIKACIJA 7.

Svaki vodeni ekosustav obilježen je određenim stupnjem trofije (grč. *trofe* = hrana) ili intenzitetom primarne proizvodnje (količinom Sunčeve energije vezanom u biomasu fotoautotrofnih organizama). Jezera se razlikuju prema količini raspoloživih mineralnih soli (primjerice koncentracije ortofosfata, amonijaka i nitrata) u vodi te prema intenzitetu primarne proizvodnje ili stupnju trofije. Tako razlikujemo **oligotrofna** (slabo produktivna, duboka i bistra jezera, s vrlo malo organske tvari, uz dno su bogata kisikom), **mezotrofna** (srednje produktivna, s nešto više organske tvari, s manje kisika uz dno) i **eutrofna jezera** (vrlo produktivna jezera, s visokom koncentracijom organske tvari, uz dno je vrlo malo kisika, voda je mutna, vegetacija je gusto razvijena) (**Slika 2.7**).

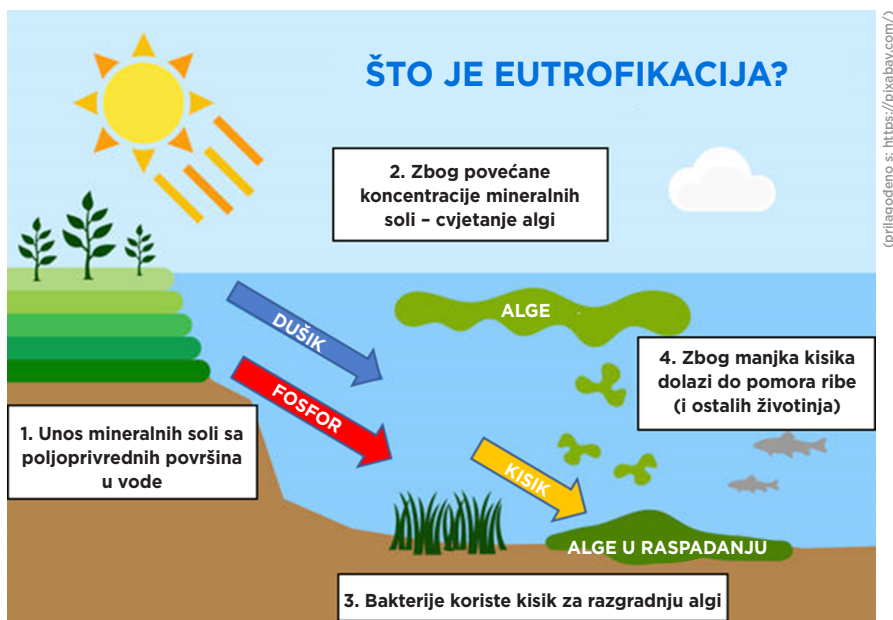


Slika 2.7. Jezera različitoga intenziteta primarne proizvodnje: a) oligotrofno jezero, b) eutrofno jezero.

Riječ **eutrofikacija** označava **nepovoljan, antropogeni unos mineralnih soli** (ortofosfata, amonijaka i nitrata) u vodene ekosustave (kopnene i morske) putem otpadnih voda iz kućanstava, industrije ili poljoprivrede. Kao posljedica prekomjernog unosa mineralnih soli, u vodenim ekosustavima dolazi do pojačanoga rasta fotoautotrofnih

organizama čime uvelike raste i intenzitet primarne organske proizvodnje, tj. raste stupanj trofije vodenih ekosustava (**Slika 2.8**).

Eutrofikacija označava i prirodni dugotrajni **proces starenja jezera** tijekom kojeg se značajno mijenja kemijski sastav vode što uzrokuje i promjene u sastavu i strukturi zajednica koje naseljavaju jezero. Na početku svojega postojanja prirodna jezera su uglavnom oligotrofna, slabo produktivna i sadrže niske koncentracije mineralnih soli (ortofosfata, amonijaka i nitrata) potrebnih za rast i razvoj primarnih proizvođača, a potom i drugih organizama. Kako se s vremenom u jezeru nakupljaju mineralne soli, tako dolazi i do intenzivnijeg rasta biljaka, algi (primjerice zelenih algi) i cijanobakterija (modrozelenih algi) praćenih porastom brojnosti životinja, gljiva, protista, bakterija i arheja. Uginuli organizmi padaju na dno jezera gdje ih razlagači (bakterije) razlažu na jednostavnije organske molekule. Dio ostataka organizama koji se ne razgrade, zajedno se sa sitnom organskom tvari talože na dnu jezera povećavajući sloj sedimenta. Tako jezero postaje sve pliće i sve produktivnije što dodatno ubrzava proces eutrofikacije. Kako se jezero polako zatrpava, na njegovim se rubovima pojačano razvija močvarna vegetacija, bogata šaševima (*Carex* spp.) i trskom (*Phragmites australis*). U vrlo plitkim dijelovima razvija se



Slika 2.8. Proces eutrofikacije.

grmolika i drvenasta vegetacija sastavljena od vrsta poput joha (*Alnus* spp.), topola (*Populus* spp.) i vrba (*Salix* spp.), čime se proces zatrpavanja jezera dodatno ubrzava. Starenjem jezera smanjuje se površina slobodne vode, nestaje donji neosvijetljeni dio jezera te ono prelazi u baru, zatim močvaru, a može završiti i potpunim isušivanjem jezera.

8. GNOJIDBA I IZMJENA KULTURA U UZGOJU BILJAKA

U prirodnim ekosustavima (**Slika 2.9a**), procesi kojima se **mineralne soli** troše (posebice dušikove) iz tla i procesi kojim se one ponovno vraćaju u tlo su u ravnoteži, sve što iskoriste biljke, preko drugih organizama (**potrošača, razlagača**) vraća se natrag u tlo. No, u čovjekom utjecanim ekosustavima (**Slika 2.9b**), koji nastaju pri intenzivnim poljoprivrednim djelatnostima, na zemljištu gdje je posadena neka poljoprivredna kultura, nakon žetve u tlu ostaje vrlo malo organske tvari i mineralnih soli odnosno dolazi do iscrpljivanja te osiromašivanja tla s obzirom na mineralne soli (dušika i fosfora). Kako bi se takvim zemljištima vratila plodnost, tlo je potrebno gnojiti.



Slika 2.9. Životna zajednica: a) prirodna životna zajednica livade i b) monokultura kukuruza (*Zea mays*) uzgojena od strane čovjeka.

Za gnojidbu se može koristiti **stajsko gnojivo** (**Slika 2.10**), koje čini izmet krava (ili konja) pomiješan sa slamom. Stajsko se gnojivo zaorava u tlo ili se razbacuje na oranice. Tako se zemljištu ponovno vraćaju mineralne soli (primjerice nitrati i fosfati) izgubljene tijekom žetve. Gnojidbom stajskim gnojem održava se i dobra struktura tla s obzirom na to da smjesa izmeta i slame poboljšava vododržuća svojstva tla te ga je potrebno rjeđe zalijevati. U slučaju kada stajsko

gnojivo nije dostupno, moguće je upotrebljavati industrijski proizvedena **umjetna** ili **mineralna gnojiva**, poput miješanoga NPK gnojiva (sadrži dušik (N), fosfor (P) i kalij (K)). Umjetna gnojiva povećavaju prinos sađene poljoprivredne kulture po jedinici poljoprivredne površine, no neće doprinijeti održavanju dobre strukture tla jer ne sadrže humus.

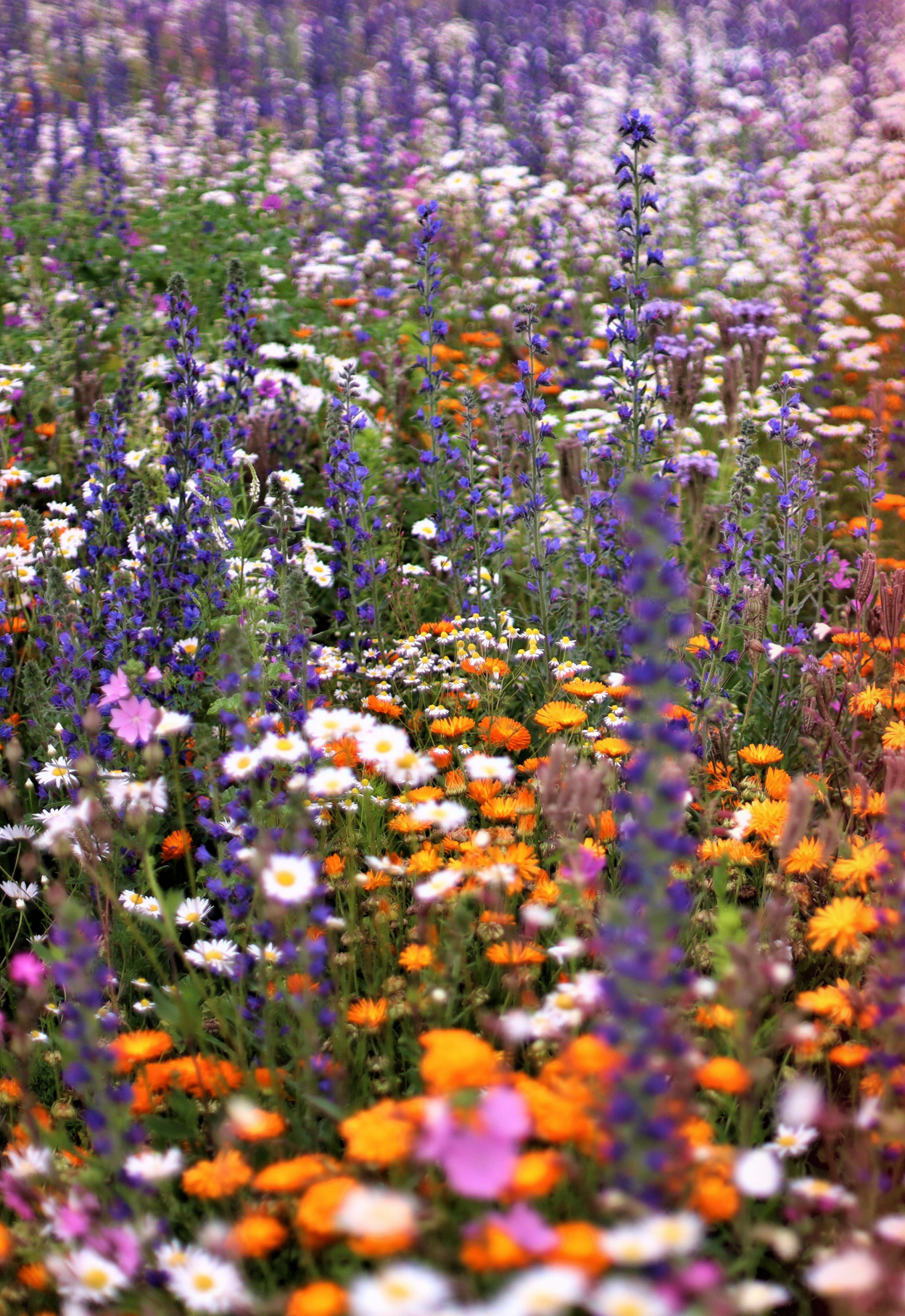


(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 2.10. Stajsko kravlje gnojivo.

Različite vrste i kulture biljaka zahtijevaju različito tlo, tj. različiti sastav minerala i različitu koncentraciju tih minerala u tlu kako bi se uspješno razvijale. Primjerice, za sadnju krumpira (*Solanum tuberosum*) i rajčice (*Solanum lycopersicum*) potrebno je mnogo kalija u tlu, a za sadnju paprike (*Capsicum annuum*) potrebne su velike količine dušika, fosfora i kalija. Ako se na istom poljoprivrednom zemljištu svake godine sade iste biljne kulture, doći će do znatnoga osiromašenja tla ovim mineralima. No ako se svake godine obavlja **izmjena kultura**, do ovakvoga manjka minerala neće doći. Osim toga, ovakvom metodom uzgoja kultura, često nije potrebno koristiti umjetna gnojiva te se smanjuju izgledi za pojavom zaraznih bolesti biljaka.

Ako neko poljoprivredno zemljište postane osiromašeno dušikovim spojevima, ono se tim spojevima može ponovo obogatiti i ako se na njega posade različite kulture mahunarki (Fabaceae) (primjerice crvena djetelina (*Trifolium pratense*), lucerna (*Medicago sativa*), grah (*Phaseolus vulgaris*), bob (*Vicia faba*), grašak (*Pisum sativum*) itd). Prisjetimo se, spomenute mahunarke na korijenju imaju korijenske gomoljice (nodule) s dušik-fiksirajućim bakterijama koje atmosferski dušik pretvaraju u oblik dostupan biljkama. Ako ovakve biljke uginu ili se zaoravaju na zeleno (što se naziva **zelenom gnojidbom**), u tlo se unosi nadzemna biljna masa bogata dušikom.





III.

**MEĐUOVISNOST
ŽIVIH
ORGANIZAMA U
EKOSUSTAVU**

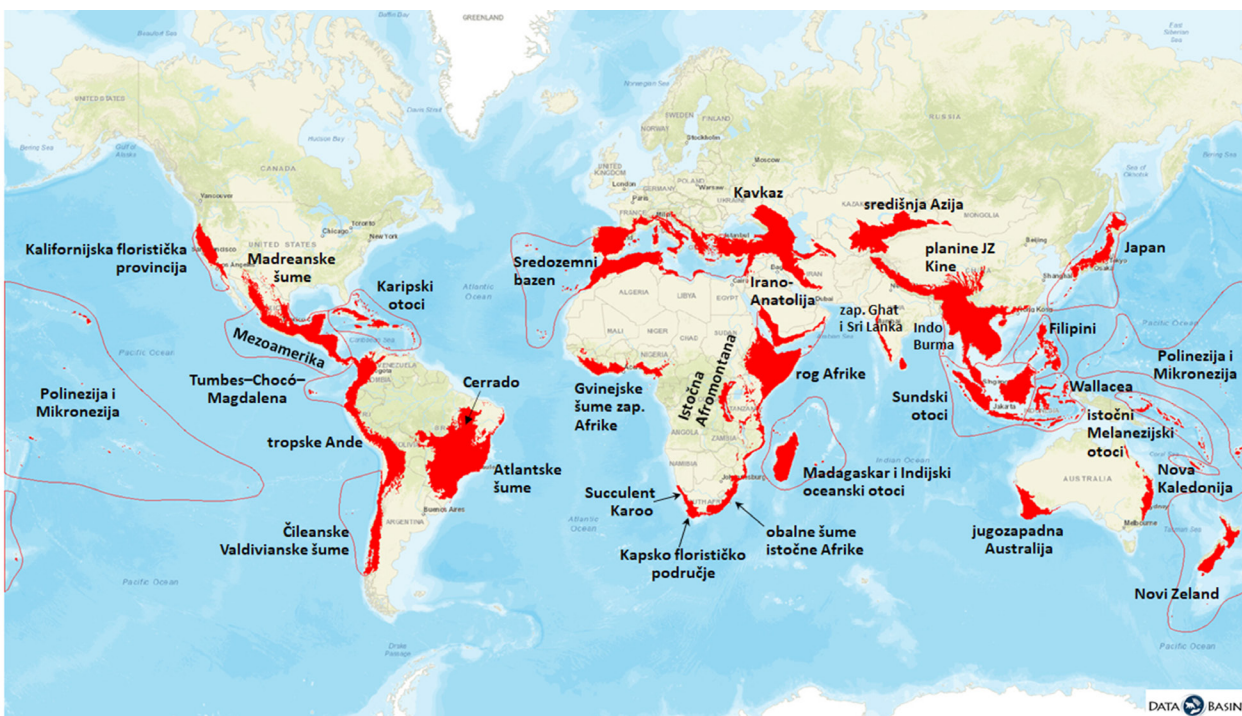
Skupina jedinki populacija različitih vrsta koje žive na nekom području naziva se **životna zajednica** ili **biocenoza**. Struktura kopnenih životnih zajednica određena je vertikalnim rasporedom biljaka na staništu. Biljke čine osnovu životne zajednice u koji se onda naseljavaju razne životinjske vrste. Tako je primjerice svaka prirodna (ekološki zdrava) šuma sastavljena od više katova (slojeva) vegetacije: sloja visokoga drveća, niskoga drveća, grmolike vegetacije, zeljastog bilja te mrtve organske tvari biljnoga ili životinjskoga porijekla koja se nalazi na i u tlu. U svakom sloju postoji čitav niz mikrostaništa s različitim mikroklimatskim uvjetima. Visina određene biljne vrste, razgranatost krošnje te količina lišća rezultirat će različitom temperaturom, količinom vlažnosti i svjetla u pojedinom sloju vegetacije, što će utjecati i na pojavu različitih vrsta životinja i drugih organizma kojima su uvjeti u pojedinom sloju optimalni.

Sastav i izgled biocenoza mijenja se i povećanjem geografske širine i nadmorske visine, zbog sve nepovoljnijih vrijednosti abiotičkih čimbenika.

Tijekom vremena, struktura životne zajednice na određenom staništu se mijenja, a te se promjene nazivaju **sukcesije**. Promjena strukture i sastava vegetacije tijekom sukcesije utječe i na promjene sastava i strukture zajednica životinjskih organizama. Do sukcesija dolazi i u kopnenim i vodenim ekosustavima te se razlikuju primarne i sekundarne sukcesije. **Primarne sukcesije** događaju se na površinama koje su prethodno bez života, a **sekundarne** na već naseljenim staništima. Završna točka svake sukcesije naziva se **klimaks (vrhunac)**. Ako je neko stanište dovoljno dugo neutjecano, sastav vegetacije će se razviti u onaj koji je karakterističan za klimu toga područja, što se naziva **klimazonalna vegetacija**. Na prostoru Hrvatske takva je šumska vegetacija.

Bioraznolikost (biološka raznolikost) predstavlja sveukupnost života svijeta na Zemlji i odnosi se na raznolikost od razine gena do

razine životnih zajednica i ekosustava. Cjelokupna bioraznolikost na Zemlji još uvijek nije u potpunosti istraжена. Do sada je opisano oko 2 milijuna vrsta, od čega čak 60 % čine kukci. Raznolikost vrsta nije jednaka u svim životnim zajednicama te se mijenja s geografskom širom. S obzirom na to, postoje područja na Zemlji (36 njih) na kojima je bioraznolikost vrlo velika te se takva mjesta nazivaju „**vrućim točkama bioraznolikosti**“ (engl. **hot spots**) (neka od tih područja prikazana su na **Slici 3.1**).



Slika 3.1. Područja najveće bioraznolikosti na Zemlji.

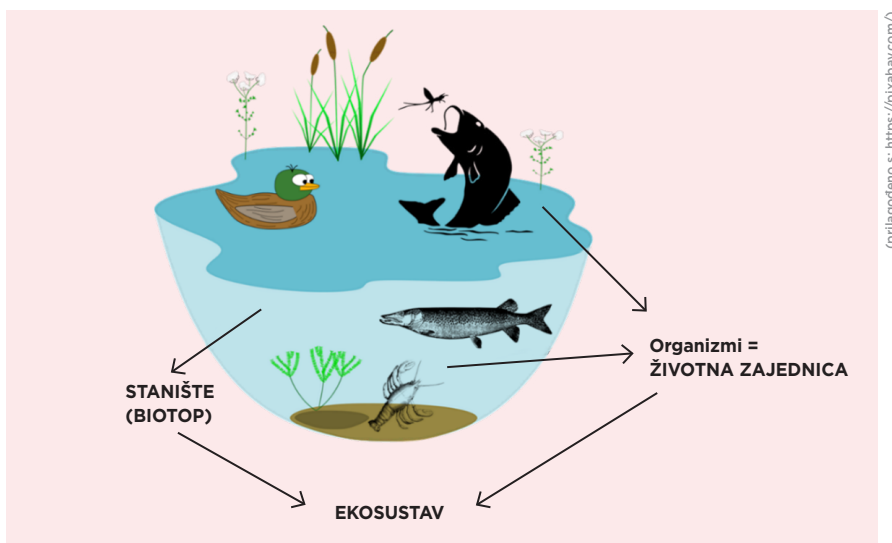
(Preuzeto s Conservation International, 2004
i prilagođeno prema Myers, 2000)

Zbog optimalnih uvjeta, kao što je velika količina oborina i relativno visoka i stabilna temperatura tijekom cijele godine, za tropska područja karakteristična je mnogo veća bioraznolikost nego ona u područjima na višim geografskim širinama. Što su vrijednosti okolišnih čimbenika nekog područja dalje od optimalnih vrijednosti za većinu organizama, to je i manja bioraznolikost toga područja.

Područja sa sličnim ekološkim uvjetima nastanjena su i sličnim sastavom vrsta, kojima takvi uvjeti odgovaraju. Stoga je **bioraznolikost** jedno od vrlo bitnih obilježja svake životne zajednice, koja može

biti sastavljena od nekoliko učestalih vrsta ili pak može sadržavati mnoštvo vrsta. Od tih vrsta, neke mogu biti prisutne s velikom brojnošću jedinki, a druge s njihovim malim brojem. Zbog toga bioraznolikost uključuje tzv. **raznolikost vrsta**, koja uključuje broj vrsta, kao i ujednačenost brojnosti jedinki svake od tih vrsta. Neka biocenoza (ili pojedina zajednica unutar nje) ima veću raznolikost ako je broj jedinki svake vrste unutar zajednice ujednačen.

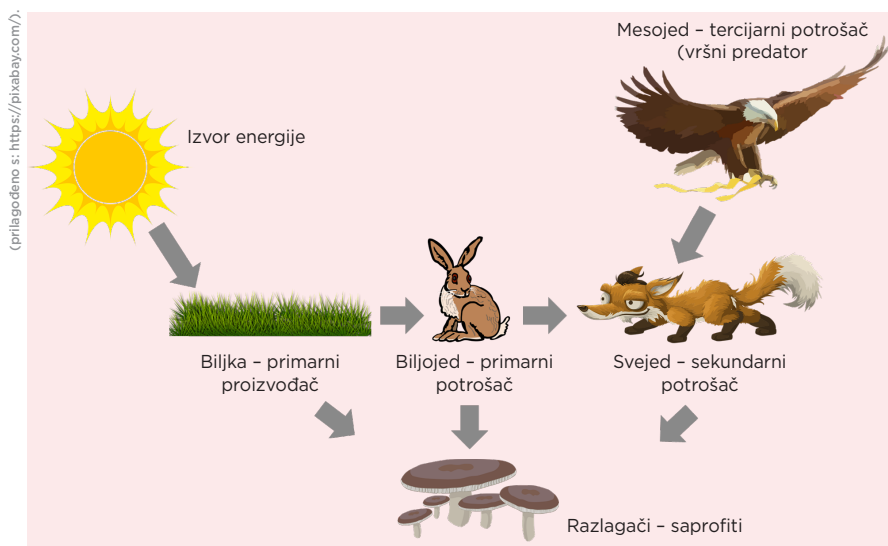
Sve zajednice pojedinih organizama unutar biocenoze i njihovo stanište čine **ekosustav** (Slika 3.2).



Slika 3.2. Ekosustav = stanište (biotop) + životna zajednica (biocenoza).

Svaki ekosustav obilježen je protokom energije i kruženjem tvari između organizama i njihova okoliša. Živa bića unutar ekosustava međusobno su povezana prehrambenim odnosima (Slika 3.3). Ciklus protoka energije i kruženja tvari između organizama i okoliša putem prehrambenih odnosa započinje vezanjem Sunčeve energije u žive organizme (fotoautotrofe), koju zelene biljke, alge i cijanobakterije koriste u procesu fotosinteze. Ovakve organizme, koji proizvode organsku tvar (jednostavne ugljikohidrate) koristeći sunčevo zračenje kao izvor energije, nazivamo **primarnim proizvođačima** i oni čine osnovu većine životnih zajednica. Primarnim proizvođačima se hrane biljojedi koje nazivamo i **primarnim potrošačima** jer se prvi

hrane organskom tvari koju su stvorile zelene biljke. Mesojedi i svejedi hrane se biljojedima i nazivamo ih **sekundarnim potrošačima**. Vršni predatori (grabežljivci) su mesojedi koje nazivamo **tercijarnim potrošačima**.

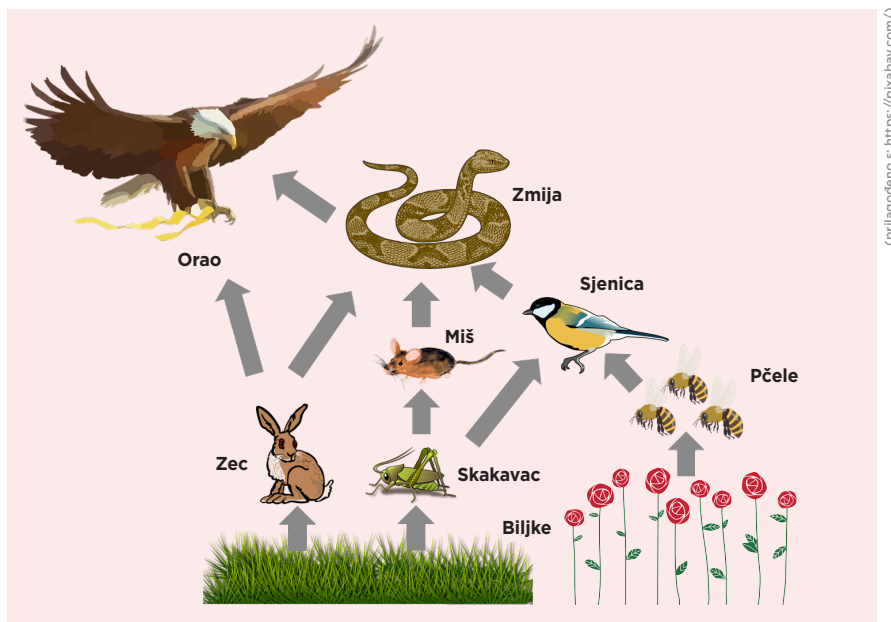


Slika 3.3. Protok energije i kruženje tvari kroz ekosustav putem prehrambenih odnosa prikazom primjera prehranbenoga lanca.

Primarni proizvođači i potrošači dio energije koju hranom unesu u svoja tijela potroše za svoje metaboličke potrebe. Dio te energije se izlučuje iz organizama, a dio u obliku topline napušta ekosustav i ne može se ponovo upotrijebiti. Nakon nekog vremena, svi organizmi uginu i njihova se tijela razgrađuju pomoću organizama **razlagača** (bakterije, gljive i neke praživotinje). Razlagači razlaganjem uginulih organizama vraćaju mineralne soli (ortofosfate, amonijak i nitratre) na početak ciklusa prijenosa tvari i energije kroz ekosustav omogućujući daljnji rast i razvoj primarnih proizvođača. Podsjetimo se, mineralne soli dušika i fosfora vrlo su važne u procesu primarne organske proizvodnje.

Sunčeva energija pohranjena u primarnim proizvođačima prolazi kroz ekosustav putem prehrambenih odnosa raznih organizama, što nazivamo **prehranbenim lancem** (Slika 3.3). No s obzirom da najčešće jedna vrsta predstavlja izvor hrane za više drugih vrsta, u

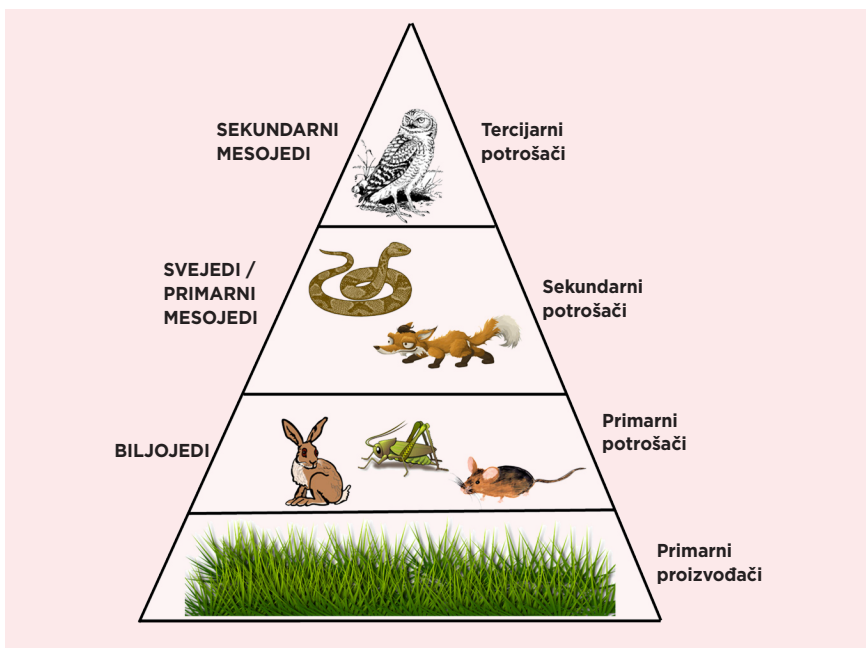
nekom ekosustavu zapravo postoji čitav niz međusobno isprepletenih prehrambenih lanaca, tj. **prehrambenih mreža** (Slika 3.4).



Slika 3.4. Protok energije i kruženje tvari kroz ekosustav putem prehrambenih odnosa prikazom primjera prehrambene mreže.

Organizmi koji se hrane ostacima uginulih organizama nazivaju se **saprofiti ili saprofagi** (gljive, bakterije). Mrtvom organskom tvari u raspadanju (koja se naziva **detritus**), naseljenom bakterijama i saprofitskim gljivama hrane se organizmi **detritofagi** ili **detritivori** i (primjerice neki kukci, puževi (Gastropoda), stonoge, gujavice u kopnenim ekosustavima, a maločetaši (Oligochaeta), ličinke nekih vodenih redova kukaca, kao što su vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera) i tulari (Trichoptera) u slatkovodnim ekosustavima). Saprofagi i detritofagi važni su članovi prehrambenih odnosa koji sudjeluju u protjecanju energije i kruženju tvari kroz neki ekosustav.

Piramida brojeva i biomase organizama na svakoj prehrambenoj razini te međusoban odnos tih organizama pokazuju kako se prema vrhu prehrambenoga lanca, brojnost i biomasa jedinki smanjuju. Zato je pri kraju prehrambenoga lanca mnogo manje mesojeda nego što je to biljojeda koji su niže na prehrambenom lancu (Slika 3.5).

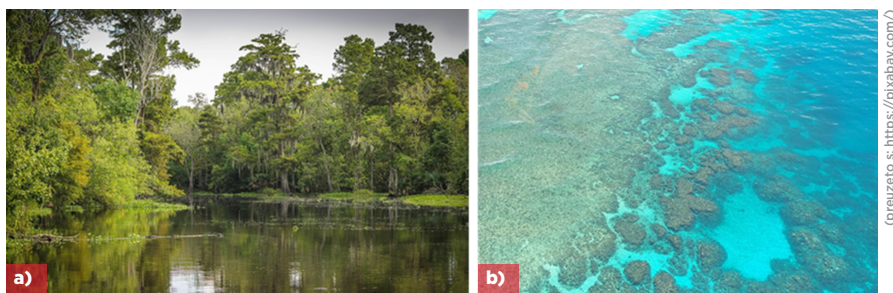


Slika 3.5. Piramida brojeva i biomase jedinki pojedinih prehrambenih kategorija unutar prehrambenoga lanca kopnenog ekosustava.

Takav je odnos logičan s gledišta prijenosa i utroška energije kroz organizme unutar ekosustava. Fotoautotrofni organizmi iskorištavaju između 1 i 2 % ukupne količine Sunčeve energije koja im je dostupna. Djelomice je iskoriste za održavanje vlastitih životnih funkcija, nakon čega ona u obliku toplinske energije napušta ekosustav. Nakon što se nahrane fotoautotrofnim organizmima i u svoja tijela unesu energiju pohranjenu u toj hrani, biljojedi najveći dio te energije iskoriste za procese disanja, razgradnje hrane, kretanje i slično. Upravo zbog toga, mesojedima i svejedima je na raspolaganju još manji preostali dio Sunčeve energije unesene u ekosustav. Mesojedi i svejedi osim što dio unesene energije potroše za održavanje vlastitih metaboličkih procesa, dio energije potroše u potrazi za hranom. Zbog svega navedenoga, kraći prehrambeni lanci su i učinkovitiji, s obzirom da je u njima veća količina energije na raspolaganju potrošaču, stoga je i njegov opstanak lakši.

Pojedini ekosustavi na Zemlji razlikuju se po intenzitetu **primarne proizvodnje** (Slika 3.6), s obzirom da se razlikuju i čimbenici koji utječu na njezin intenzitet. Otprilike trećina primarne proizvodnje

odvija se u moru, a preostali dio na kopnu. Na primarnu proizvodnju u kopnenim ekosustavima najveći utjecaj imaju klimatske značajke, kao što je temperatura zraka i vlažnost. Tako se primarna proizvodnja povećava s povećanjem srednje godišnje temperature zraka i količine oborina te je ona najveća u tropskim kišnim šumama. U morskim ekosustavima, najvažniji čimbenici koji utječu na intenzitet primarne proizvodnje su količina dostupnih mineralnih soli (ortofofata, amonijaka i nitrata) i svjetlosti. Stoga se fotoautotrofni organizmi nalaze u površinskom osvijetljenom dijelu vodenih ekosustava, morskih i slatkovodnih. Najproduktivniji vodeni ekosustavi su močvare, jezera, obalna područja mora i jezera te koraljni grebeni (**Slika 3.6**).



Slika 3.6. Primjeri ekosustava s najvećom primarnom proizvodnjom na Zemlji: a) močvara, b) koraljni greben.

Tipovi prehrane

Zahvaljujući procesu fotosinteze, **fotosintetski autotrofni organizmi (fotoautotrofi)** mogu izgraditi vlastite organske spojeve (jednostavne molekule ugljikohidrata), koji izgrađuju njihove stanice. Za taj proces im je potreban ugljikov dioksid, voda i u njoj otopljene mineralne soli te Sunčeva svjetlost. Fotoautotrofni organizmi su zelene biljke, jednostanične i višestanične alge i cijanobakterije (modrozelenne alge). U prehrambenim mrežama, autotrofi su **proizvođači** i predstavljaju osnovu većine ekosustava. Postoje i neki ekosustavi koji se temelje na kemoautotrofiji ili kemosintezi kada energija nastaje razgradnjom određenih spojeva od strane bakterija.

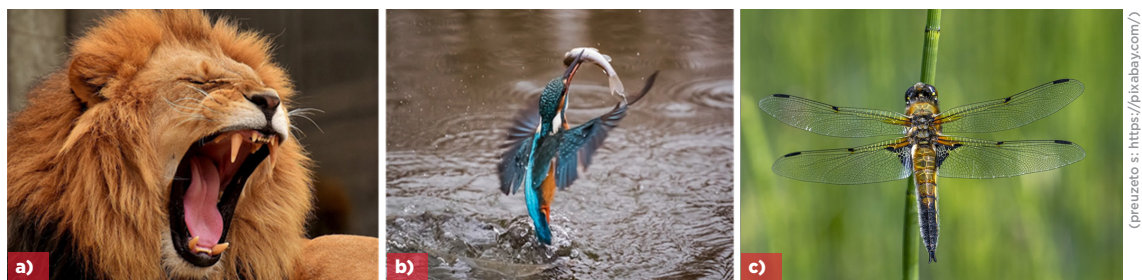
Heterotrofni način ishrane obilježje je **heterotrofnih organizama (heterotrofa)** koji mogu iskoristiti samo gotove organske spojeve koje proizvode autotrofni organizmi. Heterotrofi probavljaju organske tvari i apsorbiraju produkte njihove razgradnje u svoje tijelo. U nekom ekosustavu, u prehrambenim mrežama, heterotrofni organizmi mogu biti **potrošači** ili **razlagači**. S obzirom na izvor hrane koji unose u svoj organizam, heterotrofi mogu biti **biljojedi**, **mesojedi**, **svejedi**, **saprofiti** i **nametnici (paraziti)**.

Biljojedi (Slika 3.7) troše primarnu organsku tvar koju su u ekosustavu stvorili fotoautotrofni organizmi. U vodenim ekosustavima glavni izvor hrane biljojeda su mikroskopske alge (fitoplankton) kojim se hrani većina organizama zooplanktona, neke spužve (Porifera), žarnjaci (Cnidaria), školjkaši (Bivalvia) itd. U kopnenim ekosustavima, uključujući ekosustav tla, glavni izvor hrane biljojeda su više biljke, kojima se se hrane razni beskralješnjaci, pretežno kukci, i kralješnjaci. Organizmi koji se hrane drugim životinjskim organizmima nazivaju se **mesojedi (Slika 3.8)**. **Svejedi** su životinjske vrste koje se



Slika 3.7. Primjeri biljojedih životinja: a) europski zec (*Lepus europaeus*), b) afrički slon (*Loxodonta africana*), c) zeleni konjic (*Tettigonia viridissima*).

hrane biljnom i životinjskom hranom (Slika 3.9). **Saprofiti** su organizmi koji razlažu mrtvu organsku tvar (Slika 3.10a). To su pretežno bakterije i gljive koje izlučuju enzime u mrtve i raspadnute ostatke organizama i tako razgrađene tvari apsorbiraju u svoje tijelo. **Nametnici** (**paraziti**) su organizmi koji uzimaju hranu od drugih organizama (**domaćara ili domaćina**) dok su oni još živi. Nametnici mogu biti praživotinje, gljive, biljke i životinje (Slika 3.10b, c).



Slika 3.8. Primjeri mesojednih životinja: a) lav (*Panthera leo*), b) vodomar (*Alcedo atthis*), c) vilin dvopjeg (*Libellula quadrimaculata*).



Slika 3.9. Primjeri svejedih životinja: a) mrki medvjed (*Ursus arctus*), b) čimpanza (*Pan troglodytes*), c) europski jež (*Erinaceus europaeus*).



Slika 3.10. Primjeri saprofita i nametnika: a) gljiva rujni pehar (*Sarcoscypha austriaca*), b) bijela imela (*Viscum album*), c) šumski krpelj (*Ixodes ricinus*).

A photograph of a clownfish (Amphiprioninae) swimming among the tentacles of a sea anemone. The clownfish has orange and white stripes. The anemone has many long, translucent, yellowish-orange tentacles. The background is a solid orange color.

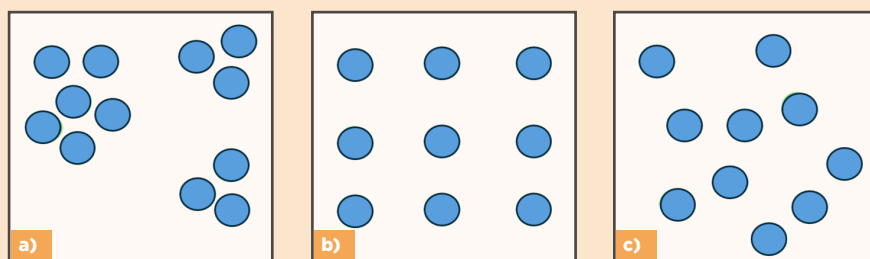
IV.

**MEĐUOVISNOST
ŽIVIH
ORGANIZAMA U
POPULACIJAMA**

Grupa jedinki neke vrste koje žive na istom prostoru naziva se **populacija**. Njezina **osnovna obilježja** su prostorni raspored, gustoća, rast, dobna struktura, omjer spolova te odnosi između jedinki unutar populacije. Populacije u prirodi međusobno su povezane te jedinke populacija različitih vrsta žive na istom prostoru često stupajući u međusobne odnose koji se nazivaju **interspecijski (međuvrsni) odnosi**. Odnosi između jedinki iste vrste nazivaju se **intraspecijskima (unutarvrsnima)**. Ova dva tipa odnosa među organizmima smatraju se **biotičkim čimbenicima** ili **čimbenici žive prirode**.

PROSTORNI RASPORED 1.

Jedinke unutar populacije mogu u staništu biti raspoređene grupno, jednoliki ili nasumično (**Slika 4.1**). Grupni raspored jedinki na staništu rezultat je raznolikosti samog staništa (i dostupnosti resursa u staništu) ili socijalnog života jedinki te je najčešći u prirodi. U slučaju ravnomjerne raspodjele ekoloških čimbenika na staništu, jedinke će imati jednoliki raspored. Jednoliki raspored javlja se i kao posljedica teritorijalnosti. Kada je položaj jedinki u staništu slučajan i nepravilan, takav raspored je nasumičan (slučajan).



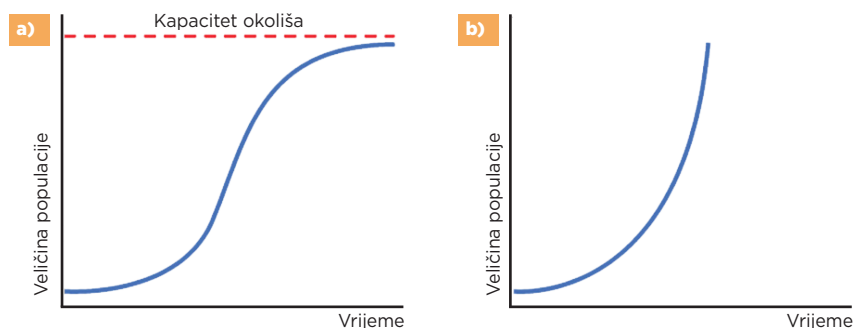
Slika 4.1. Raspored jedinki unutar populacije: a) grupni raspored (primjerice krda preživača, jata ptica, plove riba), b) jednoliki raspored (primjerice voćke u voćnjaku), c) slučajni raspored (primjerice plankton u morima i jezerima).

2. GUSTOĆA POPULACIJE

Gustoća populacije označava veličinu populacije koja ovisi o natalitetu (broju novorođenih jedinki u populaciji), mortalitetu (broj umrlih jedinki neke populacije, primjerice zbog starosti, bolesti, prirodne katastrofe ili predatorstva), stopi preživljavanja, potencijalu razmnožavanja i migracijama (imigraciji i emigraciji).

3. RAST POPULACIJE

Populacije u prirodi najčešće ne rastu beskonačno, već se stabiliziraju na razini koju određuje **kapacitet okoliša** (Slika 4.2). Kapacitet okoliša, s obzirom na količinu resursa koje posjeduje, određuje maksimalnu veličinu populacije koju određeno stanište može prihvatiti. Kada neka vrsta naseli novo stanište koje je za nju povoljno, tj. koje ima velike količine resursa (primjerice mjesta za gradnju nastambi, velike količine hrane), broj jedinki te vrste najvjerojatnije će se vrlo brzo povećati i rast populacije će biti **eksponencijalan** (Slika 4.2). No u trenutku kada se dosegne kapacitet okoliša, taj rast iz eksponencijalnoga prelazi u **logistički**, što znači da rast populacije usporava i stagnira (Slika 4.2).



Slika 4.2. Rast populacije: a) logistički i b) eksponencijalni.

DOBNA STRUKTURA JEDINKI UNUTAR POPULACIJE

4.

S obzirom na udio pojedinih starosnih kategorija jedinki unutar populacije, populacije mogu imati različite brzine rasta, tj. veličina populacija može se različito kretati. U slučaju kada u određenoj populaciji postoji više mladih od odraslih i starih jedinki, takvu populaciju obilježava brzi rast. Ako udio mladih jedinki pada, a odraslih i starih raste, populacija će imati sve sporiji rast. Kada dođe do izjednačavanja brojnosti mladih s odraslim i starim jedinkama, rast populacije će stagnirati. U slučaju da je broj odraslih i starih jedinki veći od broja mladih jedinki, obilježje je takve populacije negativni rast odnosno pad.

5. ODNOSI IZMEĐU POPULACIJA – BIOTIČKI ČIMBENICI

Kao što je ranije rečeno, dio ekoloških čimbenika koji imaju važan utjecaj na živa bića nazivaju se biotički ili čimbenici žive prirode. Oni obuhvaćaju međusobni utjecaj organizama bilo da se radi o onima iste (intraspecijski odnosi) ili različitih vrsta (interspecijski odnosi).

a) Intraspecijski odnosi

Među odnosima između jedinki iste vrste, najvažniji su oni vezani uz **kompeticiju** (natjecanje). Jedinke se međusobno natječu za hranu, vodu, teritorij i partnere za razmnožavanje. Do natjecanja među članovima pojedine populacije dolazi ako su resursi koji su neophodni za život jedinki ograničeni (**Slika 4.3**).



Slika 4.3. Primjeri intraspecijskih kompeticijskih odnosa: a) natjecanje za staništem, b) natjecanje za izvorima hrane.

Vrlo važni odnosi između jedinki iste vrste su i oni vezani uz **razmnožavanje**. Tijekom razdoblja razmnožavanja, životinje se udvaraju i često mijenjaju svoj izgled i/ili ponašanje. Neke životinje će primjerice dobiti istaknutiju boju tijela, primjerice neki će mužjaci dobiti svadbeno ruho kako bi privukli ženku (ptice, gmazovi, vodozemci). Drugi će pak mužjaci privlačiti ženke raznim oblicima glasanja (ptice,

cvrčci (Cicadidae), žabe (Anura)), neki plesom (ptice, ribe, vodenjaci (*Triturus* spp.)). Neke se životinje privlače svjetlom (krijesnice, dubokomorske ribe) ili mirisom (kukci, sisavci).

Tijekom sezone razmnožavanja, životinje formiraju sezonske „**bračne zajednice**“. Razlikuju se **monogamne** (jednoparne) (primjerice europski dabar (*Castor fiber*), sivi vuk (*Canis lupus*), crvenokljuni labud (*Cygnus olor*), bjeloglavi orao (*Haliaeetus leucocephalus*)) i **poligamne** (mnogoparne) životinje. Kod poligamnih životinja razlikuju se **poligine** (jedan mužjak i više ženki; primjerice u domaće kokoši (*Gallus domesticus*), kopitara i tuljana) te **poliandre** (jedna ženka i više mužjaka; primjerice su pčela medarica (*Apis mellifica*) i obična kukavica (*Cuculus canorus*)).

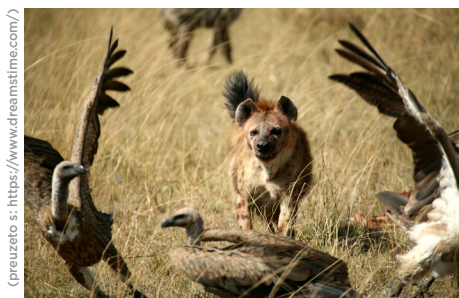
Međusobni odnosi jedinki iste vrste uključuju i „roditeljstvo“ odnosno briga za mlade ili potomstvo. Velik broj životinja nakon parenja ni na koji način ne pokazuje brigu za jaja, ličinke ili mlade jedinke. Međutim, postoje i vrste koje se na različite načine brinu o potomstvu kroz gradnju gnijezda, prenošenje i skrivanje jaja, ležanja na jajima, čuvanje legla, hranjenje mladih i dr. Osim stvaranja zajednica za potrebe reprodukcije jedinke iste vrste se mogu udruživati i grupirati i zbog drugih razloga koji im povećavaju uspješnost preživljavanja. U zajednici je prisutna veća budnost i oprez prilikom uočavanja i izbjegavanja grabežljivaca, zajednički je lakše pronalaziti hranu, loviti plijen ili se braniti, bolja je briga za mlade, olakšano je kretanje tijekom leta ili kretanja kroz vodu, a u grupi je i lakše očuvati toplinu tijekom nepovoljnih okolišnih uvjeta. Primjeri zajednica različitih životinja su krdo, čopor, jato, plova i roj. Osim prednosti udruživanje donosi i određene nedostatke pa osim kompeticije postoji mogućnost lakšeg širenja bolesti i nametnika, parenja u bliskom srodstvu, kanibalizma ili infanticida.

Vrlo zanimljiv oblik odnosa među jedinkama iste vrste je i **altruizam** kada jedinke pomažu ili donose korist drugim jedinkama (povećavaju mogućnost preživljavanja) unatoč potencijalnoj šteti za sebe. Izvrsni primjer i ovakvog oblika ponašanja javljaju se kod eusocijalnih kukaca poput pčela (Apidae), mrava (Formicidae) i termita (Isoptera), ali je zabilježeno i kod nekih ptica i sisavaca.

b) Interspecijski odnosi

Jedinke populacija različitih vrsta mogu biti uključene u šest mogućih odnosa: **kompeticija**, **mutualizam**, **komenzalizam**, **amenzalizam**, **predatorstvo (predacija)** i **parazitizam**.

Kompeticija predstavlja natjecanje jedinki za resurse u okolišu, a to su kod jedinki različitih vrsta hrana i stanište (**Slika 4.4**). Oblik natjecanja u kojemu nema izravne borbe za određenim resursom, već jedinke koriste iste izvore hrane ili isti prostor, međusobno smanjujući jedna drugoj količinu hrane i prostora za gradnju nastambi, naziva se **posredno natjecanje**. **Izravno natjecanje** je pojava kada neke jedinke štite određene resurse i ne dijele ih s drugim jedinkama na staništu, kao kod teritorijalnosti, gdje jedinka jedne vrste brani od jedinki druge vrste izvore hrane ili određeno područje (koje koristi kao mjesta za parenje ili gradnju nastambi).



Slika 4.4. Primjeri vrsta (pjegava hijena (*Crocuta crocuta*) i bjeloleđi sup (*Gyps africanus*)) koje ulaze u interspecijsku kompeticiju (za hranu).

Unutar interspecijskih odnosa, vrlo je važno spomenuti pojam **ekološke niše**, položaja ili uloge neke vrste unutar ekosustava u pogledu prehrane i ostalih ekoloških čimbenika kojima je pojedina vrsta prilagođena. Tako se primjerice kompeticija za izvore hrane na nekom staništu smanjuje različitim prehrambenim navikama i prilagodbama vrsta na tom staništu. Do kompeticije dolazi kada se ekološke niše pojedinih vrsta preklapaju. Tako primjerice nekoliko različitih vrsta ptica (divlja patka (*Anas platyrhynchos*), kulik sljepčić (*Charadrius dubius*)) mogu naseljavati isto stanište (obalna zona), no kako hranu pronalaze u različitim izvorima, zauzimaju različite ekološke niše u pogledu prehrane i ne dolaze u međusobnu kompeticiju za izvorima hrane.

Simbioza predstavlja blisku povezanost jedinki različitih vrsta. Može se podijeliti na nekoliko različitih kombinacija odnosa:

mutualizam, komenzalizam i parazitizam (Slika 4.5). **Mutualizam** je interspecijski odnos u kojemu oba člana imaju korist. U **komenzalizmu**, jedna vrsta ima korist dok druga nema ni korist ni štetu, a u **parazitiskom** odnosu, organizam nametnik ima korist dok domadar trpi veću ili manju štetu.



Slika 4.5. Simbioza, kompleksni skup odnosa među jedinkama populacija različitih vrsta: a) mutualizam (pčela medarica (*Apis mellifica*) i biljke cvjetnjače), b) komenzalizam (crvena vjeverica (*Sciurus vulgaris*) koja koristi drvo kao stanište), c) parazitizam (šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) parazitira na koži čovjeka)

Neki od primjera **mutualističkih** odnosa su sljedeći:

- Rak samac (Paguridae) i moruzgva (Actinaria): rak samac pruža transport moruzgvi dok moruzgva brani raka samca od predatora koji bi ga mogli pojesti.
- Riba klaun (*Amphiprion ocellaris*) i veličanstvena vlasulja (*Heteractis magnifica*): riba klaun svojim pokretima potiče cirkulaciju morske vode i tako opskrbljuje vlasulju vodom bogatom kisikom i mineralnim tvarima te ujedno čisti vlasulju i tjera ribe koje bi se njome hranile. Vlasulja, svojim lovkama sa žarnim stanicama, štiti ribu klauna od predatora. Žarne stanice vlasulje neće ozlijediti ribu klauna s obzirom da je površina tijela ove ribe prekrivena debelim mukoznim slojem istoga molekularnog sastava kao i mukozni sloj vlasulje te vlasulja ribu klauna prepoznaje kao dio sebe same (**Slika 4.6a**).
- Riba priljepak (Echeneidae) i morski pas (Selachimorpha): riba priljepak se prilijepi za tijelo morskoga psa koji joj pruža zaštitu od predatora, prijevoz, hranu, a istodobno prilijepljena riba uklanja nametnike s kože i iz usta morskog psa.
- Ptica „krokodilov čuvar“ (*Pluvianus aegyptius*) i nilski krokodil (*Crocodylus niloticus*): ptica se hrani ostatcima hrane i pijavicama u ustima krokodila stoga krokodil ima čista usta.

- Praživotinje u probavnom sustavu preživača: praživotinje razgrađuju celulozu koju preživači pojedu i tako dobivaju energiju, a preživači tako razgrađene spojeve mogu dalje razgraditi i probaviti celulozu. Međutim, praživotinje u sebi imaju bakterije koje proizvode enzime celulaze koje razgrađuju celulozu pa se ovdje radi o međuodnosu triju skupina organizma.
- Lišaji su suživot algi (primjerice zelene alge) ili cijanobakterija i gljiva (primjerice *Sclerotia veratri*): gljiva algi pruža supstrat za rast dok alga gljivu opskrbljuje kisikom i hranjivim tvarima (jednostavnim ugljikohidratima) (**Slika 4.6b**).
- **Mikoriza** (suživot između korijenja višega bilja i gljiva): gljiva biljku opskrbljuje mineralnim solima (ortofosfatima, amonijakom i nitratima) iz tla dok biljka gljivu opskrbljuje hranjivim tvarima (jednostavnim ugljikohidratima).
- Biljke rasprostranjuju svoje sjemenke i plodove pomoću životinja (**endozoohorija**) kao primjerice kada se sisavci i ptice hrane plodovima, sjemenke se izbacuju s izmetom. Takav se odnos organizama u ekologiji naziva **rasprostranjivački mutualizam**.

Neki od primjera **komenzalnih** odnosa su sljedeći:

- Rakovi vitičari (Cirripedia) i kitovi (Cetacea): rakovi vitičari su sesilni organizmi (**Slika 4.6c**), kao ličinke se prihvate (zalijepe) na površinu tijela kitova te kretanjem kitova ovi rakovi dobivaju prijevoz i tako lakše dolaze do hrane dok na kitove ovaj odnos nema nikakav utjecaj.
- Epifitske biljke (primjerice tilandsija (*Tillandsia multicaulis*)): žive na sjecištu grana drugih biljaka gdje koriste samo prostor na kojemu se zadržao organski materijal i voda dok nemaju utjecaja na biljku domadara (domaćina) (**Slika 4.6d**).
- Biljke penjačice, poput bršljana (*Hedera helix*), koje stabla drvenastih biljaka koriste kao podlogu za penjanje, dok nemaju utjecaj na biljku domadara.
- Ptice grade gnijezda na granama drveća i pri tome nemaju utjecaj na biljku domadara.
- Biljke rasprostranjuju svoje sjemenke i plodove pomoću nekih životinja (**epizoohorija**) kao primjerice čičak (*Arctium lappa*).



Slika 4.6. Primjeri simbiotskih odnosa među različitim vrstama, mutualizam: a) riba klaun (*Amphiprion ocellaris*) i vlasulja (*Heteractis magnifica*), b) lišaji i komenzalizam: c) rakovi vitičari na tijelu kitova, d) epifitske paprati.

Još je jedan odnos unutar simbioze, **parazitizam**, kod kojega se mogu razlikovati **pravi (obligatni) nametnici (paraziti)** koji cijeli život provode kao nametnici te **povremeni (fakultativni)** koji samo dio života provode kao nametnici. S obzirom na to gdje se nalaze na tijelu domadara, paraziti mogu biti **unutarnji (endoparaziti)** (primjerice mala dječja glista (*Enterobius vermicularis*), svinjska trakavica (*Taenia solium*), ovčji metilj (*Fasciola hepatica*)) i **vanjski (ektoparaziti)** (primjerice medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*), šumski krpelj (*Ixodes ricinus*), uš glave (*Pediculus humanus capitis*), mačja buha (*Ctenocephalides felis*)) (**Slika 4.7**).

Zbog specifičnoga načina života, nametnici imaju i specifični izgled i građu tijela te posebne morfološke (promjene u izgledu i obliku tijela), anatomske (redukcija probavila, osjetila, živčanog i lokomotornog sustava) i fiziološke (promjene u funkcioniranju i metabolizmu organizma) prilagodbe. Nametnicima primjerice nisu potrebni neki organi koji su kod slobodnoživućih životinja vrlo važni. Stoga endoparaziti, koji žive u tjelesnim šupljinama drugih životinja (gdje je mrak), uglavnom nemaju oči te imaju vrlo malo osjetilnih organa. Organi za pokretanje slabo su im razvijeni jer se kreću nošeni tjelesnim tekućinama domadara ili su smješteni unutar nekog organa gdje



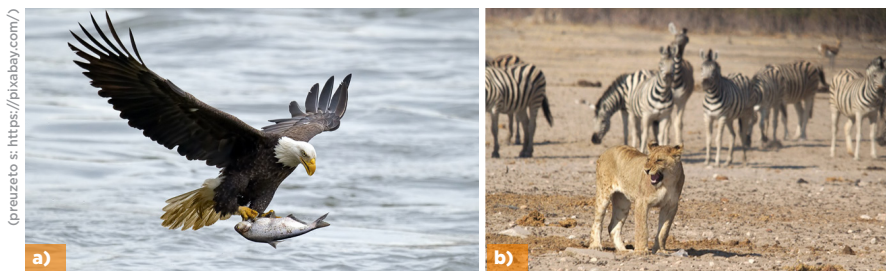
(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 4.7. Primjeri vanjskih nametnika (ektoparazita): a) medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*), b) ženka tigrastog komarca (*Aedes albopictus*), c) šumski krpelj (*Ixodes ricinus*).

nema mogućnosti kretanja. Probavilo im može biti u potpunosti reducirano jer im nije potrebno s obzirom da primaju razgrađene organske molekule svojega domadara cijelom površinom tijela. Imaju jako dobro razvijene organe za prihvaćanje, kao što su trepetljike, kukice, prijanjaljke. Od fizioloških promjena tu su primjerice anaerobni metabolizam u endoparazita, dvospolni način razmnožavanja kod kojega je rasplodni sustav vrlo dobro razvijen i proizvodi se vrlo velika količina jajašaca.

Uz simbiozu, među interspecijskim odnosima potrebno je spomenuti i **amenzalizam**, koji označava odnos između dva organizma različitih vrsta u kojemu je jedan inhibiran ili ubijen, a na drugi organizam nikako ne utječe. Ovdje se kao primjer može navesti **antibioza**, koja predstavlja odnos između različitih vrsta, u kojemu organizmi jedne vrste lučenjem svojih metabolita sprječavaju rast i razvoj organizama druge vrste. Tako primjerice izlučevine nekih plijesni roda *Penicillium* štetno djeluju na neke bakterije. U ovom odnosu bakterije nemaju nikakav utjecaj na plijesni, dok same ugibaju pod utjecajem spojeva koje luče plijesni. Britanski biolog Alexander Fleming je 1928. godine otkrio kako zelena plijesan kistac (*Penicillium notatum*) ubija bakterije te je na temelju njegova otkrića razvijen antibiotik penicilin. Nadalje, neke biljke u tlo izlučuju kemijske tvari koje sprječavaju rast drugih biljaka oko nje (primjerice pitomi orah (*Juglans regia*)), što se naziva **alelopatija**. Također, hodajući parkom ili livadom, na putu pogazimo i ubijemo kukce koji se nalaze na tlu, a najčešće toga uopće nismo ni svjesni, dok je naš hod poguban za organizme koje pogazimo.

Na koncu, među interspecijskim odnosima tu je i **predatorstvo** (**predacija**), odnos u kojemu jedan organizam (predator ili grabežljivac) konzumira drugi organizam (plijen) (**Slika 4.8**). I organizmi



Slika 4.8. Primjeri predatora i njihova plijena: a) bjeloglavi štekavac (*Haliaeetus leucocephalus*) i riba, b) lav (*Panthera leo*) i zebre (*Equus* spp.).

predatori i oni koji predstavljaju plijen, morali su razviti posebne prilagodbe i strategije preživljavanja.

Kod predatora, prilagodbe su vezane uz razvoj sposobnosti kako uspješnije raspoznati plijen i kako ga uloviti. Kako bi mogao raspoznati plijen, predator ima razvijene osjetilne organe za vid, sluh, njuh, dodir. Mnogi predatori, poput sivog vuka (*Canis lupus*), kita orke (*Orcinus orca*) i galebova (*Larus* spp.), love u skupinama. Neki predatori imaju posebne tehnike lova, kao što je lavlji mrav (*Myrmeleon formicarius*) (kukac mrežokrillac). Ličinke mravljeg lava su velike sa snažnim čeljustima. Žive ukopane u pijesku, unutar ljevkaste jamice koju iskopaju na dubini od oko 6 centimetara, a koja predstavlja zamku za znatiželjne kukce koji dolaze na rubove pješčane zamke u potrazi za hranom. Plijen će s ruba zamke skliznuti u njezinu unutrašnjost iz koje više ne može izaći van.

I vrste životinja koje predstavljaju plijen također su razvile posebne načine obrane (**Slika 4.9, 4.10**), koji su vezani uz razvoj prilagodbi koje omogućavaju uspješnije sakrivanje i izbjegavanje i odvrćanje predatora, a samim time i preživljavanje. Neke životinje su **kriptički obojene** (**Slika 4.9c, d**), to jest njihova je obojenost slična obojenosti okolišu u kojim žive (što se još naziva i **kamuflaža ili maskiranje**). Kod drugih je prisutno jarko obojenje (što se naziva **upozoravajuća obojenost**) te su žute, narančaste, crvene ili plave boje (**Slika 4.9a, b**). Ovakvo obojenje upućuje da životinja posjeduje otrovne žlijezde u koži (neke žabe i daždevnjaci), žlijezde s neugodnim mirisom (smrdljivci (Mephitidae), tvorovi (*Mustela* spp.), stjenice (Heteroptera), kornjaši poput trčaka (Carabidae)) ili žalac (poput medonosne pčele (*Apis mellifera*) i obične ose (*Vespula vulgaris*)) kojim bi mogle ubosti predatora. Predatori ih stoga izbjegavaju. Otrov može služiti



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 4.9. Načini na koje vrste, koje su potencijalni plijen, povećavaju svoje mogućnosti preživljavanja, upozoravajuća obojenost: a), plava otrovna žaba (*Dendrobates azureus*), b) stršljen (*Vespa* sp.) i kriptička obojenost: c) gatalinka (*Hyla* sp.) .

za lov plijena i obranu pa se u tom slučaju nalazi u slini ili u posebnim žlijezdama u ustima (mnoge ribe i zmiје, neki gušteri i sisavci). Međutim, katkad su otrovne žlijezde povezane s bodljama na tijelu (ribe, škorpioni (Scorpiones)) ili se otrov nalazi u krvi odnosno u unutarnjim organima (ribe, hobotnice (Octopodidae), školjkaši).

Životinje se mogu obraniti od napadača i grabežljivaca i pomoću različitih oklopa, ljuštura i kućica (puževi, školjkaši, kukci, kornjače (Testudines), neki sisavci), ali i pomoću bodlji (ježinci (Echinoidea), gušteri, ježevi (Erinaceidae), dikobrazi (Hystriidae)), ljsaka (ribe, gušteri, krokodili (Crocodilia), sisavci), rogova-rogovlja (jele ni (Cervidae), šupljorošci, (Bovidae), nosorozi (Rhinocerotidae)), kljova (slonovi (Proboscidea), svinje (Suidae)), zubi (ribe, sisavci), pandi (kornjače, ptice i sisavci) i kljunova (ptice). Poseban oblik obrane je odbacivanje repa kod guštera što se naziva autotomija pri čemu odbačeni dio repa privlači pažnju napadača i omogućuje gušteru bijeg. Neke vrste riba kao što su električna jegulja (*Electrophorus electricus*), raže (Torpediniformes) i somovi (Malapteruridae) mogu stvarati električni naboj koji nakupljaju u izmijenjenim mišićima čime se mogu braniti, ali i napadati.

Pojedine su se životinje različitim načinima **oponašanja** prilagodile na uspješnije izbjegavanje predatora, pri čemu se razlikuje mimikrija (uključujući lažnu upozoravajuću obojenost) i fitomimeza. **Mimikrija** je pojava kada su različite vrste svojim izgledom (boja, veličina, oblik tijela) vrlo slične jedna drugoj. Neke su životinje jarko obojene iako nemaju otrovne žlijezde ili drugi oblik zaštite, već se obojenjem pretvaraju da su opasne što se naziva **lažna upozoravajuća obojenost**. Tako je primjerice kod kukaca često da bezopasne vrste svojim izgledom i oblikom tijela oponašaju neke opasne vrste. Kao

primjer mogu se navesti leptiri staklokrilci (Sesiidae) koji oponašaju stršljene (*Vespa* spp.). Predatori ne mogu spoznati razliku, tako da će izbjegavati ove leptire iako oni ne posjeduju žalac kojim bi mogli ubosti predatora. **Fitomimeza** se uočava kod životinja, također najčešće kukaca, koji izgledom svojega tijela (morfologijom) oponašaju dijelove biljaka, pa tako izgledaju kao grančice, bodlje na stabljikama, listovi, cvjetovi itd. (Slika 4.10).



Slika 4.10. Načini na koje vrste, koje su potencijalni plijen, povećavaju svoje mogućnosti preživljavanja, fitomimeza: a) paličnjak (*Phasmatodea*), b) lipin prelac (*Phalera bucephala*).

Biljke također imaju različite metode i prilagodbe kojima pokušavaju izbjeći da biljožderi pojedu ili unište dio biljnog organizma. Pritom se štite različitim dlakama, bodljama i trnovima koji mogu biti izmijenjeni listovi ili dijelovi stabljike. Osim toga biljke pokušavaju sakriti hranjive tvari u podzemne organe bilo da se radi o korijenu ili stabljici. Spremljenu hranjivu tvar ili biljne organe katkad dodatno štite tako što stvaraju različite kemijske tvari koje su neugodnog mirisa, ljute su, gorke, kisele ili sadrže alkaloida, tanine, smolu i otrove. Pojedine vrste pokušavaju zaštititi i reproduktivne organe poput cvjetova, sjemenki i plodova barem dio vremena (primjerice dok ne sazriju) ili samo od nekih predatora.



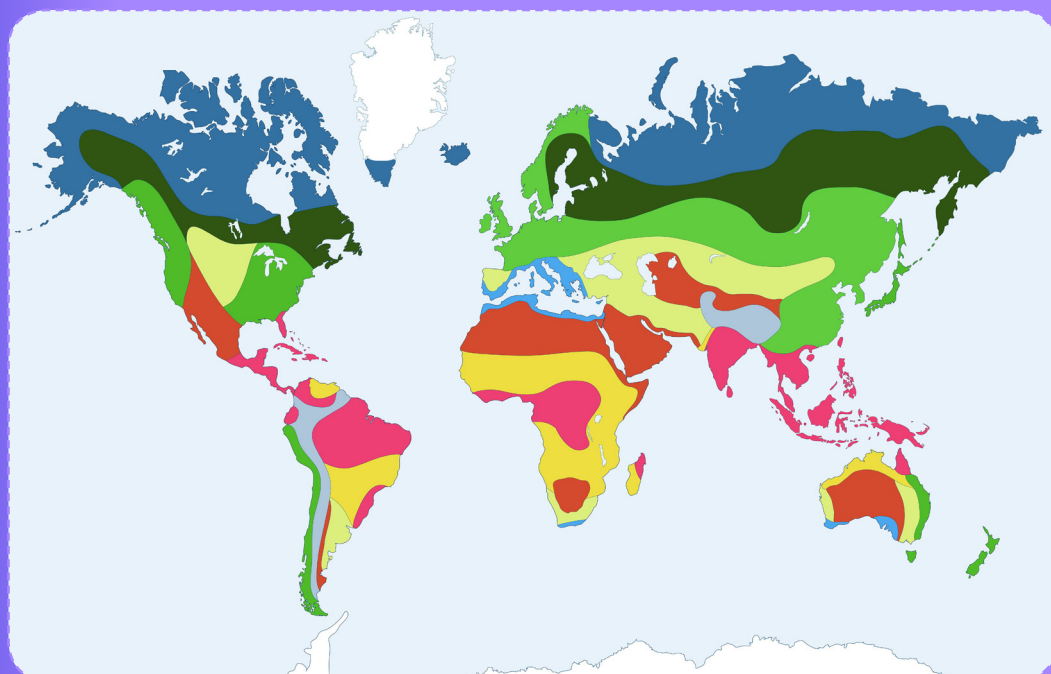
The background image shows a landscape with a purple overlay. In the foreground, there is a field of low-lying, dry vegetation. In the middle ground, there is a body of water, possibly a lake or a wide river, with some small islands or rocks visible. In the background, there are rolling hills or mountains. The overall color scheme is dominated by shades of purple and blue.

V.

**BIOMI I
KOPNENI
EKOSUSTAVI**

BIOMI

 Polarne pustinje	 Planinske tundre	 Pustinje
 Tundre	 Stepe	 Mediteranska vegetacija
 Tajge	 Savane	
 Šume umjerenog pojasa	 Tropske šume	



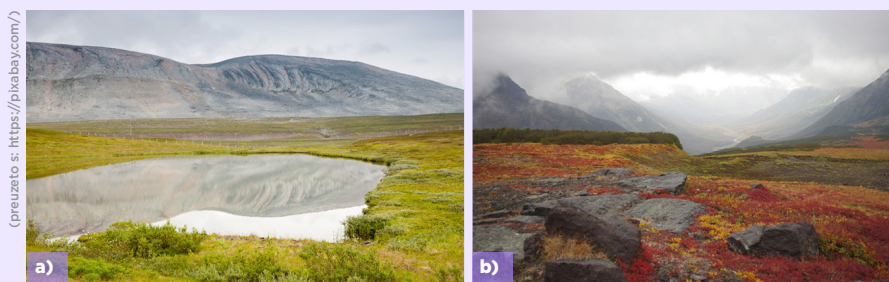
(prilagođeno s: <https://www.dreamstime.com/>)

Slika 5.1. Glavni kopneni biomi na Zemlji i njihova raspodjela.

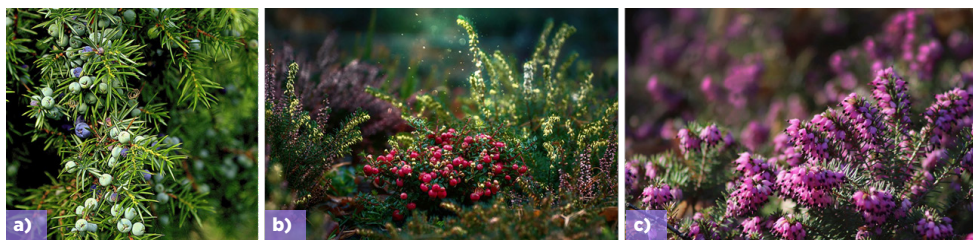
Biljni pokrov na Zemlji može se grupirati u cjeline koje se nazivaju **biomi** (**Slika 5.1**). Postoji nekoliko glavnih kopnenih bioma: tundre, tajge, šume umjerenoga pojasa, mediteranska vegetacija, tropske šume, travnjaci i pustinje. Biljni pokrov i s njim povezane zajednice drugih organizama koje ga naseljavaju pod najvećim su utjecajem klime (količine oborine i temperature).

TUNDRA 1.

Tundra je zaleđena ravnica koja prekriva vrh sjeverne hemisfere Zemlje. U ovim predjelima drvenasta vegetacija ne može rasti zbog niskih temperatura i kratke vegetacijske sezone (**Slika 5.2a**). Stoga vegetaciju čine razne vrste šaševa (*Carex* spp.) u močvarnim područjima, zatim lišaji, mahovine (Bryophyta), sitnolisni zimzeleni grmovi otporni na hladnoću (primjerice obična borovica (*Juniperus communis*), patuljasta breza (*Betula nana*), vrjesovke (Ericaceae) i patuljaste vrbe (*Salix* spp.)) (**Slika 5.3**). Vegetacija slična **arktičkoj tundri** nalazi se i na velikim nadmorskim visinama, na planinskim vrhovima diljem svijeta i naziva se **alpska tundra** (**Slika 5.2b**). Oba tipa tundre obilježena su niskom temperaturom zraka tijekom cijele godine, kratkom vegetacijskom sezonom pri čemu je za arktičku tundru značajna i mala količina oborina.



Slika 5.2. Biom tundre: a) na području sjeverne Europe, b) na visokim planinskim područjima.



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 5.3. Biljke česte u tundrama: a) obična borovica (*Juniperus communis*), b) brusnica (*Vaccinium* sp.), c) crnjuša (*Erica* sp.).



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 5.4. Kralješnjaci tipični za biom tundre: a) arktički zec (*Lepus arcticus*), b) los (*Alces alces*), c) arktička lisica (*Vulpes lagopus*), d) polarni medvjed (*Ursus maritimus*), e) arktička sova (*Bubo scandiacus*), f) snježna guska (*Anser caerulescens*).

Od kralješnjaka, u tundri dominiraju biljojedi poput sibirskog leminga (*Lemmus sibiricus*), soba (*Rangifer tarandus*), losa (*Alces alces*), arktičkog zeca (*Lepus arcticus*) i mošusnog goveda (*Ovibos moschatus*) (**Slika 5.4**). Najčešće vrste ptica su alpska snježnica (*Lagopus muta*) i nekoliko vrsta gusaka, kao što su crvenovrata (*Branta*

ruficollis) i snježna guska (*Anser caerulescens*). Glavni predatori tundre su sivi vuk (*Canis lupus*), arktička lisica (*Vulpes lagopus*), polarni medvjed (*Ursus maritimus*), bijela (arktička) sova (*Bubo scandiacus*) i pomornici (Stercorariidae).

2. TRAVNJACI

U prošlosti su **travnjaci umjerenoga pojasa** bili prisutni na oko 42 % kopna na Zemlji, dok je danas ta površina zbog antropogenih (ljudskih) aktivnosti značajno smanjena, na čak manje od 12 % kopna. Većina travnjaka je pretvorena u poljoprivredne površine ili pašnjake. Travnjaci se razvijaju na ravnom terenu gdje u vegetacijskom profilu dominiraju biljne vrste iz porodice trava (Poaceae), iako se pojavljuju i mnoge vrste iz porodica mahunarki i glavočika (Asteraceae). Povremeni požari koji uklanjaju drvenaste biljke potrebni su za održavanje vegetacijskoga profila i strukture travnjaka.

U različitim dijelovima svijeta, travnjaci umjerenoga pojasa nazivaju se različitim imenima: u Euroaziji se nazivaju stepama, u Sjevernoj Americi prerijama i u Južnoj Americi pampama (**Slika 5.5**).



Slika 5.5. Travnjaci umjerenoga pojasa u različitim dijelovima svijeta: a) stepa, b) prerija, c) pampa.

Tropski travnjaci poznati su pod nazivom **savana** (**Slika 5.6**). Ovaj biom čini pretežno travnjačka vegetacija. Drvenaste se biljke pojavljuju u većem ili manjem broju, što ovisi o sastavu tla, vlažnosti tla te količini i rasporedu oborina. Od drvenaste vegetacije, u afričkim savanama karakteristične su akacije (*Acacia* spp.) i baobabi (*Adansonia* spp.). U tropskim travnjacima povremeno dolazi do požara kojima je vegetacija prilagođena.

S obzirom na njihovu geografsku rasprostranjenost, razlikuju se tri tipa savana: pojas suhih, trnovitih i vlažnih savana. Pojas suhih savana nalazimo na području Afrike (**Slika 5.6**), gdje je prosječna visina vegetacije oko 1-1,5 metara, a čini ju travnjačka vegetacija pomiješana

s pojedinim drvenastim vrstama. Pojas trnovitih savana ili „caatinga“ čine sukulenti i trnovite šume i šikare, a nalazi se isključivo u Brazilu. Vlažne savane sastoje se od gustoga travnjačkog pokrova te pojedinačnih grupa drveća. Ovdje se razlikuju „llanosi“ na području Venecuele i Kolumbije te „camposi“ na području Brazila.



Slika 5.6. Primjer afričke savane.

Životinjski svijet travnjaka

Osim po sastavu biljnih vrsta, travnjaci se razlikuju i po sastavu životinjskoga svijeta. Karakteristični kralješnjaci travnjaka su **veliki biljojedi**. Američku preriju su u prošlosti naseljavala velika krda američkoga bizona (*Bison bison*) (**Slika 5.7**), a euroazijsku stepu krda tarpana (*Equus ferus*) (europskoga divljeg konja koji je u međuvremenu izumro) (**Slika 5.7**) i sajga antilopa (*Saiga tatarica*). U afričkim



Slika 5.7. Veliki biljojedi travnjaka umjerenoga pojasa: a) američki bizon (*Bison bison*), b) tarpan (*Equus ferus*).

savanama još uvijek živi velik broj vrsta velikih biljojeda kao što su zebre (*Equus spp.*), razne antilope (*Antilope spp.*), afrički slon (*Loxodonta africana*) i žirafa (*Giraffa camelopardalis*) (Slika 5.8).



Slika 5.8. Veliki biljojedi travnjaka tropskoga pojasa (afričkih savana): a) afrički slon (*Loxodonta africana*), b) žirafa (*Giraffa camelopardalis*).

Travnjake naseljavaju i velike ptice koje ne mogu letjeti (Slika 5.9). U Australiji to je emu (*Dromaius novaehollandiae*), u Južnoj Americi nandu (*Rhea americana*), a u Africi noj (*Struthio camelus*). Ovako velike herbivorne ptice ne naseljavaju travnjake sjeverne hemisfere, no valja spomenuti veliku droplju (*Otis tarda*) koja naseljava europske stepe. Velika droplja ugrožena je vrsta čija je brojnost populacija u opadanju zbog gubitka staništa.



Slika 5.9. Velike ptice travnjaka koje nemaju sposobnost leta: a) emu (*Dromaius novaehollandiae*), b) velika droplja (*Otis tarda*) c) nandu (*Rhea americana*), d) noj (*Struthio camelus*).

TAJGA 3.

Tajga je biom koji se sastoji od šuma četinjača, a pojavljuje se na Zemljinoj sjevernoj hemisferi. Najveća je vegetacijska formacija na Zemlji, s obzirom da pokriva čak 11 % ukupne kopnene površine Zemlje. Za ovaj biom karakteristična je hladna kontinentalna klima s kratkim, hladnim i vlažnim ljetima i dugim i suhim zimama, tijekom kojih se dugo zadržava snježni pokrivač. U europskim tajgama, od vegetacije dominiraju vrste obična smreka (*Picea abies*), bijeli bor (*Pinus sylvestris*) i obična breza (*Betula pendula*) (Slika 5.10).



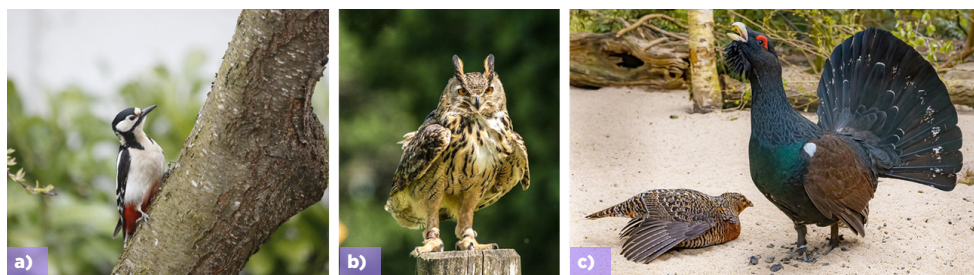
Slika 5.10. Tipične biljne vrste u europskoj tajgi: a) obična smreka (*Picea abies*), b) bijeli bor (*Pinus sylvestris*), c) obična breza (*Betula pendula*).

Zimsko razdoblje je dugo, a temperature niske te se tijekom zime mnoge životinje, posebice veliki sisavci i ptice, iz područja tajgi sele u južnije krajeve. Mnogi mali sisavci zimu provode u podzemnim nastambama. U euroazijskoj tajgi od malih sisavaca česte vrste su crvena vjeverica (*Sciurus vulgaris*), šumska voluharica (*Clethrionomys glareolus*) i tekunica (*Spermophilus citellus*) (Slika 5.11). Od velikih predatora tajgu naseljavaju primjerice mrki medvjed (*Ursus arctos*) i obični ris (*Lynx lynx*), a od manjih predatora tu su primjerice, sibirski tvor (*Mustela eversmanni*) i gorska kuna ili žderonja (*Gulo gulo*) (Slika 5.11). Od ptica, ove šume naseljavaju primjerice veliki djetlić (*Dendrocopos major*), krstokljun (*Loxia curvirostra*), lještarka

(*Tetrastes bonasia*), tetrijeb gluhan (*Tetrao urogallus*) te brojne predatorske vrste, posebice sova (primjerice sova ušara (*Bubo bubo*), i snježna sova (*Bubo scandiacus*) (Slika 5.12).



Slika 5.11. Neki od sisavaca koji naseljavaju biom tajge: a) tekunica (*Spermophilus citellus*), b) voluharica (*Microtus* sp.), c) crvena vjeverica (*Sciurus vulgaris*), d) žderonja (*Gulo gulo*), e) obični ris (*Lynx lynx*), f) mrki medvjed (*Ursus arctos*).



Slika 5.12. Primjeri ptica koje naseljavaju biom tajge: a) veliki djetlić (*Dendrocopos major*), b) sova ušara (*Bubo bubo*), c) tetrijeb gluhan (*Tetrao urogallus*).

ŠUME UMJERENOGA POJASA

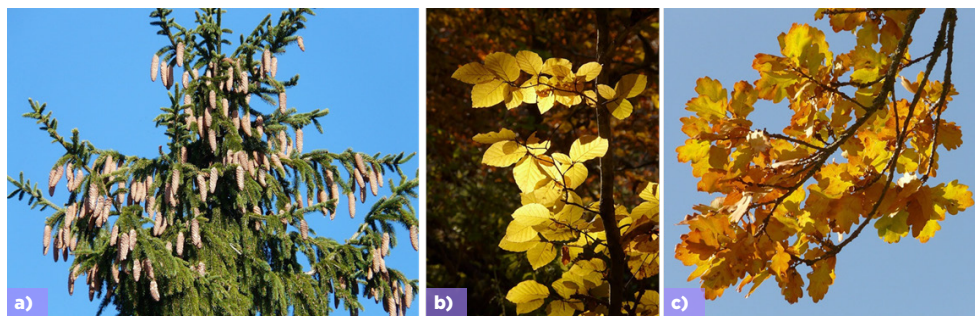
4.

Biom šuma umjerenoga pojasa rasprostire se od nizina do planinskih visina. Ove šume rastu na toplim i suhim te hladnim i vlažnim staništima. U nekim su područjima izložene razdobljima suše, a u drugim povremenim poplavama. Biom šuma umjerenog pojasa uključuje **listopadne šume** i **vazdazelene šume četinjača**.

Listopadne šume tijekom zime gube lišće zbog manje količine Sunčeve svjetlosti i nedostupnosti vode s obzirom da je ona tijekom većega dijela zime smrznuta u tlu. Šume umjerenoga pojasa karakteristične su po vertikalnoj slojevitosti vegetacije, zbog čega se u pojedinim slojevima nalaze mikrostaništa s različitim stupnjem osvjetljenosti, vlage, temperature, strujanja vjetra, količine kisika i ugljikovog dioksida, stoga su posljedično naseljena različitim životinjama.

U listopadnim šumama umjerenoga pojasa od vegetacije dominiraju vrste obična bukva (*Fagus sylvatica*) i hrastovi (*Quercus* spp.) (**Slika 5.13**). Bukva je razvijena na srednjim i višim nadmorskim visinama (od oko od 200 do 1500 mnm), na staništima srednje vlažnosti. Na suhim staništima brdovitih staništa dominantne drvenaste vrste su hrast kitnjak (*Quercus petraea*) i hrast cer (*Quercus cerris*). U povremeno poplavnim nizinskim područjima, dominiraju hrast lužnjak (*Quercus robur*), topole (*Populus* spp.), crna joha (*Alnus glutinosa*) i bijela vrba (*Salix alba*). Tijekom posljednjih nekoliko stoljeća velika područja listopadnih šuma su iskrčena radi dobivanja poljoprivrednih površina.

Dio vazdazelenih šuma umjerenoga pojasa nalazi se u planinskim predjelima na Zemlji. Na području srednje Europe, u takvim šumama dominantna vrsta je obična smreka (*Picea abies*) (**Slika 5.13**). U šumama četinjača nalazi se poseban tip tla, **podzol**. Ovakav se tip tla sastoji od debeloga sloja češera i iglica raznih četinjača koji prekriva humus (crnu djelomično raspadnutu organsku tvar). Zbog usporenoga



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 5.13. Tipična vrsta vazdazelenih šuma umjerenoga pojasa: a) obična smreka (*Picea abies*) i tipične vrste listopadnih šuma umjerenoga pojasa: b) obična bukva (*Fagus sylvatica*) i c) hrast kitnjak (*Quercus petraea*).

raspadanja organske tvari uzrokovanoga niskim temperaturama, slojevi podzola obično su debeli.

U šumskim ekosustavima, najveća raznolikost živoga svijeta nalazi se u i na tlu. Ondje živi čitav niz različitih vrsta beskralješnjaka (razni kukci, stonoge, kolutičavci (Annelida), puževi itd.), kao i mnogi mali i srednje veliki sisavci (primjerice šumski miš (*Apodemus flavicollis*), riđa voluharica (*Clethrionomys glareolus*), šumska rovka (*Sorex araneus*), divlji kunić (*Oryctolagus cuniculus*), europski jazavac (*Meles meles*) i europski jež (*Erinaceus europaeus*)) i vodozemci (primjerice pjegavi daždevnjak (*Salamandra salamandra*)) (**Slika 5.14**). Ovi se organizmi hrane biljkama i mrtvom organskom tvari na tlu te često kopaju nastambe u tlu.



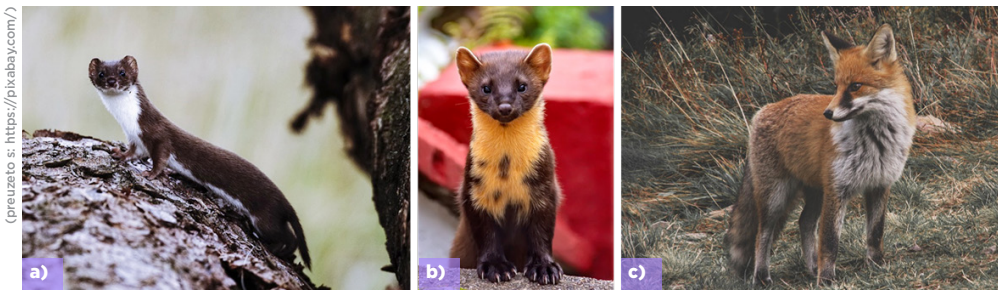
(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 5.14. Česte vrste kralješnjaka koji žive na tlu u šumama umjerenoga pojasa: a) pjegavi daždevnjak (*Salamandra salamandra*), b) europski jazavac (*Meles meles*), c) europski jež (*Erinaceus europaeus*).

U krošnjama drveća od malih sisavaca dolaze crvena vjeverica (*Sciurus vulgaris*) i sivi puh (*Glis glis*) (**Slika 5.15**). Od velikih sisavaca šumskih ekosustava česti su obični jelen (*Cervus elaphus*) i divlja



Slika 5.15. Neke vrste malih i velikih sisavaca koje naseljavaju šume umjerenoga pojasa: a) sivi puh (*Glis glis*), b) obični jelen (*Cervus elaphus*), c) divlja svinja (*Sus scrofa*).



Slika 5.16. Neke predatorske vrste kralješnjaka koje naseljavaju šume umjerenoga pojasa: a) zerdav (*Mustela erminea*), b) kuna zlatica (*Martes martes*), c) crvena lisica (*Vulpes vulpes*).

svinja (*Sus scrofa*) (**Slika 5.15**). Od predatora tu su primjerice zerdav (*Mustela erminea*), crvena lisica (*Vulpes vulpes*), divlja mačka (*Felis silvestris*) i kuna zlatica (*Martes martes*) (**Slika 5.16**). Ptice se nalaze u više vegetacijskih slojeva šume, od prizemnih do krošnji. Neke od vrsta koje se, primjerice, mogu sresti u šumi su zelena žuna (*Picus viridis*), veliki djetlić (*Dendrocopos major*), krstokljun (*Loxia curvirostra*), šojka (*Garrulus glandarius*), kukmasta sjenica (*Lophophanes*

cristatus), velika sjenica (*Parus major*), mali slavuj (*Luscinia megarhynchos*), a od predatorskih ptica tu su primjerice obični kobac (*Accipiter nisus*) i šumska sova (*Strix aluco*) (Slika 5.17).



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 5.17. Neke vrste ptica koje naseljavaju šume umjerenoga pojasa: a) zelena žuna (*Picus viridis*), b) krstokljun (*Loxia curvirostra*), c) šojka (*Garrulus glandarius*), d) kukmasta sjenica (*Lophophanes cristatus*), e) velika sjenica (*Parus major*), f) obični kobac (*Accipiter nisus*).

ŠUME TROPSKOGA 5. POJASA

Tropska kišna šuma je biom uglavnom ograničen na ekvatorsko područje, prekrivajući manje od 3 % površine Zemlje. Najveća tropska kišna šuma razvijena je na području rijeke Amazone u Južnoj Americi. Ovo područje obilježeno je toplom i vlažnom klimom pri čemu nema sušne sezone, već kiša pada tijekom cijele godine. Nema sušne sezone, već kiša pada tijekom cijele godine (prosječna mjesečna količina oborina svih mjeseci je najmanje 60 mm). Zbog navedenih klimatskih značajki, životni uvjeti u ovom području su optimalni za razvoj živoga svijeta te je vegetacijski profil bogato razvijen, s velikim brojem slojeva između šumskoga tla i krošnji stabala (**Slika 5.18**), koja su naseljena raznim drugim organizmima. Stoga su ova područja obilježena najvećom bioraznolikosti na Zemlji. U tropskim kišnim



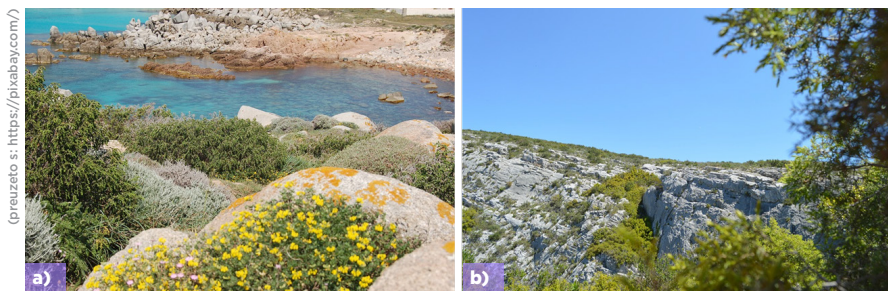
Slika 5.18. Tropska kišna šuma.

šumama čak 98 % kritosjemenjača (Angiospermae) oprašuje se životinjama (zoofilija) (primjerice raznim kukcima, kolibrićima (Trochilidae), šišmišima (Chiroptera)), dok se vrlo malo njih oprašuje vjetrom (anemofilija).

Još jedan tip šuma tropskoga pojasa je **monsunska šuma** koja se prostire na indomalajskom poluotoku. Za razliku od tropske kišne šume, monsunska šuma prolazi sušno razdoblje tijekom godine, kada oko 30 % najvećega drveća izgubi lišće. S dolaskom monsuna dolaze kiše, povećava se temperatura zraka, što dovodi do ponovnoga listanja šume. Neke biljke listaju i stvaraju cvjetove mjesec dana prije dolaska monsuna dok se pak razvoj sjemenki i plodova odvija početkom sušne sezone.

MEDITERANSKA 6. VEGETACIJA

Suha i polusuha područja svijeta obrasla su grmolikom vegetacijom. Na pet mjesta na Zemlji nalaze se područja s mediteranskom klimom: Kalifornija, središnji dio Čilea, Sredozemlje, vrh Afrike te sjevero-zapadna i sjevero-istočna Australija i u njima raste posebna vegetacija, **mediteranska vegetacija**. U krajevima oko Sredozemnog mora dugo naseljenima čovjekom, ova vegetacija je već tisućama godina pod snažnim antropogenim utjecajem te je na tom području šumska vegetacija pretvorena u zimзелenu šikaru (**makiju**) ili čak u kamenjar s niskim grmovima (**garig**) (Slika 5.19).



Slika 5.19. Mediteranska vegetacija: a) makija, b) garig.

Makija i garig nastaju degradacijom šuma koje su mediteranskom području sačinjene od vrste kao što su primjerice hrast crnika (*Quercus ilex*), hrast oštrika (*Quercus coccifera*), maslina (*Olea europaea*), rogač (*Ceratonia siliqua*), razne vrste sredozemnih borova, poput pinije (*Pinus pinea*) i alepskoga bora (*Pinus halepensis*) (Slika 5.20). Vegetaciju gariga često sačinjavaju brojni zimзелeni grmovi, kao što su obična borovica (*Juniperus communis*) i obična planika (*Arbutus unedo*) (Slika 5.21).



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 5.20. Drvenaste vrste mediteranske vegetacije: a) rogač (*Ceratonia siliqua*), b) maslina (*Olea europaea*), c) hrast crnika (*Quercus ilex*), d) pinija (*Pinus pinea*).



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

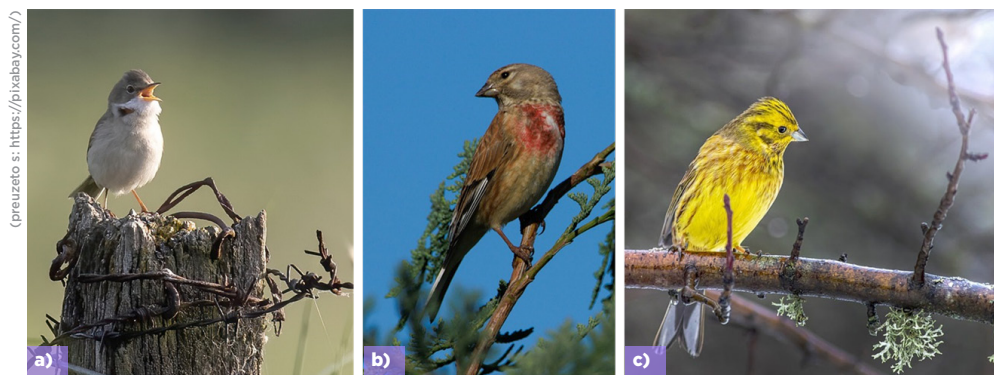
Slika 5.21. Zimzeleni grmovi mediteranske vegetacije: a) obična planika (*Arbutus unedo*), b) bodljikavi štipavac (*Ulex europaeus*), c) obična borovica (*Juniperus communis*).

Meditersku vegetaciju naseljavaju razne vrste beskralješnjaka, posebice kukaca. Od kralješnjaka česti su sisavci, poput zlatnog čaglja (*Canis aureus*), kune bjelice (*Martes foina*) i divljeg kunića (*Oryctolagus cuniculus*) te gmazovi, među kojima postoji veliki broj endemskih vrsta guštera (primjerice zidni macaklin (*Tarentola mauritanica*) i primorska gušterica (*Podarcis siculus*) itd.) (Slika 5.22).



Slika 5.22. Neke vrste kralješnjaka koje nastanjuju područja s mediteranskom vegetacijom: a) zlatni čagalj (*Canis aureus*), b) poskok (*Vipera ammodytes*), c) zidni macaklin (*Tarentola mauritanica*).

Grmolika vegetacija i šikara nije karakteristična samo za mediteransko područje, već se može razviti i u umjerenom pojasu na mjestima gdje je čovjekovim utjecajem došlo do degradacije šume u šikaru. Ovakve šikare imaju promjenjiv biljni sastav koji ovisi o geografskoj lokaciji na kojoj se nalaze. Od faune, šikare naseljavaju vrste karakteristične za rubna područja staništa, kao i vrste specifične baš za ovakav tip staništa. Primjerice, u Europi, neke od čestih vrste ptica ovih staništa su domaći vrabac (*Passer domesticus*), grmuša pjenica (*Sylvia communis*), juričica (*Linaria cannabina*), kos (*Turdus merula*) i žuta strnadica (*Emberiza citrinella*) (**Slika 5.23**).



Slika 5.23. Primjeri vrsta ptica karakterističnih za grmoliku vegetaciju šikara i živica u Europi: a) grmuša pjenica (*Sylvia communis*), b) juričica (*Linaria cannabina*), c) žuta strnadica (*Emberiza citrinella*).

Važan **ekološki čimbenik** u oblikovanju vegetacije mediteranskih ekoregija je **vatra**, kako prirodna, tako i ona koju izazovu ljudi. U većini mediteranskih regija zbog suhih i vrućih ljeta postoji veća učestalost požara koji se često nastaju prirodnim putem, zbog udara

munje. Upravo zbog toga, mnoge biljke ovakvoga tipa vegetacije su **pirofiti**, što znači da su otporne na vatru ili su čak o njoj ovisne za reprodukciju i odbacivanje mrtvih ili starih dijelova vegetacije. Ovakvim biljkama, za klijanje sjemenki potrebna je vatra. Imaju debelu koru i kutikulu te vatra ne prodire u unutarnja tkiva biljke. Krošnje su vrlo visoke te vatra ne dopire do listova. Pupanje i cvjetanje odvija se nakon požara.

Pustinje su najveći svjetski biom koji prekriva između trećine i petine Zemljinoga kopna. Zbog velikoga nedostatka vlage, ovaj biom uglavnom nema razvijen vegetacijski pokrov. Pustinje nastaju djelovanjem kretanja zračnih masa po značajkama reljefa. Najveća pustinja na svijetu je Sahara u Africi.

Osim niske količine vlage, za pustinje su karakteristična i velika kolebanja dnevne temperature: temperatura se tijekom dana penje i preko 40 °C, a noću pada na oko 0 °C. Kada u rijetkim prilikama i pada kiša, ona obično pada u obliku pljuskova te većina vode ne stigne biti upijena u tlo već površinski otječe.

Između pojedinih pustinja postoje određene razlike u okolišnim čimbenicima, primjerice vlažnosti, temperaturi, salinitetu. Tako postoje tople i hladne pustinje te vlažne i ekstremno suhe pustinje. Od slanih pustinja, najpoznatija je Velika slana pustinja (površine oko 78 tisuća km²), smještena u središnjem dijelu Iranske visoravni. Prije više desetaka milijuna godina, područje današnje pustinje prekrivao je veliki slani ocean, koji je nakon što je presušio, za sobom ostavio sloj soli debljine oko 7 km, kojega je s vremenom prekrrio sloj blata i pijeska.

U skladu sa spomenutim razlikama, pustinje se razlikuju i u vegetacijskom pokrovu koji se može razviti ako su uvjeti za razvoj biljaka barem djelomice zadovoljeni.

Iako su pustinje poznate po slaboj raznolikosti živih bića, one su ipak nastanjene brojnim organizmima koji obično ostaju sakriveni, posebice tijekom dana, kako bi se sklonili od visokih temperatura i sačuvali vlagu. Osnovu života, kao i u ostalim biomima, u pustinjama predstavljaju biljke koje su morale razviti posebne prilagodbe kako bi preživjele u ovakvim ekstremnim staništima. Neke biljke imaju jako rašireno podzemno korijenje kako bi iz dubina tla prikupile dovoljno vode za život. Druge pak biljke, kao primjerice kaktusi i drugi sukulenti, vodu skladište u mesnatim stabljikama i lišću, a imaju i debelu, voštanu kutikulu i smanjenu transpiracijsku površinu koje sprječavaju isparavanje i gubitak vode.

U pustinji se pojavljuju tri osnovna životna oblika biljaka:

1. **Jednogodišnje zeljaste biljke** koje se pojavljuju samo u vrijeme veće vlažnosti, a nestaju početkom suše (**Slika 5.24**).



Slika 5.24. Primjeri jednogodišnjih zeljastih biljaka u pustinjama: a) pustinjska kadulja (*Salvia dorii*), b) pustinjski ljiljan (*Hesperocallis undulata*).

2. **Višegodišnje kserofitske vrste** (**Slika 5.25**) s grmolikim i trnovitim tijelom. Njihovi su listovi vrlo reducirani dok je korištenje vrlo duboko usađeno.



Slika 5.25. Primjer višegodišnjih kserofitskih vrsta biljaka u pustinjama.

3. **Sukulenti** (Slika 5.26) su vrste koje su sposobne pohraniti veće količine vode u svojem tijelu (listovima, stabljici), dok im je korijen relativno plitak.

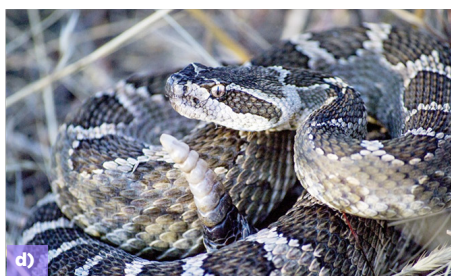


Slika 5.26. Primjeri sukulentnih vrsta biljaka u pustinjama: a) opuncija (*Opuntia ficus-indica*), b) aloe (*Aloe* sp.).

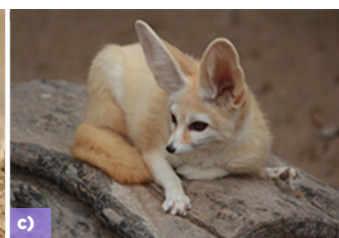
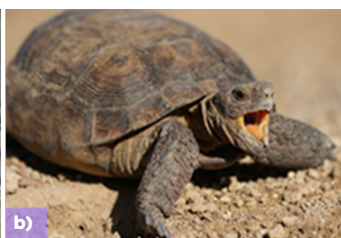
U pustinjama su i životinje prilagođene sušnim uvjetima. Uglavnom su **aktivne noću** kada je vlažnost zraka veća, a njegova temperatura niža, dok su **tijekom dana skrivene** (među stijenama / vegetacijom ili u rupama pod zemljom). Većina životinja u pustinjama ne pije vodu, već potrebnu vlagu dobivaju iz hrane. Imaju razvijene fiziološke mehanizme kojima **dodatno čuvaju vlagu u tijelu**: njihovi bubrezi izvrsno **zadržavaju vodu** i oslobađaju što je moguće manje vode u obliku vrlo **koncentrirane** mokraće dok se **izmet** izlučuje u **vrlo suhom obliku**.

Neke od životinja karakterističnih za pustinjske ekosustave su biljojedi adaks (*Addax nasomaculatus*) i jednogrba deva (*Camelus dromedarius*) od velikih sisavaca, skočimiši (primjerice pustinjski skočimiš (*Jaculus jaculus*) od malih sisavaca te razni veliki i mali mesojedi, kao što su razne vrste zmija (Serpentes) i guštera (Lacertilia) te kojot (*Canis latrans*) itd. (Slika 5.27). Neke od vrsta sa specifičnim prilagodbama pustinjskom načinu života su pustinjska kišna žaba (*Brevipectus macrops*), pustinjska kornjača (*Gopherus agassizii*), i pustinjska dugouha lisica (*Vulpes zerda*) (Slika 5.28). Pustinjska kornjača živi u pustinji Mojave na području SAD-a i Meksika. Prednje noge su joj u obliku lopata kojima kopa rupe u kojima se sakriva od dnevne vrućine. Hrani se kaktusima. Pustinjska kišna žaba na površinu izlazi samo tijekom i netom poslije kiše dok za vrijeme vrućih i suhih razdoblja u godini ostaje vlažna pod zemljom. Oko tijela ima tanke kožne vrećice ispunjene tekućinom što je prilagodba koja sprječava dehidraciju

životinje. Pustinjska dugouha lisica živi na području Sahare u Africi. Aktivna je tijekom noći, kada je temperatura zraka niža, a vlažnost viša. Tijekom dana boravi u rupama koje iskopa pod zemljom. Ima velike, dobro prokrvljene uši koje joj pomažu u održavanju tjelesne temperature (prisjetimo se Allenovog pravila).



Slika 5.27. Različite vrste sisavaca i gmazova koji naseljavaju pustinjska staništa: a) adaks (*Addax nasomaculatus*), b) jednogrba deva (*Camelus dromedarius*), c) degu (*Octodon degus*), d) čegrtuša (*Crotalus sp.*).



Slika 5.28. Neke pustinjske životinje sa spomenutim prilagodbama pustinjskom načinu života: a) pustinjska kišna žaba (*Breviceps macrops*), b) pustinjska kornjača (*Gopherus agassizii*) i c) pustinjska dugouha lisica (*Vulpes zerda*).

Od pustinskih biljaka, svojim se prilagodbama posebice ističe velvičija (*Welwitschia mirabilis*), endemska biljna vrsta pustinje Namib (Namibija, Angola) (**Slika 5.29**). Ova biljka ima vretenast korijen, stablo te dva neprestano rastuća lista duga 2 do 4 metra koja su u stanju trajne klijavosti (što je izuzetak u biljnom svijetu), neprestano rastu, a na krajevima postupno odumiru i resaju se. Ova je biljka odlično prilagođena ekstremnim pustinskim uvjetima jer nije ovisna o oborinama, već dovoljnu količinu vlage dobiva iz magle koja dolazi s oceana.

(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)



Slika 5.29. Velvičija (*Welwitschia mirabilis*) u pustinji Namib.





VI.

**VODENI
EKOSUSTAVI:
EKOSUSTAV
MORA**

Vodene ekosustave čine mora i oceani te kopnene vode. Morska i staništa kopnenih voda razlikuju se u brojnim značajkama. Mora su međusobno povezana, dok su kopnene vode međusobno izolirane (posebice stajačice). Kopnene su vode plitke (većinom pliće od 100 m) naspram mora i oceana (više tisuća metara dubine) te su uglavnom mali ekosustavi (do 100 tisuća km²). Velika je razlika između mora i kopnenih voda i u njihovom kemijskom sastavu: u moru je koncentracija soli oko 100 puta veća nego u kopnenim vodama. Također, u morskoj vodi dominiraju kloridi, dok u kopnenim vodama uglavnom dolaze sulfati.

Mora i oceani prekrivaju oko 70 % površine Zemlje, prostirući se čak i do dubina većih od 11 tisuća metara. Osim toga mora, odnosno slane vode, čine 97 % ukupne vode na Zemlji.

OBILJEŽJA 1.

MORSKE VODE

Gustoća morske vode ovisi o količini soli u vodi, temperaturi vode i tlaku. Najveća gustoća morske vode je na oko $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, za razliku od kopnenih voda koje imaju najveću gustoću na $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Točka leđišta u moru se nalazi na oko $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, dok je ona u kopnenim vodama na $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

U morskoj vodi pronađeno je preko 50 kemijskih elemenata, od kojih su najzastupljeniji natrij i klor koji čine molekulu natrijevog klorida (NaCl) (s udjelom od 86 %). Morska voda obilježena je stoga velikom slanosti (**salinitetom**), koja se kreće od 35 do 41 ‰, a ovisna je o intenzitetu isparavanja, razrjeđivanju dotocima slatke vode s kopna ili o oborinama. Tako primjerice, južni dio Jadranskoga mora ima veći salinitet od sjevernoga koji je pod velikim utjecajem dotoka slatke vode podmorskim izvorima (vruljama) ili rijekom Po.

Temperatura mora se tijekom godine najmanje mijenja u područjima oko ekvatora i polova, dok su najveća kolebanja prisutna u umjerenom klimatskom području, i to samo u površinskom osvijetljenom sloju mora. U zonama dubljim od 500 m, temperatura vode je stalna tijekom cijele godine. U Jadranskom moru, temperaturna kolebanja kreću se od $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ u južnom do $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ u sjevernom Jadranu. Kao dio Mediteranskoga mora, Jadransko more je relativno plitko more zbog čega ima specifična temperaturna obilježja: tijekom ljeta, temperatura površinskoga sloja može biti viša od $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ dok temperatura najdubljih zona ne pada ispod $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za vrijeme hladnijega dijela godine hladi se površinski sloj mora zbog čega krajem zime dolazi do izjednačavanja temperature površine s temperaturom dubokih dijelova (vrijednosti su oko $12\text{ }^{\circ}\text{C}$). Za razliku od Mediterana i Jadrana, u dubokim slojevima ostalih mora i oceana temperatura je uglavnom oko $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pravilna **izmjena plime i oseke**, koja nastaje zbog djelovanja privlačnih sila Mjeseca (i Sunca) (**Slika 6.1**), ima veliki utjecaj na život


 (preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/>)

Slika 6.1. Izmjena plime i oseke.

morskih organizama obalnih područja. S obzirom da jedan lunarni dan traje 50 minuta dulje od Zemljinog dana, plima se ponavlja svakih 12 sati i 25 minuta te svaki dan kasni 50 minuta. U Jadranskom moru postoji razlika između plime i oseke na njegovom južnom i sjevernom dijelu: na južnom Jadranu ona je oko 30 cm, a na sjevernom i više od 70 cm.

Još jedan vrlo važan ekološki čimbenik u morskim sustavima je **gibanje morske vode**. **Morske struje** nastaju zbog različitih utjecaja vjetrova, razlika u tlaku, temperaturi, salinitetu te zbog rotacije Zemlje. Morske struje mogu biti horizontalne (gdje se razlikuju površinske i dubinske struje) i vertikalne. Imaju veliku biološku važnost jer na površinu mora iz dubinskih slojeva donose mineralne soli (dušika i fosfora), a kisikom s površine obogaćuju dublje slojeve. Također su vrlo važan čimbenik u rasprostiranju organizama u morima i oceanima. Još jedan oblik gibanja morske vode su **valovi** koji nastaju pod utjecajem vjetrova. Valovi imaju značajan utjecaj na migracije morskih organizama, ali i na oblikovanje te izgled obala (procesi **erozije**) odnosno na organizme koji žive priobalnom području.

ŽIVOTNE ZONE 2.

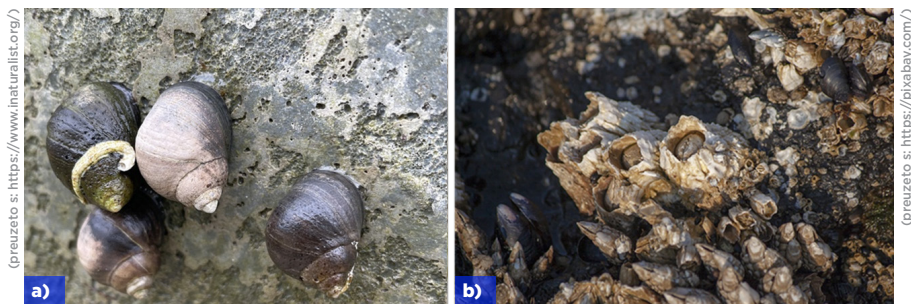
U MORU

U morima se razlikuju dva velika područja naseljena živim organizmima, koje se nazivaju **životnim zonama**: **zona morskoga dna (bental)** i **zona slobodne vode (pelagijal)**. Zonu slobodne vode naseljavaju organizmi koji se kreću morskim strujama (**plankton**) te organizmi koji samostalno plivaju (**nekton**). Površinski osvijetljeni sloj mora i oceana (do dubine od 200 m) izrazito je važan za život u ovom ekosustavu jer ga naseljavaju cijanobakterije i jednostanične alge (**fitoplankton**), glavni primarni proizvođači i glavni izvor energije za životinje mora i oceana.

Zona morskoga dna obilježena je raznolikim staništima. Ovisno o podlozi na kojoj se nalazi, morsko dno može biti čvrsto (sa stjenovitim ili kamenitim supstratom) i **pomično** (s pjeskovitim i muljevitim supstratom). Sastav i brojnost jedinki zajednica organizama koji naseljavaju morsko dno, osim o sastavu podloge, ovise i o dugim čimbenicima, od kojih je najvažnija dubina, s obzirom da o njoj ovisi intenzitet osvjjetljenja, promjene temperature i drugih ekoloških čimbenika. **Zona morskoga dna** na temelju dubine može se podijeliti na tri zone: litoral, batijal i abisal.

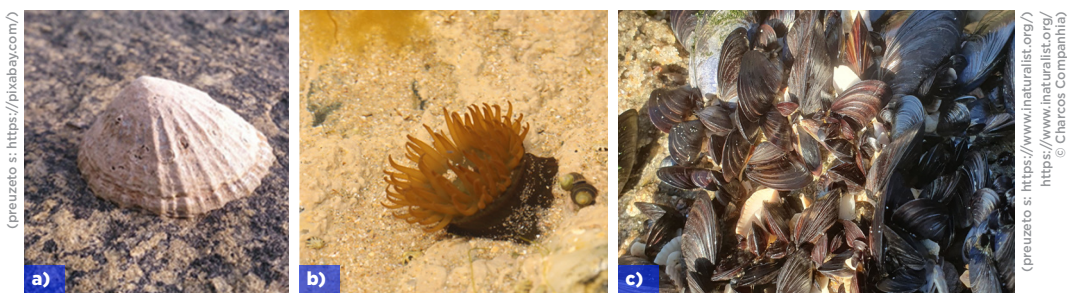
1. Obalna zona ili litoral proteže se do dubine od 200 m, a može se podijeliti u četiri stepenice:

A) Supralitoral ili zona prskanja valova u kojoj su životni uvjeti (vrijednosti ekoloških čimbenika) ekstremni. Stoga ovdje žive organizmi koji su prilagođeni velikim kolebanjima vlažnosti, temperature, saliniteta te udaranju valova. Ovu zonu stoga naseljava mali broj vrsta, ali brojnosti njihovih populacija mogu biti vrlo velike (**Slika 6.2**). U obalnoj zoni često se mogu naći razne cijanobakterije, mali obalni pužić (*Littorina littorea*), izopodni račić babura (*Ligia italica*), rakovi vitičari kao što je primjerice rak vitičar brumbuljak (*Chthamalus stellatus*) itd.



Slika 6.2. Organizmi česti u supralitoralnoj zoni: a) mali obalni pužić (*Littorina littorea*), b) rakovi vitičari.

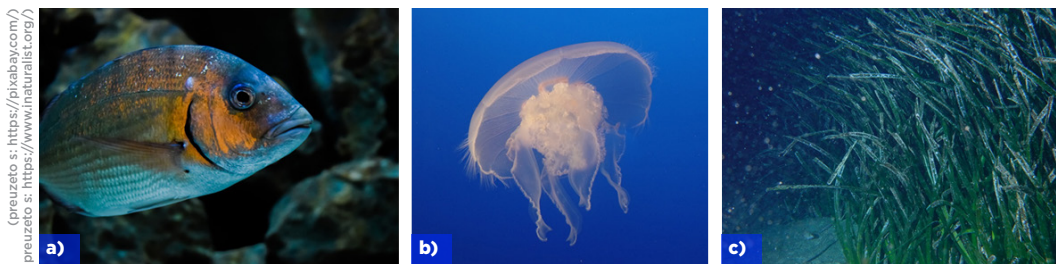
B) Mediolitoral ili pojas plime i oseke je područje u kojemu su životni uvjeti (vrijednosti ekoloških čimbenika) manje ekstremni, stoga je i veća raznolikost organizama. Tu se primjerice mogu naći puževi ogrc (*Osilinus turbinatus*) i priljepci (*Patella* spp.), rakovi vitičari (Cirripedia), crvena moruzgva (*Actinia equina*), smeđa vlasulja (*Anemonia viridis*), mediteranska dagnja (*Mytilus galloprovincialis*), dok je kamenje obraslo brojnim algama (smeđe (Phaeophyta), zelene (Chlorophyta), crvene (Rhodophyta), kao što je primjerice smeđa alga, jadranski bračić (*Fucus virsoides*), endem Jadrana (**Slika 6.3**).



Slika 6.3. Organizmi česti u mediolitoralnoj zoni: a) puž priljepak (*Patella* sp.), b) crvena moruzgva (*Actinia equina*), c) mediteranska dagnja (*Mytilus galloprovincialis*).

C) Infralitoral je pojas koji obuhvaća područje od najniže granice oseke do dubine od oko 50 metara. Ovo je područje prodora svjetla u kojemu se može nesmetano odvijati proces fotosinteze. Zbog toga ovu zonu naseljavaju razni fotosintetski organizmi (morske cvjetnice (primjerice *Posidonia* spp.) i fotofilne alge, primjerice padina (*Padina pavonica*)) koji predstavljaju temelj za razvoj raznovrsnijega životinjskog svijeta (**Slika 6.4**). Tako primjerice u Jadranskom moru možemo

naći prostrane livade morske cvjetnice posidonije (*Posidonia oceanica*), endema Sredozemnog mora. Ove livade iznimno su važna staništa za skrivanje i razmnožavanje brojnih drugih morskih organizama, kao što su razne vrste riba (primjerice morski konjici (*Hippocampus* spp.) i morska šila (iz rodova *Syngnathus* i *Nerophi*), salpa (*Sarpa salpa*) i dugonoska (*Symphodus rostratus*) i najvećeg jadranskog školjkaša, plemenite periske (*Pinna nobilis*).



Slika 6.4. Neki organizmi koji se mogu naći u infralitoralnoj zoni: a) riba orada (*Sparus aurata*), b) meduza uhati klobuk (*Aurelia aurita*), c) morska cvjetnica posidonija (*Posidonia oceanica*).

D) Cirkalitoral je pojas koji se proteže od donje granice rasprostranjenosti fotofilnih alga i morskih cvjetnica (od 50 metara dubine) do dubine od oko 200 metara, do kuda još uvijek relativno prodira svjetlost te u ovom pojasu dolaze scijafilne alge (one koje podnose smanjene uvjete osvjettljenja, primjerice crvena ljuskavica (*Peyssonnelia rubra*)). Što je veća dubina cirkalitorala, to je manji broj fotosintetskih, a veći broj životinjskih vrsta. U ovom pojasu možemo primjerice naći životinje poput školjkaša dubinske periske (*Atrina pectinata*), nepravilnog ježinca (*Spatangus purpureus*), škampa (*Nephrops norvegicus*) i žarnjaka (*Lytocarpia myriophyllum*).

2. Dubinska zona (batijal) morskoga dna obuhvaća područje od 200 do 3 tisuće metara dubine. U ovoj zoni, morsko je dno pokriveno uglavnom muljevitim supstratom. S obzirom da nema svjetlosti, nije moguć ni razvoj fotosintetskih organizama. Organizmi koji naseljavaju dubinsku zonu oceana (batijal) razvili su niz prilagodbi koje im omogućavaju preživljavanje u ovom ekstremnom tipu okoliša gdje se suočavaju s nedostatkom svjetlosti, niskim temperaturama (najčešće 3 do 4 °C) i visokim tlakom (svakih 10 metara povećava za 1 bar). Tako primjerice organizmi batijala imaju enzime posebno

prilagođene funkcioniranju u uvjetima visokog tlaka, savitljiva tijela koja se lako mogu stlačiti zbog čega se njihova tijela neće zdrobiti prilikom promjena tlaka. S druge strane, neki pak organizmi, poput pojedinih dubokomorskih riba, imaju vrlo čvrste koštane strukture koje mogu izdržati veliki tlak. Nadalje, ovi organizmi često nemaju tjelesne šupljine ispunjene zrakom (kao što je plivači mjehur), koje bi zbog velikog tlaka kolabirale. Umjesto tog mehanizma postizanja uzgona, oni ga postižu uz pomoć povećanog skladištenja masti i ulja. Mnogi dubokomorski organizmi, zbog visokog tlaka i niskih temperatura njihova okoliša, imaju vrlo usporen metabolizam, čime štede energiju u okolišu u kojem nema izobilja hrane. Zbog nedostatka svjetla, mnogi imaju vrlo izoštrjena osjetila (ali ne i osjetilo vida), poput vrlo razvijenih bočnih pruga kod riba (za osjet vibracija, promjena tlaka i pomoć pri kretanju u vodi) ili jako dobro razvijenih kemoreceptora kojima primaju kemijske podražaje. Mnogi organizmi batijala mogu proizvoditi vlastitu svjetlost bioluminiscencijom, koja im pomaže privući plijen, pronaći partnera za parenje ili komunicirati u mraku dubokomorskih područja. Od životinja, česte su spužve i bodljikaši (Echinodermata) (**Slika 6.5**).



Slika 6.5. Organizmi koji se mogu naći u batijalu: a) ježinac (*Echinoidea*), b) crvena zvjezdača (*Echinaster sepositus*), c) spužva Venerina košarica (*Euplectella aspergillum*).

(preuzeto s: <https://pixabay.com/>
<http://www.photolib.noaa.gov/htmls/exp1/519.htm>)

U nekim područjima batijala i abisala nalaze se hidrotermalni izvori. Nalaze se u blizini vulkanski aktivnih područja, u kojima dolazi do razmicanja Zemljinih tektonskih ploča na srednjooceanskim grebenima. Iz hidrotermalnih izvora izlaze morska voda bogata raznim otopljenim plinovima (primjerice sumporovodik, metan, ugljikov monoksid, ugljikov dioksid i vodik) i metalima (silicij, mangan, željezo, cink). Organizmi koji naseljavaju ovakva staništa morali su razviti prilagodbe na nedostatak svijetla, otrovne plinove, visoki tlak i visoku temperaturu. Iako su životni uvjeti ekstremni, područja oko

hidrotermalnih izvora često su biološki produktivna. Životne zajednice se temelje na anaerobnim kemosintetskim bakterijama i arhejama kao osnovi prehranbenih mreža. One procesom kemosinteze, koristeći sumporovodik iz hidrotermalnih otvora te kisik i ugljikov dioksid iz morske vode, sintetiziraju jednostavne organske molekule (šećere). Od potrošača, ova staništa naseljavaju primjerice neke vrste školjkaša, puževa, rakova (Crustacea) te mnogočetinaša (Polychaeta), kao što je veliki cjevasti mnogočetinaš (*Riftia pachyptila*).

3. Najdublja zona (abisal) morskoga dna prostire se na dubini od 3 do 11 tisuća metara. S obzirom da je ovo područje apsolutnoga mraka, kao i batijal, nema fotosintetskih organizama, dok su tipične razne životinje sa svijetlećim organima (**Slika 6.6**).



Slika 6.6. Primjer organizama koji se mogu naći u abisalu: meduza (Medusozoa).

Odličan primjer prilagodbe na život u dubini i do 2 tisuće metara ispod površine mora su **ribe udičarke** (Lophiiformes) (**Slika 6.7**), primjerice morski vrag (*Melanocetus johnsonii*). Ove ribe imaju dvije



(preuzeto s: <https://www.freepik.com/>)

Slika 6.7. Primjeri riba udičarki.

specifične prilagodbe na ekstremne životne uvjete u tami oceana: a) prilagodbe vezane uz način hranjenja (lova plijena) i b) prilagodbe vezane za način razmnožavanja.

A) Prilagodbe vezane uz način hranjenja (lova plijena):

Ribe udičarke na glavi imaju „štap za pecanje“ sa svjetlosnim mamcem koji visi ispred njihovih usta. Nastao je izdvajanjem i produživanjem perajne šipčice, a završava mesnatom svijetlećom izraslinom (**bioluminiscencija**), koja predstavlja mamac za plijen. Udičarke osim svjetlosnoga mamca mogu imati i razgranat brčić koji visi s donje čeljusti te kao i mamac, također svijetli i privlači plijen. Način kojim se udičarke hrane energetski je vrlo učinkovit jer na ulov plijena troše vrlo malo energije. Ove ribe nepomično stoje na mjestu u mraku abisala lagano mašući pokretnim mamcem, kao da pecaju (po čemu su i dobile ime). Kada se plijen približi mamcu, udičarke ga zgrabe čeljustima sastavljenim od niza dugih zašiljenih zuba, koji su okrenuti prema unutra kako bi spriječili bijeg plijena iz usta. Udičarke mogu jako rastegnuti i čeljust i želudac (kosti su im tanke i savitljive) te vrlo lako mogu progutati i plijen dva puta veći od svojega tijela. Ovakva sposobnost hranjenja velikom količinom hrane odjednom predstavlja jako dobru prilagodbu s obzirom da u tami velikih morskih dubina, ove ribe ne dolaze jednostavno do hrane ili plijena.

B) Prilagodbe vezane za način razmnožavanja:

U dubokomorskim mračnim prostranstvima životinje iste vrste rijetko se susreću te može biti zaista teško naći partnera za razmnožavanje. No, udičarke su ovom problemu savršeno prilagođene. Mužjaci su vrlo maleni, nekada i manji od centimetra. Žive samostalno dok ne odrastu i spolno sazriju. Tada im probavni sustav prestane raditi te se više ne mogu samostalno hraniti. Ako ne pronađu ženku, uginut će od gladi. No ako mužjak pronađe ženku, svojim kukastim zubićima zagriže njezinu kožu te njegova usta srastu s njezinom kožom, nakon čega im se povežu krvožilni sustavi. Tako mužjak ostatak života prima hranu iz ženkinog tijela, parazitirajući na njoj. Jedna ženka istovremeno na svojem tijelu može nositi i do šest mužjaka. Ovakvim načinom suživota s mužjacima, ženke do kraja života imaju mogućnost parenja i nastavljanja vrste bez obzira što žive u ekstremnom staništu, u tami oceana.





VII.

**VODENI
EKOSUSTAVI:
SLATKOVODNI
EKOSUSTAVI
ILI EKOSUSTAVI
KOPNENIH
VODA**

Od ukupne količine vode na Zemlji, oko 1,4 milijarde km³, samo 0,3 % otpada na kopnene vode (uglavnom slatkovodne ekosustave). Bez obzira na tako mali udio, one imaju neizmjernu važnost za život na Zemlji. Znete li za što nam je sve voda potrebna?

No, iako su kopnene vode neophodne za brojne organizme na Zemlji, svake godine dolazi do sve većega nedostatke „slatke vode“ zbog brojnih razloga, poput njezinih ograničenih količina, klimatskih promjena (intenzivnijih sušnih razdoblja), sve većih potreba za vodom zbog daljnjega rasta stanovništva, razvoja industrije i poljoprivrede. Zbog toga je vrlo važno proučavati i pratiti stanje kopnenih voda i slatkovodnih ekosustava, s biološkoga te fizikalno-kemijskoga gledišta, čime se bavi znanost koje se naziva **limnologija**.

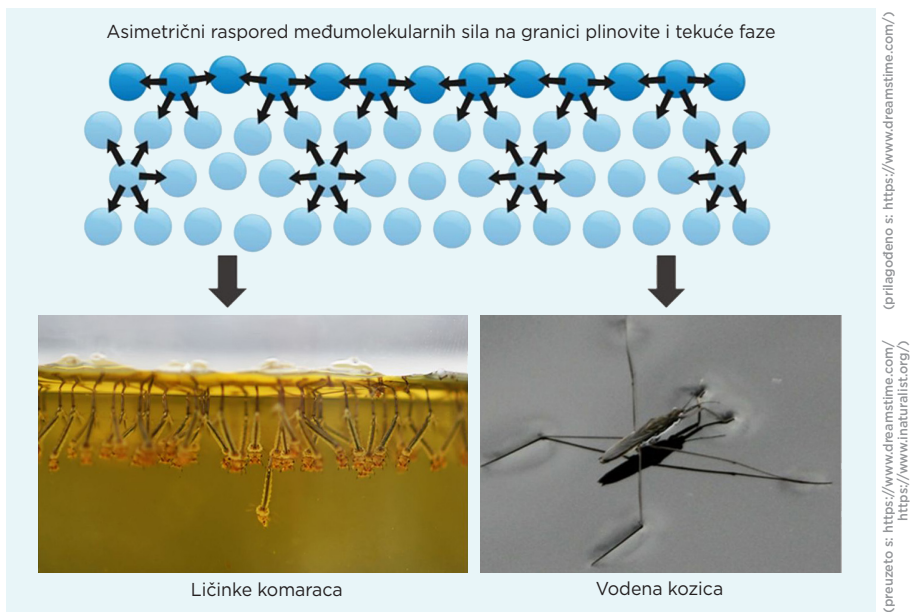
FIZIKALNI ČIMBENICI 1. SLATKOVODNIH EKOSUSTAVA

Gustoća vode

Gustoća vode ovisi o nekoliko različitih čimbenika: temperaturi, količini otopljenih soli i tlaku. Jedno od ključnih svojstava vode su anomalija vode i njezin visoki toplinski kapacitet. Anomalija vode povezana je s najvećom gustoćom vode pri temperaturi od $+4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, prilikom koje je ona u tekućem stanju. Svaka druga tvar ima najveću gustoću u krutom stanju. Također, kada prelazi u kruto stanje (led), voda povećava svoj volumen, za razliku od ostalih tvari koje prelaskom u kruto stanje svoj volumen smanjuju. Slatka voda prelazi u kruto stanje na temperaturi od $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. U stajaćim slatkovodnim ekosustavima to je vrlo važno za organizme tijekom zime jer im omogućava da prežive na dnu vodenog staništa, gdje je voda i dalje u tekućem stanju (na $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), iako površina vode može biti zaleđena.

Površinska napetost

Površinska napetost vode nastaje zbog asimetričnoga rasporeda međumolekularnih sila na granici vode (vodene faze) i zraka (plinovite faze) (**Slika 7.1**). Molekule vode izložene su različito snažnim silama s vanjske i s unutarnje strane vodene površine. Kada je tekućina u dodiru s plinom, privlačne sile među molekulama tekućine su jače od sila koje se stvaraju između molekula tekućine i plina. Zbog toga dolazi do privlačenja površinskih molekule vode prema drugim molekulama vode u unutrašnjosti (zato voda i poprima oblik kapljice). Stoga se vodena površina ponaša kao tanka površinska kožica. Ovu pojavu iskorištavaju mnoge životinje i mikroorganizmi: neke hodaju po površinskoj kožici (primjerice kukac vodena kopnica (*Aquarium paludum*)), neke vise s njezine donje strane dok udišu zrak na površini vode (primjerice ličinke komaraca (Culicidae)) (**Slika 7.1**).



Slika 7.1. Površinska napetost vode i njezin utjecaj na živi svijet.

Temperatura vode

Visok toplinski kapacitet je toplinsko svojstvo vode koje je uzrok njezinim sporim promjenama temperature; voda se sporo zagrijava i sporo hladi u usporedbi sa zrakom. S ekološkoga gledišta, to je zaista važno jer se vodeni organizmi zbog toga imaju mogućnost postupno prilagoditi na promjene temperature okoliša. Kako raste temperatura vode, smanjuje se topivost kisika u vodi (i obrnuto). Zbog toga kada dođe do povišenja temperature vodenoga okoliša, neke vodene životinje, zbog manjka dostupnoga kisika u vodi, mogu imati poteškoće s disanjem.

Svjetlost

Na površinu vode dolazi velika količina Sunčeve svjetlosti, što je iznimno važno za razvoj fotosintetskih organizama slatkovodnih ekosustava (pa tako i životinja). Dubina prodora svjetlosti u oligotrofnim jezerima može biti do 30, pa čak i do 60 metara.

Kisik

Iako voda u svojoj molekuli sadrži kisik, on u tom obliku vodenim organizmima nije uporabljiv za disanje. Oni za disanje mogu koristiti samo kisik otopljen u vodi koji nastaje kao proizvod fotosinteze koju vrše kopnjeni i vodeni autotrofni organizmi. Nastali kisik neprestano difundira kroz vodenu površinu u atmosferu i obrnuto. Za organizme, optimalna koncentracija otopljenoga kisika u vodi viša je od 6,5 mg/L, smanjuje se povećanjem temperature i slanosti. Za razliku od zraka gdje je udio kisika blizu 21 % u vodi je udio otopljenog kisika manji od 1 %.

Minerali

Različiti minerali (ortofosfati, nitrati, nitriti, amonijak...) u vodena staništa stižu oborinama i vertikalnim gibanjem vode. U vodenim ekosustavima mineralne soli potječu i od prirodnih procesa razgradnje uginulih organizama. Također, zbog negativnih antropogenih aktivnosti, kao što je primjerice ispuštanje otpadnih voda u vodene ekosustave, unos mineralnih soli može biti prekomjeran, što može dovesti do pojačane trofije slatkovodnoga ekosustava, tj. do eutrofikacije.

Sastav supstrata

Na dnu vodenih ekosustava sastav supstrata može biti raznolik: mulj, glina, pijesak, šljunak, valutice, kamenje, listinac, mahovina i makrovegetacija. Različita kombinacija supstrata u određenom slatkovodnom ekosustavu uvjetuje i razlike u sastavu i strukturi zajednica organizama koji ondje žive.

U ekosustave kopnenih voda (slatkovodne ekosustave) ubrajamo **podzemne i nadzemne (površinske) vode**.

Podzemne vode su izolirana staništa (**Slika 7.2**) zbog čega je njihova temperatura stalna i relativno niska tijekom cijele godine te odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi područja u kojemu se određeno stanište nalazi. Kako u podzemlju nema svjetla, nema ni fotosintetskih organizama, primarnih proizvođača. Stoga sva organska tvar u



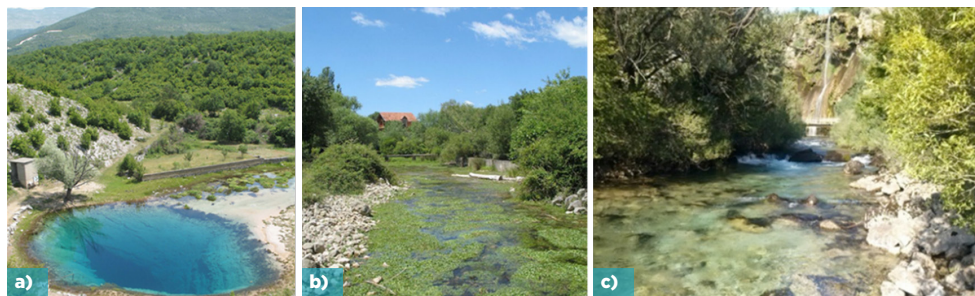
(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 7.2. Podzemno jezero u spilji.

podzemne ekosustave dolazi iz nadzemnih ekosustava. Zbog toga su u podzemnim staništima prva karika u prehranbenim odnosima razlagači ili pak detritofagi (životinje koje se hrane organskom tvari u raspadanju). Životinje koje naseljavaju podzemna staništa zbog raznih fizioloških prilagodbi bolje iskorištavaju hranu koju konzumiraju, stoga je u ovim ekosustavima, iskoristivost energije veća nego u nadzemnima. Podzemna su staništa naseljena relativno malobrojnim populacijama dobro prilagođenih životinja, većinom endema ili relikata.

Površinske vode mogu se podijeliti na tekućice i stajaćice.

U **tekućice** se ubrajaju **izvori** (mjesto gdje podzemna voda izbija na površinu), **potoci** (tekućice do 5 metara širine) i **rijeke** (tekućice šire od 5 metara) (**Slika 7.3**).



(autor: M. Vilenica)

Slika 7.3. Primjeri tekućica u Republici Hrvatskoj: a) izvor (rijeke Cetine), b) potok (Lopuško vrelo) i c) rijeka (Krka).

U tekućicama dolazi do **promjene fizikalnih, kemijskih i bioloških čimbenika duž njihova toka**. S obzirom na vrijednosti okolišnih čimbenika (primjerice brzine strujanja vode, sastava supstrata, temperature vode, količine kisika, količine ugljikovog dioksida...) kod tekućica razlikuje se njihov gornji, srednji i donji tok.

Brzina vode važan je okolišni čimbenik u tekućicama. Ona ovisi o nagibu korita, propusnosti korita i količini vode. Direktno povezan s brzinom vode jest i sastav dna tekućice, tj. sastav supstrata i veličina čestica anorganskoga supstrata. Tako je u gornjim tokovima tekućica, brzina vode najveća dok je dno kamenito ili valutičasto. Prema donjim tokovima tekućica brzina vode se obično smanjuje, dolazi i do promjene sastava supstrata, on postaje sve sitniji: u srednjim tokovima dno je uglavnom šljunkovito, a u donjim je tokovima pješčano i muljevito s puno detritusa.

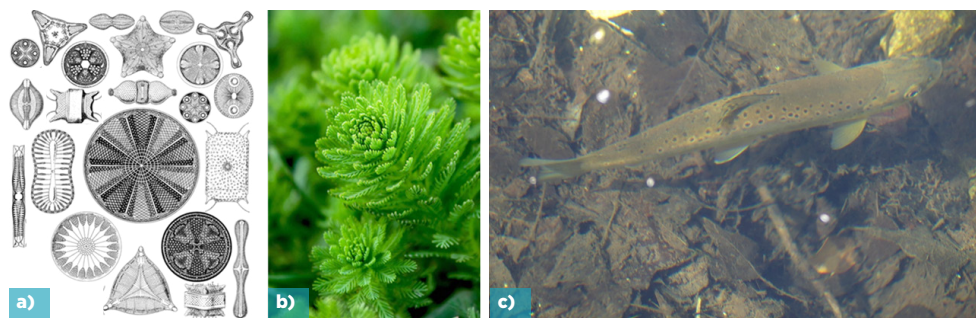
U izvorišnim područjima, godišnja kolebanja **temperature vode** vrlo su mala, a njezine vrijednosti odgovaraju prosječnoj godišnjoj temperaturi područja u kojemu se određeni izvor nalazi. Prema donjem toku tekućice, od izvora prema ušću, temperatura se tijekom zime smanjuje dok se ljeti povećava.

Duž toka tekućica postoje i promjene u **koncentraciji otopljenoga kisika (O_2) i ugljikovog dioksida (CO_2) u vodi**, koje uzrokuju razlike u sastavu zajednica organizama koji naseljavaju pojedine dijelove toka. Količina kisika u pravilu se smanjuje od gornjega prema donjem toku, za razliku od ugljikovog dioksida čija se količina povećava prema donjem toku. U donjim tokovima troši se više kisika i stvara više ugljikovog dioksida zbog manjega rasprskavanja vode i intenzivnije aktivnosti bakterija koje razgrađuju mrtvu organsku tvar.

Obilježja pojedinih dijelova toka tekućice

Gornji tokovi tekućica obilježeni su velikom brzinom vode te je supstrat pretežno sastavljen od kamenja i valutica. Koncentracija kisika u vodi je velika, dok su godišnja kolebanja temperature mala. Organizmi gornjih tokova, ali i izvorišnih dijelova tekućica, su **stenotermni**, tj. prilagođeni su i ovisni o stalnim niskim vrijednostima temperature vode, ali i visokim koncentracijama kisika, kao što je primjerice potočna pastrva (*Salmo trutta*). Od fotosintetskih organizama ovdje

uglavnom dolaze alge kremenjašice (Diatomeae, Bacillariophyceae) i mahovine (**Slika 7.4**). Od vodenih kukaca, česte su vrste iz redova vodencvjetova (Ephemeroptera), obalčara (Plecoptera) i tulara (Trichoptera). Česte su i razne vrste virnjaka (Turbellaria) i deseteronožnih rakova (Decapoda).



Slika 7.4. Organizmi karakteristični za gornji tok tekućica: a) alge kremenjašice, b) mahovine, c) potočna pastrva (*Salmo trutta*).

Srednji tokovi tekućica obilježeni su manjom brzinom vode od gornjih tokova s obzirom da se nagib korita postupno smanjuje. Manja je i veličina anorganskoga supstrata te ovdje prevladavaju šljunak i pijesak. Temperaturna kolebanja tijekom godine su veća, kao i koncentracija ugljikovog dioksida dok je koncentracija kisika nešto manja nego u području gornjega toka. S obzirom na pogodnije životne uvjete, veća je i raznolikost živoga svijeta. Stenotermne vrste zamjenjuju **euritermne** vrste koje podnose veća kolebanja temperature. Uz alge kremenjašice i mahovine, koje su i dalje najzastupljenije u srednjim tokovima tekućica, ovdje su brojne i zelene alge i cijanobakterije (**Slika 7.5**). Od vodenih kukaca, česte su vrste iz redova vodencvjetova te neke vrste iz redova kornjaša (Coleoptera) i vretenaca (Odonata).

Donji tokovi tekućica obilježeni su velikim godišnjim kolebanjima temperature, količine kisika i ugljikovog dioksida. Ponekad, posebice ljeti, u vodi može biti prisutna vrlo niska koncentracija kisika, no tome su organizmi takvih staništa prilagođene. Donje tokove tekućica stoga naseljavaju **eurivalentne vrste**, one koje podnose veća kolebanja temperature i otopljenoga kisika. S obzirom na niski nagib korita, brzina vodenog toka je mala, dno je pjeskovito ili muljevito s puno detritusa. Stoga su u donjim tokovima tekućica često bogato razvijene



Slika 7.5. Zelene alge, fotosintetski organizmi prisutni u srednjim tokovima tekućica.

tzv. **zajednice detritofagnih organizama** u kojima dominiraju skupine poput maločetinaša, školjkaša te mnogih ličinki vodenih kukaca (primjerice redova vretenaca, kornjaša, muljara (Megaloptera), dvo-krilaca (primjerice trzalci (Chironomidae)) te pijavica (Hirudinea) i jednakonožnih rakova (Isopoda). Također, s obzirom na vrlo malu brzinu vode, ovakva staništa mogu naseljavati i vrste koje inače žive u stajaćim vodama. Od fotosintetskih organizama, u donjim tokovima tekućica dolazi do bujnoga razvoja makrovegetacije (**Slika 7.6**).



Slika 7.6. Primjer organizama koji naseljavaju donje tokove tekućica: a) makrovegetacija, b) ličinka vretenca.

S obzirom da su tekućice u pravilu strmije uzvodno dok im se nizvodno nagib postupno smanjuje, od izvora prema ušću se također mijenja i morfologija korita te fizikalno-kemijski čimbenici vode

(primjerice širina i dubina korita, brzina strujanja vode, volumen toka, temperatura vode, koncentracija kisika itd.). **Koncept riječnog kontinuuma** (RCC – engl. *River Continuum Concept*) je model koji se koristi za klasifikaciju i opisivanje tekućica na temelju uzdužne promjene toka u njezinoj morfologiji i fizikalno-kemijskim čimbenicima vode te u izvorima hrane koje su praćene i promjenama u sastavu živoga svijeta. Pojedini dijelovi toka naseljeni su organizmima čije se zajednice razlikuju prema sastavu i strukturi. Tako se primjerice prema načinu ishrane, udijeli makrobeskralješnjaka usitnjivača smanjuju prema donjem toku dok se u istom smjeru povećavaju udijeli skupljača/filtratora.

Stajačice se mogu podijeliti na lokve, močvare, bare i jezera (**Slika 7.7**). Lokve su male i plitke udubine ispunjene vodom koje često presušuju tijekom sušnoga razdoblja (**Slika 7.7a**). Bare su plitke stajačice kod kojih svjetlo prodire sve do njihova dna, zbog čega su vrlo produktivne i bogate vegetacijom (**Slika 7.7b**). Najčešće nastaju tijekom prirodnoga starenja jezera ili predstavljaju ostatke odvojenih riječnih meandara. Jezera su veće stajačice, uglavnom dublja od močvara i bara, pri čemu se kod dubljih jezera javlja vertikalna temperaturna slojevitost (razlika u temperaturi vode od površine jezera do njegova dna) (**Slika 7.7c**). Površinski sloj ili **epilimnij** je osvijetljeni dio jezera u kojemu fotoautotrofni organizmi procesom fotosinteze vrše primarnu proizvodnju. U dubokim, neosvijetljenim dijelovima jezera ili **hipolimniju**, žive organizmi potrošači koji koriste organsku tvar proizvedenu u površinskim slojevima kao hranu te razlagači koji organsku tvar razgrađuju na mineralne soli (amonijak, nitrite, nitrate), ugljikov dioksid i vodu, uz potrošnju kisika.



Slika 7.7. Primjeri stajačica na području Hrvatske: a) lokva, Dalmacija, b) rukavac rijeke Drave, c) Plitvička jezera.

(autor: M. Vilenica)

U epilimniju dolazi do sezonskih kolebanja temperature vode u skladu s promjenama temperature zraka. S druge strane u hipolimniju, temperatura vode je niska i stalna. Između ova dva sloja postoji još jedan relativno tanak sloj koji se naziva **termoklina** ili **metalimnij**. U njemu dolazi do velike nagle promjene temperature koju prati nagla promjena gustoće vode, zbog čega je miješanje površinske i pridnene vode jezera onemogućeno.

Većina jezera u kontinentalnom dijelu Hrvatske spada u kategoriju umjerenih jezera s ljetnom, direktnom i zimskom, obrnutom vertikalnom stratifikacijom. To znači da je tijekom ljeta temperatura epilimnija viša od one hipolimnija, dok je situacija obrnuta tijekom zime. Također, dva puta godišnje dolazi do izjednačavanja temperature cijeloga jezera što se naziva **izotermija**, prilikom čega nestaje termoklina te pod utjecajem vjetrova dolazi do miješanja cijeloga stupca vode. Izjednačavanjem temperature od površine do dna dolazi do nestanka termokline te pod utjecajem vjetrova dolazi do miješanja cijeloga stupca vode. Tada se izjednačavaju ekološka obilježja vode cijeloga jezera; pridneni sloj jezera obogaćuje se kisikom, a površinski sloj mineralnim solima.

Močvare su sačinjene od niza vodenih (lokve, bare, jezera, tekućice) i kopnenih (poplavne i vlažne livade, tršćaci, šume) staništa. Zbog ovako velike raznolikosti staništa, značajka je močvara vrlo velika raznolikosti živih organizama. U Hrvatskoj su posebice poznata velika močvarna područja poput Kopačkog rita, Lonjskog polja i donjeg toka rijeke Neretve.





VIII.

**ŽIVOTNE
ZAJEDNICE
SLATKOVODNIH
EKOSUSTAVA**

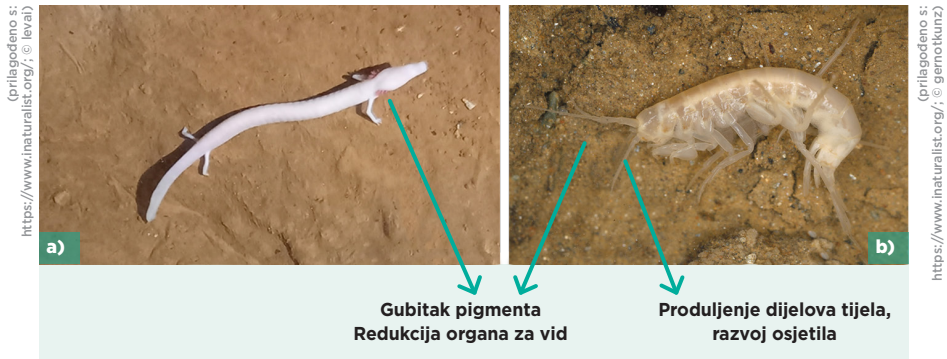
1. Životne zajednice podzemih slatkovodnih staništa

Obilježja i prilagodbe špiljskih životinja

Tijekom evolucijskoga razvoja, životinje podzemnih staništa prvenstveno su bile nadzemne. Uslijed drastičnih klimatskih promjena povezanih s razdobljima velikih oledbi ili sušnim razdobljima, pojedine su se nadzemne životinje sklonile u podzemlje kako bi preživjele u uvjetima stabilnih i stalnih ekoloških uvjeta, ali i smanjene predacije. Kako su se tijekom dugog niza godina prilagođavale na špiljska staništa, neka obilježja su bolje razvile, razvile neka nova, dok su istovremeno i izgubile mnoga svojstva. Redukcija nekih stečenih osobina, pri čemu dolazi do razvoja morfološki jednostavnijih od morfološki složenijih oblika naziva se **regresivnom evolucijom**.

Neke od glavnih prilagodbi na podzemlje su (Slika 8.1):

- redukcija organa za vid
- gubitak pigmenta
- produljenje dijelova tijela i razvoj ostalih osjetila
- usporen metabolizam
- nizak stupanj reprodukcije
- nakupljanje rezerva masti
- prestanak dnevno/noćnoga ritma aktivnosti
- prestanak sezonskih promjena i aktivnosti



Slika 8.1. Primjeri prilagodbi špiljskih životinja podzemnim staništima: a) čovječja ribica (*Proteus anguinus*) i b) sljepušac (*Niphargus* sp.).

Neki od najpoznatijih vodenih podzemnih organizama koji naseljavaju podzemne slatkovodne ekosustave u Hrvatskoj su čovječja ribica (*Proteus anguinus*), podzemna pijavica (*Croatobranhus mestrovi*), špiljski školjkaš (*Congerius kusceri*) i ogulinska špiljska spužvica (*Eunapius subterraneus*).

S obzirom na količinu vremena koju provode u špiljama te iz kojih potreba u njih zalaze, špiljske životinje mogu se podijeliti u sljedeće **kategorije**:

- Pravi stanovnici špiljskih staništa (**troglobionti** na kopnu, **stygobionti** u vodi).
- Stanovnici djelomično prilagođeni špiljskim staništima (**troglofili** na kopnu, **stygofili** u vodi).
- Povremeni stanovnici špiljskih staništa (**subtroglofili** na kopnu, **substygofili** u vodi) koji naseljavaju špilje primjerice zbog hibernacije, razmnožavanja, odgajanja mladih ili sklanjanja od nepovoljnih uvjeta.
- Slučajni stanovnici špiljskih staništa (**troglokseni** na kopnu, **stygokseni** u vodi).

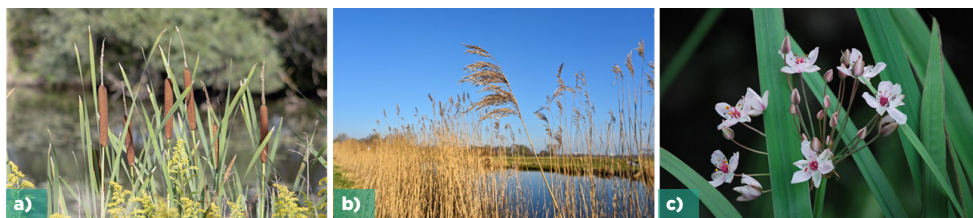
2. Životne zajednice nadzemnih slatkovodnih ekosustava – biljne zajednice (fitocenoze)

Biljne zajednice nadzemnih slatkovodnih ekosustava čine:

1. **Pojas obalne (emerzne) vegetacije**
2. **Pojas plivajuće vegetacije**
 - A) biljke na vodenoj površini
 - B) biljke s plivajućim listovima na površini vode
3. **Pojas podvodne (submerzne) vegetacije**

1. Pojas obalne vegetacije

Kod biljaka koje čine pojas obalne vegetacije, korijen i donji dijelovi stabljike potpuno su uronjeni u plitku vodu. U donjim dijelovima stabljike ovih biljaka nalazi se veliki broj zračnih prostora što omogućava disanje dijelu biljke (stabljike i korijena) koji je pod vodom. Tipični predstavnici obalne vegetacije voda stajaćica i tekućica sporog toka vode su širokolisni rogoz (*Typha latifolia*), trska (*Phragmites australis*), šašine (*Scirpus* spp.), šaševi (*Carex* spp.), obični sit (*Juncus effusus*) i vodoljub (*Butomus umbellatus*) (Slika 8.2).



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 8.2. Tipični predstavnici obalne vegetacije voda stajaćica i mirnijih tekućica: a) rogoz (*Typha* sp.), b) trska (*Phragmites australis*), c) vodoljub (*Butomus umbellatus*).

2. Pojas plivajuće vegetacije

Pojas plivajuće vegetacije čine biljke na vodenoj površini i biljke s plivajućim listovima na površini vode.

A) Biljke na vodenoj površini

Na vodenoj površini mogu se naći slobodno plutajuće vodene leće (*Lemna* spp.) te papratnjača nepačka (*Salvinia natans*) (**Slika 8.3**). Listovi ovih biljaka nalaze se na površini vode, a korijenje u stupcu vode. Korijenje i donji dijelovi listova vodenih leća sadrže zračne prostore, što im omogućuje plutanje na vodi. Na površini listova nalazi se voštana kutikula koja sprečava oštećenje listova razornim djelovanjem valova.

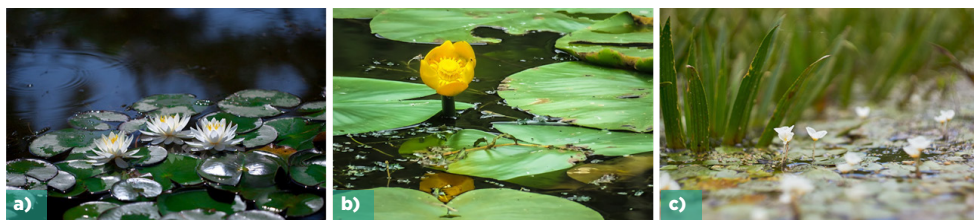


Slika 8.3. Neki biljni organizmi koji žive na površini vode: a) vodena leća (*Lemna* sp.), b) nepačka (*Salvinia natans*).

B) Biljke s plivajućim listovima na površini vode

Biljke s plivajućim listovima na površini vode čine vodene biljke koje imaju relativno velike kožaste listove koji plivaju na vodenoj površini. Kod ovakvih biljaka, puči se nalaze s gornje strane listova te se većina izmjene plinova odvija s atmosferom, a manji dio s vodom. Gornja površina listova presvučena je zaštitnom voštanom kutikulom koja umanjuje oštećenja koja bi na listu nastala djelovanjem valova. Kod ovih biljaka, korijenje ne visi u vodenom stupcu već je ukopano u mulj. Neke biljke, poput bijelog lopoča (*Nymphaea alba*), imaju zračne prostore koji se prostiru od korijenja kroz stabljiku što omogućava opskrbu korijena kisikom s obzirom da je njegova koncentracija u muljevitom supstratu vrlo niska i nedostatna za optimalnu opskrbu biljke. Cvjetovi su iznad vodene površine, i ovisno o vrsti,

oprašuju se kukcima ili vjetrom. Ovakve biljke pretežno se pojavljuju u vodama stajaćicama. U tekućicama se mogu naći na dijelovima staništa s većom dubinom i vrlo malom brzinom vode ili u ujezerenjima. Najčešći predstavnici ovakvih biljaka su vodena papratnjača četverolisna raznorotka (*Marsilea quadrifolia*), bijeli lopoč (*Nymphaea alba*), žuti lokvanj (*Nuphar lutea*), sitnički okruglolisni plavun (*Nymphoides peltata*), žabogriz (*Hydrocharis morsus ranae*), vodeni orašac (*Trapa natans*), vodeni dvornik (*Persicaria amphibia*) i plivaјуći mrijesnjak (*Potamogeton natans*) (Slika 8.4).



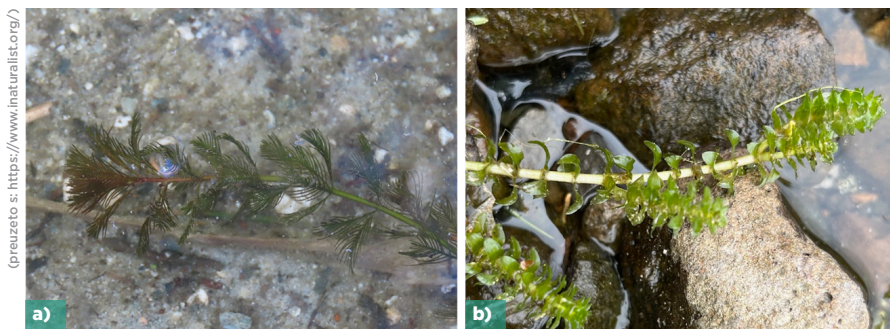
(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 8.4. Neki predstavnici biljaka s plivaјуćim listovima na površini vode: a) bijeli lopoč (*Nymphaea alba*), b) žuti lokvanj (*Nuphar lutea*), c) žabogriz (*Hydrocharis morsus ranae*).

3. Pojas podvodnih (submerznih) biljaka

A) Podvodne biljke

Podvodne biljke su svojim korijenjem ukopane u dno vodnoga tijela, a stabljika im je čitava ispod površine vode. Stabljike ovih biljaka ispunjene su zračnim prostorima koji biljci pomažu održavati njihovo mekano i savitljivo tijelo u vodi i uz površinu vode. Tijela podvodnih biljaka nemaju toliko čvrstih tkiva u stabljikama i listovima kao kopnene biljke jer se nalaze u gušćem (vodenom) okolišu koji podupire njihova tijela. Listovi ovih biljaka su tanki i uski, kako bi pružali što manji otpor struji vode. S obzirom na to da su u potpunosti u vodi, prekriveni su tankom kutikulom. Ovakva vegetacija može rasti na mjestima gdje je voda dovoljno plitka da cijela biljka dobije dovoljnu količinu svjetlosti za fotosintezu. Tako ih nalazimo pretežno u plitkim stajaćicama, poput ribnjaka, bara, rukavaca, jezera te u donjim tokovima nizinskih tekućica. Neke od čestih podvodnih biljaka su vodena kuga (*Elodea canadensis*), kruta voščika (*Ceratophyllum demersum*),



Slika 8.5. Neki predstavnici podvodnih biljaka: a) krocanj (*Myriophyllum* sp.), b) vodena kuga (*Elodea canadensis*).

podvodni žabnjak (*Ranunculus fluitans*), klasasti krocanj (*Myriophyllum spicatum*), mala podvodnica (*Najas minor*) i obična mješinka (*Utricularia vulgaris*) (**Slika 8.5**).

3. Životne zajednice nadzemnih slatkovodnih ekosustava – životinjske zajednice (zoocenoze)

A) Pojas obalne vegetacije

U pojasu obalne vegetacije mogu se uočiti razne životinje koje su u većoj ili manjoj mjeri svojim životnim ciklusom vezane za vodu (Slika 8.6, 8.7), kao što su razni vodozemci (primjerice mala zelena žaba (*Pelophylax lessonae*), žuti mukač (*Bombina variegata*), veliki vodenjak (*Triturus carnifex*)), gmazovi (primjerice bjelouška (*Natrix*



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 8.6. Vodozemci i gmazovi pojasa obalne vegetacije: a) planinski vodenjak (*Icthyosaura alpestris*), b) žuti mukač (*Bombina variegata*), c) bjelouška (*Natrix natrix*), d) barska kornjača (*Emys orbicularis*).



Slika 8.7. Ptice: a) siva čaplja (*Ardea cinerea*), b) crna liska (*Fulica atra*), i sisavci: c) europska vidra (*Lutra lutra*), d) europski dabar (*Castor fiber*) u pojasu obalne vegetacije.

natrix), ribarica (*Natrix tessellata*), barska kornjača (*Emys orbicularis*)), ptice (primjerice siva čaplja (*Ardea cinerea*), crna liska (*Fulica atra*), divlja patka (*Anas platyrhynchos*), eja močvarica (*Circus aeruginosus*)) i sisavci (primjerice vodena rovka (*Neomys fodiens*), europska vidra (*Lutra lutra*), europski dabar (*Castor fiber*)).

B) Površina stajaćih voda

Površina stajaćih voda naseljena je raznim organizmima koji čine zajednicu koja se naziva **neuston**. U ovoj zajednici mogu se naći fotosintetski organizmi koji plivaju na površini (primjerice vodene leće (*Lemna* spp.), vodena paprat nepačka (*Salvinia natans*)) te životinje koje hodaju po površini vode (primjerice obična skakalica (*Hydrometra stagnorum*), vodena kopnica (*Aquarium paludum*) i skokuni (Collembola)) (**Slika 8.8**). Neke se životinje nalaze s donje strane vodene površine poput virnjaka koji pužu po donjoj strani vodene površine ili ličinki komaraca, koje vise s vodene površine.



Slika 8.8. Neke od životinja koje hodaju po površini voda stajaćica: a) obična skakalica (*Hydrometra stagnorum*), b) gazivoda (*Gerris lacustris*).

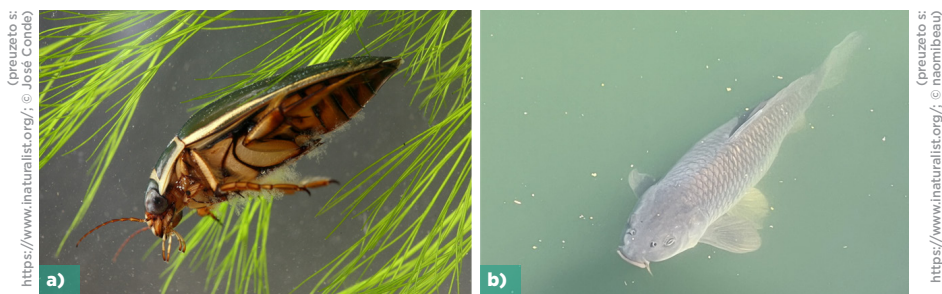
C) Stupac vode

Stupac vode naseljen je gustim populacijama organizama koji čine zajednicu koju nazivamo **zooplankton**. Zooplankton čine sitni organizmi čija su kretanja ograničena i uvjetovana kretanjima vodenih struja, kao što su razne prazivotinje poput papučica (*Paramecium* spp.), kolnjaka (Rotifera) ili sitnih račića poput velike vodenbuhe (*Daphnia magna*) i veslonožaca (primjerice *Cyclops* spp.) (**Slika 8.9**). U stupcu vode nalaze se i slobodnoplivajuće životinje, čija se zajednica naziva **nekton**. Nekton čine različiti vodeni kukci, primjerice iz reda kornjaša (kao što je obrubljeni kozak (*Dytiscus marginalis*), vrani vodoljubac



Slika 8.9. Primjeri organizama zajednice koja se naziva zooplankton: a) račić veslonožac (*Cyclops* sp.), b) račić vodenbuha (*Daphnia* sp.).

(*Hydrophilus piceus*)), reda polukrilaca (Hemiptera) (kao što je velika stjenica veslačica (*Corixa punctata*), modra nauznačarka (*Notonecta glauca*)), kao i razne vrste riba (primjerice štika (*Esox lucius*), šaran (*Cyprinus carpio*) i klen (*Squalius cephalus*) (**Slika 8.10**).



Slika 8.10. Primjeri slobodnoplivajućih životinja slatkovodnih ekosustava, zajednice koja se naziva nekton: a) obrubljeni kozak (*Dytiscus marginalis*), b) šaran (*Cyprinus carpio*).

Životinje dna

Dno vodenih ekosustava (**bental**) naseljavaju organizmi čija se zajednica naziva **bentos**, čiji je sastav uvjetovan tipom supstrata i fizikalno-kemijskim čimbenicima vode.

U zajednicama organizama koji naseljavaju **kameniti supstrat** često se mogu vidjeti razne sjedilačke, polusjedilačke i pokretne životinje, kao što su spužve, mahovnjaci (Bryozoa), virnjaci, puževi, ličinke vodenih kukaca tulara i pijavice. Ispod kamenja nalaze se primjerice rakušci, vodenbabure i razne ličinke vodenih kukaca (primjerice dvokrilaca, kornjaša, vodencvjetova, vretenaca).

Na **pješčanom supstratu** mogu se primjerice pronaći maločeti-naši, trepetljikaši (Ciliophora), kolnjaci, školjkaši, vodenbabure i ličinke različitih vodenih kukaca (primjerice trzalci, vodencvjetovi, tulari, vretenca).

Muljeviti supstrat se u većim količinama nalazi u većim dubinama jezera, u sporotekućim velikim rijekama ili u barama. Zajednice organizama koji naseljavaju **muljeviti supstrat** slične su onima na pješčanom supstratu, no ovdje pretežno dolaze detritofagne vrste (koje se hrane djelomično razgrađenim organskim materijalom), poput raznih maločeti-naša, puževa, školjkaša i ličinki vodenih kukaca dvokrilaca.

PRILAGODBE VODENIH ŽIVOTINJA NA ŽIVOT U VODI

Kako bi uspješnije preživjele u vodenom okolišu, životinje su tijekom svojega evolucijskog razvoja razvijale brojne prilagodbe, kao što su primjerice one vezane uz kretanje, život u brznoj struji vodi te prilagodbe za disanje.

1. Prilagodbe za kretanje (Slika 8.11)

- **Hidrodinamičan oblik tijela** omogućava brzo kretanje i plivanje kroz gusti vodeni medij. Takav oblik tijela imaju primjerice ribe i neke ličinke vodencvjetova (primjerice *Baetis rhodani*).
- **Noge veslalice** su noge prilagođene za plivanje prema naprijed. Takve noge imaju primjerice vodeni kukci obrubljeni kozak (*Dytiscus marginalis*) i modra nauznačarka (*Notonecta glauca*). Kod njih je stražnji par nogu vrlo dug, spljošten i na rubovima ima resaste čekinje što im omogućava veslanje kroz vodu.
- Prilagodba koja omogućuje **plutanje** (sprječava da životinja potone kada prestane plivati) je primjerice plivači mjehur kod riba.



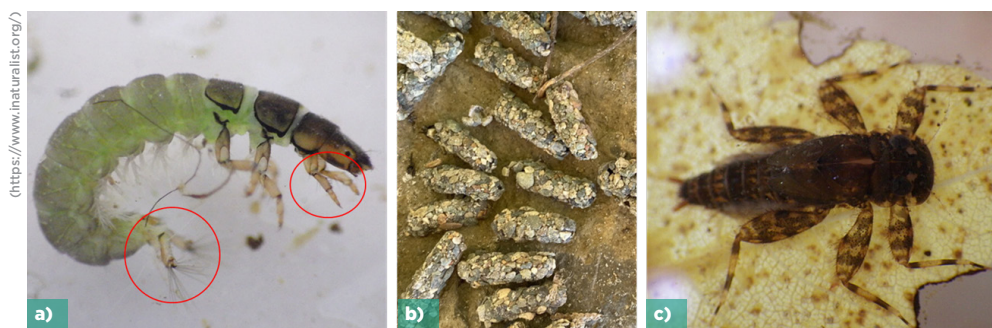
Slika 8.11. Neke od prilagodbi vodenih organizama na kretanje u vodenom mediju: a) hidrodinamičan oblik tijela ličinke vodencvijeta, b) noga plivalica obrubljenoga kozaka (*Dytiscus marginalis*), c) plivači mjehur ribe.

(preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/>)
(preuzeto s: <https://www.naturalis.org/>, © Luca Zulianello)
(preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/>)

2. Prilagodbe na život u brznoj struji vode (Slika 8.12)

- Neke životinje, poput ličinki raznih redova vodenih kukaca (tulari, obalčari, vodencvjetovi) imaju na nogama ili na kraju zatka **pandžice** kojima se prihvaćaju za podlogu što im pomaže da ih struja vode ne otplavi.

- Ličinke nekih vrsta tulara koje žive ispod kamenja u jakoj struji vode pletu **mreže za lov** koje im omogućavaju osiguravanje hrane bez napuštanja zaklona.
- Ličinke mnogih vrsta tulara **grade kućice** od dostupnog supstrata (primjerice kamenčića i zrnaca pijeska) čime povećavaju masu tijela te ih je teže otplaviti brzom strujom vode.
- Neke životinje, poput puževa i virnjaka, **luče sluz** po kojoj pužu i koja im omogućuje tijesno prianjanje uz podlogu.
- Mnoge životinje, poput virnjaka, ličinki obalčara (primjerice *Isoperla popijaci*) i vodencvjetova (primjerice *Rhithrogena braaschi*), imaju **leđno-trbušno spljošteno tijelo** koje im omogućava tijesno priljubljivanje uz podlogu.

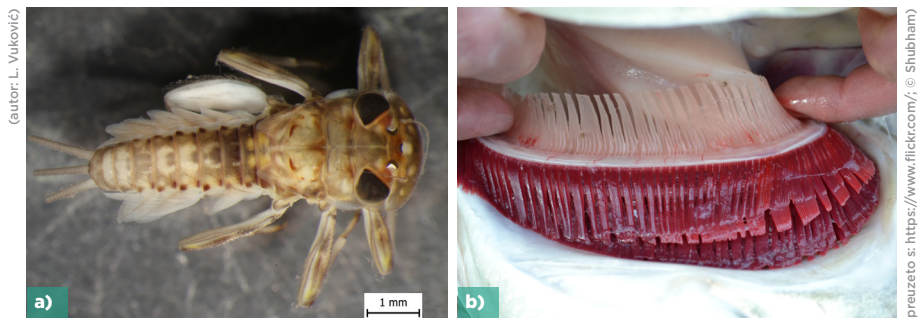


Slika 8.12. Neke od prilagodbi vodenih organizama na život u brzom toku vode: a) tarzalne i začane pandžice ličinki tulara, b) kućice od kamenčića kod ličinki tulara, c) leđno-trbušna spljoštenost ličinke vodencvijeta.

3. Prilagodbe za disanje (Slika 8.13)

- Životinje koje žive u vodi udišu kisik otopljen u vodi ili moraju izaći na površinu kako bi udahnuili atmosferski kisik. Ako udišu otopljeni kisik iz vode, dišu pomoću nekog oblika **škrga** (primjerice ličinke nekih kukaca, punoglavci, ribe). Životinje koje udišu atmosferski kisik dišu ili pomoću **pluća** ili imaju **uzdušnice** (traheje) (primjerice žabe, zmije, kornjače, neki kukci).
- Ličinke komaraca disajnom cijevi (sifonom) vise s donje strane vodene površine. Preko sifona obavlja se izmjena plinova između zraka u dišnom sustavu ličinke i atmosfere.

- Neki vodeni kukci (primjerice obrubljeni kozak (*Dytiscus marginalis*)) nose veliku količinu zraka u posebnom spremniku pod krilima. Kada taj zrak potroše, vraćaju se na površinu vode kako bi ponovo napunili spremnik novom količinom zraka.



Slika 8.13. Neke od prilagodbi vodenih organizama na disanje u vodenom okolišu: a) škrge ličinke vodencvijeta, b) škrge ribe.

Obraštajne zajednice

– perifiton

4.

Dijelovi vodenih biljaka, ali i drugih struktura (stijene, kamenje, šljunak) obrasli su organizmima koji čine posebnu zajednicu koja se naziva **perifiton**. U ovoj zajednici, osim fotosintetskih organizama, mogu se naći i brojni životinjski organizmi (i bakterije). Tu su primjerice česte cijanobakterije, alge kremenjašice, jednostanične zelene alge, višestanične nitaste alge, razne praživotinje, oblici (Nematoda), maločetinaši, pijavice, puževi i ličinke vodenih kukaca trzalaca.

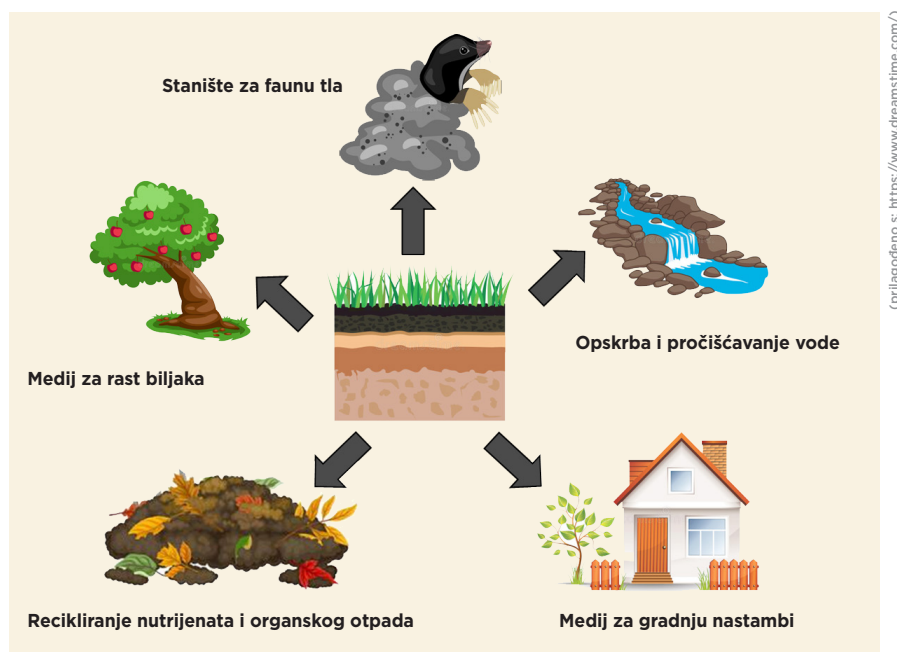




IX.

**EKOSUSTAV
I ŽIVOTNE
ZAJEDNICE
TLA**

Tlo je površinski rahli sloj Zemljine kore koji nastaje međudjelovanjem atmosfere, hidrosfere i biosfere. Nastaje na podlozi koju čini sloj zemlje koji nastaje raspadanjem stijena (litosfera), ali i djelovanjem različitih organizama (mikroorganizama, gljiva, biljaka i životinja). Procesi kojima se razvija tlo nazivaju se **pedogeneza**. Mogu trajati dulje ili kraće, ovisno o različitim **pedogenetskim čimbenicima** (čimbenicima tvorbe i razvoja tla), kao što je primjerice matični supstrat, klima, reljef te organizmi (biotički čimbenici) i vrijeme. Funkcije tla prikazane su na **Slici 9.1**. Znanost koja se bavi proučavanjem tla naziva se **pedologija**.



Slika 9.1. Funkcije tla.

Svojstva tla – fizikalna, kemijska i biološka

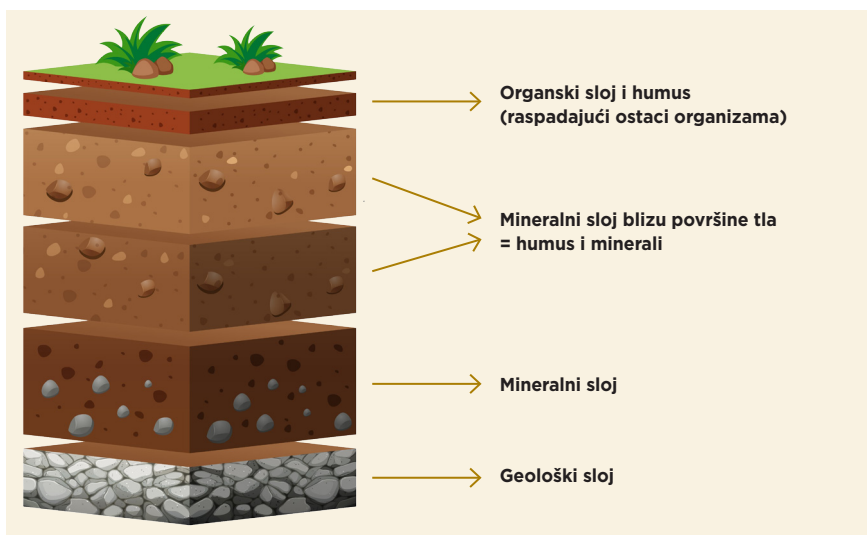
Fizikalna svojstva tla odnose se na njegov **mehanički sastav** ili **teksturu**, koji se određuje količinskim odnosima mehaničkih elemenata tla. One mogu biti raznih dimenzija i u tlu biti zastupljene u različitim odnosima. Tu razlikujemo čestice kamena (od 2 cm i veće), šljunka (od 0,2 do 2 cm), pijeska (od 0,1 do 2,0 mm), praškastoga pijeska (od 0,05 do 0,1 mm), praha (od 0,02 do 0,05 mm) i gline (manje od 0,01 mm).

Tekstura tla utječe na svojstva tla koja su vrlo važna za život organizama koji naseljavaju ekosustav tla, kao što su kapacitet tla za vodu, provodljivost, kapacitet tla za toplinu te sposobnost tla da na svojoj površini veže tvari s kojima dolazi u dodir. Kako bi se biljke uspješno opskrбиле vodom, kisikom i mineralnim solima (tvarima), osim teksture tla vrlo je važna i **struktura tla**, tj. način na koji se mehanički elementi tla slažu u strukturne agregate. O kombinaciji strukture i teksture tla, ovisi **poroznost tla**. Prostori između strukturnih agregata i mehaničkih elemenata u tlu nazivaju se pore, koje mogu biti ispunjene tekućom ili plinovitom fazom tla. Poroznost tla označava ukupni udio pora u volumenu tla izražen u postotcima.

Vrlo važan fizikalni čimbenik tla jest i **temperatura**. Ona utječe na životne procese u podzemnim i nadzemnim biljnim organima, na cikluse kruženja mineralnih i organskih tvari, građu tla te na kretanje vode i zraka u profilu tla. Temperatura ima važan utjecaj i na biotu tla kao što su bakterije, praživotinje, gljive, beskralješnjaci i kralješnjaci.

Kemijska svojstva tla označavaju njegov kemijski sastav: u tlu se osim anorganskih tvari (minerala, koji čine oko 90 % masenoga udjela tla) pojavljuju i organske tvari (humus; lat. *humus* – zemlja, tlo). Humus se sastoji od smjese organskih tvari nastale od mrtvih tijela biljnih i životinjskih organizama.

Organizmi tla žive u različitim slojevima tla, s time da su najčešći i najbrojniji u gornjem površinskom sloju tla i listincu. U profilu tla (**Slika 9.2**) razlikuje se nekoliko slojeva: organski sloj koji čine raspadajući biljni i životinjski ostatci, mineralni sloj blizu površine tla koji je sastavljen od mješavine organske tvari (humusa) i mineralnih



prilagođeno s: <https://freepik.com/>; © brgfx

Slika 9.2. Profil tla.

spojeva, čisti mineralni sloj te geološki sloj. Vertikalna i horizontalna raspodjela organizama tla uvjetovana je primarno temperaturom, vlagom, teksturom tla, količinom organske tvari te vegetacijom određenoga područja.

Osim organizama tla, važan biotički pedogenetski čimbenik koji sudjeluje u izmjeni i kruženju tvari i energije u prirodi jest i vegetacija. S obzirom na njezino djelovanje na tlo, vegetacija se može razvrstati u tri skupine: šumske, travnjačke te poljoprivredne biljne zajednice. Šumske biljne zajednice odlažu dio svojih nadzemnih organa (lišće) na površinu tla, što se naziva listinac. On ima brojne povoljne utjecaje na tlo s obzirom da dobro upija vodu sprječavajući njezino otjecanje i erozijske procese, smanjuje isparavanje vode iz tla i doprinosi obogaćivanju tla organskom tvari. Travnjačka vegetacija svojim gustim busenastim korijenjem prožima tlo stvarajući tvorbe stabilne mrvičaste strukture. Odumiranjem, biljke travnjačke vegetacije obogaćuju tlo organskom tvari te smanjuju isparavanje vode iz tla. Poljoprivredna vegetacija, za razliku od prirodne vegetacije, ne vraća svu organsku tvar u tlo (biljke se pobiru i odnose s polja), čime se znatno osiromašuje tlo biogenim elementima. To se djelomice može nadomjestiti uporabom organskih i mineralnih gnojiva te zelenom gnojibom.

Biološka svojstva tla uvjetovana su živim (primjerice biljnim i životinjskim) organizmima koji žive u ili na tlu. U kopnenim ekosustavima **najveća raznolikost organizama** je zabilježena upravo **u tlu**. Životna zajednica tla naziva se **edafon**. Čine ga organizmi poput bakterija, gljiva, praživotinja, različitih skupina makrobeskralješnjaka (primjerice oblići, člankonošci (Arthropoda), maločetinaši) te nekoliko skupina kralješnjaka (**Slika 9.3**). Organizmi edafona imaju brojne važne uloge u ekosustavu tla: sudjeluju u razlaganju organskih tvari, kruženju mineralnih soli (dušika, sumpora, fosfora), povećavanju propusnosti i prozračnosti tla, miješanju slojeva tla, sprječavanju erozije te poticanju rasta biljaka.



Slika 9.3. Primjeri organizama edafona: a) muhara (*Amanita muscaria*), b) puž vinogradnjak (*Helix pomatia*), c) stonoga, d) gujavica (*Lumbricus terrestris*), e) europska krtica (*Talpa europaea*), f) rovac (*Gryllotalpa gryllotalpa*).

Prilagodbe životinja na život u tlu

Životinje koje žive u tlu, tijekom evolucije razvile su brojne različite prilagodbe na život u teško prohodnom i tamnom okolišu tla. Takve prilagodbe nazivaju se **fosorijalne prilagodbe** i vezane su uz anatomske i morfološke prilagodbe, način dobivanja energije iz niskoenergetske unesene hrane prisutne u tlu i promjene metabolizma u smjeru tolerancije povremenih nepovoljnih vrijednosti abiotičkih čimbenika u tlu (temperature, vlažnosti, koncentracije kisika i ugljikovog dioksida).

Anatomske i morfološke prilagodbe na kretanje (Slika 9.4) u mračnom i čvrstom okolišu tla uključuju:

1. **Specifičan oblik tijela**, koje je pretežno valjkasto, a kod nekih životinja spljošteno, glava je mala, njuška je kod sisavaca duguljasto oblikovana, a zubi veliki.
2. **Redukciju pigmenta i organa za vid.**
3. **Skraćivanje tjelesnih nastavaka**, gdje su primjerice ticala i noge kod člankonožaca te uši i rep kod sisavaca kraće u vrsta koje žive u tlu.
4. Posebnu **građu prednjih nogu**, koje su kratke i snažne s velikim kandžama i prilagođene za kopanje.



Slika 9.4. Primjeri morfoloških fosorijalnih prilagodbi: valjkasti oblik tijela, prednje noge kopalice kod a) rovca (*Gryllotalpa gryllotalpa*) i b) europske krtice (*Talpa europaea*); kratka ticala i redukcija pigmenta kod c) skokuna (*Collembola*).

Fosorijalne morfološke prilagodbe usmjerene su na mogućnost korištenja tijela za kopanje. Kopanje tla se kod različitih životinja odvija s različitim svrhom (**Slika 9.5**). Tako primjerice neke životinje tlo kopaju u potrazi za hranom ili vodom, kao primjerice afrički slon (*Loxodonta africana*) i divlja svinja (*Sus scrofa*). Neke životinje kopaju tlo kako bi u njemu izgradile sklonište, dok hranu traže na površini tla, kao primjerice crvena lisica (*Vulpes vulpes*) i europski jazavac (*Meles meles*). Neke pak životinje kopaju tlo kako bi u njemu izgradile sklonište, ali i spremile hranu, kao primjerice smeđi štakor (*Rattus norvegicus*).

S obzirom na kompaktnost okoliša, kretanje životinja kroz tlo često je otežano te se većina organizama u tlu kreće unutar već postojećih tunela, kanala i pora koje su iskopale neke druge životinje. Mnoge fosorijalne životinje imaju prednje noge preobražene u noge kopalice (primjerice europska krtica (*Talpa europaea*), neki kukci poput rovca (*Gryllotalpa gryllotalpa*), ličinke vrsta periodičkih cvrčaka

(preuzeto s: <https://www.pixabay.com/> © Krsi Katanemi)



(preuzeto s: <https://www.unsplash.com/> © Haberdodas)
(preuzeto s: <https://www.unsplash.com/> © Moritz Kindler)

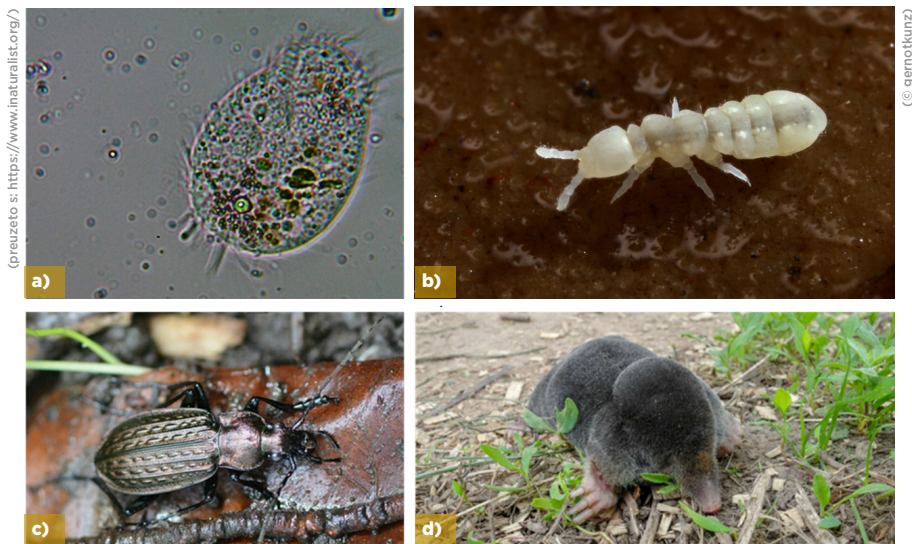
Slika 9.5. Različite životinje tlo kopaju s različitim svrhom: a) afrički slon (*Loxodonta africana*) u potrazi za vodom, b) divlja svinja (*Sus scrofa*) u potrazi za hranom, c) europski jazavac (*Meles meles*) prilikom izgradnje skloništa.

(*Magicicada* spp.), neki kotrljani (Scarabaeoidea)) (Slika 9.4). Životinje koje aktivno kopaju tunele u tlu, kroz tlo se kreću tipom kretanja koje se naziva **tuneliranje**. Manji organizmi prelaze manje udaljenosti **plivanjem kroz vodeni film** koji ispunjava pore u tlu ili **kroz pore u tlu ispunjene zrakom**.

Organizmi koji naseljavaju ekosustav tla mogu se klasificirati na razne načine, primjerice prema veličini tijela, smještaju u profilu tla itd.

Prema veličini tijela fauna tla može se podijeliti na (Slika 9.6):

- **Mikroorganizme i mikrofaunu** koju čine organizmi veličine tijela od 1 do 100 μm . U ovu skupinu pripadaju razne bakterije, gljivice, praživotinje i oblići.
- **Mezofaunu** koju čine organizmi veličine tijela od 100 μm do 2 mm, kao što su dugoživci (Tardigrada), grinje (Acari) i skokuni (Collembola).
- **Makrofaunu** koju čine organizmi veličine od 10 do 20 mm, kao što su lažipauci (Opilliones), puževi, kopneni jednakonožni rakovi, stonoge, pauci (Araneae), neki kukci (primjerice kornjaši, mravi) i maločetinaši.
- **Megafaunu** koju čine organizmi veći od 200 mm, poput raznih kukcojeda i glodavaca, kao što su europski jež (*Erinaceus europaeus*), mala šumska rovka (*Sorex minutus*), prugasti poljski miš (*Apodemus agrarius*), europski hrčak (*Cricetus cricetus*), europska krtica (*Talpa europaea*) i europski jazavac (*Meles meles*).



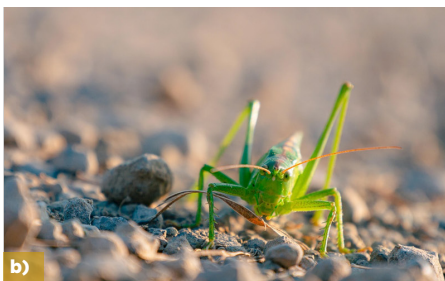
Slika 9.6. Podjela faune tla prema veličini tijela, s primjerima organizama svake kategorije: a) mikrofauna – praživotinja (*Ciliophora*), b) mezofauna – skokun, c) makrofauna – kornjaš (trčak (*Carabus* sp.)), d) megafauna – europska krtica (*Talpa europaea*).

S obzirom na smještaj organizama u profilu tla, zajednice fauna tla mogu se podijeliti na (Slika 9.7):

- **Epiedafon** kojemu pripadaju organizmi koji se većinom kreću po površini tla ili kroz listinac na tlu. Ovakvi organizmi imaju dobro razvijene noge, organe vida, pigment, dok predstavnici člankonožaca imaju dugačka ticala.
- **Hemiedafon** koji čine organizmi koje se kreću kroz listinac i hodnike u tlu koje su iskopali drugi organizmi. Njihova je duljina tijela manja u odnosu na tijelo epiedafskih organizama, valjkastoga je i produženoga oblika, dok su oči dobro razvijene. Kod člankonožaca, ticala su kraća u odnosu na vrste epiedafona.
- **Euedafon** čine pravi stanovnici tla, koji većinu svojega života provode u tlu, a na površinu tla izlaze vrlo rijetko. Njihovo je tijelo valjkasto, noge su kod mnogih vrsta reducirane, a u dobrim kopača preobražene su u kopalice, oči su zakržljale te u tijelu nema pigmenta. Člankonošci imaju kratka ticala.

(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

a)



b)



c)



d)



e)

(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>)

(© gemotkumz)

Slika 9.7. Podjela faune tla ovisno o smještaju organizama u profilu tla, s predstavnicima svake skupine: epiedafon: a) europski jež (*Erinaceus europaeus*), b) zeleni konjic (*Tettigonia viridissima*); hemiedafon: c) stonoga; euedafon: d) europska krtica (*Talpa europaea*), e) skokun.

Razlaganje izmeta i uginulih organizama na tlu

Česta komponenta tla je izmet organizama koji se kreću po tlu. Tako je izmet kralješnjaka, posebice parnoprstaša, za neke kukce vrlo važan izvor hrane. Kukci koji se hrane izmetom nazivaju se **koprofagni kukci** (**Slika 9.8**). Oni izmet koriste na više različitih načina. Primjere, neke muhe, poput domaće muhe (*Musca domestica*) polažu jaja

(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 9.8. Muhe zujare (uključujući *Lucilla* sp.) na fecesu.

ili ličinke u svjež izmet, u kojemu provode dio života do odrasloga stadija.

Druga skupina kukaca važna u razlaganju izmeta su **kotrljani** (**Slika 9.9**), pretežno koprofagni kukci koji se djelomično ili isključivo hrane izmetom. Većina kotrljana ima široke prednje noge koje su preobražene u noge kopalice. Njima kopaju tunele neposredno ispod izmeta i u njih odlažu kuglice izmeta. U te kuglice izmeta ženka polaže jajašca iz kojih se kasnije razvija ličinka. S obzirom na način korištenja izmeta, kotrljani se mogu podijeliti u tri kategorije: kotrljani koji **kotrljaju kuglice izmeta** koje koriste **kao izvor hrane ili za polaganje jajašaca**, kotrljani koji **ne kotrljaju, niti zakapaju** izmet već **žive u izmetu** te kotrljani koji **zakapaju izmet**.



(preuzeto s: <https://www.inaturalist.org/>)

Slika 9.9. Kotrljan goliš (*Gymnopleurus* sp.) koji kotrlja kuglice izmeta.

U svakom kopnenom ekosustavu, svi će se uginuli organizmi nakon smrti razgraditi uz pomoć organizama razlagača do jednostavnih organskih i anorganskih molekula, koje će onda biljke moći koristiti za izgradnju svojih tijela i ponovno započeti ciklus kruženja ovih spojeva prehrambenim odnosima između organizama. Stoga su razlagači iznimno važni u vraćanju mineralnih tvari iz organizama natrag u tlo. Među razlagačima, najvažnije je spomenuti razne gljive, bakterije i neke praživotinje. Razlagači dovršavaju proces razgradnje koji započinju **strvinari**, tj. razlagači se hrane ostacima organske tvari koja preostane nakon hranjenja strvinara. Ovdje je važno spomenuti neke kukce koji se hrane uginulim životinjama (strvinama) te se nazivaju **nekrofagnim kukcima** (**Slika 9.10**).

(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>;
© alimedm)



Slika 9.10. Nekrofagni kukac grobar (*Nicrophorus vespilloides*) na strvini.

Ovisno o fazama raspadanja strvine, na strvini se mogu primijetiti postupne promjene u naseljavanju i veličini populacija različitih skupina (i vrsta) kukaca koji ju razlažu. Te promjene ovise o veličini strvine, godišnjem dobu, klimatskim prilikama i brojnim abiotičkim čimbenicima, primjerice tipu tla. Već nekoliko minuta nakon ugibanja životinje, počinje proces raspadanja njezina tijela. Čitav proces raspadanja odvija se u nekoliko faza, u kojima sudjeluju razni nekrofagni i saprofagni kukci (najčešće razne porodice iz reda dvokrilaca, kornjaši kusokrilci (Staphylinidae) i parazitoidni opnokrilci (Hymenoptera)). Na temelju valova kolonizacije i razvojnih faza pojedinih skupina kukaca, forenzički entomolozi mogu procijeniti vrijeme smrti.

Unutar zajednica nekrofagnih kukaca, kotrljani su važna i vrlo raznolika skupina, osobito u tropskim šumama. Ovi kornjaši jedu i razmnožavaju se u raspadajućoj organskoj tvari (izmet i/ili strvina) te značajno pridonose funkcioniranju ekosustava tla. Posebice važnu ulogu imaju u kruženju hranjivih tvari i energije i prozračivanju tla, što je iznimno važno za rast biljaka i procjeđivanje vode. Strvinu ili izmet koriste kao mjesta na kojima se susreću s partnerima za razmnožavanje, kao podlogu za gradnju gnijezda (kuglice za leglo) i kao hranu za sebe i svoje potomke. Važni nekrofagni kukci su i vrste kornjaša iz porodica kusokrilaca i strvinara, kao i muhe zujare (Calliphoridae) i mesaruše (Sarcophagidae).





X.

**ČOVJEK I
NJEGOVO
UTJECAJ NA
OKOLIŠ**

Tijekom posljednjih stotinjak godina, sve je veći negativni utjecaj čovjeka na kopnene i vodene ekosustave diljem svijeta. Kao posljedica povećanoga antropogenog pritiska, neki tipovi staništa toliko su degradirani i onečišćeni da je život većini organizama u njima otežan ili nemoguć. Neki su čak tipovi staništa u potpunosti nestali. Gubitkom staništa, izumire i sve veći broj vrsta na Zemlji. Među glavnim uzročnicima masovnoga gubitka bioraznolikosti na Zemlji su degradacija i uništavanje staništa, onečišćenje, prekomjerno iskorištavanje prirodnih resursa, invazivne strane vrste i klimatske promjene. Pritom je osnovni razlog ovim uzročnicima prekomjerni rast ljudske populacije koja je narasla na više od 8,2 milijardi stanovnika i povećava se za milijardu svakih 12 godina. U pojedinim stranim udžbenicima ponekad se navodi akronim **HIPPO** (grčki konj) radi lakšeg pamćenja navedenih razloga ugrožavanja bioraznolikosti pri čemu je: H – habitat alteration, I – invasive species, P – pollution, P – population growth i O – overexploitation.

GUBITAK 1. BIORAZNOLIKOSTI

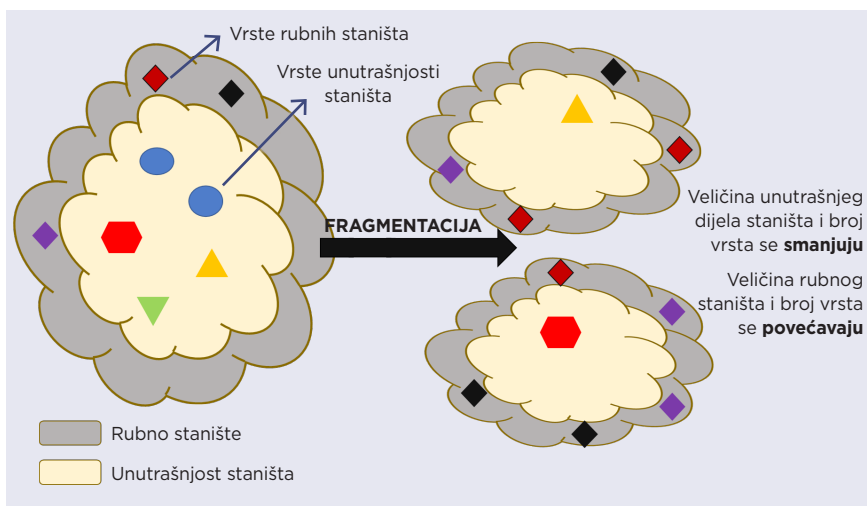
Uništavanje, degradacija i fragmentacija staništa

Pod utjecajem ljudskih aktivnosti staništa mogu biti u potpunosti (nepovratno) **uništena** kada većina ili sve vrste koje tamo obitavaju nestaju i ne mogu više opstati (primjerice sječa šume). Obnavljanje takvih uništenih staništa ili nije moguće ili je vrlo dugotrajno. Osim uništavanje staništa mogu biti i **degradirana** pri čemu se smanjuje njihova kvaliteta (ekološki uvjeti) i dolazi do gubitka dijela vrsta koja u njima obitavaju (primjerice poljoprivreda na travnjacima). Obnavljanje degradiranih staništa je najčešće moguće i može biti relativno brza. Staništa koja su pod najvećim negativnim utjecajem su šumska (tropske šume, tajge i mangrove), travnjačka (stepa, savane, prerije i pampasi), slatkovodna (rijeke, jezera, močvare) i morska staništa (priobalna plitka područja). Uništavanje staništa u najvećoj je mjeri posljedica deforestacije, industrijalizacije, urbanizacije, intenzivne poljoprivrede te kanaliziranja i pregrađivanja riječnih tokova.

Kako bi izgradio prometnice, kanale, građevine, obradive površine, iskrčio šume, čovjek velike prirodne cjeline koje su kontinuirane, razdjeli na manje dijelove (fragmente), stvarajući prepreke za širenje, rasprostranjivanje i kolonizaciju organizama. Ovakve aktivnosti dovode do **fragmentacije staništa** što sa sobom nosi čitav niz problema za organizme utjecanoga ekosustava. Posljedice smanjenja površine nekog ekosustava su i smanjeni broj vrsta koje naseljavaju taj sustav, dovodeći do značajno smanjene stabilnosti ekosustava. Zbog toga je fragmentacija staništa među najznačajnijim prijetnjama bioraznolikosti.

Problematičnost fragmentacije staništa leži i u tzv. **rubnom efektu** jer su na rubovima nekog staništa ekološki čimbenici i mikroklimatski

uvjeti (primjerice vlažnost, količina svjetlosti, kisika, brzina vjetra...) drugačiji od onih u unutrašnjosti staništa te im svi organizmi nekog ekosustava nisu prilagođeni. Zbog toga dolazi do velikoga smanjenja površine staništa koje mogu naseljavati vrste prilagođene uvjetima unutrašnjosti staništa dok one vrste karakteristične za rub staništa mogu povećati područje svoje rasprostranjenosti i veličinu populacija. Stoga se **biološke posljedice** fragmentacije staništa očituju promijenjenim rasporedom, raznolikosti i brojnosti biljnih i životinjskih vrsta (**Slika 10.1**).



Slika 10.1. Fragmentacija staništa i njezine posljedice na zajednice organizama koje ga naseljavaju.

Onečišćenje i kisele kiše

Onečišćenje se može razmatrati na dva načina. Može ga se podijeliti na temelju izvora onečišćenja ili po mjestu gdje ga se pronalazi odnosno što se onečišćuje. Prema tome izvori onečišćenja su: poljoprivredno, industrijsko, komunalno i prometno. U okolišu onečišćenje može utjecati na odnosno može se onečistiti zrak, voda i tlo, ali u novije vrijeme se sve više spominje i uočava negativan utjecaj svjetlosnog, zvučnog (buka) i toplinskog onečišćenja.

Oborine imaju prirodno blago kiseli pH, oko 5,5. No u slučaju da je njihov pH niži od 5,0, takve oborine su kisele i imaju negativan učinak na ekosustave u koje dopijevaju. **Kisele oborine** ili **kisele kiše**

nastaju zbog ispuštanja velikih količina sumpornog dioksida i dušikovih oksida u atmosferu. Ovi spojevi zajedno s česticama vodene pare stvaraju sumpornu i dušičnu kiselinu. One se nakupljaju u oblacima iz kojih padaju kao kisele kiše, koje oštećuju biljke te zakiseljavaju vodene ekosustave i tlo (**Slika 10.2**). U Hrvatskoj, znatno je slabiji utjecaj kiselih kiša na slatkovodna staništa od primjerice onih na sjeveru Europe, zbog podloge od kalcijevog karbonata, koji djeluje kao ublaživač (pufer).



Slika 10.2. Posljedice kiselih kiša na: a) spomenike, b) šume četinjača.

Prekomjerno iskorištavanje

Prekomjerno ili pretjerano iskorištavanje je neodrživo korištenje prirodnih resursa i to najčešće divljih biljnih i životinjskih vrsta. Do pretjeranog iskorištavanja dolazi zbog intenzivnog izlova i sakupljanja divljih vrsta što rezultira prijetnjom i potencijalnim izumiranjem tisuća vrsta. Biljke se iskorištavaju zbog potrebe za građevinskim materijalom, zbog hrane, industrijskih sirovina (vlakna, medicina, prehrambena i farmaceutska industrija) i dr. Životinje se najčešće pretjerano iskorištavaju zbog lova i krivolova (krzno, meso, ulje, trofeji, zabava, kozmetička industrija), kulturalnih i religijskih (bjelokost (slonovača), rogovi nosoroga) i trgovine egzotičnim kućnim ljubimcima.

Invazivne strane vrste

Invazivne pak **vrste** povećavaju područje svoje rasprostranjenosti. Invazivne vrste su **strane (alohtone)** vrste unesene izvan područja svoje prirodne rasprostranjenosti. Na novom području, one imaju

značajan negativan utjecaj na **zavičajne (autohtone)** vrste i staništa, ali i na gospodarstvo te zdravlje ljudi. Invazivne vrste bolje su prilagođene na uvjete u okolišu te istiskuju zavičajne vrste bilo zauzimanjem staništa, bilo korištenjem istih izvora hrane ili se pak hrane autohtonim vrstama. Pritom je potrebno napomenuti kako se za sve strane (alohtone) vrste ne podrazumijeva da su ujedno i invazivne.

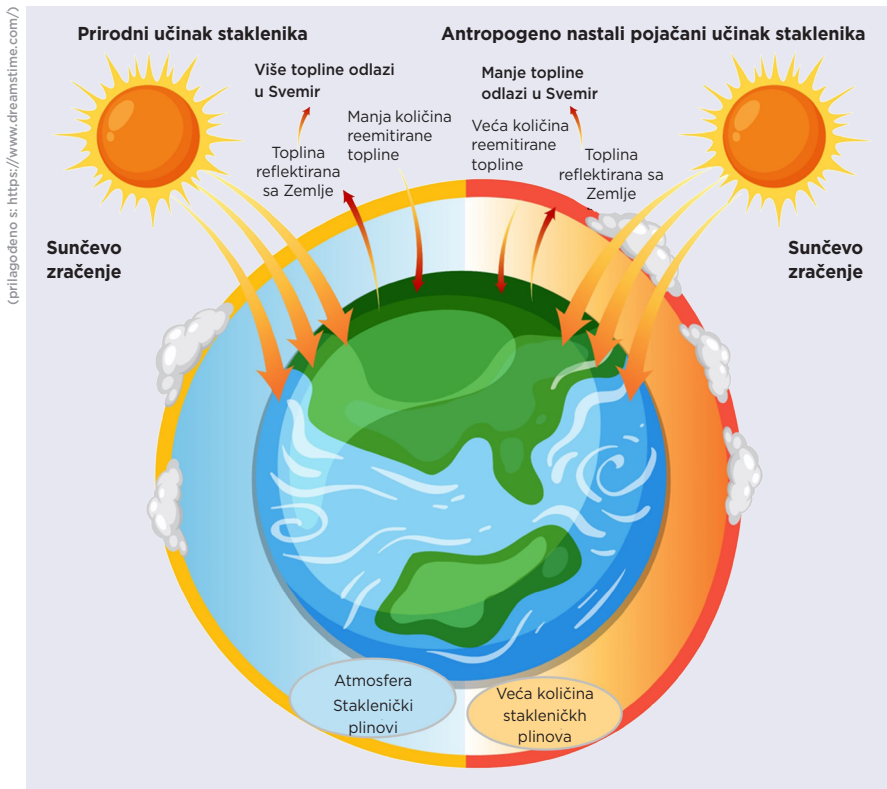
Klimatske promjene – efekt staklenika i globalno zatopljenje

Tijekom 20. i 21. stoljeća, koncentracija ugljikovog dioksida (CO_2) u atmosferi porasla je za oko 25 %. Kao najveće uzročnike ovoga porasta valja istaknuti pojačano iskorištavanje fosilnih goriva, razvoj motora s unutarnjim izgaranjem te masovno uništavanje šumskih područja diljem Zemlje. Ovakve promjene negativno utječu i na živi svijet na Zemlji.

Kada Sunčevo zračenje doprije do Zemlje, dio zračenja apsorbira Zemljina površina, a dio se reflektira od atmosfere i s površine Zemlje natrag u svemir. U donjim slojevima atmosfere, određeni plinovi (tzv. staklenički plinovi, primjerice vodena para, ugljikov dioksid, metan itd.) zadržavaju dio toplinskog zračenja koje se reflektira sa površine Zemlje te se taj dio toplinske energije ponovo odbija u svim smjerovima, što dovodi do zagrijavanja Zemljine površine i nižih slojeva atmosfere. Zahvaljujući ovoj pojavi, koju nazivamo **efekt** ili **učinak staklenika (Slika 10.3)**, temperatura na Zemlji se održava na zadovoljavajućoj razini za razvoj života.

Iako je učinak staklenika prirodni fenomen kojim se zagrijava zrak, tlo i vodu na Zemlji (u protivnome bi temperatura bila oko -70°C) i omogućava ovako bogati razvoj života, zabrinjavajuća je pojava pojačani efekt (učinak) staklenika koji je povezan s klimatskim promjenama. Pojačani učinak staklenika odnosi se na povećano zagrijavanje Zemljine površine koje nastaje kao posljedica veće količine stakleničkih plinova koji se ispuštaju u atmosferu ljudskim aktivnostima. Staklenički plinovi (prvenstveno ugljikov dioksid, zatim metan, sumporov dioksid, dušikov oksid, freoni itd.) sprječavaju da se dio topline vrati izravno u svemir (zadržavaju više izlaznoga zračenja s površine Zemlje), što rezultira sve većim zagrijavanjem Zemlje i njezine

atmosfere, tj. kažemo da dovodi do **globalnoga zatopljenja** na Zemlji.

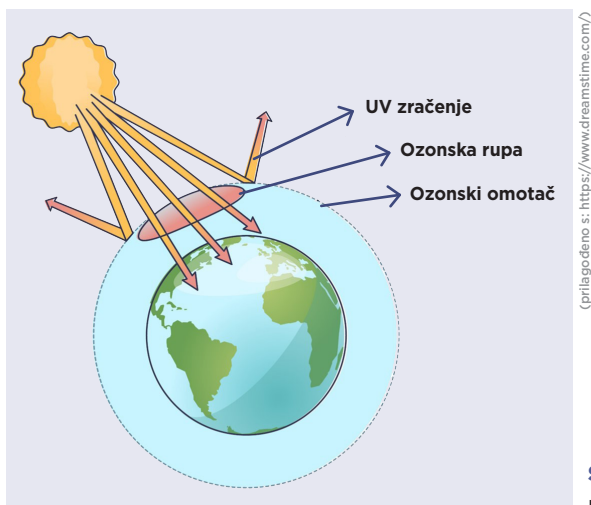


Slika 10.3. Način nastanka pojačanoga efekta staklenika.

Zbog globalnoga zatopljenja, mijenja se rasprostranjenost organizama na Zemlji. Neki organizmi izumiru jer ne mogu pratiti povećanje temperature okoliša, dok se nekima područje rasprostranjenosti pomiče prema sjevernim područjima ili većim nadmorskim visinama. Prema tome globalno zatopljenje ne utječe samo na vrste pojedinih organizama i njihove populacije već i na životne zajednice. Nadalje, globalno zatopljenje pogoduje **širenju zaraznih bolesti**, dovodi do **promjena u mogućnostima proizvodnje hrane, podizanja razine mora**, učestalijih **ekstremnih klimatskih događanja** (suše, poplave, tornada) te **negativno** utječe na **ljudsko zdravlje**, što je posebice nepovoljno za kronične bolesnike.

Uništavanje ozonskoga omotača

Ozon je jedan od oblika elementarnoga kisika, čija se molekula sastoji se od 3 atoma kisika. Nalazi se u stratosferi na visini između 20 i 50 km te apsorbira 99 % ultraljubičastoga (UV) zračenja koje dolazi od Sunca. Ozonski je omotač presudan za opstanak života na Zemlji, s obzirom da sunčevo UV zračenje može izazvati teška oštećenja DNA molekule. Zahvaljujući ozonskom omotaču, štetno UV zračenje pretvara se u neopasnu toplinsku energiju. No zahvaljujući negativnom utjecaju čovjeka na sve segmente planeta Zemlje, i ozonski omotač suočen je s velikim oštećenjima, koja posljedično ugrožavaju sav život na Zemlji. Ovdje valja spomenuti neke čimbenike koji razaraju molekule ozona, dovode do oštećenja ozonskoga omotača i stvaranja **ozonskih rupa** (Slika 10.4) u njemu: freoni (koji se posebice koriste u sprejevima kao potisni plin ili u uređajima za hlađenje), let nadzvučnih aviona i detonacija nuklearnoga oružja (oslobađa se dušikov oksid koji reagira s ozonom razarajući ga).



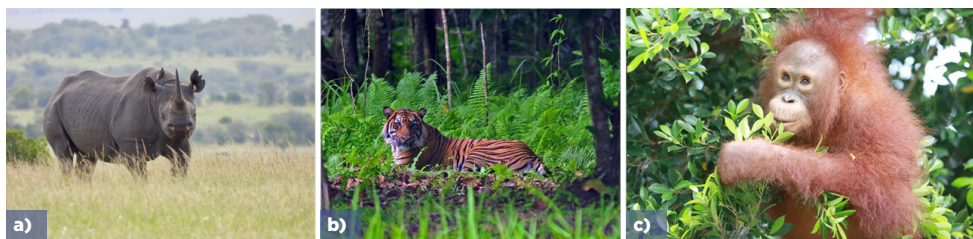
Slika 10.4. Ozonski omotač i nastanak ozonskih rupa .

ZAŠTITA 2. PRIRODE

Tijekom dugog niza godina, kroz Zemljinu geološku prošlost, došlo je do evolucije brojnih vrsta organizama, procesom **specijacije**. Do nastanka nove vrste, ili specijacije, dolazi zbog promjene genske strukture uvjetovane mutacijama DNA molekule te djelovanja prirodne selekcije. No osim nastanka, razvoj organizama na Zemlji obilježava i njihovo izumiranje. **Izumiranje organizama**, osim prirodnih promjena, također je i rezultat djelovanja čovjeka. One vrste koje više nemaju živih predstavnika na Zemlji smatramo **izumrlima** (Slika 10.5), dok one kojima izumiranje prijeti u bliskoj budućnosti nazivamo **ugroženima** (Slika 10.6). Određena vrsta počinje izumirati kada stopa njezina mortaliteta (smrtnosti) postane veća od stope nataliteta.



Slika 10.5. Primjeri izumrlih vrsta životinja: a) tasmanijski tigar (*Thylacinus cynocephalus*), b) dodo (*Raphus cucullatus*).



Slika 10.6. Primjeri kritično ugroženih vrsta životinja na Zemlji : a) crni nosorog (*Diceros bicornis*) , b) sundanski otočni tigar (*Panthera tigris sondaica*) i c) bornejski orangutan (*Pongo pygmaeus*).

(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>)
a) © owice, b) © Bernard T. Wähny Wiryana, c) © andy dobson

Ako se bioraznolikost nekog područja smanjuje (lokalnim ili globalnim) izumiranjem ili nestankom vrsta, smanjuje se i njegova ekološka ravnoteža, pa ono postaje sve ugroženije i sve manje otporno na razne vanjske utjecaje. Unatoč naporima znanstvenika, institucija te stručnih udruga za zaštitu prirode, očuvanje bioraznolikosti određenoga područja često nije u skladu s ekonomskim interesima (primjerice iskorištavanje prirodnih resursa (nafta, plina, ruda), krčenje šuma, betonizacija i nasipavanje obale, izgradnja cesta i naselja itd.). Zbog toga smo danas suočeni sa šestim masovnim izumiranjem organizama na Zemlji, koje je u potpunosti uzrokovano djelovanjem čovjeka.

Jedno od najvažnijih pitanja koje se često nameće i pojavljuje u javnosti je pitanje zašto je potrebno štititi bioraznolikost. Prvenstveno su važni **etički razlozi** odnosno moralna odgovornost prema Zemlji, državi i budućim generacijama. Nakon toga se mora istaknuti da je bioraznolikost ključna kao dugoročni izvor prirodnih resursa (materijal, gorivo, hrana, vlakna, lijekovi itd.). Osim toga vrlo važni su i **estetski i kulturološki razlozi** jer većina odgovornih ljudskih populacija želi imati zdrav, prirodan i lijep okoliš. Ne smiju se zanemariti ni **ekološki razlozi** kao što su regulacija klime, formiranje tla, kruženje hranjivih tvari, pročišćavanje vode i zraka, oprašivanje biljaka, širenje sjemenki itd. Kada se uzme u obzir sve navedeno zasigurno se dolazi i do **ekonomskih razloga** koji su političarima i donosiocima odluka često i najvažniji.

Vodeća svjetska stručna organizacija koja ulaže velike napore u zaštitu bioraznolikosti na Zemlji je IUCN (International Union for Conservation of Nature), Međunarodna unija za očuvanje prirode. IUCN je 1963. godine definirao kriterije prema kojima se utvrđuje

ugroženost vrsta i izrađuje tzv. **Crveni popis vrsta**. Crveni popis je popis ugroženih vrsta, klasificiranih prema statusu njihove ugroženosti. IUCN-ove kategorije ugroženosti vrsta su EX – izumrle, EW – izumrle u prirodi, zatim ugrožene: CR – kritično ugrožene, EN – ugrožene, VU – osjetljive, dok preostale dijelimo na NT – gotovo ugrožene i LC – najmanje zabrinjavajuće vrste. Vrste za koje nema dovoljno podataka da se procjeni ugroženost ulaze u kategoriju DD – nedovoljno poznate.

Prema metodologiji izrađenoj od strane IUCN-a, brojne države i organizacije na području cijeloga svijeta izradile su crvene popise kojima procjenjuju rizik ugroženosti vrsta određene skupine organizama. Na temelju crvenih popisa izrađuju se i provode planovi za zaštitu ugroženih vrsta. Na žalost, IUCN-ov crveni popis uvelike je fokusiran na kralješnjake, posebice ptice i sisavce, dok su kriteriji ugroženosti i mjere očuvanja predložene za samo mali dio beskralješnjaka, što je povezano sa stanjem istraženosti pojedinih skupina organizama. Kako bi se neku skupinu organizama adekvatno zaštitilo, iznimno je važno da je ona jako dobro istraжена, što uključuje dobro poznavanje popisa vrsta koje naseljavaju određeno područje (državu), kao i njihovu biologiju i ekologiju u staništima toga područja.

U Hrvatskoj trenutno postoje crveni popisi i crvene knjige najbolje istraženih skupina, a to su: špiljska fauna, lišaji, gljive, tulari, obalčari, trčci, vretenca, danji leptiri (Lepidoptera), kopneni i slatkovodni puževi, rakovi slatkih i boćatih voda, slatkovodne i morske ribe, koralji (Anthozoa), morske alge i biljke cvjetnice, vaskularna flora, vodozemci i gmazovi, ptice te sisavci. IUCN metodologijom procijenjeno je ukupno 3269 svojti, od čega je u jednoj od tri kategorije ugroženih (CR, EN i VU) 1374 svojti, a 52 se vode kao regionalno izumrle (RE) (<https://crvenipopis.haop.hr/>).

Zaštita prirode u Hrvatskoj temeljena je na njezinom Ustavu, koji navodi da su očuvanje prirode i čovjekova okoliša najviše vrednote ustavnoga poretka Republike Hrvatske.

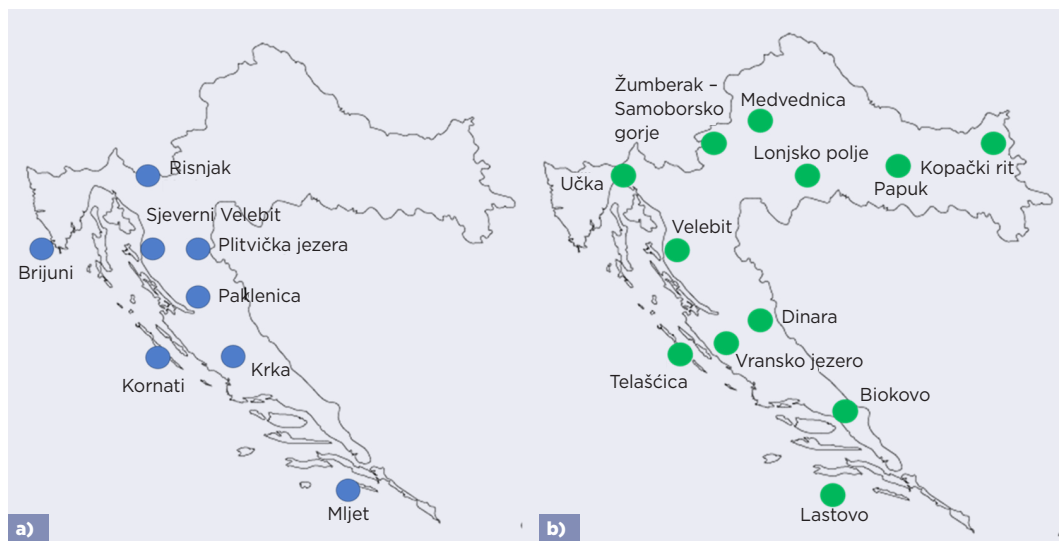
Temeljni dokumenti za provedbu zaštite prirode u Hrvatskoj su Strategija i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske te Zakon o zaštiti prirode budući se njima i određuju trenutni i dugoročni ciljevi te smjernice zaštite prirode kao i način njihova provođenja.

Prema **Zakonu o zaštiti prirode** u RH (iz 2013. godine), zaštitu prirode treba temeljiti na zaštiti vrsta, njihovih staništa i zaštićenih

područja, dok je gospodarske djelatnosti nužno nadzirati i njima upravljati na održivi način, kako bi se što manje ugrozila održivost prirodnih resursa.

Zakon o zaštiti prirode Republike Hrvatske (RH) obuhvaća **devet kategorija prostorne zaštite** koja trenutno obuhvaća 409 područja:

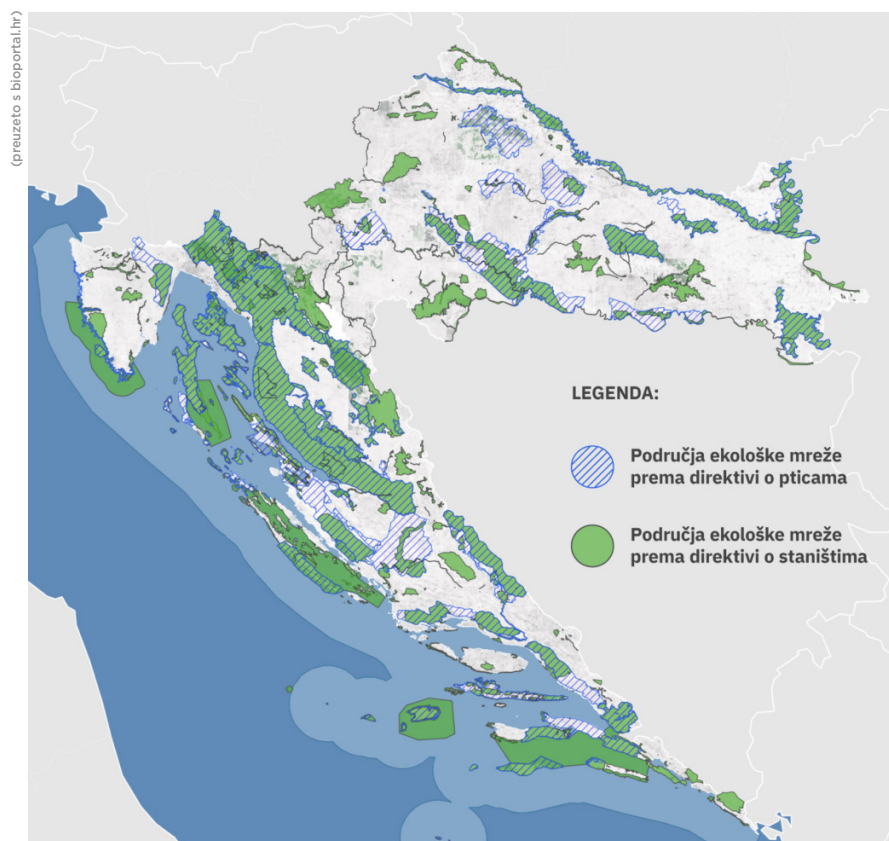
- **strogi rezervat** (2 na području RH: Bijeleske stijene te Hajdučki i Rožanski kukovi)
- **nacionalni park** (8 na području RH: Brijuni, Kornati, Krka, Mljet, Paklenica, Plitvička jezera, Risnjak i Sjeverni Velebit) (Slika 10.7a)
- **posebni rezervat** (80 na području RH)
- **park prirode** (12 na području RH: Velebit, Biokovo, Medvednica, Papuk, Učka, Žumberak-Samoborsko gorje, Telašćica, Lastovsko otočje, Kopački rit, Lonjsko polje, Vransko jezero, Dinara) (Slika 10.7b)
- **regionalni park** (2 na području RH: Mura – Drava, Moslavačka gora)
- **spomenik prirode** (79 na području RH)
- **značajni krajobraz** (80 na području RH)
- **parkšuma** (27 na području RH)
- **spomenik parkovne arhitekture** (119 na području RH)



Slika 10.7. a) nacionalni parkovi i b) parkovi prirode na području Republike Hrvatske.

Navedenim prostorne kategorije zaštite zauzimaju 13,4 % kopna i 1,93 % mora što zajedno čini 9,3 % teritorija Republike Hrvatske.

Osim navedenih zaštićenih područja jedan od glavnih mehanizama zaštite prirode na razini Europske unije, pa onda i Hrvatske, je europska ekološka mreža Natura 2000 (**Slika 10.8**). Ova mreža sastavljena je od područja koja imaju veliku važnost za očuvanje ugroženih vrsta i stanišnih tipova unutar teritorija čitave Europske unije. U Republici Hrvatskoj ekološka mreža Natura 2000 obuhvaća 36,8 % kopnenog teritorija i 9,3 % mora. Prema Zakonu o zaštiti prirode, čine ju područja očuvanja značajna za ptice (38 područja), područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove, vjerojatna područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove i posebna područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove (ukupno 745 područja).



Slika 10.8. Ekološka mreža Natura 2000 na području RH

Prema tome, kada se uzmu u obzir sva zaštićena područja u nacionalnim kategorijama i područja ekološke mreže Natura 2000 u Republici Hrvatskoj je, s ciljem očuvanja prirode, ukupno zaštićeno 38,1 % kopna i 9,4 % mora.

Nekoliko zaštićenih dijelova prirode u Hrvatskoj posebice se ističe po svojoj biološkoj, hidrološkoj i geološkoj vrijednosti (primjerice UNESCO GeoParkovi) i očuvanosti, zbog čega su uvršteni na popise međunarodno vrijednih područja. Tako se primjerice Plitvička jezera nalaze na UNESCO-vom Popisu svjetske baštine, Velebit i Mura-Drava-Dunav se nalaze na popisu rezervata biosfere (UNESCO: Čovjek i biosfera (MAB – *Man and biosphere*), dok se močvarna područja Kopački rit, Lonjsko polje, Crna mlaka, Vransko jezero i donji tok rijeke Neretve nalaze na Ramsarskom popisu, kojim se štite vlažna (močvarna) staništa diljem svijeta.

Rijetke, ugrožene i endemske vrste te vrste koje su zaštićene propisima Europske unije i međunarodnim ugovorima uživaju zaštitu kao **strogo zaštićene vrste** čime je zabranjeno njihovo hvatanje, ubijanje, uzgajanje, trgovina, uznemiravanje, uništavanje nastambi i sl. Trenutno je zaštićeno preko 2300 svojiti (vrsta, podvrsta i varijeteta).

MEĐUNARODNE KONVENCIJE I SPORAZUMI

Jedan o najvažnijih dijelova zakonodavstva Europske unije koji je vezan uz zaštitu prirode i očuvanje bioraznolikosti su Direktiva o staništima i Direktiva o pticama. Direktiva o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore proglašena je 1992. godine s ciljem očuvanja prirodnih staništa i divljih vrsta diljem Europe. Direktivom se nastoje održati ili obnoviti prirodna staništa i očuvati njihove vrste uz održivo odvijanje gospodarskih, društvenih i kulturnih potreba. Direktiva o pticama usvojena je 1979. i nadopunjena 2009. godine, a cilj su joj zaštita vrsta divljih ptica i njihovih staništa. Ova Direktiva predstavlja jedan od najstarijih zakona o očuvanju okoliša u Europskoj Uniji. Provedba Direktive o staništima i Direktive o pticama prvenstveno se odvija kroz uspostavu Natura 2000 ekološke mreže (**Slika 10.8**), gdje svaka država članica Europske Unije unutar svojeg teritorija izdvaja

najvažnija područja za svaku vrstu i svaki stanišni tip koji je naveden u pojedinim dodacima direktiva.

U svrhu zaštite prirode i bioraznolikosti, donesene su i mnoge druge konvencije i sporazumi koji se primjenjuju na području država potpisnica.

Močvarna staništa su zbog isušivanja, onečišćenja i prekomjernoga iskorištavanja prepoznata kao jedna od najugroženijih na Zemlji. Stoga je 1971. godine u gradu Ramsaru u Iranu donesena **Ramsarska konvencija** ili **Konvencija o zaštiti močvara** (vlažnih staništa). Države potpisnice ove konvencije obvezuju se na opće očuvanje močvara na njihovu teritoriju te provođenje posebnih mjera zaštite močvarnih područja uvrštenih na Popis močvara međunarodne važnosti (**Ramsarski popis**).

Konvencija o zaštiti svjetske kulturne i prirodne baštine donesena je 1972. godine u Parizu u Francuskoj. Države potpisnice obvezuju se na zaštitu prirodnih i kulturnih područja iznimne vrijednosti. Ta su područja uvrštena na Popis kulturne i prirodne baštine koji je pod nadležnošću UNESCO-a.

Konvencija o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama divlje faune i flore (CITES) donesena je 1973. godine u Washingtonu u Sjedinjenim Američkim Državama. Cilj je konvencije u cijelom svijetu uspostaviti nadzor nad trgovinom ugroženim vrstama divljih biljnih i životinjskih vrsta.

Konvencija o zaštiti migratornih vrsta divljih životinja (CMS ili tzv. **Bonnska konvencija**) donesena je 1979. godine u Bonnu u Njemačkoj da bi se zaštitile migratorne vrste u cijelom području njihove rasprostranjenosti.

Konvencija o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija) donesena je 1979. godine u Bernu u Švicarskoj s ciljem regulacije zaštite ugroženih europskih vrsta i njihovih staništa.

Konvencija o biološkoj raznolikosti donesena je 1992. godine u Rio de Janeiru u Brazilu. Smatra se prekretnicom u zaštiti prirode s osnovnim ciljevima očuvanja bioraznolikosti, održivoga korištenja prirodnih dobara i integriranja mjera zaštite i održivoga korištenja



A photograph of a rocky coastline with a large colony of seals and birds. The seals are mostly brown and are resting on the rocks. The birds are mostly black and are standing on the rocks. The ocean is visible in the background.

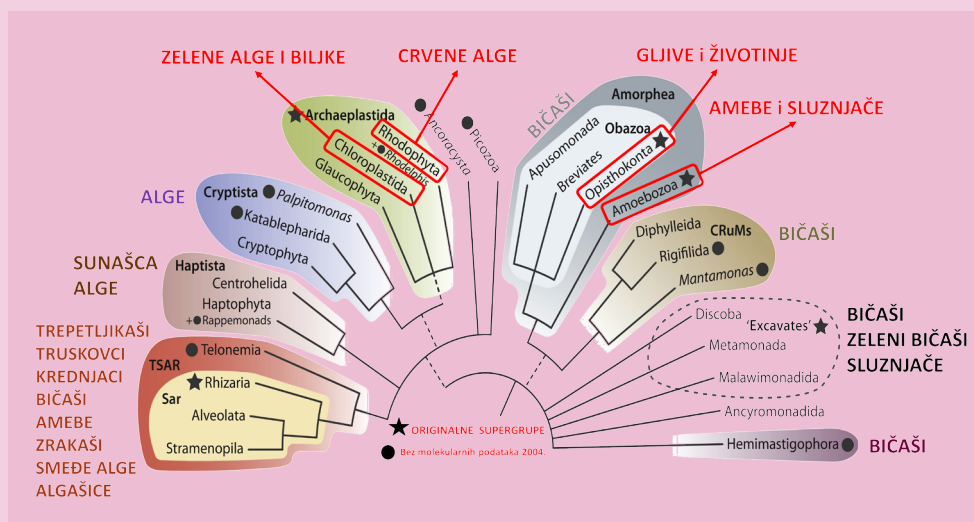
XI.

**RAZNOLIKOST
ŽIVOGA
SVIJETA**

Svi živi organizmi na Zemlji razlikuju se obzirom na tip stanice od kojega su izgrađeni te se mogu kategorizirati u tri domene: **bakterije (Eubacteria)**, **arheje (Archaea)** i **eukarioti (Eukarya)**. Bakterije, u koje svrstavamo prave bakterije i cijanobakterije (Cyanobacteria) te arheje su jednostanični, prokariotski organizmi, dok su organizmi unutar domene Eukarya (eukarioti), jednostanični ili višestanični. Domena Eukarya (organizmi s eukariotskim tipom stanice) sastoji se od četiri carstva: protisti (protoktisti), gljive, biljke i životinje.

Međutim, ova se tradicionalna podjela na domene i carstva sve manje koristi kao posljedica korištenja modernih molekularnih, citoloških i biokemijskih istraživanja i analiza u taksonomiji. Živi svijet, odnosno živi organizmi se u modernoj znanstvenoj literaturi, a sve više i u udžbenicima, dijele na veći broj supergrupa ili klastera. Broj supergrupa, njihovih podgrupa kao i međusobni taksonomski odnosi se stalno mijenjaju s novim istraživanjima, pa trenutno tradicionalna carstva gljive, biljke i životinje pripadaju dvjema novim supergrupama Amorphea (Opisthokonta) i Archaeplastida (Chloroplastida) dok sve ostale supergrupe i njihove podgrupe uključuju nekadašnje Protiste (**Slika 11.1**).

Živa bića na Zemlji razlikuju se brojnim osobinama kao što su oblik, veličina i boja. To čitavo mnoštvo različitih životnih oblika trebalo je prepoznati, opisati, imenovati, potom slične organizme povezati i rasporediti u skupine. Ovoga velikog posla, još u 18. stoljeću, među prvima se prihvatio švedski prirodoslovac **Carl Linné (Carolus Linnaeus)**. On je uveo tzv. **dvoimeno nazivlje** ili **binarnu nomenklaturu** i svakom organizmu koji je opisao, dao je po dva latinska imena.



Slika 11.1. Moderna klasifikacija eukariota, prilagođeno prema Burki i sur. (2020).

(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>)



Smeđi medvjed

Ursus arctos Linnaeus, 1758

↓ ↓ ↓
ime ime prezime autora i
roda vrste godina opisa vrste



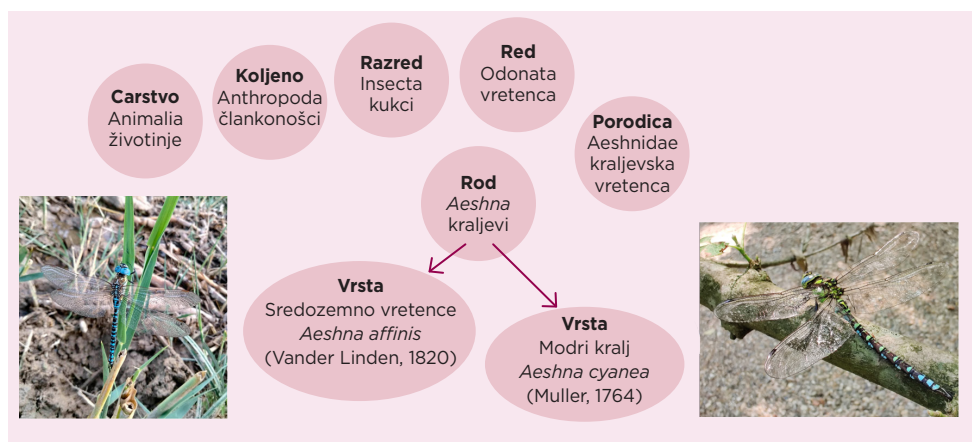
Dvoimeno nazivlje
(binarna nomenklatura)

Slika 11.2. Primjer koncepta binarne nomenklature na vrsti mrki medvjed (*Ursus arctos*).

Prvo ime označuje rod, a drugo vrstu organizma. Iza imena opisnoga organizma, stavlja se ime autora koji je vrstu opisao i godina kada je to učinio (**Slika 11.2**). Stoga se ovaj švedski prirodoslovac smatra osnivačem **sistematike** i **taksonomije**, grana biologije koja se bave imenovanjem i razvrstavanjem različitih oblika živih bića te evolucijskih odnosa među njima.

1. KLASIFIKACIJA ŽIVOGA SVIJETA

Vrstu čine organizmi koji posjeduju brojne zajedničke osobine, a mogu se međusobno razmnožavati i dati plodno potomstvo. Srodne vrste čine **rod**, srodni rodovi udružuju se u **porodice**, porodice u **redove**, redovi u **razrede**, a razredi u **koljena** (kod nekih organizama koljena se udružuju u odjeljke), koljena (odjeljci) u carstva dok su **domene** najviša i najšira jedinica u tradicionalnoj klasifikaciji živih organizama (Slika 11.3).



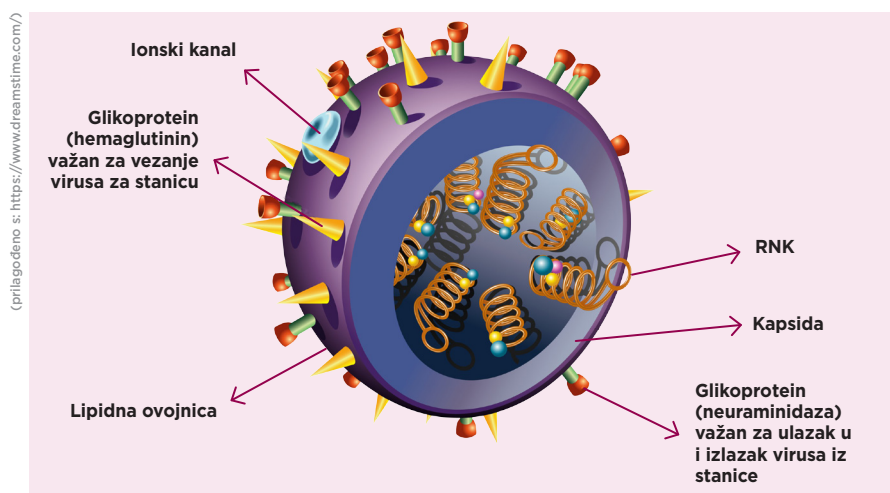
(autor: M. Vilenica)

Slika 11.3. Tradicionalna klasifikacija živoga svijeta prikazana na primjeru dvije vrste vretenaca.

U ovom poglavlju usredotočit ćemo se samo na osnovne značajke nekih od predstavnika organizama na Zemlji, s obzirom da je njihova raznolikost zaista velika. Primjerice, prema recentnim izračunima znanstvenika, na Zemlji živi skoro 9 milijuna samo eukariotskih organizama.

VIRUSI 2.

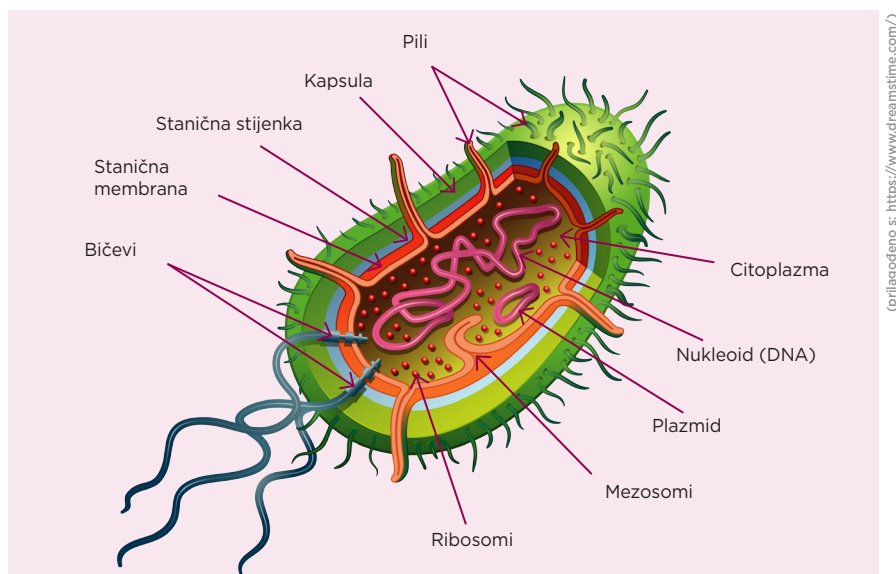
Virusi nisu živi i ne smatraju se organizmima, ali ih je potrebno spomenuti zbog njihove uloge u ekosustavima i utjecaja koji imaju na živi svijet. Virusi ne posjeduju staničnu građu već su **složene makromolekule** građene od **nukleinske kiseline** (molekula koja nosi genetsku informaciju virusa) i **proteina** (koji čine zaštitni proteinski omotač (**kapsida**) oko nukleinske kiseline) (**Slika 11.4**). Neki imaju i dodatnu **vanjsku ovojniciu** građenu od lipida, proteina i ugljikohidrata s čije površine strše izbojci, koji virusu omogućavaju lakše prihvaćanje i prodiranje u stanicu domaćara (domaćina). S obzirom da se većinu virusa može vidjeti samo pomoću elektronskoga mikroskopa, a da se mogu umnožiti samo u stanicama, kažemo da su submikroskopski obilgatni (obvezni), stanični nametnici (paraziti). Budući da pokazuju značajke živih organizama samo kada se nalaze unutar domaćarove stanice, za viruse se često kaže kako se nalaze na granici živoga i neživoga svijeta. Kada nisu unutar svojega domaćara, virusi pokazuju najizrazitije svojstvo nežive tvari: sposobnost kristalizacije.



Slika 11.4. Građa virusa.

3. BAKTERIJE (EUBACTERIA)

Bakterije su brojem jedinki najbrojnija skupina organizama na Zemlji. Jednostanični su organizmi prokariotskoga tipa stanice. Mogu se vidjeti pomoću svjetlosnoga mikroskopa. S obzirom da je riječ o prokariotskim organizmima, bakterije ne posjeduju jezgru ni ostale organele, već se u citoplazmi nalazi slobodno plivajuća kružna DNA molekula (bakterijski kromosom) u području stanice koje se naziva nukleoid. Na površini bakterija nalazi se stanična membrana i stanična stijenka preko koje se odvija izmjena tvari i komunikacija bakterije s okolišem. Neke bakterije na površini stanične stijenke imaju još i kapsulu i bičeve (**Slika 11.5**).



Slika 11.5. Građa bakterije.

Bakterije se mogu razlikovati s obzirom na njihov tip metabolizma i način disanja. Neke vrste su **aerobnoga** (troše kisik), a neke vrste **anaerobnoga** (žive bez kisika) metabolizma. S obzirom na način prehrane, pojedine vrste bakterija mogu biti **autotrofne** (same sintetiziraju organske spojeve koristeći jednostavne anorganske spojeve kao izvor dušika i ugljika) te **heterotrofne** (iskorištavaju gotove organske spojeve koje su prethodno sintetizirali drugi organizmi). Autotrofne bakterije su se ranije nazivale modrozelenne alge jer su podsjećale na jednostanične alge, ali danas se koristi naziv **cijanobakterije**. Većina se heterotrofnih bakterija hrani tako da svojim enzimima razgrađuju složene organske molekule mrtvih organizama te od jednostavnih organskih molekula sintetiziraju vlastite složene molekule. Vrste bakterija s ovakvim načinom heterotrofne ishrane su **saprofiti (saprofagi)**. Neke heterotrofne bakterije parazitiraju u živom domaćinskom organizmu, gdje uzimaju hranu iz stanica ili tjelesnih tekućina domaćina. Neke vrste to čine na štetu domaćinskoga organizma te ih nazivamo **nametnicima (parazitima)**. Druge pak vrste žive s drugim organizmima u obostrano korisnom odnosu te ih nazivamo **mutualistima**.

Razmnožavanje bakterijskih organizama odvija se **dvostrukom diobom ili binarnim dijeljenjem**, koje je oblik nespolnog razmnožavanja, prilikom koje od jedne roditeljske (matične) stanice nastaju dvije stanice kćeri. Bakterije mogu međusobno izmijeniti dio genskog materijala u procesu konjugacije, gdje se geni iz stanice davateljice prenose u stanicu primateljicu. Na taj način se u bakteriju primateljicu mogu prenijeti geni koji joj daju prednost u okolišu u kojem se nalazi, primjerice geni za otpornost na antibiotike.

Bakterije mogu naseljavati čitav niz različitih staništa u tlu, vodi, ljudskim, životinjskim i biljnim organizmima. Osim toga, neke vrste su vrlo važne u raznim gospodarskim djelatnostima u kojima se pomoću njih odvijaju industrijski poželjni kemijski procesi, primjerice u proizvodnji piva, ili u proizvodnji mljekarskih proizvoda.

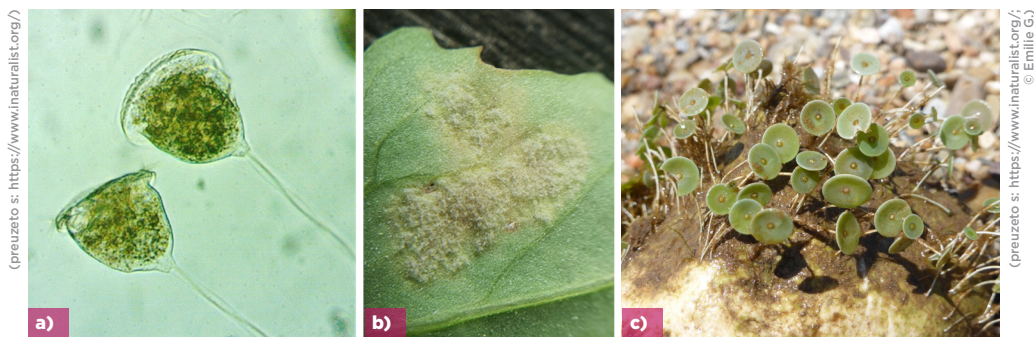
4. ARHEJE (ARCHAEA)

Arheje ili prabakterije su skupina prokariotskih, jednostaničnih organizama koji su slični pravim bakterijama. U prošlosti ih se i nije izdvajalo u zasebnu skupinu jer nije bilo dovoljno podataka o njihovoj građi, metabolizmu, genetskom materijalu i evolucijskoj prošlosti. Danas je poznato kako se arheje dovoljno razlikuju od pravih bakterija da se mogu smatrati posebnom domenom te da su po nekim značajkama sličnije eukariotskim organizmima nego bakterijama. Mnoge arheje žive u vrlo ekstremnim uvjetima poput vrućih, slanih i kiselih izvora, u ledu, stijenama, pri visokom tlaku i bez prisutnosti kisika. Zbog ovakvoga načina života i prilagodbi ponekad se nazivaju **ekstremofili**. Uvjeti u kojima neke od njih žive podsjećaju na uvjete kakvi su vladali u praoceanima na početku biološke evolucije i nastanka života pa se smatra da su možda upravo pretci arheja ili na njih nalik organizmi bili prvi organizmi na Zemlji. Nova istraživanja ukazuju na činjenicu da su arheje sveprisutne (ubikvitarne) i da nastanjuju mnoštvo različitih staništa i ekosustava.

EUKARIOTI 5. (EUKARYA)

5.1. PROTISTI (PROTISTA)

Znanstvenici smatraju da su arheje bili prvi živi organizmi na Zemlji iz kojih su se prije više od 1,5 milijarde godina razvili prvi pretci danas živućih protista. **Protisti** ili **protoktisti** su eukariotski organizmi građeni od jedne stanice ili od većega broja istovjetnih nespecijaliziranih stanica. Većina vrsta živi u vodenim staništima: u moru, rijekama, jezerima, barama, tjelesnim tekućinama čovjeka i životinja. Protisti su se tradicionalno smatrali zasebnim carstvom i dijelili na heterotrofne praživotinje, jednostavne gljive (algašice i sluznjače) te autotrofne alge (jednostanične i višestanične) (Slika 11.6). Međutim današnja podjela se temelji na većem broju različitih supergrupa (klastera) pri čemu su protisti zastupljeni u svakom od njih (Slika 11.1).



Slika 11.6. Primjeri organizama iz nekih skupina protista: a) trepetljikaš (*Vorticella* sp.), b) algašica (*Peronospora variabilis*), c) jednostanična alga (*Acetabularia* sp.).

Autotrofni protisti

Prema tradicionalnoj klasifikaciji autotrofnim protistima smatraju se jednostanične i višestanične **alge** (zelene, smeđe i crvene). Međutim, prema najnovijim klasifikacijama alge se dijele u više od 10 različitih

linija (grupa) koje pripadaju supergrupama Archaeplastida i TSAR (**Slika 11.1**). U njihovim stanicama se nalaze plastidi s klorofilima pa mogu vršiti proces fotosinteze. Alge (**Slika 11.7c, d**) su vrlo raznolika skupina autotrofnih eukariotskih organizama, bez zajedničkog evolucijskog podrijetla. Mogu biti jednostanične, mogu stvarati kolonije od većeg broja stanica ili mogu biti višestanične. Iako su njihova tijela raznolike građe između pojedinih skupina, ona se od biljnoga tijela razlikuju po tome što ne stvaraju prave biljne organe građene od specijaliziranih stanica i tkiva, već su tijela višestaničnih skupina algi građena od većeg broja istovjetnih nespecijaliziranih stanica.



Slika 11.7. Primjeri autotrofnih protista: a) svjetleći bičaš (*Dinoflagellata*), b) zeleni bičaš (*Euglena viridis*), c) zelena alga, d) crvena alga.

Zelene alge (Chlorophyta) (supergrupa Archaeplastida) (**Slika 11.7c**) naseljavaju slatkovodne ekosustave i mora, a može ih se naći na vlažnim stijenama, tlu i kori drveća. Postoje jednostanične i višestanične skupine zelenih algi. Nova klasifikacija zelene alge dijeli na zelene alge u užem smislu i Streptophyta koje uključuju različite odvedenije oblike i sestrinska su skupina kopnenim biljkama. Sve zelene alge posjeduju kloroplaste s fotosintetskim pigmentima klorofilom

(autor: A. Žuljević)



Slika 11.8. Invazivne vrste morskih algi u Jadranskom moru: a) *Caulerpa taxifolia*, b) *Caulerpa cylindracea*.

a i b. Od pojedinih vrsta zelenih algi valja spomenuti morsku salatu (*Ulva rigida*) koja je otporna na organska opterećenja u moru i pokazatelj je prisutnosti dotoka slatke vode (primjerice luke, vrulje i sl.). U istoj su skupini i dvije invazivne vrste (**Slika 11.8**), *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa cylindracea*, koje su prisutne i u Jadranu, u kojemu se zbog nedostatka organizama koji bi se njima hranili, nekontrolirano šire. Stvaraju zagušujuće podvodne „livade” ispod kojih nije moguć opstanak zavičajnih vrsta Jadranskog mora. Osim toga, ove vrste luče i tvari koje su štetne za druge organizme. Stoga njihovo širenje Jadranskim morem dovodi do smanjenja njegove bioraznolikosti. Od slatkovodnih zelenih algi valja spomenuti paroži-ne ili hare (Charophyta) (**Slika 11.9**), među kojima su neke vrste evolucijski najrazvijenije i najbliži su srodnici kopnenih biljaka. Većinom žive u čistim vodama, ukazujući na dobru kvalitetu vode nekoga slatkovodnog staništa.


 (preuzeto s: <https://www.inaturalist.org/>)

Slika 11.9. Parožina (*Chara* sp.), slatkovodna zelena alga.

Crvene alge (Rhodophyta) (supergrupa Archaeplastida) (**Slika 11.7d**) pretežno su morski višestanični organizmi. Uz klorofil, u stanicama imaju posebne pigmente, **fikobiline**, koji im omogućavaju iskorištavanje kratkovalnoga dijela vidljivoga spektra Sunčeve svjetlosti koji prodire najdublje u more. Zbog toga ove alge mogu živjeti na većim dubinama od ostalih skupina algi. Neke vrste crvenih algi u svoje stanične stijenke ulažu vapnenac. Zbog toga su vrlo važne u ekosustavima tropskih mora, gdje učvršćuju koraljne grebene i stvaraju vapnenačke sedimente. Posebice je poznat **litotamnijski vapnenac**, stijena nastala taloženjem crvenih alga (rod *Lithothamnion*), prije 15-ak milijuna godina, koja se koristi u građevinarstvu (od nje je, primjerice, izgrađena i zagrebačka katedrala). Neke crvene alge čovjek koristi u svojoj ishrani ili za proizvodnju dodataka prehranbenim proizvodima.

Smeđe alge (Phaeophyta) (supergrupa TSAR) naseljavaju ekosustave mora i oceana, gdje su čvrsto prirasle uz stijene i kamenje, ili neke druge alge. U Tihom oceanu uz obalu Sjeverne Amerike formiraju guste podmorske „šume“, tzv. **kelp** (**Slika 11.10b**), koji je vrlo važan za velik broj oceanskih organizama s obzirom da im pruža hranu i stanište. Smeđe alge obitavaju i u Jadranskom moru, a među njima valja spomenuti i endemsku vrstu, jadranski bračić (*Fucus virsoides*).



Slika 11.10. Primjeri predstavnika: a) algi kremenjašica i b) smeđih algi.

Osim navedenih skupina u alge se ubrajaju zlatnožute (Chrysophyta), žutosmeđe (Xanthophyta) te alge kremenjašice (Diatomeae, Bacillariophyceae), sve klasificirane u supergrupu TSAR (**Slika 11.1**). Uz fotosintetske pigmente, klorofil *a* i *c*, ove alge u svojim stanicama imaju i pigmente **beta-karotene** i različite **ksantofile**, od kojih potječe njihova smeđa i žuta boja. **Alge kremenjašice** (**Slika 11.10a**), kao organizmi fitoplanktona i fitobentosa, imaju vrlo važnu ulogu kao primarni proizvođači u oceanima. Građene su od dvodijelnih ljušturica (frustula) sastavljenih od opala (silicijeva dioksida). Nakon što uginu, kremene ljušturice ovih algi talože se na dnu vodenih ekosustava koje naseljavaju. Kremenjašice naseljavaju slatkovodne ekosustave, mora, ali i vlažno tlo, vlažne stijene i koru drveća.

U Hrvatskoj je zabilježeno oko 1700 vrsta slatkovodnih i oko 1600 vrsta morskih algi među kojima je oko 150 endema. Dvadeset dvije vrste algi strogo su zaštićene.

Miksotrofni protisti

Postoje i protisti koji se mogu hraniti autotrofno i heterotrofno (**Slika 11.7a, b**) i u njih ubrajamo **svjetleće** (Dinoflagellata, supergrupa TSAR) i **zelene bičaje** (Euglenophyta, supergrupa Excavata). U ovim skupinama se dio vrsta hrani heterotrofno, a dio autotrofno, odnosno u svojim stanicama posjeduju plastide s klorofilima te mogu vršiti proces fotosinteze. U stanicama **svjetlećih bičaja**, osim plastida s klorofilom *a* i *c*, nalaze se i drugi pigmenti, kao što su karoten i ksantofil, zbog kojih oni poprimaju žutosmeđu i smeđecrvenu boju. Ime su dobili po svojstvu **bioluminiscencije** (stvaranja svjetlosti) koja je karakteristična za neke od pripadnika ove skupine protista. S obzirom da su glavna sastavnica morskoga fitoplanktona, imaju veliku ulogu u primarnoj proizvodnji te ključnu važnost u prehrambenim odnosima morskih ekosustava. **Zeleni bičaji** u svojim stanicama imaju kloroplaste s klorofilom *a* i *b*, zbog čega su zelene boje. Većina vrsta živi u slatkovodnim ekosustavima, dok manji broj vrsta naseljava morska staništa. Neki se pripadnici zelenih bičaja koriste kao bioindikatori (pokazatelji) kvalitete vode. Primjerice, zeleni bičaj (*Euglena viridis*) je bioindikator slatkovodnih ekosustava opterećenih organskom tvari, dok se primjerice rod *Phacus* može pronaći samo u čistim vodama. Dio euglena je heterotrofno, primjerice rod *Peranema*.

Heterotrofni protisti

U skupinu heterotrofnih protista (hrane se gotovim organskim spojevima) spadaju skupine koje su se prema tradicionalnoj klasifikaciji nazivale primitivne gljive (Protomycota) i to algašice i sluznjače te praživotinje (nekad se nazivali Protozoa).

Gljive algašice (Oomycete) su jednostanični i višestanični protisti koji se prema novoj klasifikaciji ubrajaju u supergrupu TSAR (**Slika 11.1**). Nalikuju gljivama, no od njih se razlikuju po postojanju pokretnih oblika unutar životnoga ciklusa. Žive u vodi i na izrazito vlažnim staništima, a samo se iznimno mogu naći na kopnu. Najpoznatiji predstavnici algašica su peronospora (plamenjače) koje su najčešće nametnici na biljkama. Najveće štete u poljoprivredi tijekom prošlosti, ali i danas uzrokuju peronospora vinove loze (*Plasmopara viticola*) i peronospora krumpira i rajčice (*Phytophthora infestans*), ali poznata je i peronospora (plamenjača) duhana (*Peronospora tabacina*).

Gljive sluznjače (Myxomycete) (**Slika 11.11**) su jednostavni, plazmodiju slični protisti koji se prema novoj klasifikaciji ubrajaju u dvije supergrupe Amorphea i Excavata (**Slika 11.1**). Kreću se ameboidno kao da plaze po trulom lišću i drveću na kojemu žive. Ne uzrokuju bolesti i nisu pretjerano važne za čovjeka pa su relativno zane-marene u istraživanjima.

Praživotinje su skupina protista koje su se ranije dijelile na veći broj različitih podskupina. Prema novoj klasifikaciji svrstavaju se u najmanje 7 različitih supergrupa (**Slika 11.1**). Heterotrofni su jednostanični eukariotski organizmi koji naseljavaju slatkovodne i morske ekosustave gdje su sastavni dio zajednica planktona. Pojedine se vrste mogu naći u vlažnome tlu. Neke su pak vrste nametnici ili prijenosnici bolesti čovjeka. Glavni izvor hrane praživotinja su bakterije, jednostanične alge i gljive te sudjeluju u kontroliranju biomase

(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>)



Slika 11.11. Predstavnik gljiva sluznjača, *Hemitrichia stipitata*.

njihovih populacija. S druge strane, praživotinje predstavljaju važan izvor hrane za brojne manje beskralješnjake. Uz uobičajene organele koje posjeduju svi organizmi s eukariotskim tipom stanice, praživotinje imaju još neke dodatne. Primjerice, na površini stanice kod nekih skupina je pelikula koja zajedno s citoskeletom daje potporu stani. Funkciju regulacije količine vode u tijelu imaju organeli stežljivi mjehurići ili kontraktilne vakuole. Prehrana se vrši procesima pino-citoze (unos malih organskih molekula putem hranidbenoga mjehurića) i fagocitoze (unos većih komada hrane (primjerice neka druga praživotinja) putem hranidbenoga mjehurića (nastaloga uleknućem stanične membrane) koji se nakon ulaska u citoplazmu spaja s lizosomom, u kojemu se probavlja hrana). Hrana se izvan stanice izbacuje spajanjem rezidualnog mjehurića sa staničnom membranom što se naziva egzocitoza. Kod nekih praživotinja postoji točno mjesto gdje hrana ulazi u stanicu, stanična usta (citostom) te mjesto na kojemu probavljena hrana izlazi, stanični izmetni otvor (citopig). Većina se podražaja prima i prenosi staničnom membranom, kojom se također odstranjuju i štetni proizvodi izmjene tvari. Razmnožavati se mogu spolno (spajanjem dviju roditeljskih jedinki u jedinku potomka, stvaranjem spolnih stanica (gameta) i konjugacijom) i nespolno (dvostrukom diobom ili binarnim dijeljenjem, pupanjem). Praživotinje se mogu pokretati na nekoliko različitih načina, što ovisi o skupini u koju pripadaju. Neki se, poput bičaća, kreću pomoću bičeva, trepetljikaši pomoću trepetljika i sluzavci (amebe) pomoću lažnih nožica ili pseudopodija.

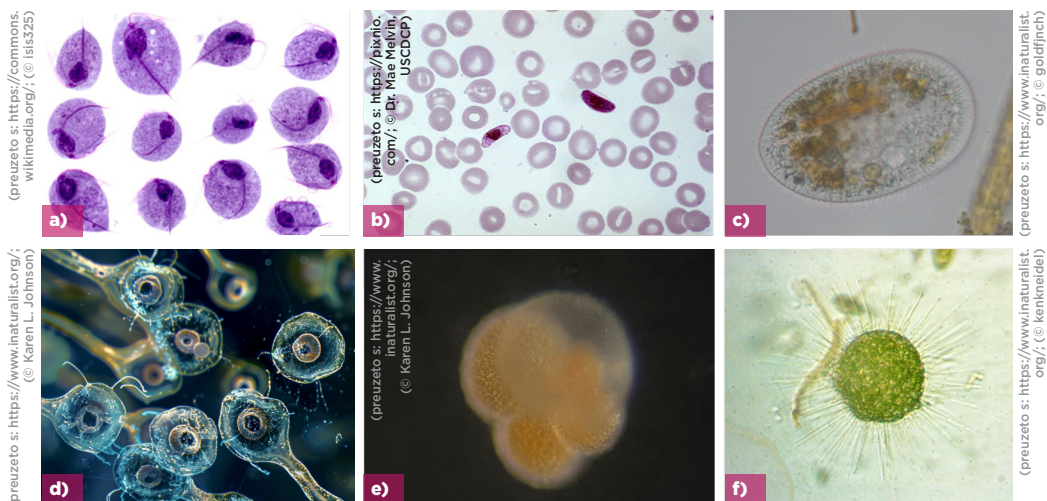
A) Bičaći su heterotrofni jednostanični eukarioti koji imaju jedan ili više bičeva, po čemu su i dobili ime. Prema novoj klasifikaciji svrstavaju se u pet različitih supergrupa (TSAR, Amorphea, CRuMs, Excavata i Hemimastigophora) (**Slika 11.1**). Naseljavaju morska staništa, slatkovodne ekosustave, tlo, dok su neki nametnici. Od heterotrofnih nametničkih oblika, najpoznatiji predstavnici su rodovi *Trypanosoma*, *Leishmania* i *Trichomonas*. Tripanosoma (*Trypanosoma brucei*) je bičać koji se prenosi **Ce-Ce** muhom u čovjekov krvotok gdje napada eritrocite i uzrokuje slabost i pospanost odnosno bolest koju nazivamo **bolest spavanja**. Lišmanija (*Leishmania* sp.) se prenosi putem papatača (ili nevida) (*Phlebotomus papatasi*), a neke prenose i kućne stjenice (Cimicidae) te uzrokuju velika oštećenja čovjekove kože.

Trihomonas (*Trichomonas vaginalis*) uzrokuje teške upale mokraćnoga i reproduktivnoga sustava čovjeka (Slika 11.12a).

B) Truskovci (supergrupa TSAR) su obligatni endoparaziti, što znači da mogu preživjeti samo unutar domadara, izazivajući razne bolesti. Među njima najpoznatiji su plazmodijumi (*Plasmodium malariae* i *P. falciparum*) (Slika 11.12b) koje prenose komarci malaričari (*Anopheles* spp.). Ovi truskovci parazitiraju u eritrocitima čovjeka razarajući ih i uzrokujući bolest koju nazivamo **malarija**.

C) Trepetljikaši (supergrupa TSAR) su praživotinje koje naseļavaju različita staništa, mora, kopnene vode, vlažno tlo. Većina ih je heterotrofna, dok su neki mutualisti kao primjerice u probavnom sustavu preživača. Najpoznatiji predstavnik je papučica (*Paramecium* sp.) (Slika 11.12c).

D) Sluzavci (supergrupe TSAR, Haptista i Amorphea) su praživotinje koje se pokreću lažnim nožicama ili pseudopodijima (privremenim izdancima citoplazme). Ovdje spadaju gole amebe (Amoebozoa), krednjaci (Foraminifera) i zrakastonozi (Actinopoda). Kod ameba razlikuju se slobodnoživuće i nametničke vrste. Najpoznatiji predstavnik je stanovnik kopnenih voda, promjenjiva ameba (*Amoeba proteus*). Od nametničkih vrsta, najpoznatija je srdoboljna ameba (*Entamoeba histolytica*) (Slika 11.12d), koja parazitira u čovjekovu crijevu gdje se hrani bakterijama i eritrocitima iz stijenke crijeva



Slika 11.12. Predstavnici praživotinja: a) bičaši (*Trichomonas* sp.), b) truskovci (*Plasmodium falciparum*), c) trepetljikaši (*Paramecium* sp.), d) sluzavci (*Entamoeba histolytica*), e) krednjaci (*Globigerina* sp.), f) zrakastonozi (*Acanthocystis* sp.).

dovodeći do teškoga krvavog proljeva i bolesti koju nazivamo amebna dizenterija. U tijelo ulazi hranom ili vodom onečišćenom izmetom. Krednjaci su sluzavci koji stvaraju kućice od kalcijevog karbonata (**Slika 11.12e**). Većina vrsta živi na dnu mora, dok su neke vrste predstavnici planktona. Zrakastonozi uglavnom žive u moru, također stvarajući zaštitne skelete, ali od silicijevog dioksida (**Slika 11.12f**).

U Hrvatskoj je zabilježeno više od 900 vrsta morskih i oko 270 vrsta slatkovodnih praživotinja.

5.2. GLJIVE (FUNGHI)

Gljive (Funghi ili Mycota) su eukariotski organizmi, a mogu biti jednostanične poput **kvasaca** ili višestanične i građene od izduljenih stanica koje se nazivaju **hife**. Tijelo višestaničnih gljiva naziva se micelij, a čini ga mnoštvo razgranatih i isprepletenih hifa. Kod velikog broja vrsta micelij u povoljnim okolišnim uvjetima formira jedno ili više plodišta (plodnih tijela), organa koji služe za spolno razmnožavanje putem mikroskopski sitnih stanica spora. Vrlo često se gljive razlikuju upravo po obliku, građi i boji plodišta. Stanične stijenke gljiva građene su od hitina (slično člankonošcima), a rezervne tvari su im glikogen ili masti. Razmnožavanje gljiva je složeno, a može biti spolno (pomoću mejospora koje nastaju stapanjem gameta ili spajanjem hifa) ili nespolno (pomoću mitospora, fragmentacijom hifa ili pupanjem). Postoje vrste koje se razmnožavaju isključivo spolno ili nespolno, dok neke vrste mogu kombinirati oba tipa razmnožavanja ovisno o stanišnim uvjetima. Gljive su kao skupina organizama široko rasprostranjene, no iako pretežno žive na kopnu, nastanjuju i kopnene vode te, u znatno manjoj mjeri, morska staništa. Znanost koja se bavi proučavanjem gljiva naziva se mikologija.

Prema načinu ishrane gljive su heterotrofni organizmi pri čemu mogu biti saprofiti, simbionti ili paraziti (nametnici). Prema tome ne ovise o svjetlosti već mogu nastanjivati tamna (mračna) staništa s dovoljnom količinom vlage i topline. Saprofitske vrste hrane se ostatcima mrtvih biljnih i životinjskih organizama. Gljive su, uz rijetke bakterije, jedini organizmi koji mogu razgraditi lignin biljaka. Hife gljiva rastu na i kroz organsku tvar pri čemu ispuštaju probavne enzime koji razgrađuju organske tvari, a zatim upijaju hranjive tvari u same stanice. Stoga su kao razlagači važni u kruženju biogenih elemenata u

ekosustavu. Parazitske vrste za preživljavanje trebaju domaćina iz kojega crpe gotove organske tvari, a postoje ekto i endoparazitske vrste. Vrlo je zanimljiv, ali i značajan mutualistički odnos gljiva s foto-autotrofnim organizmima (cijanobakterijama, algama i biljkama), ali i s nekim kukcima (primjerice mravima). Mutualizam između gljiva i cijanobakterija ili algi naziva se **lišaj**, dok se isti tip odnosa s biljkama naziva **mikoriza**. U novije vrijeme otkrivene su i predatorske gljive koje love plijen pa tako gljive (rodovi *Arthrobotrys* i *Zoophagus*) stvaraju posebne hife u obliku omči (hifalne zamke) koje se mogu stezati i na taj način love obliće u tlu.

Prema tome, gljive su izuzetno zanimljiva i značajna skupina iz više razloga. Sudjeluju u razgradnji organskih molekula te omogućuju kruženje tvari u okolišu. Poznato je kako vrlo velik broj biljaka, posebno drvenastih, stvara mikorize s gljivama. Odavno je prepoznato kako gljive imaju važnu ulogu u prehrani i kako su ljekovite za čovjeka. Osim toga zahvaljujući gljivama proizvode se mnogi vrijedni proizvodi poput limunske kiseline, octa, etanola, piva, vina, sireva, kruha itd. Zahvaljujući gljivama otkriveni su i antibiotici (penicilin, griseofulvin) pa su gljive vrlo važne u proizvodnji lijekova. U posljednje vrijeme sve se više koriste i kao modelni organizmi u molekularnim i biokemijskim istraživanjima.

Međutim, gljive mogu činiti i štetu te uzrokovati probleme za čovjeka. Svakodnevno smo svjedoci kvarenja i propadanja prehrambenih proizvoda uzrokovanih gljivama (najčešće plijesni). Kod mnogih biljaka i životinja koje čovjek uzgaja za svoje potrebe javljaju se bolesti koje također uzrokuju gljive. Gljive stvaraju i mikotoksine koji mogu biti opasni za ljudsko zdravlje ako ih se konzumira pa prema tome postoji velik broj otrovnih vrsta. S obzirom da ispuštaju izuzetno veliku količinu sitnih spora koje najčešće raznosi vjetar, gljive mogu biti uzročnici alergija. Zanimljivo je da ljudi već tisućama godina koriste tzv. „čarobne“ ili halucinogene gljive koje se nazivaju i psilocibinske zbog istoimenog alkaloida kojeg stvaraju.

Bolesti uzrokovane gljivama nazivaju se mikoze, a najpoznatija je atletsko stopalo (rodovi *Trichophyton* i *Epidermophyton*) kod kojeg se radi o gljivama koje se hrane kožom i noktima. Znatno opasnije su kandidijaza (vrsta *Candida albicans*) kod koje gljiva nastanjuje sluznice usta, crijeva i vagine te kriptokokoza (vrsta *Cryptococcus neoformans*) kod koje dolazi do infekcije kože, pluća ili mozga. Aspergiloza

je bolest uzrokovana gljivama iz roda *Aspergillus* koje se mogu nastati u plućima te izazvati teže infekcije pa čak i smrt.

Prema novoj klasifikaciji gljive se ne svrstavaju u zasebno carstvo već zajedno sa životinjama pripadaju supergrupi Opisthokonta (**Slika 11.1**). Vrlo su raznolika skupina organizama i do sada je opisano oko 160 tisuća vrsta koje se dijele u 9 linija (odjeljaka), a procjenjuje se da u svijetu postoji nekoliko milijuna još neopisanih vrsta. Najbrojniji odjeljak gljiva su gljive mješinarke ili askomicete (Ascomycota) kojih je opisano više od 100 tisuća vrsta. Među njima mnoge vrste žive parazitski na biljkama, životinjama (primjerice kukci, sisavci itd.) ili ljudima (primjerice kandida (*Candida albicans*) i atletsko stopalo (rodovi *Trichophyton* i *Epidermophyton*)). U ovu skupinu ubrajaju se također i kvasci, mnoge plijesni (*Penicillium notatum*, *Penicillium roqueforti*) te pepelnica vinove loze (*Erysiphe necator*). Poznate gljive među mješinkarkama su i smrčci (rod *Morchella*) i tartufi (bjeli (*Tuber magnatum*) i crni (*Tuber melanosporum*)) koji spadaju u skupinu najcijenjenijih jestivih vrsta gljiva. Drugi odjeljak po brojnosti i po značaju su gljive stapčarke ili bazidiomiceti (Basidiomycota) čija se brojnost kreće oko 50 tisuća vrsta. Među njima se nalazi najveći broj jestivih vrsta kao što su: vrganj (*Boletus edulis*), lisičarka (*Cantharellus cibarius*), grbava sunčanica (*Macrolepiota mastoidea*) (**Slika 11.13**), ali i vrsta koje se masovno uzgajaju poput: bukovače (*Pleurotus ostreatus*), šampinjona (*Agaricus bisporus*) i shiitake (*Lentinula edodes*). U stapčarke se ubrajaju i mnoge otrovne, halucinogene ili nametničke gljive na biljkama poput rđa (bolesti trava) i snijeti.



Slika 11.13. Primjeri jestivih gljiva a) vrganj (*Boletus edulis*), b) grbava sunčanica (*Macrolepiota mastoidea*) i lisičarka (*Cantharellus cibarius*).

U Hrvatskoj je zabilježeno oko 5,5 tisuća vrsta gljiva (uključujući lišaje), ali pretpostavlja se da je broj prisutnih vrsta veći od 20 tisuća (**Slika 11.14**). Gljive su ugrožene zbog različitih razloga uzrokovanih



Slika 11.14. Primjeri gljiva u Hrvatskoj: a) rujni pehar (*Sarcoscypha austriaca*), b) češka smrčkovica (*Verpa bohemica*), c) mrka trubača (*Craterellus cornucopioides*).

ljudskim djelovanjem (uništavanje staništa i onečišćenje, sakupljanje). Ugroženo je oko 350 vrsta koje su svrstane u različite kategorije ugroženosti, a strogo zaštićeno 314 vrsta gljiva. Pravilnikom o sakupljanju zavičajnih divljih vrsta regulirano je sakupljanje gljiva u komercijalne svrhe (prerada, trgovina, uzgoj).

Lišaji (lichenes) su mutualistička zajednica dvaju organizama i to gljiva (najčešće mješinarke) i cijanobakterija, odnosno gljiva i zelenih algi. Pritom 80-95 % mase ovog zajedničkog „organizma“ čine hife gljiva. Razmnožavaju se na način da se svaki član zajednice razmnožava zasebno. Prema građi i obliku postoje nitasti, korasti, lisnati, pupkasti i grmasti lišaji. Osim što su zanimljivi i raznoliki izgledom lišaji se katkad koriste u prehrani, ali neki su i otrovni (primjerice vučji lišaj - *Letharia vulpina*). Koriste se u kozmetičkoj, parfemskoj i farmaceutskoj industriji, a i dobri su pokazatelji onečišćenja zraka.

U svijetu je poznato oko 25 tisuća vrsta dok u Hrvatska **lihenoflora (lihenobiota)** bilježi nešto više od tisuću vrsta od kojih su 34 strogo zaštićene.

5.3. BILJKE (PLANTAE)

Prve kopnene biljke na Zemlji evoluirale su prije više od 440 milijuna godina (za vrijeme geološkoga perioda ordovicija) iz zelenih algi. Kako bi se prilagodile na kopneni način života, razvile su tkiva koja preuzimaju specifične funkcije, a koja su združena u tri osnovna vegetativna organa: korijen, stabljiku i list. Upravo zbog podjele biljnoga tijela na organe, biljke nazivamo stablašice (Cormophyta) u koje pripadaju odjeljci mahovine (Bryophyta), papratnjače (Pteridophyta) i sjemenjače (Spermatophyta) (**Slika 11.15**). Nova klasifikacija kopnenih biljke (Embryophyta) svrstava u supergrupu Archaeplastida zajedno sa zelenim i crvenim algama (**Slika 11.1**).



Slika 11.15. Biljke stablašice: a) mahovine (Bryophyta), b) papratnjače (Pteridophyta), c) golosjemenjače (Gymnospermae), d) kritosjemenjače (Angiospermae).

Mahovine (Bryophyta) (Slika 11.16) su jednostavne kopnene biljke koje su se na Zemlji pojavile prije više od 440 milijuna godina (za vrijeme geološkog perioda ordovicija). Danas ih je opisano oko 25 tisuća vrsta. Za razvitak mahovina neophodna je prisutnost vode, zbog čega i naseljavaju vlažna i zasjenjena staništa, ali i vrlo suha staništa jer mnoge vrste u stanju anabioze mogu preživjeti razdoblja bez vode u okolišu. S obzirom da nemaju razvijen pravi provodni sustav,


 (preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>)

Slika 11.16. Podjela mahovina: a) rožnjače (Anthocerotophyta), b) jetrenjače (Marchantiophyta) i c) prave mahovine (Bryophyta).

nazivaju se **nevaskularnim** biljkama. Na njihovoj površini je razvijena **kutikula** koja ih štiti od isušivanja.

Mahovine su jedine kopnene biljke kod kojih je u životnom ciklusu dominantna faza **gametofit (haploidna generacija)**, dok je **sporofit (diploidna generacija)** trajno vezan i ovisan o gametofitu od kojega dobiva vodu i proizvode fotosinteze (jednostavne ugljikohidrate). Tijekom životnoga ciklusa mahovina, dolazi do izmjene haploidne (gametofit) i diploidne (sporofit) generacije. **Spora** (haploidna) nastaje mejozom te klija u haploidni gametofit. Prvo se razvija **nitasta prokličnica (protonema)** na kojoj se u povoljnim okolišnim uvjetima razvijaju pupovi iz kojih će izrasti odrasli gametofit. Tijelo mahovina (gametofit) može biti građeno kao steljka ili talus (talozna građa), ili može biti listićave tj. foliozne građe (sastojati se od tvorbi koje sličje korijenu tzv. **rizoida**, tankoga i nježnoga stabalca, tzv. **kauloida**, koje na sebi nosi listiće, tzv. **filoide**).

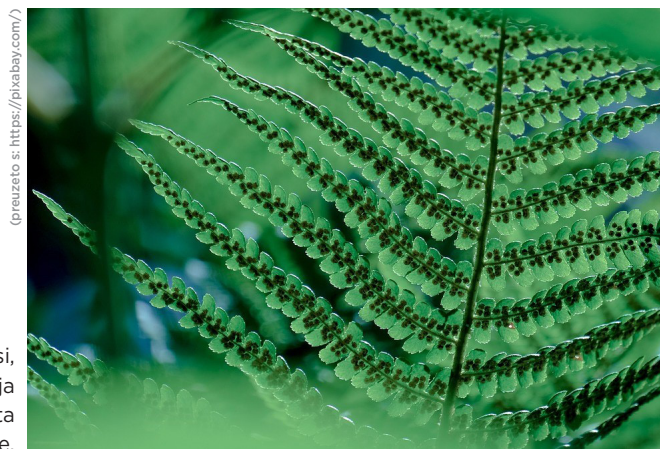
Na vrhu stabalaca ili na mjestima gdje se granaju razvijaju se nositelji rasplodnih organa koji se nazivaju još i **gametangiofori**. Muški rasplodni organi/**gametangiji** su **anteridiji**, a ženski rasplodni organi su **arhegoniji**. U anteridijima nastaju pokretni spermatozoidi s dva biča, a u svakom arhegoniju po jedna jajna stanica. Spolne stanice nastaju na haploidnom gametofitu procesom mitoze. Kako bi došlo do oplodnje, potrebna je voda u okolišu, kroz koju će spermatozoid doplivati do arhegonija i oploditi jajnu stanicu. Oplodnjom nastaje zigota iz koje se na gametofitu razvija diploidni sporofit. Na njemu se nalazi držak koji nosi **tobolac (sporogon)** u kojemu se razvijaju spore mejotskom diobom.

Mahovine se mogu podijeliti u tri skupine: rožnjače (Anthocerotophyta) (slične su zelenim algama) (**Slika 11.16a**), jetrenjače ili

jetrenjarke (Marchantiophyta) (talozne ili jednostavne foliozne grđe) (**Slika 11.16b**) i prave mahovine (Briophyta u užem smislu) (razlučene na stabalce i listiće) (**Slika 11.16c**). U Hrvatskoj je do sada zabilježeno više od 800 vrsta mahovina, a 50 ih je strogo zaštićenih. Najpoznatije vrste mahovina su obični vlasak (*Polytrichum vulgare*), mahovi tresetari (*Sphagnum* spp.), zdenčara (*Marchantia polymorpha*) i sedrotvorne mahovine iz rodova *Eucladium*, *Palustriella* i *Cratoneuron*.

Papratnjače (Pteridophyta) (Slika 11.18) su skupina biljnih organizama koje su se na Zemlji razvili prije oko 415 milijuna godina (geološki period silur) te predstavljaju najstarije **vaskularne** kopnene **biljke**. Evolucijski najstarija skupina papratnjača su psilofiti (Psilophytales) koji su izumrli još za vrijeme geološkoga perioda devona (prije otprilike 365 milijuna godina).

Za razliku od mahovina, papratnjače su vaskularne stablašice koje posjeduju provodni sustav, građen od ksilema i floema te osnovne biljne dijelove tijela: korijen, stabljiku i list. Korijen im služi za upijanje vode i mineralnih tvari iz tla. Morfološki i anatomski vrlo je sličan korijenu sjemenjača. Njihova stabljika je puzajuća ili vrlo skraćena, pa listovi rastu u **rozeti**, većinom podzemna (naziva se **rizom**), ali u nekih vrsta može biti i nadzemna. Listovi sporofita papratnjača mogu biti **trofofili** te služe za ishranu, tj. za proces fotosinteze te **sporofili**, kod koji se na donjoj strani nalaze nakupine sporangija, sorusi, u kojima se proizvode spore ili su pak **trofosporofili** ako su zeleni i ujedno stvaraju spore (**Slika 11.17**).



Slika 11.17. Sorusi, nakupine sporangija na donjoj strani lista papratnjače.

Tijekom životnoga ciklusa papratnjača dolazi do izmjene haploidne (gametofitske) i diploidne (sporofitske) generacije. Dominantna generacija je sporofit dok je gametofit malen, kratkoga životnog vijeka, talozne građe te ga nazivamo protalij. Na protaliju se u gametangijima (anteridijima i arhegonijima) procesom mitoze stvaraju game-te (spermatozoidi i jajne stanice). Za oplodnju jajne stanice potrebna je voda iz okoliša. Iz zigote razvija se sporofit na kojemu u sporangijima mejotskim diobama nastaju spore iz kojih će isključiti novi protalij, tj. gametofit.

Recentne papratnjače mogu se podijeliti u dva razreda, crvotočine (Lycopodiophyta) i paprati (Polypodiophyta) (**Slika 11.18a**). Ta dva razreda nisu u bliskom srodstvu, tako da su paprati srodnije sjemenjačama nego crvotočinama. U Hrvatskoj je poznato nešto manje od 100 vrsta papratnjača (80-ak vrsta su prave paprati) među kojima je i jedna endemska vrsta, kvarnerski jelenak (*Asplenium hybridum*), a 13 ih je strogo zaštićeno. Neke od čestih vrsta papratnjača su obična oslad (*Polypodium vulgare*), crvotočina (*Lycopodium clavatum*), bujad (*Pteridium aquilinum*), smeđa slezenica (*Asplenium trichomanes*) (**Slika 11.18c**), obični jelenak (*Asplenium scolopendrium*) i poljska preslica (*Equisetum arvense*). Zanimljive su i vodene vrste poput



Slika 11.18. Neki od predstavnika a) crvotočina (*Selaginella* sp.) i paprati b) muška paprat (*Dryopteris filix-mas*), c) smeđa slezenica (*Asplenium trichomanes*).

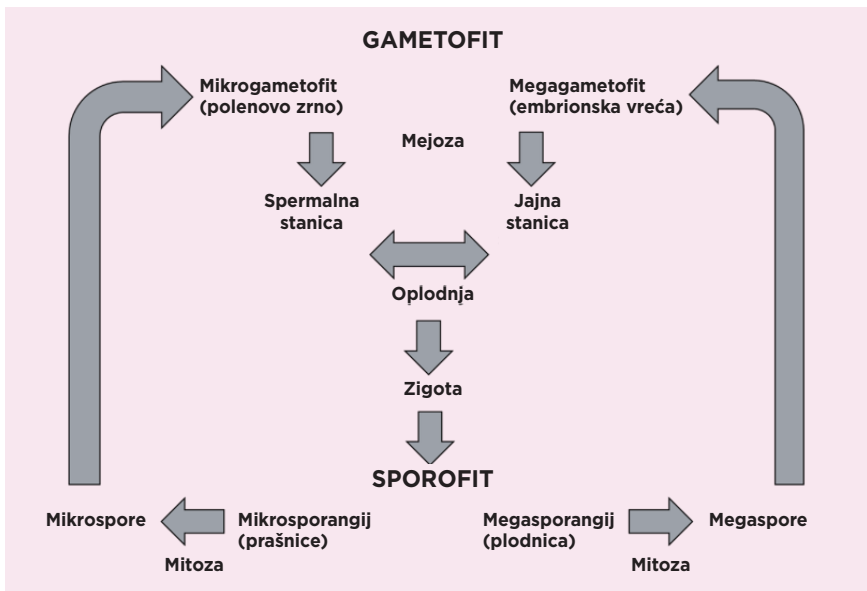
(preuzeto s: <https://pixabay.com/>).

plivajuće nepačke (*Salvinia natans*) i četverolisne raznorotke (*Marsilea quadrifolia*).

Sjemenjače (Spermatophyta) su se na Zemlji pojavile prije više od 350 milijuna godina (u geološkom razdoblju devonu). Danas, s više od 300 tisuća opisanih vrsta, predstavljaju najraznolikiju skupinu biljaka na Zemlji. Najvažniji su primarni proizvođači u kopnenim ekosustavima.

Sjemenjače su biljke stablašice koje imaju sjemenku (za razliku od mahovina i papratnjača), koja nastaje iz sjemenih zametaka nakon oplodnje. Sjemenka predstavlja poseban organ koji ovim biljkama služi za zaštitu embrija, za širenje i rasprostiranje na nova staništa te omogućuje mirovanje tijekom nepovoljnih uvjeta. Prema smještaju sjemenih zametaka sjemenjače dijelimo u dvije osnovne skupine: golosjemenjače (Gymnospermae) i kritosjemenjače (Angiospermae, Magnoliophyta).

U životnom ciklusu sjemenjača dolazi do izmjene haploidne (gametofitske) i diploidne (sporofitske) generacije. (**Slika 11.19**). Dominantna je generacija sporofit dok je gametofit malen, ovisan o sporofitu i smješten u sjemenom zametku. Odlično su prilagođene kopnenom okolišu te za njihovu oplodnju nije potrebna voda iz okoliša.



Slika 11.19. Izmjena generacija u životnom ciklusu sjemenjača.

Golosjemenjače su drvenaste biljke, razvijene u obliku drveća ili grmova, koje su se na Zemlji pojavile prije više od 350 milijuna godina za vrijeme geološkoga perioda devona, dok su posebice bile raznolike tijekom perma, kada su njihove šume prekrivale veliki dio kopnene površine na Zemlji. Iako su u geološkoj prošlosti bile puno brojnije i raznolikije, one i danas predstavljaju vrlo važan dio vegetacije na Zemlji, posebice u biomu tajgi. Danas je opisano više od tisuću živućih vrsta.

Kod **golosjemenjača**, sjemeni su zametci smješteni otvoreno s gornje strane plodnoga lista ili na njegovom rubu. Oprašuju se vjetrom, što se naziva **anemofilija (anemogamija)**. Nemaju plod već su sjemenke otvoreno položene na plodnim ljuskama koje se združuju u **češere** (muški i ženski). Većina golosjemenjača ima listove koji se u igličasti što ih štiti od nepovoljnih uvjeta (temperatura i količina vode). Zbog toga se biljke iz ove skupine, s obzirom da mnoge ne odbacuju listove, nazivaju **vazdazelene biljke**. Golosjemenjače se mogu podijeliti u četiri evolucijske linije: ginko (Ginkgophyta), cikasi (Cycadophyta), četinjače ili igličastolisne golosjemenjače (Pinophyta) i gnetumi (Gnetophyta). Najrasprostranjenije su četinjače, koje obuhvaćaju tri najčešće porodice: borove (Pinaceae), čemprese (Cupressaceae) i tise (Taxaceae) (**Slika 11.20**).

U Hrvatskoj je zabilježeno oko 30 vrsta golosjemenjača od koji je dvadesetak vrsta četinjača. Dvije su vrste strogo zaštićene, a vrsta biokovska jela (*Abies alba* ssp. *biokovensis*) je endemska svojta. Najpoznatije su vrste golosjemenjača u Hrvatskoj obična smreka (*Picea abies*), obična jela (*Abies alba*), bijeli ili obični bor (*Pinus sylvestris*), crni bor (*Pinus nigra*), alepski bor (*Pinus halepensis*), obični čempres (*Cupressus sempervirens*) i obična tisa (*Taxus baccata*). Česte su i unesene vrste koje služe kao ukrasne biljke poput ginkga (*Ginkgo biloba*) i cikasa (*Cycas* sp.).

Kritosjemenjače (cvjetnice, cvjetnjače) su se na Zemlji pojavile prije oko 170 milijuna godina (geološki period jura). Danas su najraznolikije kopnene biljke, s više od 290 tisuća opisanih recentnih vrsta. Njihova brza i opsežna specijacija povezana je s njihovom uspješnom koevolucijom s kukcima, koji predstavljaju glavne **oprašivače** kritosjemenjača (**zoofilija** ili **zoogamija – entomofilija**).

Kritosjemenjače su biljke koje imaju prave **cvjetove** (češeri golosjemenjača se također katkad smatraju cvjetovima) prilagođene



Slika 11.20. Primjeri četinjača u Hrvatskoj: a) obična smreka (*Picea abies*), b) obična jela (*Abies alba*), c) obični bor (*Pinus sylvestris*), d) obični čempres (*Cupressus sempervirens*).

različitim načinima oprašivanja), **plodnicu** (koja nastaje srastanjem **plodnih listova** oko **sjemenih zametaka**) i jedine su biljke koje stvaraju **plod** (razvija se iz plodnice nakon oplodnje sjemenih zametaka). Kod njih su se razvili široki listovi koji pospješuju fotosintezu, ali istovremeno potencijalno mogu predstavljati i poteškoću jer se povećanjem površine lista, povećava rizik od isušivanja i oštećivanja tijekom nepovoljnih razdoblja (temperatura i količina vode). Mnoge biljke umjerenih područja zbog toga odbacuju listove (listopadne biljke) u jesen kako bi izbjegle nepovoljne uvjete zimi. Kritosjemenjake su ekološki i ekonomski jedna od najvažnijih skupina organizama. Vjerojatno niti jedna skupina živih organizama nije imala toliki utjecaj na razvoj, opstanak i dobrobit ljudske vrste te razvoj civilizacije kao što su to imale biljke. Biljke su oduvijek imale izuzetnu važnost kao prehrambeni proizvodi bilo neposredno ili posredno (hrana, pića, začini) za čovjeka, ali i za životinje koje čovjek uzgaja. Od početka korištenja vatre pa do danas biljke su čovjeku služile za grijanje, osvjetljavanje i pripremu hrane, a neizmjerana je njihova važnost kao građevnog materijala i namještaja, za izradu odjeće i obuće kao

i za proizvodnju papira. Biljke imaju veliku važnost za kemijsku, farmaceutsku (ljekovite) i kozmetičku industriju, a mnoge su i otrovne i opasne za čovjeka. Od početaka razvoja civilizacije imale su vrijednost kao ukrasne biljke u dvorištima, vrtovima, parkovima i kućanstvima. Neizmjerena je i njihova ekološka važnost u kruženju tvari, reguliranju mikroklima, stvaranju hrane (energije) za ostale organizme prehrambenih mreža, ali i pružanju skloništa i staništa za organizme. Osim toga biljke sudjeluju u formiranju tla, sprječavaju njegovu eroziju, a imaju i značajnu ulogu u proizvodnji kisika odnosno smanjenju količine ugljičnog dioksida u atmosferi.

Kritosjemenjače se tradicionalno mogu podijeliti na dvosupnice (Magnoliopsida) i jednosupnice (Liliopsida), iako danas znamo da su srodstveni unutar njih znatno složeniji. Među te dvije tradicionalno shvaćene skupine postoje određene anatomske i morfološke razlike u građi sjemenke (jedna **supka** kod jednosupnica, dvije kod dvosupnica), korijena (**homorizno korijenje** kod jednosupnica, **alorizno** kod dvosupnica), smještaju provodnih žila u stabljici (nasumično raspoređene na poprečnom presjeku stabljike kod jednosupnica, raspoređene u obliku prstena na vanjskom rubu poprečnog presjeka stabljike kod dvosupnica), cvjetovima (jedna ravnina simetrije kod jednosupnica, u više ravnina simetrije kod dvosupnica) i listovima (uski list s **paralelnim ožiljenjem** kod jednosupnica, široki listovi raznih oblika s **mrežastim ožiljenjem** kod dvosupnica) itd.

Kritosjemenjače su dominantna i najbrojnija skupina biljaka, a u svijetu je opisano više od 300 tisuća vrsta. U Hrvatskoj je zabilježeno oko 5 tisuća vrsta i podvrsta kritosjemenjača od čega je nešto više od tisuću vrsta jednosupnica, a preostalo su dvosupnice. Od tako velikog broja, manje od dvjesto vrsta su drvenaste biljke koje su najvažnije u formiranju šumskih staništa. Više od 360 vrsta su endemske vrste među kojima su najpoznatije velebitska degenija (*Degenia velebitica*), hrvatska sibireja (*Sibiraea croatica*), dubrovačka zečina (*Centaurea ragusina*). Oko 750 vrsta biljaka je ugroženo zbog različitih ljudskih utjecaja, osam ih je izumrlo na području Hrvatske, a 630 vrsta je strogo zaštićeno. Jedan o razloga ugroženosti zavičajnih biljaka su strane ili unesene vrste kojih je zabilježeno više od šest stotina. Postoji veliki broj porodica jednosupnica i dvosupnica koje uočavamo u svojem okolišu. Neke od njih prikazane su na **Slikama 11.21 i 11.22**. Poznate porodice jednosupnica su kozlaci (Araceae) (**Slika 11.21a**), trave



Slika 11.21. Neke od porodica jednosupnica koje se lako mogu uočiti u okolišu: a) kozlaci (Araceae), b) i c) trave (Poaceae), d) kaćuni (Orchidaceae), e) perunike (Iridaceae), f) ljiljani (Liliaceae).

(Poaceae), kaćuni (Orchidaceae), perunike (Iridaceae) (**Slika 11.21e**) i ljiljani (Liliaceae) (**Slika 11.21f**). S druge strane poznate i česte porodice dvosupnica su glavočike (Asteraceae), ruže (Rosaceae), žabnjaci (Ranunculaceae) (**Slika 11.22b**), usnače (Lamiaceae), mahunarke (Fabaceae), krstašice (Brassicaceae), pomoćnice (Solanaceae) i bukve (Fagaceae).

Najpoznatiji predstavnici trava (**Slika 11.21b, c**) su vlasnjače (*Poa* sp.), rosulje (*Agrostis* sp.), vlasulje (*Festuca* sp.), ljuljevi (*Lolium* sp.), ali i žitarice kao obična pšenica (*Triticum aestivum*), ječam (*Hordeum vulgare*) i zob (*Avena sativa*) i kukuruz (*Zea mays*). Orhideje (kaćuni) (**Slika 11.21d**) su prva po brojnosti porodica biljaka u svijetu i iako u Hrvatskoj nisu toliko brojne vrlo su zanimljive i raznolike pri čemu je svih 200-tinjak vrsta strogo zaštićeno, a 20-ak vrsta su i endemske (primjerice rodovi *Ophrys* i *Serapias*).

Najbrojnija porodica dvosupnica u svijetu i u Hrvatskoj su glavočike, a među njima je mnogo ekonomski zanimljivih i ukrasnih biljaka kao što su: tratinčica (*Bellis perennis*), suncokret (*Helianthus annuus*), obični stolisnik (*Achillea millefolium*), pelin (*Artemisia* sp.) i smilje (*Helichrysum italicum*),

U porodici ruža (**Slika 11.22a**) velik je broj biljaka čije plodove (prave i neprave) rado jedemo poput šumske jagode (*Fragaria vesca*), maline (*Rubus idaeus*), kupine (*Rubus fruticosus*), trešnje (*Prunus avium*), šljive (*Prunus domestica*), višnje (*Prunus cerasus*), marelice



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 11.22. Neke od porodica dvosupnica koje se lako mogu uočiti u okolišu: a) ruže (*Rosaceae*), b) žabnjaci (*Ranunculaceae*), c) usnače (*Lamiaceae*), d) mahunarke (*Fabaceae*), e) krstašice (*Brassicaceae*), f) bukve (*Fagaceae*).

(*Prunus armeniaca*) badema (*Prunus amygdalus*), jabuke (*Malus domestica*) i kruške (*Pyrus communis*).

Porodica usnača (**Slika 11.22c**) uključuje velik broj aromatičnih biljaka koje se koriste kao začini, u medicinske svrhe i u proizvodnji mirisa. Neke od čestih vrsta su metvice ili mente (*Menta* sp.), mažuran (*Majorana hortensis*), origano (*Origanum vulgare*), bosiljak (*Ocimum basilicum*), kadulja (*Salvia officinalis*), majčine dušice (*Thymus* spp.), ružmarin (*Salvia rosmarinus*), ljekovita kadulja (*Salvia officinalis*) i lavanda (*Lavandula angustifolia*).

Mahunarke (**Slika 11.22d**) su također zanimljiva porodica s velikim brojem korisnih vrsta kao što su: obični grah (*Phaseolus vulgaris*), grašak (*Pisum sativum*), soja (*Glycine max*), bob (*Vicia faba*), leća (*Lens culinaris*), rogač (*Ceratonia siliqua*), ali i stablo mirisavi bagrem (*Robinia pseudoacacia*).

U porodicu krstašice (**Slika 11.22e**) ubrajaju se mnoge ekonomski i kulinarski zanimljive biljke kao što su: kupus, brokula, prokulica, kelj, koraba i repa (sve iz roda *Brassica*), zatim, hren (*Armoracia rusticana*) i rotkvica (*Raphanus sativus*).

Poput mahunarki i krstašica, i porodica pomoćnice ima velik ekonomski značaj za čovjeka pa se mnoge vrste biljaka koriste u prehrani, ali istovremeno sadržavaju različite otrove i alkalioide pa mogu biti i opasne. Najpoznatije vrste porodice su: krumpir (*Solanum*

tuberosum), rajčica (*Solanum lycopersicum*), paprika (*Capsicum annuum*) i pravi duhan (*Nicotiana tabacum*).

Porodica bukve (**Slika 11.22f**) uključuje veći broj drvenastih biljaka poput: obične bukve (*Fagus sylvatica*), hrastova (*Quercus* spp.) i pitomog kestena (*Castanea sativa*). Vrste iz ove porodice imale su izuzetan značaj za ljudsku populaciju tijekom povijesti, a i danas su ekonomski vrlo važne kao izvor drveta u raznim industrijama (podo- vi, namještaj, bačve, pluto hrana, arome, ukrasi itd.).

5.4. ŽIVOTINJE (ANIMALIA)

Životinje su višestanični, heterotrofni eukarioti koji su uglavnom pokretni od čega i dolazi naziv skupine. Prema novoj klasifikaciji više nisu zasebno carstvo već pripadaju supergrupi Opisthokonta (**Slika 11.1**). Prve životinje pojavile su se prije više od 750 milijuna godina i vjerojatno se radilo o organizmima sličnim današnjim spužvama. Za razliku od gljiva i biljaka, životinje nemaju staničnu stijenku već samo staničnu membranu. Kod većine životinja slične su stanice organizirane u veće funkcionalne cjeline koje se nazivaju tkiva (primjerice mišićno, živčano...). Više vrsta tkiva često tvore organe koji imaju određene specijalizirane funkcije.

Većina se životinja razmnožava spolno iako postoje i neki nespolni načini razmnožavanja (primjerice pupanje, partenogeneza), a kod nekih skupina postoji i izmjena spolne i nespodne generacije. Oplodnja se vrši tako što spermiji aktivno plivaju, pa samostalno kroz vodu (vanjska oplodnja) ili pomoću organa za kopulaciju (unutrašnja oplodnja), dođu do nepokretne jajne stanice koju pokušavaju oploditi.

Kod životinja mogu se uočiti tri tipa simetrije tijela. Prva su skupina su asimetrične životinje, poput spužvi, koje su nepravilnoga oblika i žive sjedilačkim načinom života. Druga skupina su također sjedilački (primjerice hidra (*Hydra* spp.)) ili slabo pokretni organizmi (primjerice školjkaši, bodljikaši) koji su zrakasto simetrični. Treću skupinu čine aktivni i pokretni oblici koji su dvostrano simetrični, što je slučaj kod većine životinja.

Iako postoje dokazi da su se prve životinje na Zemlji pojavile prije više od 750 milijuna godina, vrlo je malo stvarnih dokaza i nalaza te izumrle faune. Međutim, u razdoblju od prije 535 do 525 milijuna

godina (početak kambrija) došlo je do iznenadne pojave velikoga broja različitih oblika organizama i tipova građe zbog čega je to razdoblje i nazvano „kambrijska eksplozija (eksplozija života)“. Nakon toga došlo je do pojave sve većega broja različitih životinja pri čemu je većina bila sve veća, pokretnija i raznovrsnija. Vrlo važan trenutak u evoluciji životinja bio je izlazak na kopno koji se dogodio prije više od 400 milijuna godina (period silur) kada su prvi člankonošci počeli koristiti kopnena staništa. Među kralješnjacima, prvi kopnjeni oblici, pretci vodozemaca, pojavili su se prije oko 370 milijuna godina (period devon).

Životinje su vrlo raznolika skupina organizama bilo brojem vrsta, građom tijela, raznolikošću kretanja ili veličinom. Mogu se podijeliti na temelju različitih kriterija kao što je oblik simetrije tijela, nastanak usnoga i analnoga otvora tijekom gastrulacije ili molekularne filogenije. Međutim, najjednostavnija je tradicionalna podjela na organizme koji nemaju kralješnicu unutar tijela (Invertebrata, beskralješnjaci) i one koji je imaju (Vertebrata, kralješnjaci). Životinje su s trenutačno poznatih više od 1,3 milijuna opisanih vrsta, najraznolikija skupina živih organizama. Među životinjama najbrojnija skupina su beskralješnjaci, odnosno kukci, dok je s druge strane opisano i poznato samo nešto više od 70 tisuća vrsta kralješnjaka.

Invertebrata (beskralješnjaci)

Beskralješnjaci su izuzetno brojna i raznolika skupina životinja i čine više od 90 % vrsta svih životinja. Poznato je više od 30 koljena beskralješnjaka, ali nekoliko je najznačajnijih i najbrojnijih vrstama koja je potrebno navesti: spužve (Porifera), žarnjaci (Cnidaria), plošnjaci (Platyhelminthes), oblići (Nematoda), mekušci (Mollusca), kolutičavci (Annelida), člankonošci (Arthropoda) i bodljikaši (Echinodermata).

U Hrvatskoj obitava više od 30 tisuća vrsta beskralješnjaka. Među njima je poznato i opisano više od 16 tisuća kopnenih, 2 tisuće slatkovodnih i 6 tisuća morskih vrsta.

Spužve (Porifera) su najjednostavnija skupina sjedilačkih životinja i jedina kod koje se javlja asimetrični tip građe tijela (**Slika 11.23**). Većina vrsta su morski organizmi iako su poznati i slatkovodni oblici. Iako su višestanični organizmi, spužve su zadržale stanični tip građe bez razvijenih tkiva, organa i organskih sustava. Nemaju usni otvor

(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>;
© Xavier Ruffray)



(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>;
© Andra Waagmeester)

Slika 11.23. Predstavnici spužvi u Hrvatskoj: a) obična spužva (*Spongia officinalis*), b) promjenjiva sumporača (*Aplysina aerophoba*).

već kroz pore, pukotine i otvore na tijelu filtriraju vodu i tvari u njoj. Probava je unutarstanična. Tijelo spužvi može biti podržano skeletnim strukturama kao što su spikule ili sponginska vlakna. Razmnožavaju se nesporno (fragmentacijom) ili spolno pri čemu su uglavnom dvospolci ili hermafroditi, a ličinka im je pokretna.

U svijetu je poznato oko 10 tisuća vrsta spužvi dok je u Hrvatskoj prisutno oko 220 vrsta (4 slatkovodne vrste), od kojih je 12 vrsta strogo zaštićeno. Neke od poznatih spužvi u Jadranskom moru su: obična spužva (*Spongia officinalis*) (**Slika 11.23a**), mozgovnjača (*Geodia cydonium*), morska naranča (*Tethya aurantium*), promjenjiva sumporača (*Aplysina aerophoba*) (**Slika 11.23b**), ružičasta cjevasta spužva (*Haliclona mediterranea*) i mrežasta spužva (*Clathrina clathrus*). Vrlo zanimljiva je endemska vrsta ogulinska špiljska spužvica (*Eunapius subterraneus*) koja je jedina slatkovodna podzemna spužva na svijetu, a živi samo u špiljama na području Like i oko grada Ogulina.

Žarnjaci (Cnidaria) su skupina beskralješnjaka koja ima vrećasto tijelo i karakteristične žarne stanice za zaštitu od grabežljivaca i lov plijena. U ovu skupinu pripadaju: koralji (Anthozoa), režnjaci (Scyphozoa), obrubnjaci (Hydrozoa) i kubomeduze (Cubozoa) (**Slika 11.24**). Žarnjaci su tipični vodeni organizmi pri čemu ih većina živi u morima. Zrakasto su simetrični iako postoje i sjedilački i pokretni oblici. Lovkama sa žarnim stanicama love plijen kojim se hrane pa su po tipu prehrane mesojedi. Između lovki nalazi se jedinstveni usni i izmetni otvor koji vodi u slijepu probavnu šupljinu unutar tijela. Imaju jednostavan živčani sustav. Razmnožavaju se spolno i nesporno, a prisutna je i izmjena generacija. Neki koralji imaju unutar ili oko tijela



Slika 11.24. Predstavnici žarnjaka u Hrvatskoj: a) crveni koralj (*Corallium rubrum*), b) smeđa vlasulja (*Anemonia viridis*), c) uhati klobuk (*Aurelia aurita*), d) zelena hidra (*Hydra viridissima*).

vapnene skeletne strukture pa stalnim dodavanjem novih slojeva kolonija koralja s vremenom stvara koraljni greben.

U svijetu je poznato oko 11 tisuća vrsta žarnjaka, a u Jadranskom moru oko 340 vrsta od čega su oko 120 vrsta koralji, a oko 180 vrsta režnjaci i obrubnjaci. Među žarnjacima prisutnim u Jadranu, 36 su endemske vrste Sredozemnog mora. Najpoznatiji koralji su crveni koralj (*Corallium rubrum*) (**Slika 11.24a**), blijeda ručica (*Alcyonium palmatum*), gorgonia (*Eunicella singularis*) i morsko pero (*Pteroeides spinosum*), a česti su još i smeđa vlasulja (*Anemonia viridis*) (**Slika 11.24b**), crvena moruzgva (*Actinia equina*) te meduze uhati klobuk (*Aurelia aurita*) (**Slika 11.24c**) i morska mjesečina (*Pelagia noctiluca*). U slatkim vodama zabilježeno je 6 vrsta (primjerice zelena hidra (*Hydra viridissima*)) (**Slika 11.24d**). U podzemnim vodama Hrvatske živi jedini podzemni slatkovodni žarnjak zagonetna velkovrhia (*Velkovrhia enigmatica*) koja je ujedno i endem Dinarida. U Hrvatskoj je 16 vrsta žarnjaka strogo zaštićeno.

Plošnjaci (Platyhelminthes) su dvostrano simetrični beskralješnjaci sa spljoštenim, izduženim, crvolikim tijelom (**Slika 11.25**). Duljina

tijela se kreće od nekoliko milimetara do više od 15 metara kod nekih trakavica. Vrlo su raznolika skupina koja obitava u slatkim vodama, morima i na kopnu (na vlažnim staništima i kao nametnički oblici). Probavilo je jednostavno građeno i slijepo. Živčani sustav je mrežast s razvijenim ganglijima u prednjem dijelu tijela pa se prvi put javlja naznaka pojave „glave“. Hrane se kao mesojedi, strvinari i nametnici. U ovo koljeno svrstavaju se virnjaci (Turbellaria), metilji (Trematoda) i trakavice (Cestoda). Metilji su unutarjni nametnici u različitim organima životinja, a trakavice su nametnici u crijevu kralješnjaka. Dvospolci su i razmnožavaju se spolno i nesporno. Neke vrste imaju veliku sposobnost regeneracije.

U svijetu je opisano oko 25 tisuća vrsta. U Hrvatskoj je poznato 200-tinjak vrsta plošnjaka, od čega je u Jadranskom moru prisutno oko 130 vrsta. Najpoznatije vrste virnjaka su: tamna mnogooka puzavica (*Polycelis felina*), alpska puzavica (*Planaria alpina*) i mliječna puzavica (*Dendrocoelum lacteum*) (Slika 11.25c). Od trakavica poznate vrste su: obična trakavica (*Ligula intestinalis*) (nametnik riba), riblja trakavica (*Diphyllbothrium latum*) (nametnik riba, sisavaca i čovjeka), goveđa trakavica (*Taenia saginata*) (nametnik stoke i čovjeka), svinjska trakavica (*Taenia solium*) (nametnik svinje i čovjeka) (Slika 11.25a), pasja trakavica ili ehinokok (*Echinococcus granulosus*) (nametnik raznih sisavaca, uključujući čovjeka) i patuljasta trakavica (*Hymenolepis nana*) (nametnik miševa, štakora, čovjeka). Među metiljima najpoznatiji su: veliki (*Fasciola hepatica*) (Slika 11.25b) i mali metilj (*Dicrocoelium dendriticum*) koji parazitiraju u jetri odnosno žučnoj vrećici sisavaca i čovjeka te žablji metilj (*Polystoma intergerrinum*), koji je nametnik u mokraćnom mjehuru žabe. U podzemnim staništima Hrvatske zabilježeno je 10-ak vrsta virnjaka iz skupina ravnocrijevci (rodovi *Stygodyticola*, *Bubalocerus* i



Slika 11.25. Predstavници plošnjaka u Hrvatskoj: a) svinjska trakavica (*Taenia solium*), b) veliki metilj (*Fasciola hepatica*), c) mliječna puzavica (*Dendrocoelum lacteum*).

Troglocaridicola) i trocrijevci (rodovi *Dendrocoelum* i *Dugesia*) među kojima su i neke endemske vrste. Ogulinska špiljska puzavica (*Dendrocoelum subterraneum*) strogo je zaštićena vrsta virnjaka.

Oblici (Nematoda) su izduljeni, crvoliki, dvostrano simetrični beskralješnjaci među kojima je velik broj nametnika (na biljkama i životinjama) (Slika 11.26). Imaju prohodno probavilo odnosno usni i analni otvor, vrpčast živčani sustav, dok optjecajni sustav ne postoji. Razdvojenoga su spola i ženke su u pravilu veće od mužjaka. Nastanjuju gotovo sve tipove vodenih, morskih i vlažnih kopnenih staništa. Veličina varira od desetine milimetra do više od metra. U svijetu je opisano više od 28 tisuća vrsta (od kojih su barem polovica nametnici), ali pretpostavlja se da je broj vrsta znatno veći. S obzirom na rasprostranjenost, raznolikost i brojnost na različitim staništima, smatra se da su oblici, po broju jedinki, među najbrojnijim životinjama na Zemlji. Zato je njihova važnost za funkcioniranje ekosustava iznimno velika.



Slika 11.26. Predstavnici oblića u Hrvatskoj: a) dječja glista (*Ascaris lumbricoides*), b) zavojita trihinela (*Trichinella spiralis*).

Broj vrsta oblića u Hrvatskoj vjerojatno je veći od 400 pri čemu je u Jadranskom moru zabilježeno 100-tinjak vrsta. Oblici su nametnici različitih biljaka i životinja, ali i čovjeka. Najpoznatiji ljudski nametnici među oblicima su dječja glista (*Ascaris lumbricoides*) (Slika 11.26a), bijela glistica (mala dječja glista) (*Enterobius vermicularis*), crv vlašnjak (čovječja glista) (*Trichuris trichiura*), krvna glista (*Wuchereria bancrofti*), mali zmaj iz Medine (*Dracunculus medinensis*) i zavojita trihinela (*Trichinella spiralis*) (Slika 11.26b).

Mekušci (Molusca) su jedna od najraznolikijih skupina beskranješnjaka i druga najveća skupina nakon člankonožaca. Većinom su dvostrano simetrični dok su puževi asimetrični. Najpoznatiji pripadnici ove skupine su školjkaši (Bivalvia), puževi (Gastropoda) i glavonošci (Cephalopoda) (**Slika 11.27**). Tijelo im je mekano i nekolutičavo, a kod većine vrsta može se razlikovati glava, stopalo, utroba i plašt. Većina vrsta ima neki oblik skeletnih struktura bilo unutar (primjerice sipe, lignje) ili izvan tijela (školjkaši, puževi). Imaju složeno i prohodno probavilo. Mekušci se hrane kao biljojedi, mesojedi, nametnici i strvinari. Naseljavaju kopnena, morska i slatkovodna staništa. Neke vrste (glavonošci) imaju dobro razvijen optjecajni, živčani i osjetni sustav. Mogu biti i jednopolci i dvopolci. Razlikuju se sjedilački, slabo pokretni i potpuno pokretni oblici. Mekušci su najveći beskranješnjaci među kojima postoje puževi duljine 75 cm i mase 18 kg, školjkaši promjera 130 cm i mase 300 kg te divoske lignje duljine 13 metara im mase oko 500 kg. Pojedini mekušci imaju i veliku ekonomsku vrijednost kao gastronomski specijalitet.

U svijetu je poznato oko 110 tisuća vrsta mekušaca, dok je u Hrvatskoj zabilježeno više od 1300 vrsta, od čega je preko 800 morskih (primjerice mediteranska dagnja (*Mytilus galloprovincialis*) (**Slika 11.27c**), kamenica (*Ostrea edulis*), plemenita periska (*Pinna nobilis*)



Slika 11.27. Predstavnici mekušaca u Hrvatskoj: a) lignja (*Loligo vulgaris*), b) hobotnica (*Octopus vulgaris*), c) mediteranska dagnja (*Mytilus galloprovincialis*), d) plemenita periska (*Pinna nobilis*), e) puž vinogradnjak (*Helix pomatia*), f) bodljikavi volak (*Bolinus brandaris*).

(Slika 11.27d), prstac (*Lithophaga lithophaga*), Jakobova kapica (*Pecten jacobaeus*), volci (*Bolinus* spp., *Hexaplex* spp.) (Slika 11.27f), ogrci (*Monodonta* spp.), zupka (*Luria lurida*), velika puzlatka (*Heliotis tuberculata*), sipa (*Sepia officinalis*), lignja (*Loligo vulgaris*) (Slika 11.27a), hobotnica (*Octopus vulgaris*) (Slika 11.27b), više od 300 ko-pnenih (primjerice puž vinogradnjak (*Helix pomatia*) (Slika 11.27e), žuti živičnjak (*Cepaea hortensis*), poljski balavac (*Agriolimax agrestis*), šumski prpolj (*Arion rufus*)) i oko 200 slatkovodnih mekušaca (primjerice puž barnjak (*Lymnaea stagnalis*), živorodni ogrc (*Viviparus viviparus*), bezupka (*Anodonta cygnea*), obična lisanka (*Unio crassus*)). Među mekušcima velik je broj špiljskih, endemskih i rijetkih vrsta, a jedna od najzanimljivijih skupina su špiljski školjkaši iz roda *Congeria* (*Congeria jalzici*, *Congeria kusceri*) koji su ujedno i jedini podzemni slatkovodni školjkaši u svijetu. U Hrvatskoj je strogo zaštićeno skoro 170 vrsta mekušaca.

Kolutićavci (Annelida) su skupina beskralješnjaka s izduljenim, segmentiranim, odnosno kolutićavim, tijelom. Najpoznatije skupine su: mnogočetinaši (Polychaeta), maločetinaši (Oligochaeta) i pijavice (Hirudinea) (Slika 11.28). Nastanjuju kopnena, morska i slatkovodna staništa, ali za preživljavanje im je neophodna prisutnost vode ili



Slika 11.28. Predstavnicu kolutićavaca u Hrvatskoj: a) medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*), b) gujavica (*Lumbricus terrestris*), c) morska gusjenica (*Aphrodite aculeata*).

vlage. Tijelo kolutićavaca sastoji se od glave, tijela i pigidija (zadnjeg kolutića). Probavilo je prohodno s ustima i crijevnim otvorom, a hrane se kao mesojedi, nametnici i strvinari. Optjecajni sustav može biti otvoren i zatvoren, a živčani sustav je ljestvičast. Kreću se zahvaljujući uzdužnim i poprečnim (kružnim) mišićima te kolutićima. Kod većine vrsta razmnožavanje je spolno pri čemu postoje jednospolne i dvospolne vrste. Mnogočetinaši imaju izuzetnu sposobnost regeneracije.

U svijetu je poznato više od 20 tisuća vrsta. U Hrvatskoj obitava više od 800 vrsta kolutićavaca od čega većina nastanjuje Jadransko more (primjerice veliki morski crv (*Eunice gigantea*), zeleni zvjezdan (*Bonelia viridis*), obična pjeskulja (*Arenicola marina*), obični cjevaš (*Serpula vermicularis*), morska gusjenica (*Aphrodite aculeata*) (**Slika 11.28c**). Najpoznatija kopnena vrsta je obična gujavica (*Lumbricus terrestris*) (**Slika 11.28b**) dok je najpoznatija slatkovodna vrsta medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*) (**Slika 11.28a**). Vrlo zanimljivi su špiljski kolutićavci poput dinarskoga špiljskog cjevaša (*Marifugia cavatica*) i podzemnih, špiljskih pijavica, među kojima je najpoznatija Meštrovljeva pijavica (*Croatobranhus mestrovi*). Tri vrste kolutićavaca strogo su zaštićene u Hrvatskoj.

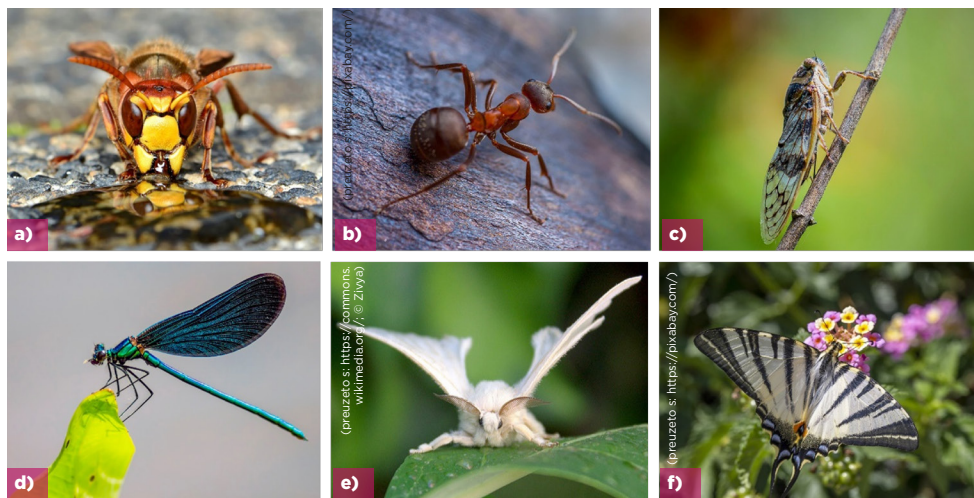
Člankonošci (Arthropoda) su najraznolikija i najbrojnija skupina beskralješnjaka i životinja. U člankonošce ubrajamo kukce (Insecta), štipavce (Scorpiones), rakove (Crustacea), paučnjake (Arachnida) i stonoge (Myriapoda) (**Slika 11.29, 11.30**). Tijelo im je dvostrano simetrično i prekriveno hitinskim skeletom koji daje čvrstoću te pruža zaštitu. Noge su razvijene i člankovite zbog čega je čitava skupina dobila naziv. Tijelo je također segmentirano i kolutićavo, ali su kolutići povezani u veće funkcionalne cjeline (glava, prsa, zadak ili glavopršnjak i zadak). Koriste sve oblike hrane i nastanjuju sve tipove staništa (vodena i kopnena). Optjecajni sustav je otvoren, a za disanje se služe škrgama, uzdušnicama ili posebnim „plućima“. Živčani i osjetni sustav su vrlo razvijeni, a većina vrsta ima razvijene oči. Oplođnja je najčešće unutrašnja, a razvoj mladih može biti neposredan ili posredan (preobrazba preko kukuljice). Više od 80 % svih opisanih vrsta člankonožaca su kukci. Razlog tako velikoj brojnosti, ali i raznolikosti, su značajke poput sposobnosti leta, prilagodbe na kopneni način života, koevolucije nekih redova s biljkama cvjetnicama, razvoj usnih organa, male veličine tijela i velike prilagodljivosti. Mnoge vrste, poput raznih vrsta rakova, medonosne pčele (*Apis mellifica*) i dudovog svilca (*Bombyx mori*), imaju veliku ekonomsku važnost. Međutim važnost kukaca kao **oprašivača** je neizmjerena i omogućuje funkcioniranje većine prirodnih ekosustava kao i poljoprivrednih i ratarskih nasada. Znanost koja se bavi kukcima naziva se entomologija.

U svijetu je poznato više od milijun vrsta člankonožaca među kojima su jedna od najbrojnijih skupina leptiri s oko 200 tisuća opisanih



Slika 11.29. Predstavnici člankonožaca u Hrvatskoj: a) crna udovica (*Latrodectus tredecimguttatus*), b) šumski krpelj (*Ixodes ricinus*), c) škamp (*Nephrops norvegicus*), d) jelenak (*Lucanus cervus*), e) sedmotočkasta božja ovčica (*Coccinella-septempunctata*), f) Ivanjska krijesnica (*Lampyrus noctiluca*).

vrsta. Na području Hrvatske do sada je zabilježeno oko 17 tisuća vrsta od kojih su više od 14 tisuća kopneni člankonošci. Među leptirima je također najveća raznolikost pa je poznato 200-tinjak dnevnih i više od 3 tisuće noćnih vrsta. S obzirom na iznimnu raznolikost člankonožaca, u Hrvatskoj je strogo zaštićeno više od 400 vrsta (254 vrsta kukaca, 40 vrsta paukova, 102 vrste rakova i 2 vrsta dvojenoga). Najpoznatije vrste člankonožaca su kućna (prašinska) grinja (*Dermatophagoides pteronyssinus*), crna udovica (*Latrodectus tredecimguttatus*) (**Slika 11.29a**), šumski krpelj (*Ixodes ricinus*) (**Slika 11.29b**), kućna stjenica (*Cimex lectularius*), medonosna pčela (*Apis mellifera*), osa (*Vespula germanica*), ljuti stršljen (*Vespa crabro*) (**Slika 11.30a**), zemni bumbar (*Bombus terrestris*), jelenak (*Lucanus cervus*) (**Slika 11.29d**), hrastova strizibuba (*Cerambyx cerdo*), šumski mrav (*Formica rufa*) (**Slika 11.30b**), obični komarac (*Culex pipiens*), govedi obad (*Tabanus bovinus*), papatač (*Phlebotomus papatasi*), dudov svilac (*Bombyx mori*) (**Slika 11.30e**), lastin rep (*Papilio machaon*), prugasto jedarce (*Iphiclides podalirius*) (**Slika 11.30f**), smeđi žohar (*Blattella germanica*), kućna muha (*Musca domestica*), zlatna zujara (*Lucilia caesar*), ivanjska krijesnica (*Lampyrus noctiluca*) (**Slika 11.29f**), zlatna mara (*Cetonia aurata*), obični hrušt (*Melolontha melolontha*), cvrčci (*Lyristes* spp., *Cicada* spp., *Tettigia* spp.) (**Slika 11.30c**), božje ovčice



Slika 11.30. Predstavnici člankonožaca u Hrvatskoj: a) ljuti stršljen (*Vespa crabro*), b) šumski mrav (*Formica rufa*), c) obični cvrčak (*Lyristes plebejus*), d) modra konjska smrt (*Calopteryx virgo*), e) dudov svilac (*Bombyx mori*), f) prugasto jedarce (*Iphiclus podalirius*).

(*Coccinella* spp.) (Slika 11.29e), modra konjska smrt (*Calopteryx virgo*) (Slika 11.30d); škamp (*Nephrops norvegicus*) (Slika 11.29c), jastog (*Palinurus elephas*) i hlap (*Homarus gammarus*).

Bodljikaši (Echinodermata) su vrlo raznolika skupina beskralješnjaka koja obitava isključivo u moru. Najpoznatije skupine su zvjezdače (Asteroidea), zmiјаče (Ophiuroidea), ježinci (Echinoidea) i morski krastavci (trpovi) (Holothuroidea) (Slika 11.31). Imaju kožni endoskelet od vapnenačkih dijelova (bodlje) koji pruža čvrstoću i zaštitu tijelu. Odrasli su sjedilački i slabo pokretni te najčešće imaju zrakasto simetrično tijelo. Međutim, ličinke, trpovi i neki ježinci su dvostrano simetrični. Probavilo je prohodno pri čemu su usta obično s donje, a crijevni otvor s gornje strane tijela. Hrane se na različite načine, od prehrane detritusom do predatorstva. Unatoč postojanju dišnog i optjecajnog sustava sustav bodljikaši za disanje i provođenje hranjivih, ali i za izlučivanje štetnih tvari te kretanje koriste opsežno razvijen vodožilni sustav. Živčani sustav i osjetni sustav su jednostavno građeni te ovi organizmi nemaju mozak. Uglavnom su jednospolci, a oplodnja je vanjska. Imaju izuzetnu sposobnost regeneracije.

U svijetu je poznato više od 7 tisuća vrsta bodljikaša dok u Jadranu živi stotinjak vrsta (primjerice obični trp (*Holothuria tubulosa*) (Slika 11.31a), dlakava zmiјаča (*Ophiothrix fragilis*), crni ježinac

(preuzeto s: <https://commons.wikimedia.org/>)
© Frederic Ducarme



(preuzeto s: <https://www.istitut.org/>)
© Julia Alai
(preuzeto s: <https://www.istitut.org/>)
© Andra Wagmeister

Slika 11.31. Predstavnici bodljikaša u Hrvatskoj: a) obični trp (*Holothuria tubulosa*), b) crni ježinac (*Arbacia lixula*), c) crvena zvjezdača (*Echinaster sepositus*).

(*Arbacia lixula*) (**Slika 11.31b**), hridinasti ježinac (*Paracentrotus lividus*), pjegavi ježinac (*Sphaerechinus granularis*), crvena zvjezdača (*Echinaster sepositus*) (**Slika 11.31c**), narančasta križalina (*Astropecten aranciatus*)). Tri vrste bodljikaša strogo su zaštićene vrste u Hrvatskoj.

VERTEBRATA (KRALJEŠNJACI)

Kralješnjaci su najveća i najbrojnija skupina životinja unutar koljena svitkovci (Chordata). Za svitkovce je značajno da imaju savitljivi prutić (svitak) ispod živčane cijevi po čemu su i dobili naziv. Osim svitka (kod kralješnjaka je prisutan samo u embrionalnoj fazi), u nekoj fazi života, imaju i sljedeće tri značajke: škrgne pukotine, leđno smješten živčani sustav i rep iza analnog otvora.

Značajke kralješnjaka su dvostrana simetrija, razvijeni živčani, osjetni, probavni, dišni, optjecajni, mokraćno spolni te sustav za izlučivanje. Među kralješnjacima postoje ektotermne (ribe, vodozemci i gmazovi) i endotermne (ptice i sisavci) skupine. Vrlo su zanimljiva i raznolika skupina životinja u koju ubrajamo različite vodene (morske i slatkovodne) i kopnene organizme. U prošlosti su svi vodeni kralješnjaci smatrani jedinstvenom skupinom i zajednički im je naziv bio ribe („Pisces“ ili „Ichthys“). Međutim, nova istraživanja, posebno molekularna, pokazala su da su ribe nepostojeća taksonomska skupina i da se trenutno dijele na 8 različitih razreda i to: sljepulje (Myxini), paklare (Petromyzonti), prečnouste (Elasmobranchii), cjeloglavke (Holocephali), mnogoperke (Cladistii), zrakoperke (Actinopteri), resoperke (Coelacanthi) i dvodihalice (Dipneusti). Znanost koja proučava „ribe“ odnosno sve vodene kralješnjake tradicionalno se naziva **ihtiologija**. Kopnjeni kralješnjaci dijele se na 4 razreda, a to su: vodozemci (Amphibia), gmazovi (Reptilia), ptice (Aves) i sisavci (Mammalia),



Gonzalo & https://www.inaturalist.org/; © Gonzalo Bravo

Slika 11.32. Sljepulja roda *Myxine*.

iako se na temelju novih molekularnih istraživanja, ptice svrstavaju u razred gmazova.

Sljepulje (Myxini) su skupina jednostavnih morskih kralješnjaka koji nemaju čeljusti ni parne peraje. Gotovo su slijepe jer nemaju oči već očne pjege pokrivene kožom. Tijelo je izduljeno, jeguljoliko i golo odnosno bez ljusti. Poznate su zbog velike količine guste sluzi (grč. *myxa*=sluz) koju izlučuju kroz kožu u trenutku kada su napadnute ili se osjete ugrožene. Imaju veći broj škržnih vrećica za izmjenu plinova koje se prema van otvaraju preko 1 do 16 škržnih otvora. Lubanja je hrskavična, ali nemaju kralješke. Usta se nalaze s donje strane glave, ovalna su i prekrivena brčićima, tj. pipalima. Većina vrsta su ili nametnici ili strvinari koji žive na dnu mora. Imaju zatvoreni optjecajni sustav.

U svijetu je poznato oko 70 vrsta, dok je u Jadranu prisutna samo jedna vrsta i to sluzava sljepulja (*Myxine glutinosa*) (**Slika 11.32**).

Paklare (Petromyzonti) su skupina vodenih kralješnjaka koja nemaju čeljusti već imaju okruglasti usni lijevjak okružen rožnatim zubcima i pipalima. Tijelo je izduljeno, jeguljoliko i golo, bez ljusti i parnih peraja (**Slika 11.33**). Na tijelu je prisutna bočna pruga kao osjetilni organ. Osim hrskavične lubanje imaju i jednostavne hrskavične kralješke. Oči su dobro razvijene i relativno velike, a iza očiju se sa svake strane nalazi sedam škržnih pukotina. Optjecajni sustav je zatvoren. Ličinačka faza traje znatno dulje od odrasle faze, a nakon razmnožavanja, odrasle jedinke ugibaju. Ličinke (ammocoetes) su ukopane u mulju i pijesku i hrane se detritusom i organskom tvari, dok se odrasle jedinke ili uopće ne hrane ili su nametnici. Iako žive i

(autor: P. Mustarić)



a)

 preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>, (© cbadam)


b)

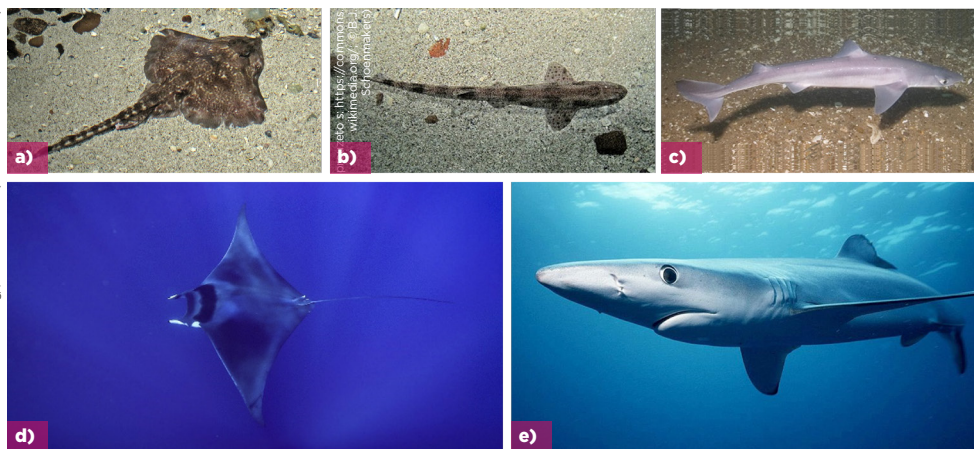
Slika 11.33. Predstavnici paklara u Hrvatskoj: a) dunavska paklara (*Eudontomyzon vladykovi*), b) morska paklara (*Petromyzon marinus*).

u morima i slatkim vodama pojedine vrste su migratorne, ali se uvijek razmnožavaju u slatkoj vodi.

U svijetu je poznato gotovo 50 vrsta, a u Hrvatskoj su prisutne tri vrste (dunavska paklara (*Eudontomyzon vladykovi*), morska paklara (*Petromyzon marinus*) (**Slika 11.33a**) i **Šoljanova paklara** (*Lamprolaima soljani*)) (**Slika 11.33b**). Morska paklara je široko rasprostranjena vrsta dok je Šoljanova paklara endemska vrsta koja nastanjuje samo slijev rijeke Neretve. Sve tri vrste paklara strogo su zaštićene vrste.

Prečnouste (Elasmobranchii) su vodeni kralješnjaci koji uglavnom žive u morima i oceanima, dok samo malih broj vrsta ulazi ili nastanjuje rijeke (40-ak vrsta). Ovoj skupini pripada i najveća „riba“ na svijetu, kitopsina (*Rhincodon typus*). U prošlosti su većinu vrsta iz ove skupine nazivali ribe hrskavičnjače, ali se to u novije vrijeme koristi samo kao kolokvijalni naziv. Glavna značajka skupine je postojanje razvijenoga hrskavičnog kostura i lubanje. Usta su najčešće smještene s donje strane tijela i u njima se nalaze snažne čeljusti. Prvi put se javljaju parne peraje (prsne i trbušne) u kojima se također nalazi hrskavični kostur. Svitak je u reduciranom obliku prisutan tijekom cijeloga života. Ektotermni su organizmi sa zatvorenim optjecajnim sustavom, a srce ima samo jednu pretkljetku i kljetku. Na tijelu je prisutna bočna pruga kao osjetilni organ. Prečnouste se dijele na dvije skupine i to: raže i morske pse (**Slika 11.34**). Kod morskih pasa tijelo je izduljeno, torpednoga oblika i vrlo snažno, a škrge se nalaze sa strane tijela. Raže su ledno-trbušno spljoštene i škrge su smještene s donje strane, prsne peraje su široke te nalikuju krilima. Prečnouste

(preuzeto s: <https://commons.wikimedia.org/>, © Julien Renault)



(preuzeto s: <https://commons.wikimedia.org/>, © Doug Costa, NOAA/SBIMS)

(preuzeto s: <https://www.fisheries.noaa.gov/>, © Park Collins, SWFSC Large Pelagics Program)

Slika 11.34. Predstavnicu prečnousta u Hrvatskoj: a) raža kamenica (*Raja clavata*), b) mačka bljedica (*Scyliorhinus canicula*), c) pas kostelj (*Squalus acanthias*), d) golub uhan (*Mobula mobular*), e) modrulj (*Prionace glauca*).

najčešće imaju 5 škržnih otvora, ali kod nekih vrsta se još uvijek javlja 6 ili 7 (primjerice pas volonja, *Hexanchus griseus*). Na površini tijela nalaze se sitne plakoidne ljuske ili zubići koji štite tijelo i pomažu u hidrodinamici. Prečnouste imaju snažne čeljusti u kojima se nalazi velik broj zubi koji se razlikuju ovisno o tipu i načinu prehrane. Čeljusti i zubi omogućuju lakše hvatanje plijena i efikasniju prehranu, ali istovremeno i bolju obranu. Većina vrsta su grabežljivci iako postoje i vrste koje se hrane filtriranjem planktona (primjerice kitopsina (*Rhincodon typus*) i psina golema (*Cetorhinus maximus*)). Postoje vrste koje imaju otrovne strukture poput bodlji kao i vrste s električnim organima (primjerice drhtulja, *Torpedo marmorata*). Razdvojenoga su spola, a oplodnja je unutrašnja.

U svijetu je poznato više od 1200 vrsta od kojih su nešto brojnije raže s više od 650 vrsta, dok su morski psi zastupljeni s oko 530 vrsta. U Jadranu obitava oko 60 vrsta prečnousta od čega su 33 morska psa i 26 raža. Jedna vrsta prečnouste je izumrla na području Hrvatske, deset vrsta je ugroženo, a 23 vrste su strogo zaštićene. Najpoznatije vrste su žutulja (*Trygon pastinaca*), golub uhan (*Mobula mobular*) (**Slika 11.34d**), raža modropjega (*Raja miraletus*), raža kamenica (*Raja clavata*) (**Slika 11.34a**), modrulj (*Prionace glauca*) (**Slika 11.34e**), mačka bljedica (*Scyliorhinus canicula*) (**Slika 11.34b**), pas kostelj (*Squalus acanthias*) (**Slika 11.34c**) i velika bijela psina (*Carcharodon carcharias*).

Cjeloglavke (Holocephali) su malobrojna skupina neobičnih morskih organizama relativno sličnih hrskavičnjačama koje su se ranije svrstavale u ribe hrskavičnjače, a danas se smatraju zasebnim razredom. Za njih se još koriste i nazivi himere, morski štakori i morski zečevi, a naziv su dobile po neobičnom kosturu lubanje i izgledu glave te po jedinstvenim zubnim pločama. Imaju velike prsne peraje, dugačke ušiljene repove i jedan vanjski škržni otvor. U svijetu je poznato nešto više od 50 vrsta, a u Jadranskom moru obitava čudnovati morski štakor (*Chimaera monstrosa*).

Mnogoperke (Cladistii) su također skupina vodenih kralješnjaka koja se ranije svrstavala u grupu riba koštunjača dok se danas izdvajaju kao zaseban razred. Naziv su dobile po većem broju odvojenih leđnih perajica koje su prisutne duž dijela tijela. Malobrojna su skupina sa samo 15-ak poznatih vrsta, a nastanjuju slatkovodna staništa na području Afrike.

Zrakoperke (Actinopteri) su najbrojnija i najraznolikija skupina kralješnjaka. U prošlosti su većinu vrsta iz ove skupine nazivali ribe koštunjače, ali se to u novije vrijeme koristi samo kao kolokvijalni naziv. I u ekološkom i ekonomskom smislu imaju izuzetnu važnost za vodene ekosustave i čovjeka. Razlikuju se po kretanju, prehrani, razmnožavanju i ponašanju. Nastanjuju plitka i duboka mora, oceane, prijelazne (boćate) vode, stajačice, tekućice pa čak i podzemna staništa. Imaju koštani kostur (zaštita živčanoga sustava i potpora mišićima), parne peraje (stabilizacija tijela) i ljuske na tijelu (zaštita tijela). Škrge su pokrivene posebnim koštanim poklopcem, operkulumom. Ektotermni su organizmi sa zatvorenim optjecajnim sustavom, a srce ima jednu pretklijetku i klijetku. Većina vrsta ima plivači mjehur koji omogućuje plovnost odnosno održavanje tijela u stupcu vode. Na tijelu je prisutna bočna pruga kao vrlo važan osjetilni organ. Većina vrsta su odvojenog spola, a oplodnja je najčešće vanjska. Tijelo većine vrsta prekriveno je tankim koštanim ljuskama.

U svijetu je poznato više od 35 tisuća vrsta od kojih su polovica slatkovodne ribe. U Hrvatskoj je zabilježeno skoro 550 vrsta zrakerki među kojima je 400-tinjak morskih i oko 130 slatkovodnih vrsta. Šest vrsta zrakerki izumrlo je na području Hrvatske, osamdesetak je ugroženo, a više od 60 ih je strogo zaštićeno. Poznate vrste

© Hans Hillewaert, preuzeto s
<https://commons.wikimedia.org/>



a)



b)



c)

© Roberto Pillon, preuzeto s
<http://www.fishbase.org/>

(autor: P. Mustafić)



d)



e)



f)

(autor: P. Mustafić)

Slika 11.35. Predstavnici zrakovke u Hrvatskoj: a) brancin (*Dicentrarchus labrax*), b) orada (*Sparus aurata*), c) špar (*Diplodus annularis*), d) šaran (*Cyprinus carpio*), e) štuka (*Esox lucius*), f) klen (*Squalius cephalus*).

zrakovke u moru su lubin (brancin) (*Dicentrarchus labrax*) (**Slika 11.35a**), orada (komarča) (*Sparus aurata*) (**Slika 11.35b**), oslić (mol) (*Merluccius merluccius*), plavoperajna tuna (tunj) (*Thunnus thynnus*), srdela (*Sardina pilchardus*), špar (*Diplodus annularis*) (**Slika 11.35c**), knez (*Coris julis*), cipoli (cipli) (*Mugil* spp., *Liza* spp.), salpa (*Sarpa salpa*), šk(a)rpina (*Scorpaena scrofa*), ugor (*Conger conger*) i dr. U slatkim vodama uobičajene su: jegulja (*Anguilla anguilla*), po- točna pastrva (*Salmo trutta*), šaran (*Cyprinus carpio*) (**Slika 11.35d**), štuka (*Esox lucius*) (**Slika 11.35e**), smuđ (*Sander lucioperca*), ukli- ja (*Alburnus alburnus*), bodorka (crvenooka) (*Rutilus rutilus*), klen (*Squalius cephalus*) (**Slika 11.35f**) i dr. Posebno zanimljiva je slatko- vodna ihtiofauna zbog više od 50 endemskih vrsta koje najvećim di- jelom nastanjuju krške vode Like i Dalmacije, primjerice: krbavska gaovica (*Delminichthys krbavensis*), kapelska svijetlica (*Telestes kar- sticus*), hrvatski pijor (*Telestes croaticus*), cetinski vijun (*Cobitis dal- matina*) i dr.

Nekadašnji razred meso- ili mesnatoperke obuhvaćao je dvije skupine vodenih kralješnjaka: resoperke (Coelacanthi) (**Slika 11.36a**) i dvodihalice (Dipneusti) (**Slika 11.36b**). Danas se ove skupine sma- traju zasebnim razredima. Smatra se kako su se od predaka ovih ži- votinja razvili svi kopnjeni kralješnjaci. Peraje su im različite od pera- ja ostalih „riba“ jer im je osnova povećana i sadrže mišiće („mesnate

(preuzeto s: <https://www.naturalist.org/>, © wrecklessmarine)



(preuzeto s: <https://hr.wikipedia.org/>, © Mitch Ames)

Slika 11.36. Predstavnici mesoperki: a) istočnolondonska latimerija (*Latimeria chalumnae*), b) australaska dvodihhalica (*Neoceratodus forsteri*).

peraje“) povezane s unutrašnjim kosturom. Osim za plivanje peraje koriste i za kretanje („hodanje“) po dnu. Tijelo im je pokriveno primitivnim, zadebljalim ostakličnim (kozmoidnim) ljuskama.

Osim toga, dvodihalice imaju unutrašnje nosne otvore koji povezuju nosne šupljine sa ždrijelom i osim škrga imaju jednostavna pluća kao dodatni organ za disanje. Najmanje su brojni razredi kralješnjaka, ali i „riba“ pa su poznate samo 2 žive vrste mesoperki i 6 vrsta dvodihhalica (**Slika 36a, b**). Dvodihalice nastanjuju južnu Ameriku, Afriku i Australiju, a mesoperke žive u Indijskom oceanu i uz obale Indonezije.

Vodozemci (Amphibia) su prvi kopneni i četveronožni kralješnjaci (**Slika 11.37**). Međutim, iako su napustili vodu i dalje su vezani za vodena i vlažna staništa barem tijekom razdoblja razmnožavanja. Nastanjuju vodena (kopnene vode), vlažna i kopnena staništa, a postoje i vrste koje se penju na drveće. Vodozemci ne mogu živjeti u moru. Imaju ličinke koje žive u vodi (kod žaba se nazivaju punoglavci), a preobražavaju se (**metamorfoziraju**) u odrasle jedinke koje zatim koriste i kopnena staništa. Ličinke se hrane detritusom, kao strvinari i kao predatori, a odrasli najvećim dijelom love beskralješnjake za što ponekad koriste ljepljivi jezik. Na rubu čeljusti ponekad imaju sitne zube. Koža im je gola, tanka i propusna pa mogu disati i preko kože, ali ne mogu živjeti u moru. U koži se nalazi velik broj žlijezda koje luče sluz, ali kod nekih vrsta i otrov (primjerice daždevnjaci (*Salamandra* spp.), krastače (*Bufo* i *Bufo*)). Nosni otvori su povezani s usnom šupljinom što omogućuje novi način disanja. Ličinke dišu škrgama, a odrasli plućima, kožom i usnom šupljinom. Žabe se intenzivno glasaju

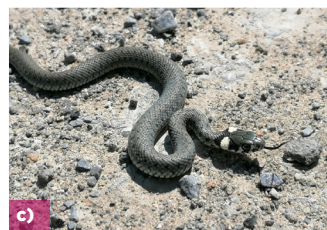


Slika 11.37. Predstavnici vodozemaca u Hrvatskoj: a) pjegavi daždevnjak (*Salamandra salamandra*), b) mali vodenjak (*Lissotriton vulgaris*), c) čovječja ribica (*Proteus anguinus*), d) šumska smeđa žaba (*Rana dalmatina*), e) velika zelena žaba (*Pelophylax ridibundus*), f) smeđa krastača (*Bufo bufo*).

i dobro čuju što omogućuje komunikaciju. Ektotermni su organizmi kojima je optjecajni sustav zatvoren, a srce trodijelno (2 pretklijetke i 1 klijetka). Odvojenoga su spola, a oplodnja je najčešće vanjska. Imaju veliku sposobnost regeneracije. Smatraju se najmanjim kralješnjacima jer više od 50 % vrsta ima masu manju od 5 grama. Osim toga žabe su i najkraći kralješnjaci jer imaju samo 9 kralješaka. Znanost koja se bavi proučavanjem vodozemaca i gmazova naziva se **herpetologija**. Vodozemci se dijele u tri reda: bezrepci (žabe) (Anura), repaši (Caudata) (vodenjaci (*Triturus* spp.), daždevnjaci (*Salamandra* spp.), čovječja ribica (*Proteus anguinus*)) i beznošci (Gymnophiona).

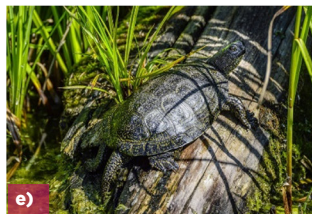
Poznato je gotovo 9 tisuća vrsta vodozemaca od čega su 7,5 tisuća žabe. U Hrvatskoj obitava 20-ak vrsta vodozemaca među kojima su poznate žabe (močvarna smeđa žaba (*Rana arvalis*) i šumska smeđa žaba (*Rana dalmatina*) (Slika 11.37d), zelene žabe (*Pelophylax* spp.) (Slika 11.37e), krastače (*Bufo* i *Bufotes*) (Slika 11.37f), vodenjaci (veliki vodenjak (*Triturus carnifex*), mali vodenjak (*Lissotriton vulgaris*)) (Slika 11.37b) i daždevnjaci (pjegavi daždevnjak (*Salamandra salamandra*) (Slika 11.37a), crni daždevnjak (*Salamandra atra*)). Dvije vrste vodozemaca su ugrožene, a trinaest vrsta je strogo zaštićeno. Najzanimljivija vrsta je špiljski vodozemac čovječja ribica (*Proteus anguinus*) (Slika 11.37c) koja je endem dinarskoga krša i strogo je zaštićena vrsta.

(preuzeto s: <https://www.inaturalist.org/>, © Francesco Cecere)



(preuzeto s: <https://www.inaturalist.org/>, © ruebezahl)
(preuzeto s: <https://www.inaturalist.org/>, © Branislav Te)

(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)
(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

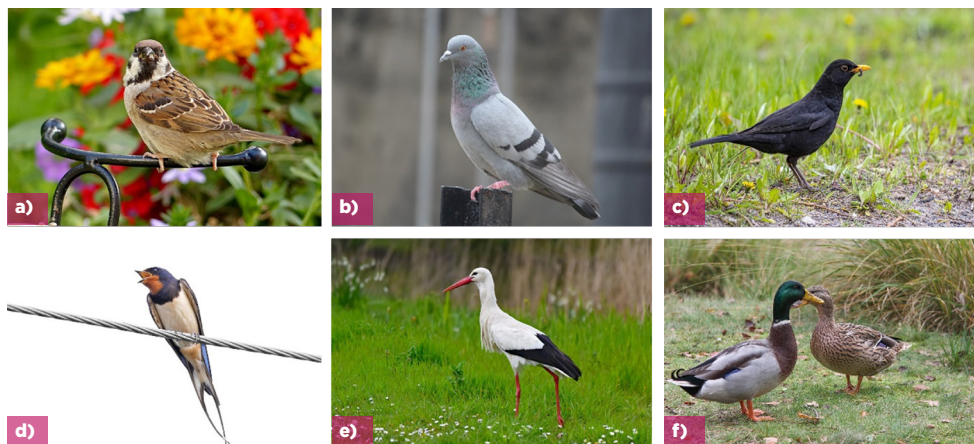
Slika 11.38. Predstavnici gmazova u Hrvatskoj: a) primorska gušterica (*Podarcis siculus*), b) sljepić (*Anguis fragilis*), c) bjelouška (*Natrix natrix*), d) poskok (*Vipera ammodytes*), e) barska kornjača (*Emys orbicularis*), f) čančara (*Testudo hermanni*).

Gmazovi (Reptilia) su prvi pravi kopneni kralješnjaci koji su se razmnožavanjem u potpunosti odvojili od vode i vodenih staništa (**Slika 11.38**). Gmazovi su osim toga i prvi amnioti jer se kod njih javlja treća zametna ovojnica amnion. U odnosu na vodozemce prilično se razlikuju veličinom (od 1 gram do tisuću kilograma), oblikom, prehranom i načinom kretanja. Kod gmazova se prvi put javlja pravo kopneno jaje koje je omogućilo preživljavanje mladih jedinki u kopnenim uvjetima. Najčešće se hrane kao predatori, ali i ima i biljojeda te strvinara. Koža je debela i nepropusna te prekrivena ljuskama i pločama pa sprječava isušivanje. Kako rastu, tijekom života, periodički presvlače kožu. Ektotermni su organizmi, ali mogu regulirati toplinu tijela ponašanjem (sunčanje, kontakt s toplom podlogom, skrivanje u hladu ili ispod zemlje...). Dišu plućima, srce je trodijelno, ali je klijetka djelomično pregrađena (kod krokodila je potpuno pregrađena). Odvojenoga su spola, imaju organe za kopulaciju, oplodnja je unutrašnja i nemaju ličinke, već se početno razdoblje razvoja odvija unutar jajeta. Pojedine vrste rađaju žive mlade, odnosno mladi se izliježu iz jajeta unutar tijela majki. Imaju djelomičnu sposobnost regeneracije. Među gmazovima postoje skupine koje nemaju udove (zmije, beznogi gušteri, primjerice sljepić (*Anguis fragilis*)) i koje plivaju (kornjače, krokodili), ali većina se kreće po tlu ili penje zahvaljujući kandžama na prstima. Macaklini imaju začuđujuću sposobnost penjanja po glatkim površinama zahvaljujući posebnim strukturama na prstima. Nakon riba,

gmazovi su najbrojniji kralješnjaci s više od 12 tisuća poznatih vrsta. Znanost koja se bavi proučavanjem vodozemaca, ali i gmazova naziva se herpetologija. Dije se na 4 reda i to: premosnike (Rhynchocephalia), kornjače (Testudines), krokodile (Crocodilia) i ljuskaše (Squamata) (gušteri (Lacertilia) i zmije (Serpentes)).

Najbrojnija su skupina upravo ljuskaši s više od 10 tisuća opisanih vrsta. U Hrvatskoj obitava 40-ak vrsta gmazova pri čemu su najbrojnije skupine gušteri i zmije. Šest vrsta gmazova je ugroženo, a trideset tri vrste su strogo zaštićene. Najpoznatije vrste guštera su: obični zelembač (*Lacerta viridis*), livadna gušterica (*Lacerta agilis*), zidna gušterica (*Podarcis muralis*), primorska gušterica (*Podarcis siculus*) (**Slika 11.38a**) i slijepić (*Anguis fragilis*) (**Slika 11.38b**). Među zmijsama česta i poznate su smukulja (*Coronella austriaca*), bjelica (*Zamenis longissimus*), bjelouška (*Natrix natrix*) (**Slika 11.38c**), poskok (*Vipera ammodytes*) (**Slika 11.38d**) i ridovka (*Vipera berus*). Osim morskih kornjača, kao što je glavata želva (*Caretta caretta*), prisutna je i slatkovodna barska kornjača (*Emys orbicularis*) (**Slika 11.38e**) te kopnena čančara (*Testudo hermanni*) (**Slika 11.38f**).

Ptice (Aves) su prvi endotermni kralješnjaci i jedna od dvije skupine živućih kralješnjaka koja leti (**Slika 11.39**). Upravo je let u najvećoj mjeri odredio izgled, veličinu, anatomiju, fiziologiju i ponašanje ptica. Ptice veličinom i oblikom tijela nisu toliko raznolike kao druge skupine kralješnjaka jer većina vrsta leti, a za let je potrebna mala masa i karakteristična građa tijela. U najvećoj mjeri ptice se razlikuju po izgledu kljunova i nogu (stopala). Raspon veličina kreće se od 2 grama kod nekih kolibrića (Trochilidae) do gotovo 160 kilograma kod noja (*Struthio camelus*) (koji ne leti). Tijelo ptica pokriveno je perjem koje omogućuje let, ali služi i za toplinsku izolaciju, daje oblik tijelu te osigurava obojenost. Optjecajni, dišni (protočna pluća), probavni, koštani (šuplje kosti), živčani i osjetilni sustavi ptica vrlo su razvijeni i specijalizirani kako bi podržavali letenje. Koža im je tanka i gotovo pa nema žlijezda. Endotermni su organizmi, a srce im je četverodijelno (2 pretkljetke, 2 kljetke). Odvojenoga su spola, a oplodnja je unutrašnja. Za razliku od sisavaca, ptice nakupljaju vrlo malu količinu masti pa su stalno aktivne, a nepovoljno razdoblje tijekom godine mnoge izbjegavaju tako što migriraju. Znanost koja se bavi proučavanjem ptica naziva se **ornitologija**.

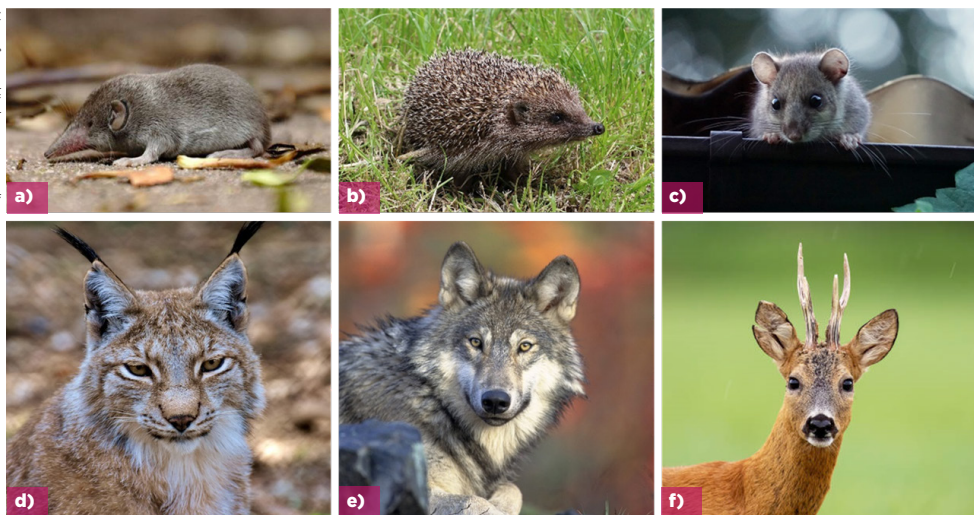


(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 11.39. Predstavnici ptica u Hrvatskoj: a) obični vrabac (*Passer domesticus*), b) divlji golub (*Columba livia*), c) kos (*Turdus merula*), d) lastavica (*Hirundo rustica*), e) bijela roda (*Ciconia ciconia*), f) divlja patka (*Anas platyrhynchos*).

Poznato je više od 11 tisuća vrsta podijeljenih u 30 redova, a najbrojnija skupina su pjevice ili vrapčarke. U Hrvatskoj je zabilježeno oko 400 vrsta ptica pri čemu veći dio **ornitofaune** (285 vrsta), čine vrste koje ovdje redovito obitavaju i gnijezde, dok su ostale zimovalice, preletnice, rijetke ili slučajne vrste. Kao i su svijetu, i u Hrvatskoj su pjevice (Passeri) (vrapčarke (Passeriformes)) najbrojnija skupina s više od 150 zabilježenih vrsta. Jedanaest vrsta ptica izumrlo je na području Hrvatske, osamdesetak vrsta je ugroženo, a više od 290 vrsta strogo je zaštićeno. Najpoznatije vrste su obični vrabac (*Passer domesticus*) (**Slika 11.39a**), divlji golub (*Columba livia*) (**Slika 11.39b**), kos (*Turdus merula*) (**Slika 11.39c**), lastavica (*Hirundo rustica*) (**Slika 11.39d**), bijela roda (*Ciconia ciconia*) (**Slika 11.39e**), divlja patka (*Anas platyrhynchos*) (**Slika 39f**), gaćac (*Corvus frugilegus*), gugutka (*Streptopelia turtur*), velika sjenica (*Parus major*) i slavuj (*Luscinia megarhynchos*). Česte vrste su i: veliki vranac (*Phalacrocorax carbo*), siva čaplja (*Ardea cinerea*), crvenokljuni labud (*Cygnus olor*), škanjac (*Buteo buteo*), vjetruša (*Falco tinnunculus*), fazan (*Phasianus colchicus*), liska (*Fulica atra*), galeb klaukavac (*Larus michahellis*), ćuk (*Otus scops*), veliki djetlić (*Dendrocopos major*), piljak (*Delichon urbicum*), crvendać (*Erithacus rubecula*), gavran (*Corvus corax*), zeba (*Fringilla coelebs*).

(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)



Slika 11.40. Predstavnici sisavaca u Hrvatskoj: a) patuljasta rovka (*Suncus etruscus*), b) sjeverni bjeloprsi jež (*Erinaceus roumanicus*), c) sivi puh (*Glis glis*), d) obični ris (*Lynx lynx*), e) sivi vuk (*Canis lupus*), f) obična srna (*Capreolus capreolus*).

Sisavci (Mammalia) su uz ptice jedini endotermni organizmi. Poput gmazova i ptica, sisavci su također imaju treću zametnu ovojnicu (amnion). Za razliku od svih ostalih kralješnjaka, tijelo im je najčešće prekriveno dlakom koja služi kao toplinska izolacija, mehanička zaštita, ima osjetnu ulogu, a omogućuje i obojenje tijela (**Slika 11.40**). Većina se sisavaca razmnožava tako što se mladi razvijaju unutar maternice majki. Sisavci su jedinstveni po tome što ženke stvaraju mlijeko u mliječnim žlijezdama kojima hrane mladunce (koji sišu mlijeko). Mliječne žlijezde imaju izvode prema van koji se otvaraju na sisama po čemu je skupina i dobila naziv. Kao i ptice, sisavci imaju vrlo razvijen živčani, osjetni, probavni, optjecajni i dišni sustav što im omogućuje veliku pokretljivost i prilagodljivost na različite tipove staništa. Sisavci se međusobno najviše razlikuju po načinu kretanja (hodaju, trče, kopaju, plivaju, lete, jedre, penju se, skaču), izgledu udova (noge, ruke, šape, kopita, krila, peraje) te građi (sjekutići, očnjaci, pretkutnjaci, kutnjaci) i broju zubi (0–240). Jedina su skupina koja žvače i koriste zube za točno određene funkcije ovisno o tipu prehrane. Jedna od značajki sisavaca je nakupljanje potkožne masti koja osigurava dodatnu toplinsku izolaciju, rezervu hrane, stvaranje metaboličke vode i bolju plovnost (vođeni i morski sisavci). Zanimljiva značajka većine vrsta sisavaca su uške koje su najčešće pokretne i usmjeravaju zvuk

u slušni kanal, ali imaju i ulogu u održavanju tjelesne temperature te komunikaciji. Znanost koja se bavi proučavanjem sisavaca naziva se **mamalogija**.

Najmanje su brojna skupina kralješnjaka sa samo 6,5 tisuća poznatih vrsta, međutim, izuzetno su raznoliki veličinom, načinima kretanja i brojem redova. Poznato je 26 redova sisavaca od kojih su neki vrlo brojni i raznoliki (primjerice glodavci (Rodentia) i šišmiši (Chiroptera)), dok su drugi izuzetno malobrojni (primjerice cjevozupci (Tubulidentata), kožuškari (Dermoptera)). Veličina sisavaca varira od 2 g kod patuljaste rovke (*Suncus etruscus*) (**Slika 11.40a**) do 120 tona kod plavetnog kita (*Balaenoptera musculus*). Najveći sisavci na kopnu su afrički slon (*Loxodonta africana*) (masom) i žirafa (*Giraffa camelopardalis*) (visinom).

U Hrvatskoj je zabilježeno 100-tinjak vrsta sisavaca među kojima su prisutne slijedeće skupine: glodavci, zvijeri (Carnivora), kukcojedi (Eulipotyphla), parnoprstaši (Artiodactyla), kitovi (Cetacea) i dvojezupci (Lagomorpha). Poznate vrste šišmiša su: patuljasti šišmiš (*Pipistrellus pipistrellus*), rani večernjak (*Nyctalus noctula*), veliki potkovnjak (*Rhinolophus ferrumequinum*). Uobičajeni glodavci su: šumski miš (*Apodemus sylvaticus*), kućni miš (*Mus musculus*), smeđi štakor (*Rattus norvegicus*), sivi puh (*Glis glis*) (**Slika 11.40c**). Od zvijeri (Carnivora) mogu se istaći: obični ris (*Lynx lynx*), sivi vuk (*Canis lupus*) (**Slika 11.40e**), crvena lisica (*Vulpes vulpes*) i mrki medvjed (*Ursus arctos*). Od ostalih vrsta sisavaca, poznati su još i dobri dupin (*Tursiops truncatus*), sjeverni bjeloprsi jež (*Erinaceus roumanicus*) (**Slika 11.40b**), europska krtica (*Talpa europaea*), divlji zec (*Lepus europaeus*), obična srna (*Capreolus capreolus*) (**Slika 11.40f**), obični jelen (*Cervus elaphus*) i divlja svinja (*Sus scrofa*). Osam vrsta sisavaca je izumrlo na području Hrvatske (3 su ponovo naseljene: europski dabar (*Castor fiber*), obični ris (*Lynx lynx*) (**Slika 11.40d**) i divokoza (*Rupicapra rupicapra*)), 8 ih je ugroženo, a 60 vrsta je strogo zaštićeno.

A photograph of a wooden raised garden bed. The bed is filled with soil, some green plants, and some fallen leaves. A green semi-transparent overlay covers the right side of the image. The text 'XII.' is written in white, bold, sans-serif font on the right side of the image.

XII.

**PRIMJERI
PRAKTIČNIH
PROJEKTNIH
ZADATAKA**

Ovi primjeri mogu poslužiti kao ideje kako pripremiti „male“ ekološke projekte prilagođene za djecu nižih razreda osnovne škole. U tekstu koji slijedi nalazi se kratki opis postupka vezan uz svaku od zadanih tema. Svaki zadatak treba sadržavati i kratki teorijski uvod u kojemu je potrebno istražiti i prezentirati teorijsko poznavanje svake od zadanih tema. Osim studentima, ove aktivnosti mogu poslužiti i učiteljima razredne nastave a neke od njih i odgajateljima u ustanovama ranog i predškolskog odgoja i obrazovanja kako bi ih u sklopu planiranih tematskih cjelina, zajedno izvodili s djecom.

ODNOSI IZMEĐU POPULACIJA ISTIH I RAZLIČITIH VRSTA

1.

Jedinke istih ili različitih vrsta svakodnevno stupaju u razne međusobne odnose. Prošećite prirodom i fotodokumentirajte što je više moguće različitih tipova odnosa u vašoj okolini (primjerice **Slika 12.1**) i pripremite izlaganje u kojemu ćete objasniti ulogu svakog člana u dokumentiranom odnosu.

(preuzeto s: <https://www.pixabay.com/>)
© Raikr_2)



a)



b)

(preuzeto s: <https://www.freepik.com/>)
© wifirstock)

Slika 12.1. Primjeri intra- i interspecijskih odnosa: a) kompeticija za hranu, b) mutualizam.

2. Učinak mineralnih soli na rast planktonskih algi (fitoplanktona)

Plankton čine zajednice raznih vrsta mikroorganizama koje se mogu naći u vodenim ekosustavima (morima, oceanima, kopnenim vodama). Organizmi planktona nemaju mogućnosti samostalnoga kretanja u vodenom ekosustavu koji naseljavaju, već njihova kretanja ovise o gibanju vode. Plankton se može podijeliti na zooplankton (sitni životinjski organizmi, poput račića veslonožaca i vodenbuha) te fitoplankton (sitni autotrofni organizmi, kao što su alge). U slučaju prekomjernoga unosa mineralnih soli (dušika i fosfora) u vodeni ekosustav, doći će do pojave cvjetanja fitoplanktonskih algi (**Slika 12.2**). Ovu pojavu možete eksperimentalno i sami istražiti dodajući mineralne soli u vodu u kojoj se nalaze jednostanične alge, tj. fitoplankton.



(preuzeto s: <https://www.unsplash.com/> © Liz Harrell)

Slika 12.2. Cvjetanje algi.

ZA AKTIVNOST BIT ĆE VAM POTREBAN SLJEDEĆI MATERIJAL:

- Četiri velike plastične boce (primjerice one od 5 litara vode)
- Destilirana voda
- Tekuće gnojivo sa što većim udjelom fosfata (ili univerzalno tekuće NPK gnojivo)

POSTUPAK IZVOĐENJA AKTIVNOSTI:

- Dvije plastične boce (označite ih kao bocu broj jedan i bocu broj dva) do pola napunite vodom iz obližnjega potoka ili bare (pri tome pazite da vodu zagrabite s istoga mjesta).
- Treću plastičnu bocu napunite do četvrtine s destiliranom vodom, i tu vodu potom prelijte u bocu broj jedan.
- Četvrtu plastičnu bocu napunite do četvrtine njezina volumena destiliranom vodom koju potom pomiješajte s tekućim gnojivom (prema uputama na gnojivu koje ćete koristiti). Ovu otopinu potom prelijte u bocu broj dva.
- Bocu broj jedan i bocu broj dva ostavite otvorene i izložene Sunčevoj svjetlosti. Promatrajte i bilježite (fotodokumentirajte) razlike u rastu algi tijekom određenoga vremena (ovaj pokus potrebno je provoditi tijekom 30 dana). Alge koje se nalaze u boci s gnojivom trebale bi rasti puno brže što predstavlja njihovo cvjetanje.

3. Malo botaničko istraživanje – zavičajne ili autohtone vrste vs. strane ili alohtone i invazivne vrste biljaka

Svaka biljna zajednica određenoga ekosustava na Zemlji obilježena je vrstama čija je prisutnost na tom području isključivo rezultat prirodnih procesa, bez ikakvoga čovjekova djelovanja. Takve su biljke savršeno prilagođene uvjetima u okolišu u kojemu rastu te ih nazivamo autohtonim ili zavičajnim vrstama. S druge strane, pojavnost nekih vrsta uvjetovana je ljudskim čimbenicima te se one nalaze izvan svoje prirodne rasprostranjenosti. Takve se vrste nazivaju strane (unesene) ili alohtone vrste. Prema dostupnim podacima, udio stranih biljaka u nacionalnim florama Europe doseže čak i do 50 % od ukupnoga broja biljnih vrsta. U Republici Hrvatskoj taj popis još uvijek nije potpun, ali iznosi otprilike 600-tinjak biljnih vrsta (**Slika 12.3**).



Slika 12.3. Primjeri biljaka u Hrvatskoj: a) invazivna strana vrsta, ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*) i b) zavičajna vrsta, kockavica (*Fritillaria meleagris*).

POSTUPAK IZVOĐENJA AKTIVNOSTI:

- Izaberite mjesto na livadi ili u parku koje je bogato prekriveno vegetacijom, gdje vam na prvi pogled izgleda nastanjeno različitim biljnim vrstama (monokulturni travnjaci nisu prikladni za ovo istraživanje).
- Pomoću drvenih štapova i špage izradite kvadrat površine od 1 ili 2 m² (ovisno o raznolikosti biljnih vrsta koju uočite, ako je ona manja, istraživanje provedite na površini od 1 m²) na kojemu ćete promatrati i bilježiti biljne vrste koje ondje rastu.
- Biljke je potrebno fotografirati te pomoću ključeva za određivanje vrsta (knjiga koje se koristi za raspoznavanje organizama, primjerice Domac (1979), Domac (2002)) ili *online* alata za određivanje (primjerice android aplikacija Seek), pokušati odrediti o kojim se biljnim vrstama radi.
- Potrebno je bilježiti i brojnost svake vrste koju uočite.
- Brojnosti svake vrste potrebno je, uz fotografiju vrste, prikazati nekim od grafičkih prikaza (primjerice možete ih izraditi u MS Excel dokumentu).
- U literaturi ćete istražiti porijeklo svake od zabilježenih vrsta (gdje prirodno rastu).
- Navedite autohtone vrste biljaka te istražite jesu li moguće biljke hraniteljice za neke od zavičajnih vrsta kukaca, kao što su leptiri.
- Istražite i vrste koje nisu autohtone za vaše područje istraživanja. Utvrdite gdje one prirodno rastu i kojim su organizmima važne za preživljavanje u prirodnom području rasprostranjenosti.
- Istražite što su to invazivne vrste te koje su njihove značajke. Imate li i vi neku od invazivnih biljaka u svojem popisu vrsta?

4. Učinak gujavica na rast biljaka

Gujavice (primjerice *Lumbricus terrestris*) su vrlo važni organizmi u ekosustavu tla. Mnoga istraživanja pokazala su pozitivan utjecaj gujavica na strukturu tla te na njegovu plodnost. One sudjeluju u razgradnji primarne organske tvari u tlu te u stvaranju humusa, koji je iznimno pogodan za rast brojnih vrsta biljaka. Gujavice sudjeluju u pretvorbi složenih organskih spojeva u jednostavne oblike, koje mogu koristiti biljke. Osim toga, pridonose i prozračivanju tla stvaranjem tunela kroz koje se kreću (**Slika 12.4**).



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 12.4. Gujavica u kompostištu.

I vi možete jednostavnim istraživanjem pokazati kako gujavice utječu na zemlju i pomažu biljkama da uspješnije rastu.

ZA AKTIVNOST BIT ĆE VAM POTREBAN SLJEDEĆI MATERIJAL:

- Četiri plastične prozirne posude – možete primjerice koristiti boce za vodu od 5 litara kojima ćete odrezati vrh da poprime oblik posude za sadnju biljaka.
- Gujavice
- Sjemenke (primjerice graha, graška pšenice, kukuruza ili rajčice)
- Voda
- Povećalo

POSTUPAK IZVOĐENJA AKTIVNOSTI:

- Započnite tako da postavite nekoliko sjemenki (barem dvije ili više, ovisno o veličini posude i veličini sjemenke) u četiri plastične prozirne posude. Na dnu svake boce potrebno je napraviti rupe kroz koje će se odvijati otjecanje viška vode.
- U dvije od četiri posude postavite po dvije gujavice. Posude je potrebno označiti kako biste u svakom trenutku znali gdje se nalaze/ ne nalaze gujavice.
- U svaku posudu potrebno je staviti istu količinu zemlje i isti broj sjemenki.
- Sjemenke je potrebno prekriti zemljom.
- Svaku posudu zalijevajte istom količinom vode, u isto vrijeme, kada primjetite da se zemlja osuši. Za ovo istraživanje bit će vam potrebno barem 30 dana.
- Biljke u posudama u koje ste postavili gujavice trebale bi bolje rasti u usporedbi s biljkama u druge dvije posude budući da izmet gujavica zemlju čini plodnijom. Pratite odvijanje vašega istraživanja te ga fotodokumentirajte svakih 5 dana.
- Tijekom razdoblja provođenja pokusa, moći ćete primijetiti kako gujavice prolazeći kroz tlo, formiraju tunele i prozračuju tlo, čineći njegovu strukturu boljom. Kako biste bolje vidjeli tunele uz rubove posuda, možete se poslužiti povećalom.

S obzirom da se često koristi krivo nazivlje za ove organizme, pri čemu se umjesto gujavicama (*Lumbricus terrestris*) nazivaju glistama (primjerice mala dječja glista (*Enterobius vermicularis*)), istražite razlike između ove dvije vrste životinja!

5. Izradimo svoj vlastiti kompost

Kompostiranje je odličan primjer prirodnoga načina recikliranja, kojim doprinosimo smanjenju gomilanja otpada na odlagalištima. Pretvaranjem naših ostataka hrane u kompost, sudjelujemo u stvaranju zdravoga tla koje će nam poslužiti za uzgoj hrane i za održavanje zdravih i održivih zajednica organizama koji naseljavaju ekosustav tla. Kompostiranje je aerobni proces kojim se prirodnim procesima razlaganja organskih tvari formira tlo bogato organskim spojevima. Krajnji proizvod ovoga procesa je humus; taman, mrvljiv materijal zemljanoga mirisa. U procesu kompostiranja ključnu ulogu imaju mikroorganizmi (primjerice saprofitske bakterije i gljivice) koji se hrane materijalima koji se dodaju u kompostište (**Slika 12.5**) tijekom procesa kompostiranja. I vi možete kod kuće (ali i u školi ili vrtiću) proizvoditi kompost koristeći ostatke hrane iz vaše kuhinje te suho lišće



(preuzeto s: <https://pixabay.com/>)

Slika 12.5. Primjer kompostišta s ostacima hrane.

i drvenasti materijal iz vašega dvorišta, ako za to imate mogućnosti. Zna li što se sve smije, a što ne smije odlagati u biootpad i sudjelovati u formiranju komposta? Zašto?

ZA AKTIVNOST BIT ĆE VAM POTREBAN SLJEDEĆI MATERIJAL:

- Lopatica za kopanje
- Lopata ili vile za kopanje
- Suha trava ili slama
- Ostaci hrane

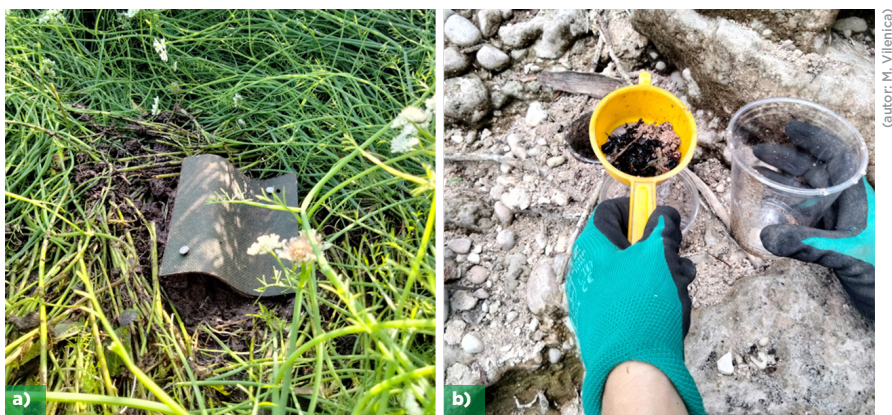
POSTUPAK ZA IZRADU KOMPOSTIŠTA:

- U kutu svojega vrta, ako ga imate, iskopajte rupu u zemlji, primjerice veličine oko 1 m².
- Na dno rupe položite suhu travu ili slamu.
- Na suhu travu ili slamu postavite biorazgradivi otpad u rupu (biljne ostatke hrane).
- Otpad prekrijte tankim slojem zemlje.
- Jednom ili dvaput tjedno zalijte kompostište vodom, kako bi se zemlja održala vlažnom i kako biste pomogli bakterijama da razgrade kompost.
- Svaka dva tjedna pomoću lopate (ili vila za kopanje (uz oprez da se netko ne ozlijeđi)) preokrenite sadržaj rupe –tako ćete kompostu dodati kisik i ubrzati razgradnju.
- Prema potrebi, dodajte još biorazgradivoga otpada i zemlje.
- Nakon 3-4 mjeseca kompostno gnojivo bit će spremno za uporabu u vrtu.

6. Tko živi na površini tla?

Tlo je rahli površinski sloj Zemljine kore nastao tijekom dugoga vremena trošenjem stijena pod utjecajem atmosferskih prilika. Tlo je naseljeno čitavim nizom organizama različitih veličina, od onih mikroskopskih, nevidljivih golom oku, preko beskralješnjaka do kralješnjaka. Oni ekosustav tla mogu naseljavati cijeli svoj život ili samo dio života. Svi ovi organizmi čine faunu tla. Fauna tla znatno utječe na osobine tla tako što miješa, premješta tlo, pomaže u njegovoj agregaciji te stvara hodnike što pomaže u prozračivanju tla. Neki predstavnici faune tla u svojem probavnom sustavu utječu na promjene pojedinih sastojaka tla razgrađujući neke njegove komponente.

Ovom aktivnosti i sami ćete se pobliže upoznati sa stanovnicima tla postavljanjem zamki za faunu tla te promatranjem ulovljenih životinja pod povećalom. Da biste upoznali što raznovrsnije životinje, postavite klopke u barem dva različita staništa, primjerice dvorište, park, travnjak, šuma, cvijetnjak, ispod grmlja itd.



Slika 12.6. Metodologija lova faune tla: a) primjer postavljene lovne posude, b) prosijavanje ulovljene faune tla kroz sito u plastičnu posudicu s čistim 70 % etanolom.

ZA AKTIVNOST BIT ĆE VAM POTREBAN SLJEDEĆI MATERIJAL:

- Lopatica za kopanje
- Plastične čaše
- Drveni štapići
- Tanki stiropor (ili bilo koji drugi materijal od kojega je moguće izraditi „krović“ koji će pokriti zamku)
- Vinski ocat
- Alkohol (70% otopina etanola)
- Plastične posudice za pohranu sakupljenoga materijala
- Pinceta
- Cjedilo
- Plastična posuda za sakupljanje iskorištene mješavine alkohola i octa (atraktanta u klopama)
- Dvije Petrijeve zdjelice ili dva porculanska tanjurića
- Povećalo

POSTUPAK IZVOĐENJA AKTIVNOSTI:

- Iskopajte rupu u zemlji i postavite u nju čašu do pola njenoga volumena napunjenu octom i 70 % etilnim alkoholom (za primamljivanje, a potom konzerviranje uhvaćenih životinja).
- Rub čaše neka bude u razini tla kako bi organizmi tla mogli što lakše upasti u klopku dok šetaju po tlu.
- Oko čaše nabodite tanke štapiće te na njih tanki komad stiropora da dobijete krović koji će spriječiti upadanje lišća ili kiše u vašu klopku (**Slika 12.6a**). Krović ne morate nužno izraditi od stiropora, može vam u tu svrhu poslužiti bilo koji materijal koji možete izrezati u obliku pločice, i na koji možete nabosti tanke štapiće.
- Klopku ostavite 5 dana.
- Nakon 5 dana iz postavljenih posuda sakupite životinje koje su se ulovile u klopku:
 - U plastičnu posudu pomoću sita prosijajte sadržaj lovne posude (klopke) (**Slika 12.6b**).
 - U novu plastičnu posudicu ulijte čisti 70 % etilni alkohol i u njega istresite organizme koji su se ulovili u klopku – isti postupak primijenite za obje klopke (s oba tipa staništa/mikrostaništa).
- Nakon dolaska u učionicu, u Petrijeve zdjelice ili na porculanske tanjuriće izvadite sadržaj svake lovne posude te pogledajte organizme pod povećalom.
- Pomoću *online* pretraživača (primjerice android aplikacija Seek) ili tiskanih ključeva za određivanje (primjerice Chinery (1986), Roberts (2001)) pokušajte odrediti o kojim skupinama organizama je riječ.
- Priredite prezentaciju u kojoj ćete prikazati brojnost svake skupine te razlike ili sličnosti između dviju lovni posuda (uzorkovanih staništa/mikrostaništa).
- U prezentaciji navedite osnovne biološke i ekološke značajke sakupljenih skupina organizama

7. **Zaštita prirode i važnost recikliranja otpada**

Svake godine diljem svijeta raste veličina ljudske populacije, urbanizacija i industrijalizacija, a prati ih rast količine proizvedenoga globalnog urbanog (ali i industrijskoga i medicinskoga) otpada. No, u velikom broju urbanih područja zabilježene su još uvijek niske stope recikliranja otpada. Stoga je jedan od ključnih izazova sadašnjosti i bliske budućnosti, poboljšanje učinkovitosti recikliranja i razvijanje svijesti među građanstvom o važnosti istoga, kako bi se brojni kvalitetni materijali mogli ponovo iskoristiti, uštedjeli resursi i spriječilo nepotrebno gomilanje otpada na odlagalištima.

Stoga je vrlo važno već u najranijoj dobi usvojiti veliku važnost recikliranja otpada za očuvanje okoliša. Potrebno je djecu naučiti prikladnim načinima recikliranja otpada tako da u konačnici nauče smanjiti svoj negativan učinak na okoliš smanjenjem stvaranja otpada ponovnim korištenjem i recikliranjem. Svaka mala stvar koju pojedinac čini na dnevnoj bazi, poput bacanja plastičnih boca u okoliš ili miješani otpad, ima značajan učinak na okoliš. Kako bismo naučili djecu dobrim navikama, možemo im zadavati male zadatke ili akcije čišćenja okoliša koji će im pomoći da shvate koliko je važno reducirati nepotrebno stvaranje otpada i zagađenja.

Neke od aktivnosti koje možete provoditi s djecom, a koje će ih neizravno ili izravno učiti o važnosti ponovnoga korištenja sirovina su sljedeće: izrada hranilice za ptice pomoću otpadnoga materijala, izrada spremnika za odvajanje otpada, izrada igračaka recikliranjem otpadnoga materijala iz kućanstva, izrada sjemenskoga papira.

A) Izrada hranilice za ptice

Tijekom zime, mnoge ptice stanarice, kao što su vrapci, sjenice, brgljez, zebe mogu biti ugrožene zbog nedostatka hrane kojom se hrane, kao što su sjemenke biljaka i ličinke raznih vrsta kukaca. Stoga im izradom hranilice (**Slika 12.7**) pomažemo da prežive zimu. Jedna od vrlo važnih informacija koju bi svatko trebao znati jest da je kruh vrlo loš izbor hrane za ptice, čak i vrlo štetan. Ptice nemaju enzime kojima bi mogle razgraditi ugljikohidrate u kruhu te se čestom konzumacijom kruha njihov životni vijek znatno smanjuje, a mogu i uginuti nakon njegove konzumacije. Kada izrađujete veće hranilice za ptice, bilo bi dobro da vodite računa o tome da sjemenke nisu izložene obo rinama jer izložene vlazi one počinju truliti te nisu kvalitetan izvor hrane za ptice, a mogu uzrokovati i gljivična oboljenja kod ptica.

(preuzeto s: <https://www.unsplash.com/> © Patrice Bouchard
(preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/>)



Slika 12.7. Primjeri hranilica za ptice.

ZA IZRADU MALIH HRANILICA ZA PTICE, KORISTEĆI NEKE OD RECIKLIRANIH MATERIJALA, BIT ĆE VAM POTREBNO SLJEDEĆE:

- Maslac od kikirikija ili životinjski (goveđi ili svinjski) loj
- Štapići od sladoleda
- Sjemenke za divlje ptice (primjerice mješavina pšenice, kikirikija i suncokreta)
- Role toaletnoga papira
- Konac

POSTUPAK JE SLJEDEĆI:

- Pomoću štapića za sladoled, maslacem od kikirikija ili životinjskim lojem prekrijte vanjsku stranu role toaletnoga papira.
- Rolu toaletnoga papira prekrivenu maslacem od kikirikija (ili životinjskim lojem) uvaljajte u mješavinu sjemenki za ptice sve dok površina role ne bude potpuno pokrivena sjemenkama.
- Provucite konac kroz rolu toaletnoga papira i zavežite ga tako da napravite vezicu kojom će se hranilica moći objesiti na drvo.

POSTUPAK JE SLJEDEĆI: (nastavak)

- Objesite hranilicu negdje visoko na drveće gdje će biti lako dostupno pticama, a teško dostupno mačkama. Prilikom postavljanja hranilice, važno je da budete oprezniji kako ne biste pali.
- Tijekom pet dana promatrajte po cca 15 minuta hranilicu, fotografirajte ptice koje se dolaze hraniti ponuđenim sjemenkama te pokušajte odrediti o kojim je vrstama ptica riječ.
- Pripremite kratku prezentaciju u kojoj ćete prikazati brojnost vrsta ptica koje ste zabilježili u razdoblju promatranja. O svakoj vrsti navedite i nekoliko informacija vezanih za njihovu biologiju i ekologiju.

B) IZRADA SPREMNIKA ZA ODVAJANJE OTPADA

Djecu je potrebno već od najranije dobi učini kako i zašto reciklirati otpad. Jedan od načina je i izrada vlastitih spremnika za odvajanje otpada, što će odlaganje i razvrstavanje otpada učiniti zabavnim. Ovakav način učenja odličan je temelj za usvajanje pozitivnih održivih obrazaca ponašanja, koji uključuju i recikliranje i ponovo korištenje otpada tijekom cijeloga života. Djeca vam mogu pomoći izraditi spremnike za odvajanje otpada pomoću praznih kartonskih kutija. Na službenim stranicama gospodarenja otpadom provjerite koje su boje pojedinih spremnika otpada (**Slika 12.8**), što u njih odlažemo i zašto. Prema istom primjeru, i vi izradite spremnike. Dopustite djeci i da



(preuzeto s: <https://www.pixabay.com/> © imordaf)

Slika 12.8. Spremnici za odvajanje otpada koji se može reciklirati.

personaliziraju svoje spremnike, crtajući ili slikajući po njima, kako biste ih dodatno motivirali za odvajanje otpada u iste. Kao provjeru znanja nakon aktivnosti, priredite im primjere otpada (primjerice plastična ambalaža, komad papira, kora od banane, staklenka i slično) kako bi ih sami pohranili u odgovarajući spremnik.

C) IZRADA IGRAČKA RECIKLIRANJEM OTPADNIH KUĆANSKIH PREDMETA

U ovoj aktivnosti možete koristiti bilo koji svakodnevni predmet koji posjedujete u kućanstvu. Osim što djeci daje ideje kako iznova iskoristiti neki predmet koji bi inače završio na otpadu, pomoći će u razvijanju motoričkih aktivnosti, kreativnosti i vježbanju pozornosti. Za ovu aktivnost potrebno vam je što više materijala kako bi vaša igračka bila što kreativnije izrađena, poput kartonskih kutija, starih CD-a, plastičnih boca raznih veličina, posude za sladoled, posude od jogurta, slamke, poklopci od bezalkoholnih pića, poklopci za staklenke, stara odjeća, papir, role toaletnoga papira, aluminijske folije, vrećice, kartonske kutije za jaja itd. U ovoj aktivnosti ima mjesta za raznolik izbor ideja, ovisno o otpadnom materijalu koji ćete imati na raspolaganju.

Jedna od mogućnosti je izrada robota (**Slika 12.9**) recikliranjem otpadnih predmeta iz kućanstva, za što će vam biti potreban sljedeći materijal:



(preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/>)

Slika 12.9. Primjer robota izrađenoga recikliranjem otpadnoga materijala iz kućanstva.

ZA IZRADU ROBOTA BIT ĆE VAM POTREBNO SLJEDEĆE:

- Prazna kartonska kutija od pahuljica (ili neka druga kartonska kutija slične veličine)
- Materijal kojim ćete ispuniti robota za postizanje njegove veće mase kako bi se držao uspravno (primjerice stari ručnik, stari odjevni predmet, vrećica sušenoga graha, novine i slično)
- Aluminijska folija
- Iskorištena rola papirnatih ručnika
- Dvije prazne konzerve od povrća (za izradu nogu robota)
- Jedna prazna velika konzerva, primjerice od 460 grama graha (za izradu glave robota)
- Plastični i metalni poklopci
- Dva aluminijska čepa za boce
- Metalna matica (za izradu nosa robota)
- Dvije žice za pranje suđa ili dvije slamke (za izradu antena robota)
- Bijeli papir i crni marker (za izradu usta robota)
- Ljepljiva traka
- Škare
- Pištolj za vruće ljepilo
- Nožić oštrog vrha

POSTUPAK IZRADE ROBOTA:

- Za početak, kako biste povećali masu tijela robota, u praznu kartonsku kutiju za pahuljice stavite neki od predmeta koji će vam u tome pomoći (primjeri su navedeni u materijalu potrebnom za izradu aktivnosti).
- Omotajte kutiju žitarica aluminijskom folijom i dodatno ju pričvrstite ljepljivom trakom.
- Pomoću nožića oštrog vrha, izradite rupe na bočnoj strani kutije u koje ćete nešto malo kasnije umetnuti robotove ruke.
- Kako biste izradili ruke, prerežite kartonsku cijev papirnatoga ručnika na pola te obje polovice omotajte aluminijskom folijom.
- Umetnite omotane cijevi u stranice kutije za žitarice na mjestima na kojima ste na početku aktivnosti izradili rupe.
- Potom svaku limenku omotajte aluminijskom folijom.
- Kako biste ukasili prednju stranu kutije od pahuljica (tijela robota), na nju zalijepite poklopce od bezalkoholnih pića raznih boja i oblika.
- Zalijepite poklopce i na veliku limenku kako biste izradili oči, a zatim zalijepite aluminijske čepove boca na poklopce kako biste izradili zjenice očiju.
- Zalijepite metalnu maticu kao nos.
- Na bijelom papiru pomoću crnog markera nacrtajte nekoliko paralelnih linija, a zatim povucite jednu okomitu liniju kroz njih. Škarama izrežite usta od opcartanoga papira i zalijepite na limenku.
- Kako biste izradili antene, omotajte dvije slamke aluminijskom folijom ili dvije žice za pranje suđa omotajte oko olovke. Izrađene antene zatim zalijepite unutar velike limenke.
- Zalijepite glavu i noge na kutiju od pahuljica kako biste dovršili robota.

D) RECIKIRANJEM PAPIRA DO SADNJE BILJAKA

Ova aktivnost jedna je od ideja kako reciklirati i ponovo koristiti iskorišteni papir. Sjemenski papir je papir s koji u sebi ima ugrađene sjemenke (**Slika 12.10**). Nakon što se postavi u ili na tlo i zalije, sjemenke će proklijati i nicat će male sadnice. Na kraju će se papir razgraditi i ostaviti sadnice da izrastu u zrele biljke. Ako se tijekom ove aktivnosti želite i likovno izraziti, možete od papira i sjemenki napraviti lijepu i korisnu čestitku za nekoga tko će ju kasnije moći posaditi u zemlju iz koje će potom niknuti biljke.

ZA AKTIVNOST POTREBAN VAM JE SLJEDEĆI MATERIJAL:

- Iskorišteni papir (primjerice papirnate vrećice, kartonske kutije za jaja, papir iz bilježnica, knjiga i slično), poprečno izrezan u sitne komadiće pomoću sjeckalice za papir (ili pomoću škara). Za svaku sjemensku karticu najbolje je koristiti 1-1/2 šalice nasjeckanoga papira.
- Velika zdjela tople vode
- Cjedilo
- Metalni ili plastični kalup za izrezivanje kolačića (možete koristiti oblik koji god želite, ovisno o tome kakvog oblika želite za vaš sjemenski papir/čestitka bude, može biti okrugli, ovalni, u obliku zvijezde, neke životinje itd.)
- Boja za hranu (po izboru)
- Sjeckalica za hranu
- Pekač za pečenje hrane u pećnici
- Paket sjemenki divljega cvijeća (ili drugih sjemenki po želji, primjerice sjemenke začinskoga bilja ili povrća)
- Papir za pečenje

POSTUPAK IZRADE SJEMENSKOGA PAPIRA:

- Potopite nasjeckane komadiće papira u posudu s toplom vodom i ostavite ih da se namaču tijekom noći.
- Namočeni papir stavite u sjeckalicu koju zatim do pola napunite svježom vodom iz slavine.
- Uključite sjeckalicu te miješajte papir i vodu dok smjesa ne postane jušnate konzistencije.
- Po želji dodajte prehrambenu boju i još malo miješajte.
- Posudu za pečenje do jedne četvrtine napunite vodom, a zatim iz sjeckalice u nju prelijte izmiješanu smjesu papira. U ovu smjesu umiješajte pripremljene sjemenke i dobro promiješajte cijelu smjesu.
- Potom procijedite nastalu smjesu kroz cjedilo nježno tapkajući po njoj (prstima, ili čak žlicom ili lopaticom) kako biste se riješili što je više vode moguće.

POSTUPAK IZRADE SJEMENSKOGA PAPIRA (nastavak):

- Na papir za pečenje postavite kalupe za izrezivanje kolačića u koje ćete ugurati formiranu kašu od papira i sjemenki.
- Ostavite vaše sjemenske papire da se u potpunosti osuše, najmanje kroz 24 sata (**Slika 12.10**).

POSTUPAK SADNJE SJEMENSKOGA PAPIRA:

- Kada sadite sjemenski papir, položite ga na površinu zemlje i po vrhu pospite slojem zemlje debljine otprilike pola centimetra.
- Lagano zalijte tlo i držite sjeme mokrim sve dok ne nikne i pusti korijenje.

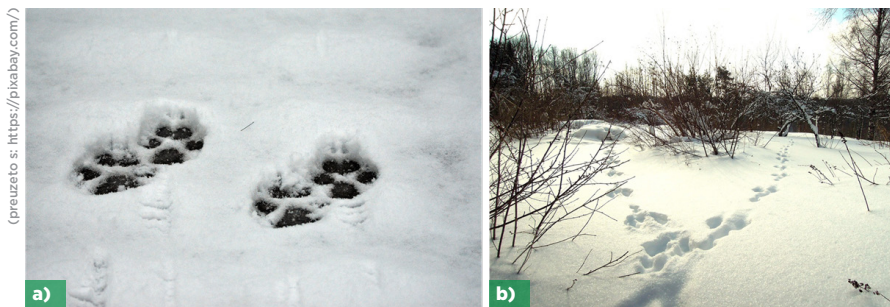


(preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/>)

Slika 12.10. Primjeri izrađenoga sjemenskoga papira.

Promatranje i 8. skupljanje tragova životinja

Krećući se kroz svoj okoliš, životinje ostavljaju tragove u tlu, primjerice u blatu, snijegu ili na nekoj drugoj površini tla (**Slika 12.11**). Prirodoslovci često koriste upravo te tragove kako bi identificirali životinje koje žive na određenom području. Na taj način mogu znati koje životinje žive u određenom staništu, a da samu životinju uopće nisu vidjeli! I vi ćete ovom aktivnosti pokušati odrediti tko se kretao vašim okolišem.



Slika 12.11. Primjer tragova životinja u snijegu: a) tragovi vuka (*Canis* sp.), b) tragovi zeca (*Lepus* sp.).

MATERIJAL POTREBAN ZA IZRADU AKTIVNOSTI:

- Gips
- Voda
- Posuda

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Ovu aktivnost važno je provoditi nakon kiše, kada je tlo mekano te su mogućnosti pronalaženja tragova najveće.
- U vrtu, parku ili još bolje obližnjoj šumi, pronađite otiske koraka životinja u blatu.

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Pomiješajte gips s vodom pazeći da mješavina ne bude previše gusta, kako biste mogli dobiti dobar kalup pronađenoga traga. Imajte na umu da se gips jako brzo stvrdne!
- Nakon što pronađete trag životinje, lagano nalijte gips u utisak traga u tlu i ostavite ga ondje dovoljno vremena da se gips stvrdne, ovisno o gustoći mješavine koju ste pripremili.
- Kalup otiska ponesite sa sobom te ga usporedite s otiscima životinja u postojećoj tiskanoj ili *online* literaturi (primjerice Bang i Dahlstrom (1974), Kloppenburg (2019), Piro (2021)).
- Utvrdite o tragu koje ili kojih životinja se radi!
- Istražite i prezentirajte nekoliko značajki vezanih za biologiju i ekologiju zabilježenih vrsta životinja.

Koliko je onečišćen 9. zrak koji udišemo?

Svaka tvar prisutna u zraku koja može naštetiti ljudima, životinjama, vegetaciji ili materijalu naziva se onečišćivačem zraka. Iako brojne prirodne pojave, primjerice vulkani, požari itd., mogu ispuštati različite onečišćivače zraka u okoliš, glavni su uzrok onečišćenja zraka u okolišu u današnje vrijeme razne antropogene aktivnosti. Brojni onečišćivači zraka ispuštaju se iz industrijskih postrojenja i prometnih aktivnosti te mogu izazvati štetne učinke na ljudsko zdravlje i okoliš.

Prekomjerno izgaranje fosilnih goriva tijekom zadnjih 100-tinjak godina odgovorno je za progresivnu promjenu sastava Zemljine atmosfere. Neki od onečišćivača zraka koji u atmosferi završavaju izgaranjem fosilnih goriva su ugljični monoksid, sumporov dioksid, dušikovi oksidi, hlapljivi organski spojevi, ozon, teški metali i čestice čađe koje se mogu udisati. Sastav atmosfere nije jednak u svim godišnjim dobima i na svim mjestima. Primjerice, što mislite gdje i kada je zrak snažnije onečišćen česticama čađe, a gdje i kada se u zraku može naći veća količina peludi?

S obzirom da se onečišćenje zraka ne može uvijek vidjeti golim okom (izuzetak je smog), djeci možda razumijevanje koncepta onečišćenja zraka može biti otežano. Upravo zato ovom aktivnosti možete im pomoći razumjeti da atmosferu ne čini samo zrak te zašto je bitno da atmosferu održimo što je više moguće čistom.

ZA OVU AKTIVNOST POTREBAN JE SLJEDEĆI MATERIJAL:

- Komad prozirne plastike (ili staklena čaša)
- Vazelin (ili *Melem*)
- Kamen
- List bijelog papira

POSTUPAK IZRADE AKTIVNOSTI:

- Razmažite vazelin (ili *Melem*) po komadu prozirne plastike ili po staklenoj čaši.
- Upotrijebite kamen ili neki drugi teški predmet kao uteg koji će držati na mjestu komad namazane plastike ili čašu (da ih ne otpuše vjetar).
- U slučaju da koristite prozirnu plastiku, zalijepite ju za staklenu čašu. Prozirnu plastiku primjerice možete naći u okvirima za slike.
- Fotografirajte početak postavljenoga pokusa i ostavi ga vani na mjestu izloženom vjetru tijekom 24 sata.
- Idući dan, iza plastike ili unutar čaše postavite bijeli papir kako biste lakše vidjeli sve čestice koje su se zalijepile za vazelin.
- Usporedite fotografiju s početka aktivnosti i situaciju nakon aktivnosti te objasnite svoja opažanja!
- Kako biste dodatno unaprijedili ovu aktivnost, postavite dva pokusa na dva različita mjesta, primjerice u gradu i na selu, u centru grada, na rubu grada i slično. Usporedite i objasnite opažanja!

Vodeni i kopneni ekosustavi i biomi

10.

Površina Zemlje čak je 70 % prekrivena vodom, od koje samo 0,5 % otpada na kopnene vode, dok se ostatak odnosi na mora i oceane. Ekosustavi i životne zajednice mora i oceana te kopnenih voda dosta se razlikuju zbog značajnih razlika u svojstvima morske i „slatke“ vode. Kopneni dio Zemlje prekriven je biljnim pokrovom koji se može grupirati u nekoliko cjelina koje nazivamo biomi. Razlikuje se nekoliko glavnih bioma: tundra, travnjak, pustinja, tajga, šuma umjerenoga pojasa, mediteranska vegetacija, tropske kišna šuma. U svakom biomu, vegetacijski sastav te sastav zajednica životinja razvija se prvenstveno pod utjecajem klimatoloških obilježja, količine oborina i temperature. Izradite sami ekosustav mora i oceana, ekosustav kopnenih voda ili izaberite neki od bioma koji želite pobliže upoznati. Istražite biljni i životinjski svijet karakterističan za ekosustav koji ćete istraživati. Izradite praktičnu likovnu aktivnost vezanu uz vaše spoznaje. Teme vašega zadatka mogu biti sljedeće: Tundra, Tajga, Šume umjerenoga pojasa (listopadne ili vazdazelene), Travnjaci, Mediteranska vegetacija, Pustinja, Tropska kišna šuma, Ekosustav mora, Slatkovodni ekosustavi – stajačice, Slatkovodni ekosustavi – tekućice. Neki od primjera praktičnih zadataka kojima se možete voditi su navedeni dalje u tekstu.

A) OCEAN U BOCI

ZA OVU AKTIVNOST BIT ĆE VAM POTREBAN SLJEDEĆI MATERIJAL:

- Plastična boca od dvije litre s čepom (možete koristiti i veću staklenku)
- Dječje ulje ili prehrambeno (primjerice suncokretovo) ulje
- Voda
- Boja za hranu
- Lijevak
- Ljepljiva traka ili pištolj za vruće ljepilo
- Pijesak (pazite da pijesak nije pomiješan s blatom; za ovu aktivnost najbolje je koristiti kupovni dječji pijesak za igru)
- Male igračke koje mogu stati na otvor boce (a predstavljaju organizme koji dolaze u morima i oceanima) ili skupljene školjke i ljušturice morskih puževa
- Naljepnice organizama koje naseljavaju mora i oceane

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Plastičnu bocu napunite vodom između jedne trećine i polovice njezina volumena.
- U vodu dodavajte kapi boje za hranu, dok ne postignete željenu boju i/ili nijansu mora, primjerice kombinacijom plave i zelene boje.
- U obojanu vodu dodajte pijesak i pripremljene sitne igračke (stanovnike mora i oceana).
- Pomoću lijevka ispunite ostatak boce uljem (ali ostavite nekoliko vršnih centimetara boce ispunjene zrakom). Budući da se ulje i voda ne miješaju, kretanje ovih dviju odvojenih tekućina unutar boce dat će vam iluziju kotrljanja valova u moru.
- Čvrsto zavrните poklopac na boci i pričvrstite ga debelom ljepljivom trakom ili zalijepite ljepilom.
- Polijepite naljepnice na vanjske stijenke boce.
- Okrenite bocu i promatrajte što se događa!

B) BIOMI

Izaberite jedan od bioma te njegove značajke pokušajte prezentirati motivirajućim praktičnim aktivnostima na nekoliko različitih načina.

Jedan od primjera je samostalna izrada trodimenzionalnoga odabranog bioma/diorame.

ZA OVAKVU AKTIVNOST BIT ĆE VAM POTREBAN SLJEDEĆI PRIBOR:

- Kutija za cipele u kojoj ćete modelirati svoj biom
- Kako biste izradili krajolik (okoliš) vašega bioma te organizme koji ga naseljavaju možete koristiti čitav niz različitoga pribora: kolaž papir, glinamol, plastelin, fimo masu, drvene bojice, flomastere, tempere, vodene bojice, filc, pamučne kuglice, konce, brusni papir, tkaninu, zatim predmete iz prirode kao što su razne grančice, kamenčići, pijesak, češeri, mahovina, kora drveta ili bilo koji drugi materijal koji vam pomaže da vaš biom izgleda što realističnije. S druge strane, pokušajte što je više moguće izbjegavati upotrebu bilo kakve plastike i predmeta kupljenih u trgovini (primjerice drveće i životinje)
- Bijeli papir, olovka, literatura

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Kutiju za cipele ispunite izrađenim detaljima koji odražavaju fizički okoliš vašega bioma te biljkama i životinjama koje ga naseljavaju
- Na kutiju zalijepite naziv bioma čiju ste dioramu (uprizorenje bioma uz pomoć maketa, figura, pozadinskih slika i sl.) izradili (primjerice Tundra)
- Također, na dioramu dodajte i oznake pet ključnih značajki vašega bioma (primjerice tipične životinje, biljke, značajke zemlje itd.).
- Obojite, pokrijte papirom ili zalijepite vanjske strane kutije za cipele.
- Izradite miniposter na kojemu ćete prikazati kartu s rasprostranjenosti vašega bioma na Zemlji, kao i najvažnijim činjenicama o biomu. Zalijepite ga na stražnju stranu svoje kutije.
- Istražite biološke i ekološke značajke organizama koje ste prikazali u svojoj diorami te ih prezentirajte. Imaju li neki od organizama posebne prilagodbe koje im omogućavaju uspješno preživljavanje u okolišu koji naseljavaju?
- Dioramu možete izraditi i za ekosustav mora i oceana, ekosustav kopnenih voda, ali i za pojedina staništa unutar određenoga ekosustava ili pak bioma!

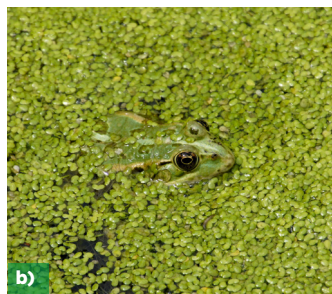
C) PREŽIVLJAVANJE ŽIVOTINJA U OKOLIŠU – KRIPTIČKA OBOJENOST ILI KAMUFLAŽA

Predatorstvo je jedan od interspecijskih odnosa, u kojemu jedan organizam (predator) konzumira drugi organizam (plijen). I predatori i organizmi koji su im plijen su evolucijski morali razviti posebne prilagodbe i strategije preživljavanja. Prilagodbe vrsta životinja koje predstavljaju plijen omogućavaju im uspješnije sakrivanje i izbjegavanje predatora te u konačnici uspješnije preživljavanje. Neke od prilagodbi organizama plijena su upozoravajuća obojenost, lažna upozoravajuća obojenost, kriptička obojenost (kamuflaža), mimikrija i fitomimeza (**Slika 12.12**). Ovom aktivnosti pokušat ćete detaljnije istražiti načine na koje su životinje pomoću kriptičke obojenosti (kamuflaže) i fitomimeze prilagođene okolišu u kojemu žive.

(preuzeto s: <https://www.pikabay.com/>)
© HrsKir72



a)



b)

(preuzeto s: <https://www.pikabay.com/>)
© IADE-Michoko

Slika 12.12. Primjeri prilagodbi organizama plijena: a) fitomimeza u paličnjaka, b) kriptička obojenost u žabe.

ZA OVAKVU AKTIVNOST BIT ĆE VAM POTREBAN SLJEDEĆI PRIBOR:

- Razne figure malih životinja (odaberite nekoliko predstavnika za svaki biom unutar kojega ćete svrstavati životinje, primjerice polarni zec za tundru, žirafa za savanu, gušter za pustinje, vjeverica za šume umjerenoga pojasa, zelena zmija za tropske kišne šume i slično)
- Pisač pomoću kojega ćete ispisati predloške (fotografije) bioma koje odaberete za aktivnost
- Kartonski papir na koji ćete zalijepiti ispisane fotografije

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

Pripremite biome (ili staništa unutar bioma) u koje ćete svrstavati životinje tako da na karton zalijepite ispisane fotografije bioma (ili staništa). Proučite figurice životinja, raspravljajte o njihovu izgledu i obojenju te ih pokušajte svrstati u biom (stanište) na kojemu žive. Raspravljajte o razlozima njihove obojenosti i u čemu im ona pomaže, kako je obojenost njihova tijela povezana s okolišem u kojemu žive.

D) PRILAGODBE ENDOTERMNIH ORGANIZAMA NA EKSTREMNE TEMPERATURNE UVJETE U OKOLIŠU

Zahvaljujući različitim prilagodbama, endotermni organizmi uspješno preživljavaju u klimatski hladnim i klimatski vrućim područjima svijeta. Prisjetite se koje su to prilagodbe! Ovom aktivnosti istražiti ćemo neke od prilagodbi koje posjeduju polarne životinje, na primjeru polarnoga medvjeda (*Ursus maritimus*) (Slika 12.13). Ova vrsta posjeduje sljedeće prilagodbe na hladnoću:

1. Krupno tijelo koje ima relativno manju površinu u odnosu na njegovu masu i volumen, zbog čega gubi relativno manje topline u odnosu na sitnije endotermne organizme (Bergmannovo ekološko pravilo). Masa polarnoga medvjeda može iznositi i do 700 kg.
2. Kalorijski jako bogata ishrana. Većina vrsta medvjeda su svejedi koji u velikoj mjeri koriste biljke u svojoj prehrani. Iako polarni medvjedi mogu pojesti morske alge nasukane na obalu ledenjaka, to će činiti samo ako zaista ništa drugo od mesne hrane nemaju na raspolaganju. Stoga je njihov primarni izvor hrane meso i masno tkivo tuljana i strvina kitova. Meso i masnoće imaju više kalorija od biljaka te je unosom ovako kalorijski bogate hrane moguće dobiti dovoljno energije za izgradnju debeloga sloja masnoga tkiva koje ih štiti od hladnoće.
3. Reducirana veličina tjelesnih nastavaka. Kod polarnoga medvjeda uši i rep su male veličine, kako bi se značajno reducirao gubitak topline (Allenovo ekološko pravilo).
4. Debeli sloj krzna i masnoga potkožnog tkiva (oko 10 cm) koji djeluju kao izolator grijući ga i pomažući mu u održavanju stalne tjelesne temperature. Kao i kod drugih morskih sisavaca, mlijeko polarnih medvjeda ima izuzetno visok sadržaj masti i proteina u usporedbi s drugim vrstama medvjeda ili ostalim kopnenim sisavcima. Masno mlijeko pomaže mladuncima, koji su osjetljiviji na hladnoću, brzo povećati tjelesnu masu.
5. Krzno otporno na vodu. Krzno polarnoga medvjeda jako slabo propušta vodu te nakon plivanja ne ostaju dugo mokri, u čemu

im pomažu ulja na dlaci. Osim toga, polarni medvjedi nakon plivanja suše se tresući se i valjajući u snijegu. Osim toga, krzno polarnih medvjeda ima i dodatnu svrhu: dlake reflektiraju svjetlost, čineći polarne medvjede bijelima, što im pomaže da se kamufliraju među snijegom i ledom.

6. Velike protuklizne šape. Polarni medvjedi imaju jako velike šape koje zahvaljujući velikoj površini, omogućavaju dobru raspodjelu mase medvjeda i tako mu omogućavaju da se kreće po mekom snijegu i tankom ledu. Šape polarnoga medvjeda imaju i jastučice prekrivene papilama (malim mekim izbočinama) i kratke, debele i zakrivljene kandže što sprječava da se medvjed posklizne hodajući po ledu.
7. Prilagodbe vezane uz ponašanje. Polarni medvjedi kopaju jazine koje ih štite od jakih vjetrova i jako su dobri plivači što im omogućava plivanje i lov među santama leda.

(preuzeto s:
<https://www.unsplash.com/> © Hans-Jürgen Mager)



a)



b)

(preuzeto s: <https://www.dreamstime.com/>)

Slika 12.13. Polarni medvjed (*Ursus maritimus*) a) u svojem staništu, b) šapa polarnoga medvjeda.

U sklopu ove aktivnosti, možete istražiti neke od ovih prilagodbi, kao što je uloga debeloga sloja masti, masnoga krzna i velikih šapa.

1. Zašto polarnim medvjedima nije hladno u ekstremno hladnom okolišu?

POTREBAN PRIBOR:

- Kocke leda
- Hladna voda
- Margarin (maslac ili svinjska masti)
- Plastične vrećice ili lateks rukavice

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Veliku zdjelu hladne vode stavite u hladnjak ili zamrzivač kako bi se ohladila što je više moguće. Kada ju izvadite iz hladnjaka/zamrzivača, u nju dodajte kockice leda.
- Kako biste se uvjerili u hladnoću vašega „polarnog okoliša“, stavite golu ruku u posudu s vodom i ledom.
- Zatim na ruku stavite ili malu plastičnu vrećicu ili rukavicu od lateksa. Potom ju namažite (u debelom sloju) margarinom (maslacem ili svinjskom masti) te nakon toga na ruku i masni sloj margarina navucite još jednu plastičnu vrećicu ili lateks rukavicu.
- Ruku namazanu margarinom ponovo stavite u posudu s vodom i ledom. Što primjećujete? Je li vam je hladno kao i na početku izvođenja aktivnosti?

2. Kako polarni medvjed hoda po dubokom snijegu?**POTREBAN PRIBOR:**

- Plastična igračka polarni medvjed
- Ljepljiva traka
- Škare
- Debeli papir ili tanki karton
- Plitka posuda
- Brašno

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Napunite plitku posudu brašnom do otprilike 2 centimetra visine, pazeći da ono ostane rahlo.
- U posudu s brašnom („snijegom“) stavite svoju figuricu polarnoga medvjeda kako biste vidjeli koliko će biti duboki njegovi otisci. Pri tome budite oprezni da figuricu ne gurate u brašno, već ga samo lagano postavite na njegovu površinu.
- Podignite figuricu i pogledajte koliko su otisci nogu duboki? Primijetit ćete da su oni poprilično duboki iako figuricu polarnoga medvjeda niste gurali u „snijeg“. Zatim figuricu pokušajte gurnuti u „snijeg“. Primijetit ćete da će vašem polarnom medvjedu biti lako gurnuti noge u snijeg.
- Sada pokušajte povećati šape svojoj figurici polarnoga medvjeda. Izrežite kartonski krug malo veći od postojećih šapa figurice koju koristite te izrezane krugove zalijepite ispod svake šape pomoću ljepljive trake.
- Istražite kakav učinak ima ova povećana površina šapa na to koliko će figurica polarnoga medvjeda tonuti u „snijeg“. Žlicom promiješajte brašno i ponovno ga razrahlite na početno stanje. Zatim ponovno stavite figuricu u brašno i promatrajte koliko su sada duboki otisci šapa u „snijegu“? Jesu li dublji ili plići? Primijetit ćete da čak i ako figuricu gurate u „snijeg“ (brašno), naići ćete na veliki otpor i nećete ju moći nagurati duboko u snijeg.
- Ako ste ikada pokušali hodati kroz duboki praškasti snijeg, znate da je potrebno puno energije kako biste podigli svoje noge iz dubokoga snijega. Tako široke šape pomažu polarnim životinjama da ne utonu duboko u snijeg po kojemu hodaju tako da je težina njihova tijela raspoređena na veću površinu te ju snijeg može izdržati.

3. Zašto je krzno polarnoga medvjeda bijelo i masno?

A) Dlaka polarnih medvjeda izgleda nam bijela, no ona je zapravo prozirna! Kada svjetlost putuje kroz dlaku, ona se toliko savija da nam dlaka izgleda bijela.

POTREBAN PRIBOR:

- Staklena čaša
- Voda
- List papira s dvije strelice koje pokazuju isti smjer

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Postavite uspravno list papira na kojemu su nacrtane dvije strelice (u istom smjeru).
- Stavite čašu ispred papira te ulijte u nju vode do pola njezina volumena.
- Jedna strelica sada pokazuje suprotan smjer. Zašto se to događa? Kada svjetlosne zrake dođu do vode, ona uzrokuje njihovo savijanje stvarajući vizualne iluzije.
- Kada svjetlost prolazi kroz prozirne materijale, onda se od njih odbija ili se savija prolazeći kroz njih. Stoga ako polarni medvjed ima prozirnu dlaku, ali ona izgleda bijelo, to znači da se svjetlost koja prolazi kroz njih savija ili lomi zbog čega nama dlaka izgleda bijele boje.

B) Krzno polarnih medvjeda premazano je uljima kako bi se spriječilo njegovo vlaženje. Kada se nakon izlaska iz vode polarni medvjed otrese, s krzna otrese i većinu vode, što sprječava da medvjed gubi veliku količinu tjelesne topline kada izađe iz vode.

POTREBAN PRIBOR:

- Bijeli hamer (ili neki drugi deblji) papir
- Masne bojice (crna i bijela), primjerice paste
- Boca s raspršivačem
- Voda
- Plava prehrambena boja

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI:

- Od bijeloga hamer papira izrežite oblik polarnog medvjeda.
- Cijelo tijelo izrezanoga polarnog medvjeda obojite debelim slojem bijele paste.
- U bočicu s raspršivačem dodajte vodu i plavu prehrambenu boju te ju promućkajte.
- Poprskajte vodu na obojenoga polarnog medvjeda, no pri tome pazite da upotrijebite samo dva ili tri mlaza vode kako papir ne bi postao prezasićen vodom.

POSTUPAK IZRADE/IZVEDBE AKTIVNOSTI (nastavak):

- Promatrajte kako se voda grupira u kapljice i odbija od vašega polarnog medvjeda.
- Kako masnoća iz pastela (vosak) sprječava upijanje vode u papir? Na sličan način na koji uljni premazi na dlaci polarnoga medvjeda odbijaju vodu i pomažu da on ostane topao i suh.
- U sklopu ove aktivnosti možete izraditi i pokus miješanja ulja i vode te zaključiti kako se voda i hidrofobni spojevi poput masnoća međusobno ne privlače nego se odbijaju.

POPIS LITERATURE

1. Adl SM, Simpson AGB, Lane CE, Lukeš J, Bass D, Bowser SS, Brown MW, Burki F, Dunthorn M, Hampl V, Heiss A, Hoppenrath M, Lara E, Le Gall L, Lynn DH, McManus H, Mitchell EA, Mozley-Stanridge SE, Parfrey LW, Pawlowski J, Rueckert S, Shadwick L, Schoch CL, Smirnov A, Spiegel FW (2012). The revised classification of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 59 (5), 429–514. doi: 10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x.
2. Alegro A, Krajačić M, Lucić A, Jerabek G, Martinović M, Stagličić-Balen A (2014) Život 2: udžbenik biologije u drugom razredu gimnazije. Urednica: Matekalo Draganović J. Školska knjiga, Zagreb.
3. Allan JD (1995) Stream ecology: structure and function of running waters. Chapman and Hall, London.
4. Ansari AA, Gill SS (2014) Eutrophication: causes, consequences and control. Volume 2. Springer, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7814-6>.
5. Antolović J, Flajšman E, Frković A, Grgurev M, Grubešić M, Hamidović D, Holcer D, Pavlinić I, Tvrtković N, Vuković M (2006) Crvena knjiga sisavaca Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
6. Bakran-Petricioli T (2011) Priručnik za određivanje morskih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
7. Bang P, Dahlstrom P (1974) Collins Guide to Animal Tracks and Signs (British and European Mammals and Birds). Harper Collins Distribution Services. London.
8. Bardgett R, van der Putten W (2014) Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515, 505–511. <https://doi.org/10.1038/nature13855>.
9. Baweja P, Sahoo D. (2015) Classification of algae. U: The Algae World, 31–55 str. Urednici: Sahoo D, Seckbach J. Springer, Dordrecht.

10. Bedek J, Bilandžija H, Hamidović D, Cvitanović H, Dražina T, Jalžić B, Jalžić V, Kovač Konrad P, Lukić M, Miculinić K, Ozimec R, Pavlek M (2009) Svijet ispod svijeta: Bioraznolikost špiljske faune Ogulina i Kamanja – podzemna baština od svjetske važnosti sakrivena u Karlovačkoj županiji. Hrvatsko biospeleološko društvo, Zagreb.
11. Belančić A, Bogdanović T, Franković M, Ljuština M, Mihoković N, Vitas B (2008) Crvena knjiga vretenaca Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
12. Ben Ayed L, Sabbahi S (2017) *Entamoeba histolytica*. U: Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project). Urednici: Rose JB, Jiménez-Cisneros B (urednici). Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO. <https://doi.org/10.14321/waterpathogens.34>.
13. Beugnon R, Steinauer K, Barnes AD, Ebeling A, Roscher C, Eisenhauer N (2019) Plant functional trait identity and diversity effects on soil meso- and macrofauna in an experimental grassland. U: *Advances in Ecological Research*, 61, 163–184. Urednici: Eisenhauer N, Bohan DA, Dumbrell AJ. Academic Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2019.06.004>.
14. Blix AS (2016) Adaptations to polar life in mammals and birds. *Journal of Experimental Biology* 219, 1093–1105.
15. Boon P, Pringle C (2009) Assessing the conservation value of freshwaters. Cambridge University Press. Cambridge.
16. Booth DT, Astill K (2001) Incubation temperature, energy expenditure and hatchling size in the green turtle (*Chelonia mydas*), a species with temperature-sensitive sex determination. *Australian Journal of Zoology* 49, 389–396.
17. Boršić I, Milović M, Dujmović I, Bogdanović S, Cigić P, Rešetnik I, Nikolić T, Mitić B (2008) Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia. *Natura Croatica* 17(2), 55–71.
18. Bouillon J, Medel MD, Pagès F, Gili J-M, Boero F, Gravili C (2004) Fauna of the mediterranean hydrozoa. *Scientia Marina* 68 (Suppl. 2): 5–43.
19. Božac R (2008) Enciklopedija gljiva. Školska knjiga, Zagreb.
20. Brown RS, Colotelo AH, Pflugrath BD, Boys CA, Baumgartner LJ, Deng ZD, Singhanouvong D (2014) Understanding barotrauma in fish passing hydro structures: a global strategy for sustainable development of water resources. *Fisheries* 39, 108–122.
21. Burki F, Roger AJ, Brown MW, Simpson AGB (2020) The New Tree of Eukaryotes. *Trends in Ecology & Evolution* 35 (1): 43–55.
22. Burnie D (2001) Životinje, velika ilustrirana enciklopedija. 2. izdanje. Mozaik knjiga, Zagreb.
23. Cain ML, Bowman WD, Hacker SD (2008) Ecology. Sinauer Associates.

24. Campbell S (1998) *Let It Rot!: The Gardener's Guide to Composting*. Third Edition. Storey's Down-To-Earth Guides. Storey Publishing, LLC. North Adams.
25. Chandra A, Idrisova A (2011) Convention on Biological Diversity: a review of national challenges and opportunities for implementation. *Biodiversity and Conservation* 20, 20: 3295–3316. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0141-x>.
26. Chapin FS III, Matson PA, Mooney HA (2002) *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer, Cham.
27. Chinery M (1986) *A Field Guide to the Insects of Britain and Northern Europe*, 2nd edn. Collins, London.
28. Clark MA, Douglas M, Choi J (2018) *Biology 2e*. OpenStax, Rice University, Houston.
29. Clarke JT, Warnock RCM, Donoghue PCJ (2011) Establishing a time-scale for plant evolution. *New Phytologist* 192, 266–301. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03794.x>.
30. Coleman DC, Crossley DA Jr (1996) *Fundamentals of Soil Ecology*. Academic, San Diego.
31. Cook J, Washington H (2011) *Climate Change Denial*, First Edition. Earthscan. Routledge, Abingdon.
32. Cowie RH, Bouchet P, Fontaine B (2022) The sixth mass extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews* 97, 640–663.
33. Déjeant-Pons M (2006) The European landscape convention. *Landscape Research* 31, 363–384.
34. Delić A, Vijić N (2004). *Prirodoslovlje. Školska knjiga*, Zagreb.
35. Dodds WK, Whiles MR (2010) *Freshwater ecology: Concepts and environmental applications of limnology*. Second Edition. Elsevier, Amsterdam.
36. Dolenec Z (2014) *Ptice tu oko nas. Školska knjiga*, Zagreb.
37. Domac R (1979) *Mala flora Hrvatske i susjednih područja. Školska knjiga*, Zagreb.
38. Domac R (2002) *Flora Hrvatske. Školska knjiga*, Zagreb.
39. Dreyer E, Dreyer W (2007) *Drveće - Vodič kroz prirodu*. Begen. Zagreb.
40. Duplić A, Gambiroža P, Kutleša P, Opačić B, Ribarić A (2015) *Priroda Hrvatske - Riznica za bolju budućnost*. Državni zavod za zaštitu prirode, Program Ujedinjenih naroda za razvoj UNDP, Zagreb.
41. Edutorij: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/fd4e4aca-de35-49a7-9436-638df9b1c154/biogeokemijski-ciklusi.html>. Pristupljeno 24.02.2024.
42. Edutorij: https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6bcd821-eae3-4a77-8766-9c5d-66c6b05a/m_4/j_1.html. Pristupljeno 24.02.2024.

43. Eijsackers H (2011) Earthworms as colonizers of natural and cultivated soil environments, *Applied Soil Ecology* 50, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.07.008>.
44. Faglia M (2007) Velika enciklopedija za djecu 7 - Mora i oceani (2.dio). Europapress holding. Zagreb.
45. Fahrig L (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 34, 487–515.
46. Fialho VS, Rodrigues VB, Elliot SL (2018) Nesting strategies and disease risk in necrophagous beetles. *Ecological Evolution* 8, 3296–3310. <https://doi.org/10.1002/ece3.3919>.
47. Fierer N, Strickland MS, Liptzin D, Bradford MA, Cleveland CC (2009) Global patterns in belowground communities. *Ecological Letters* 12, 1238–1249.
48. Fisher MR, Doršner K, Geddes A, Theis T, Tomkin J (2018) Environmental biology. Open Oregon Educational Resources.
49. Gardner RC, Davidson NC (2011) The Ramsar Convention. U: Wetlands – integrating multidisciplinary concepts, str. 189–203. Urednik: LePage B. Springer, Dordrecht.
50. Guiry MD (2024) How many species of algae are there? A reprise. Four kingdoms, 14 phyla, 63 classes and still growing. *Journal of Phycology* 60 (2), 214–228. doi.org/10.1111/jpy.13431
51. Habdija I, Primc Habdija B, Radanović I, Špoljar M, Matoničkin Kepčija R, Vujčić Karlo S, Miliša M, Ostojić A, Sertić Perić M (2011) Protista - Protozoa, Metazoa – Invertebrata, strukture i funkcije. Alfa d.d.
52. HAOP (2022) <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/ugrozenost-vrsta-i-stanista/crveni-2>. Pristupljeno 24.02.2024.
53. Horne AJ, Goldman CR (1994) Limnology. Second Edition. McGraw-Hill, Inc., New York.
54. <https://www.tomsofmaine.com/good-matters/thinking-sustainably/4-cool-science-experiments-for-kids-that-teach-sustainability>. Pristupljeno 24.02.2024.
55. Hutton J, Dickson B (2000) Endangered Species, Threatened Convention: The Past, Present and Future of CITES. London, WWF-UK Earthscan, London.
56. Jarda I, Pallaoro A, Vrgoč N, Jukić-Peladić S, Dadić V (2008) Crvena knjiga morskih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
57. Jelenić S, Kerovec M, Mihaljević Z, Ternjej I, Mitrikeski PT (2014) Živi svijet 4 – Genetika. Evolucija. Ekologija. Udžbenik biologije za četvrti razred gimnazije. Urednica: Odak Zidanić, M. Profil International, Zagreb.

58. Jelić D, Kuljerić M, Koren T, Treer D, Šalamon D, Lončar M, Podnar-Lešić M, Janev-Hutinec B, Bogdanović T, Mekinić S, Jelić K (2015) Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Državni zavod za zaštitu prirode, Hrvatsko herpetološko društvo HYLA, Zagreb.
59. Juan C, Guzik MT, Jaume D, Cooper SJB (2010) Evolution in caves: Darwin's 'wrecks of ancient life' in the molecular era. *Molecular Ecology* 19, 3865–3880.
60. Kampa M, Castanas E (2008) Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution* 151 (2), 362–367. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012>.
61. Kerovec M (1986) Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
62. Kerovec M (1988) Ekologija kopnenih voda. Mala ekološka biblioteka, Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb.
63. Kloppenburg J (2019) Weylin Field Guide: Tracks of Western European Animals. Weylin Tracking, Deventer.
64. Knickmeyer D (2020) Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas. *Journal of Cleaner Production* 245, 118605. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118605>.
65. Lameed GA (2012) Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World. <http://dx.doi.org/10.5772/33330>.
66. Lavelle P (1988) Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils* 6, 237–251. <https://doi.org/10.1007/BF00260820>.
67. Lefebvre L, Gaudry E (2009) Forensic entomology: a new hypothesis for the chronological succession pattern of necrophagous insect on human corpses. *Annales de la Société entomologique de France* 45 (3), 377–392.
68. Leveque C (2003) Dynamics of communities and ecosystems. *Ecology From Ecosystem to Biosphere*. NH: Science Publishers Inc., Enfield.
69. Lyster S (1989) The convention on the conservation of migratory species of wild animals (The Bonn convention). *Natural Resources Journal* 29, 978–1000.
70. Matoničkin I, Habdija I, Primc-Habdija B (1998) Beskralješnjaci - Biologija nižih avertebrata. Školska knjiga, Zagreb.
71. Matoničkin I, Habdija I, Primc-Habdija B (1999) Beskralješnjaci - Biologija viših avertebrata. Školska knjiga, Zagreb.
72. Matoničkin I, Klobučar G, Kučinić M (2010) Opća zoologija. Školska knjiga, Zagreb.
73. McCloskey C (1997) P.E.B.L.D.S. Explained - A guide for IUCN members to the Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy. IUCN - the World Conservation Union.

74. Menta C (2012) Soil Fauna Diversity - Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration. Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World. InTech. <https://doi.org/10.5772/51091>.
75. Meštrov M, Draganović Z (2014) Ekologija. Školska knjiga, Zagreb.
76. Mikhaylov A, Moiseev N, Aleshin K, Burkhardt T (2020) Global climate change and greenhouse effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues* 7, 2897.
77. Mitić B, Boršić I, Dujmović I, Bogdanović S, Milović M, Cigić P, Rešetnik I, Nikolić T (2008) Alien flora of Croatia: proposals for standards in terminology, criteria and related database. *Natura Croatica* 17(2), 73–90.
78. Mora C, Tittensor DP, Adl S, Simpson AGB, Worm B (2011) How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLoS Biology* 9(8), e1001127. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>.
79. Mrakovčić M, Brigić A, Buj I, Čaleta M, Mustafić P, Zanella D (2006) Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
80. Nielsen U (2019) Functional Roles of Soil Fauna. U: *Soil Fauna Assemblages: Global to Local Scales*. Ecology, Biodiversity and Conservation, 42–85 str. Cambridge University Press. Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1017/9781108123518.00>.
81. Nikolić T (2015) Flora Hrvatske – alohtona flora. *Flora Croatica*. <http://hirc.botanic.hr/flora%20hrvatske/Documents/Flora%20Hrvatske-09-Alohtona%20flora.pdf>
82. Nikolić T (2019-2020) Flora Croatica: vaskularna flora Republike Hrvatske. Alfa, Zagreb.
83. Nikolić T, Mitić B, Boršić I (2014) Flora hrvatske: invazivne biljke. Alfa, Zagreb.
84. Nikolić T, Topić J (2005) Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
85. NN (2018) Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zaštiti prirode: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_02_15_316.html. Pristupljeno 24.02.2024.
86. Nosil P (2012) *Ecological Speciation*. Oxford University Press, Oxford.
87. Oviedo G, Puschkarsky T (2012) World Heritage and rights-based approaches to nature conservation. *International Journal of Heritage Studies* 18(3), 285–296. <https://doi.org/10.1080/13527258.2012.652146>.
88. Ozimec R, Bedek J, Gottstein S, Jalžić B, Slapnik R, Štamol V, Bilandžija H, Dražina T, Kletečki E, Komerički A, Lukić M, Pavlek M (2009) Crvena knjiga špiljske faune Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

89. Píro R (2021) Čiji su ovo tragovi? Školska knjiga, Zagreb.
90. Požar-Domac A (1988) O biologiji mora. Mala ekološka biblioteka, Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb.
91. Radović J, Čivić K, Topić R, Posavec Vukelić V (2009) Biološka raznolikost Hrvatske, Drugo izmijenjeno izdanje. Državni zavod za zaštitu prirode, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Zagreb.
92. Raghukumar S (2017) Fungi: Characteristics and classification. U: Fungi in coastal and oceanic marine ecosystems: Marine fungi, 1–15 str. Urednik: S. Raghukumar S. Springer, Cham.
93. Raven R, Johnson G, Mason K, Losos J, Singer S (2016) Biology. Eleventh Edition. McGraw Hill, New York.
94. Ridsdill-Smith J, Simmons WL (2009) Dung Beetles. U: Encyclopedia of Insects. Second Edition, str. 304–307. Urednici: Resh VH, Cardé RT. Academic Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00090-4>.
95. Roberts MJ (2001) Field Guide to the Spiders of Britain and Northern Europe. Collins, London.
96. Singh A, Agrawal M (2007) Acid rain and its ecological consequences. Journal of environmental biology 29 (1), 1–15.
97. Solomon S (1999) Stratospheric ozone depletion: A review of concepts and history. Reviews of Geophysics 37, 275–316.
98. Stephenson SL (2010) The kingdom Fungi. Timber Press, Timber Press.
99. Stevenson BG, Dindal DL (1987) Functional ecology of coprophagous insects: a review. Pedobiologia 30, 285–298.
100. Šašić M, Mihoci I, Kućinić M (2015) Crvena knjiga danjih leptira Hrvatske. Ministarstvo zaštite prirode i okoliša, Državni zavod za zaštitu prirode, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb.
101. Škorić A (1990) Postanak, razvoj i sistematika tla. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
102. Tei F, Nicola S, Benincasa P. (2017) Advances in research on fertilization management of vegetable crops. Volume 1. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53626-2>.
103. Ternjej T, Brigić, A, Gottstein S, Ivković M, Kerovec M, Mihaljević Z, Previšić, A. (2019) Terenske i laboratorijske vježbe i statističke metode u ekologiji. Školska knjiga, Zagreb.
104. Trouwborst A (2011) Conserving European biodiversity in a changing climate: the Bern convention, the European Union Birds and Habitats Directives and the adaptation of nature to climate change. Review of European, Comparative & International Environmental Law 20, 62–77.
105. Turk T (2011) Pod površinom Mediterana. Školska knjiga, Zagreb.
106. Tutiš V, Kralj J, Radović D, Ćiković D, Barišić S (2013) Crvena knjiga ptica Hrvatske. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

107. van der Laan R, Fricke R, Eschmeyer WN (eds) (2024) Eschmeyer's catalog of fishes: classification. <http://www.calacademy.org/scientists/catalog-of-fishes-classification/> Pristupljeno 10.7.2023.
108. Vannote R, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE (1980) The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37, 130–137.
109. Viličić D (2003) Fitoplankton u ekološkom sustavu mora. Školska knjiga, Zagreb.
110. Vittum PJ (2009) Soil Habitats. U: *Encyclopedia of Insects*. Second Edition, str. 935–939. Urednici: Resh VH, Cardé RT. Academic Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00247-2>.
111. Watkinson SC, Boddy L, Money NP. 2015. *The Fungi*. Third Edition. Academic Press, Cambridge.
112. Weigel M (2008) *U-X-L Encyclopedia of Biomes*. Second Edition. Gale, Cengage Learning.
113. Whiteman JP (2021) Polar Bear Behavior: Morphologic and Physiologic Adaptations. U: *Ethology and Behavioral Ecology of Sea Otters and Polar Bears*. *Ethology and Behavioral Ecology of Marine Mammals*. Urednici: Davis RW, Pagano AM. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66796-2_12.
114. Wolfson R (2011) *Energy, Environment, and Climate*. Second Edition. W.W. Norton & Company, New York.
115. Woodward SL (2003) *Biomes of Earth - Terrestrial, Aquatic, and Human-Dominated*. Greenwood Publishing Group, Westport.
116. Wurtsbaugh WA, Paerl HW, Dodds WK (2019) Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *WIREs Water* 6(5), e1373. <https://doi.org/10.1002/wat2.1373>.
117. Yaeger RG (1996) *Protozoa: Structure, Classification, Growth, and Development*. U: *Medical Microbiology*. Fourth Edition. Urednik: Baron S. University of Texas Medical Branch at Galveston, Galveston.
118. Zavod za zaštitu okoliša i prirode (2019) Izvješće o stanju prirode u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2013. do 2017. godine. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Zagreb.

KAZALO

- Abiotički čimbenik 16–18, 22, 25, 29, 52, 147, 153
Abisal 107, 110–112
Aerobno 20, 100, 252
Aklamacija 18
Allenovo pravilo 12, 75, 210
Alohtona vrsta 159, 160, 230
Amenzalizam 68, 72
Amonifikacija 38, 39
Anabioza 25, 27
Anaerobno 37, 39, 72, 111, 177
Autohtona vrsta 160, 230, 231
Autotrofan 33, 59, 119, 177, 179, 180, 183, 228

Batijal 107, 109–111
Bental 107, 137
Bergmannovo pravilo 20, 252
Biljojed 27, 37, 38, 42, 44, 54–57, 59, 80, 83, 84, 99, 207, 220
Binarna nomenklatura 172
Binarno dijeljenje 177, 185
Biocenoza 52, 54
Biogeni element 32, 36, 38, 41, 43, 146, 187
Biogeokemijski ciklus 32
Bioluminiscencija 110, 112, 183
Bioraznolikost 52–54, 91, 156, 157, 164, 168, 169, 181
Biosfera 14, 15, 32, 34, 38, 43, 144, 168

Biotički čimbenik 16, 62, 66, 144, 146
Biotop 16, 54

Ciklus kruženja 33, 37, 38, 44, 145, 152
Crveni popis 165

Denitrifikacija 38, 39
Detritivor 56
Detritofag 56, 120, 92, 137
Detritus 56, 121, 122, 211, 213, 218
Diorama 250
Direktiva o zaštiti divljih ptica 168
Direktiva zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore 168
Domaćin 60, 70, 175, 177, 188
Domadar 21, 60, 69, 70–72, 175, 186
Dvoimeno (dvojno) nazivlje 172, 173
Dvostruka dioba 177, 185

Edafon 147, 151
Efekt staklenika 160
Ekologija 14, 70, 165, 240, 246
Ekološka niša 68
Ekološka valencija 17
Ekološki čimbenik 15–18, 24, 25, 63, 66, 68, 95, 106–108, 157
Ekološki sustav 14
Ekološki uvjeti 53, 128, 157, 187
Ekosustav 14, 15, 28, 34, 38–40, 44–46, 48, 51, 52, 54, 55–59, 68, 77, 88,

- 99, 103, 104, 107, 115–120, 127, 129, 130, 137, 143, 145–147, 149, 152, 153, 156–159, 175, 178, 180, 182–185, 188, 195, 206, 209, 216, 228, 230, 232, 234, 236, 248, 250
- Ekstremofil 178
- Ektoparazit 71, 72
- Ektoterman 18, 19, 26, 212, 214, 216, 219, 220
- Emerzna vegetacija 130
- Endoparazit 71, 72, 186, 188
- Endoterman 18–20, 212, 221, 223, 252
- Epiedafon 150, 151
- Epilimniji 124, 125
- Estivacija 21, 27
- Euedafon 150, 151
- Euriterman 17, 122
- Eurivalentna vrsta 17, 122
- Eutrofikacija 40, 44–46, 119
- Eutrofan 45
- Fikobilin 182
- Fitomimeza 74, 75, 251
- Fitoplankton 33, 59, 107, 183, 228
- Fosorijalan 147, 148
- Fotoautotrofan 22, 29, 36, 37, 45, 54, 57–59, 124, 188
- Fotokineza 24
- Fotosintetski 40, 44, 59, 108, 109, 111, 118, 119, 121, 123, 135, 141, 180, 183
- Fotosinteza 22, 29, 33, 36, 54, 59, 119, 124, 132, 180, 183, 192, 193, 197
- Fototaksija 24
- Fototropizam 24
- Fragmentacija staništa 157, 158
- Garig 77
- Generalist 9
- Globalno zatopljenje 160, 161, 164
- Glogerovo pravilo 20
- Hemiedafon 150, 151
- Herbivor 37, 84
- Herpetologija 219, 221
- Heterotrof 59
- Heterotrofan 59, 177, 179, 183–187, 201
- Hibernacija 19, 129
- Hidrofit 28
- Hidrološki ciklus 34, 44
- Hidrološki proces 34
- Higrofit 28
- Hipolimniji 124, 125
- Hranidbena mreža 37
- Hranidbeni odnos 36
- Humus 49, 87, 145, 146, 232, 234
- Ihtiologija 212
- Infralitoral 108, 109
- Interspecijski odnos 16, 62, 66, 68, 69, 72, 227, 251
- Intraspecijski odnos 62, 66
- Invazivna vrsta 156, 159, 160, 181, 230, 231
- IUCN 164, 165
- Izotermija 125
- Izotoničan 26
- Jedinka 14–16, 19, 52, 54, 56, 57, 62–69, 107, 176, 185, 206, 213, 218, 227
- Jordanovo pravilo 20
- Kapacitet okoliša 64
- Karnivor 37
- Kelp 182
- Kisela kiša 42, 158, 159
- Klasifikacija 124, 173, 174, 179, 180, 184, 185, 189, 191, 201
- Klimaks 52

- Komenzalizam 68, 69, 71
 Kompeticija 22, 66, 67, 68, 227
 Kompost 232, 234, 235
 Kompostiranje 234
 Kompostište 234, 235
 Koncept riječnoga kontinuuma 124
 Konvencija o biološkoj raznolikosti 169
 Konvencija o europskim krajobrazima 169
 Konvencija o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama divlje faune i flore (CITES) 169
 Konvencija o zaštiti migratornih vrsta divljih životinja (Bonnska konvencija) 169
 Konvencija o zaštiti močvara 169
 Konvencija o zaštiti svjetske kulturne i prirodne baštine 169
 Koprofagni kukac 151, 152
 Korijenski gomoljici 38, 49
 Krepuskularan 14
 Kriptički 73, 74, 251
 Kserofit 27, 28, 98

 Linjanje 24
 Litosfera 33, 144
 Litotamnijski vapnenac 182

 Makija 93
 Makrofauna 149, 150
 Mamalogija 224
 Mediolitoral 108
 Međuvrsni odnos 62
 Megafauna 149, 150
 Mesojed 37, 39, 42, 44, 55–57, 59, 60, 99
 Metalimnij 125
 Mezofauna 114, 115
 Mezofit 19, 20
 Mezotrofan 45

 Mikrofauna 149, 150
 Mikroorganizmi 37, 41, 117, 144, 149
 Mimikrija 74, 251
 Mineralno gnojivo 49, 146
 Mineralne soli 38, 39, 41, 45, 46, 48, 55, 58–70, 106, 119, 124, 125, 145, 147
 Mineralizacija 44
 Mineralne tvari 69, 145, 152, 193
 Mitarenje 24
 Monogamni organizam 69
 Mutualist 177, 186, 188
 Mutualizam 68, 69, 70, 71, 188, 227

 Nametnik 59, 60, 67, 69, 71, 72, 175, 177, 184, 185, 187
 Nekrofag 152, 153
 Nekton 107, 136, 137
 Nepovoljni uvjeti 67, 129, 195, 196
 Neuston 135
 Nitrifikacija 38, 39
 Nodul 38, 49

 Okolišni čimbenik 53, 97, 121
 Okolišni uvjeti 67, 187, 192, 252
 Oligotrofan 45, 46, 118
 Omnivor 37
 Organska tvar 37, 41, 44–46, 48, 52, 54–56, 59, 60, 87, 88, 119–121, 124, 145–147, 152, 153, 183, 187, 213, 232, 234
 Organsko gnojivo 146
 Ornitofauna 222
 Ornitologija 221
 Ozonska rupa 162
 Ozonski omotač 162

 Parazit 59–72, 175, 177, 186, 187, 205
 Parazitizam 68, 69, 71
 Parazitoidan 153

- Pedogenetski čimbenik 144, 146
 Pedogeneza 144
 Pedologija 144
 Pelagijal 107
 Perifiton 141
 Pirofit 96
 Plankton 63, 107, 136, 184, 187, 215, 228
 Podzol 87, 88
 Poliandar 67
 Poligaman 67
 Poligin 67
 Populacija 14,–16, 52, 61–69, 84, 107, 120, 136, 153, 156, 158, 161, 164, 185
 Prehrambeni lanac 55–57
 Prehrambena mreža 37, 42, 44, 56, 59, 111, 198
 Prehrambeni odnos 36, 38, 42, 44, 54–56, 120, 152, 183
 Primarna proizvodnja 39, 45, 55, 57, 58, 124, 183
 Primarni potrošač 54, 55, 57
 Primarni proizvođač 33, 46, 54, 55, 57, 107, 119, 183, 195

 Ramsarska konvencija 169
 Ramsarski popis 168
 Razlagač 46, 48, 55, 59, 120, 124, 152, 187
 Regresivna evolucija 128
 Rubni efekt 157

 Saprofag 56, 153, 177
 Saprofit 55, 56, 59, 60, 177, 187, 234
 Savana 78, 82–84, 157
 Sekundarni potrošač 55, 57
 Simbionti 187
 Simbiotski 38, 71
 Simbioza 68, 69, 71, 72
 Sistematika 173

 Smog 246
 Specijacija 163, 196
 Specijalist 17
 Stajsko gnojivo 48, 49
 Stanište 14–17, 26, 28, 29, 44, 52, 54, 63, 64, 66, 68, 69, 84, 87, 95, 97, 100, 104, 107, 109–111, 113, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 128, 129, 132, 144, 156–160, 165, 168, 169, 177–179, 182–187, 190, 191, 195, 198, 202, 205–209, 216, 218, 220, 223, 236, 237, 245, 250, 251, 253
 Stenoterman 17, 121, 122
 Stenovalentan 17
 Stigobiont 129
 Stigofil 129
 Stigoksen 129
 Strvina 115, 116, 206
 Strvinar 115, 116, 170–172, 174, 177
 Submerzan 93, 95
 Substigofil 129
 Subtroglafil 129
 Sukcesija 52
 Sukulent 83, 97, 99
 Supralitoral 107, 108
 Svejed 37, 38, 42, 44, 55, 57, 59, 60, 252

 Tajga 78, 85, 86, 157, 196, 248
 Taksonomija 173
 Tercijarni potrošači 55, 57
 Termičko prilagođavanje 18
 Termoklina 125
 Toplinski kapacitet 18, 117, 118
 Traheja 139
 Troglobiont 129
 Troglafil 129
 Trogloksen 129
 Tundra 24, 78, 79–81, 248, 250, 251
 Učinak staklenika 160, 161

- Umjetno gnojivo 49
- Unutarvrnsni 62
- Upozoravajuća obojenost 73, 74, 251
- Uzdušnica 139, 209
- Vegetcijska zona 79
- Zajednica 52, 54, 67, 78, 124, 135–137, 141, 143, 146, 150, 153, 184, 190, 228, 230, 248
- Zajednica organizama 15, 28, 107, 119, 121, 123, 137, 158, 190, 234
- Zelena gnojidba 49, 146
- Zooplankton 59, 136, 228
- Životni ciklus 134, 184, 192, 194, 195
- Životni uvjeti 91, 107, 108, 110, 112, 122
- Životna zajednica 14, 48, 52–54, 111, 128–130, 134, 147, 161
- Životna zona 107

